



**INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENGINEERING, NATURAL
AND SOCIAL SCIENCES**

ISENS-21

SYMPOSIUM PROGRAMME

25-28 NOV 2021

Batman University, Batman-Turkey

**The venue of the symposium is Batman University Batı
Raman Campus.**

PROCEEDING BOOK

Welcome to ISENS-21

Many thanks for your contribution to ISENS-21 which will be held between 25-28 NOV 2021 at the Batman University-Batman-TURKEY.

ISENS-21 is organized by Batman University. The INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENGINEERING, NATURAL AND SOCIAL SCIENCES (ISENS-21) is an international meeting for exchanging new information, ideas and applications of any fields of engineerin, natural and social sciences. The conference aims link researchers from academic world specializing in their discipline. The conference is organized by University of Batman. 116 presentations have been submitted for conference from many universities.

The organization committee would like to thank all those who have helped in making the Conference better. It was a great pleasure for us to bring together specialists, research scientists and industrial technology developers together. ISENS-21 is expected to stimulate new ideas and concepts, promoting further advances in the almost every fields of engineering, natural and social sciences. I wish all participants have a pleasant speech and I am looking forward to see you all together be pleased and enjoy your time here with us.

Batman May, 2021

Professor Dr. Hüseyin AYDIN (Symposium Chair)

SYMPOSIUM LINK:

<https://batman.edu.tr/Birimler/isens-21>

Organization Committee

Honorary Chair:

Prof. Dr. İdris DEMİR (Rector), idris.demir@batman.edu.tr

Symposium Chair:

Prof. Dr. Hüseyin AYDIN, huseyin.aydin@batman.edu.tr

Organizing Committee:

- **Prof. Dr. Hüseyin AYDIN (Editor, Engineering Sciences), huseyin.aydin@batman.edu.tr**
- **Assoc. Prof. Dr. Ferhat KORKMAZ (Editor, Social Sciences), ferhat.korkmaz@batman.edu.tr**
- **Assoc. Prof. Dr. Hasan SAYĞILI (Editor, Natural Sciences), hasan.saygili@batman.edu.tr**
- **Assoc. Prof. Dr. Süleyman BAŞARAN, suleyman.basaran@batman.edu.tr**
- **Assist. Prof. Dr. Sebahattin Emre DİLEK, SebahattinEmre.dilek@batman.edu.tr**
- **Assist. Prof. Dr. Ahmet GÜZEL, ahmet.guzel@batman.edu.tr**
- **Assist. Prof. Dr. Ahmet YILDIZ, ahmet.yildiz@batman.edu.tr**
- **Assist. Prof. Dr. Esra LEVENT KAÇMAZ, esra.kacmazlevent@batman.edu.tr**
- **Assist. Prof. Dr. Meral SÜER, meral.suer@batman.edu.tr**
- **Assist. Prof. Dr. Ercan GÖRDEGİR, Ercan.Gordegir@batman.edu.tr**
- **Assist. Prof. Dr. Tolga TOPKAYA, tolga.topkaya@batman.edu.tr**
- **Assist. Prof. Dr. İlhan ÇİÇEK, ilhan.cicek@batman.edu.tr**
- **Assist. Prof. Dr. Abdullah MANAP, abdullah.manap@batman.edu.tr**
- **Assist. Prof. Dr. Zahir SÜSLÜ, zahir.suslu@batman.edu.tr**
- **Lect. Dr. Remziye ERDEM, Remziye.erdem@batman.edu.tr**
- **Lect. Dr. Mutlu CANPOLAT, Mutlu.Canpolat@batman.edu.tr**
- **Lecturer Nurullah ŞAŞMAZ, nurullah.sasmaz@batman.edu.tr**
- **Ress. Assist. Emrah IŞIK, emrah.isik@batman.edu.tr**
- **Ress. Assist. Kayhan TUNÇ, kayhan.tunc@batman.edu.tr**
- **Ress. Assist. Mehmet Emin DEMİR, memin.demir@batman.edu.tr**
- **Ress. Assist. Serkan BATI, serkan.bati@batman.edu.tr**
- **Ress. Assist. Ferhat AKKUŞ, ferhat.akkus@batman.edu.tr**
- **Dr. Hafzullah İŞ, hafzullah.is@batman.edu.tr**

Keynote Speakers:

- **Prof. Dr. İDRİS DEMİR**
- **Prof. Dr. İBRAHİM DİLEK**
- **Prof. Dr. MAGÍN LAPUERTA AMİGO**

DATEI START ENFÜGEN ENTWURF ÜBERGÄNGE ANIMATIONEN BILDSCHERPRÄSENTATION ÜBERPRÜFEN ANSICHT dePDF 10 Emin Yazici

Ausschneiden Kopieren Format übertragen Zwischenablage Layout Zurücksetzen Neue Folie Abschnitt Folien Schriftart Absatz Zeichnung Anordnen Schnellformatvorlagen Formeffekte Suchen Ersetzen Markieren Bearbeiten

GİRİŞ

- 20. yy'ın başlarından aynı yüzyılına ortalarına kadar zihinsel düzey için olumsuz bir vaka; öğrenme sorunlarının nedeni (Antoniu ve ark. 2015).
- Kişinin yaşı, sosyo-ekonomik geçmişi, yaşam koşulları, savaşlardan kaynaklı ailevi ve psikolojik durumları hesaba katılmamış
- 20. yy'ın son çeyreğinde bilişsel düzeyde ilk faydasının bildirilmesi
- Bilim dünyasında iki dilliliğin sınıflandırılması, türleri ve tanımı hakkında ortak bir tutumun olmaması
- Testler, anketler, röportajların politik, metodolojik ve diğer sebepler dolayısıyla tarafsız olmayabileceği
- Tıp teknolojisinde fMR nöron-görüntüleme yönteminin muazzam kanıtlar sunması.
- Olumlu sonuçlar: yönetimsel görevler ve yaşlanma bunamasının (Alzaymır) geciktirmesi

FOLE 4 VON 16 DEUTSCH DEUTSCHLAND NOTIZEN KOMMENTARE 92%

Participants: Emin Yazici, Halil-Mehmet Sakide Tosun, Yusuf Gocuk, Hakan Karacizm, Nermi Yetkin, Zoom user

Recording You are viewing Merve Kalayo's screen View Options


Otomatik Kaydet Merve Kalayo - İSENS (BATM... - bu bilgisayar konumuna kaydedildi - Ara merve kalayo

Dosya Giriş Ekle Tasarım Geçişler Animasyonlar Slayt Gösterisi Gözden Geçir Görünüm Yardım

Monitör: Otomatik Alt Yazılan Her Zaman Kullan

AgNPs Antimicrobial Assay

Antibacterial effect to AgNPs against,



Gram (+), *S. aureus* Gram (-), *E. coli* Fungi, *C. albicans*

Not eklemek için tıklayın

Participants: bidb, Hasan Saygılı, Merve Kalayo, yunusönal, tuba tanyildiz agir

Zoom Meeting You are viewing Fatma Ekinci's screen View Options

BİDB Deniz Sütcü Melek Sofyalıoğlu Fatma Ekinci

149.43%

Introduction

We now deal with some present results in the literature: for the case of (5) with $\eta > 0$, Liu (2010) investigated problem (5) for $g(u_t) = 0$. He studied a general decay result of solutions under some suitable assumptions on the relaxation function h and the initial data. Investigated related problems with (5), Messaoudi and Tatar (2007) applied the potential well method to indicate the global existence and uniform decay of solutions. Furthermore, he obtained a blow-up of solutions with positive initial energy.

Wu (2011) considered the same problem where $g(u_t) = |u_t|^m u_t$. The author studied a general uniform decay of solution using some conditions on the relaxation function h and the initial data. Later, Wu (2012) studied the same problem for $g(u_t) = u_t$ and discussed the decay rate of solution energy. Recently, Yang et. al (2020) proved the existence of

Participants (8)

- BİDB (Host, me)
- FE Fatma Ekinci (Guest)
- SR Serkan Batı (Guest)
- AG Ahmet Güzel (Guest)
- DS Deniz Sütcü (Guest)
- HA Hacer Ayhan (Guest)
- MS Melek Sofyalıoğlu (Guest)
- SE Selin Erdal (Guest)

Recording You are viewing yusuf İhan's screen View Options

Sempozyum sunumu sun - PowerPoint

1. Rüzgar Tüneli

2. Amaç

3. Kapsam

4. Rüzgar Tüneli

5. İlgili Araştırma

6. Öğün Çelen

Rüzgar Tüneli

Not eklemek için tıklayın

Participants (8)

- BİDB
- BİDB
- İslam
- İslam
- SERTAC GÜNEY...
- SERTAC GÜNEY / Mimarlık ve Ta...
- yusuf İhan
- yusuf İhan
- Serkan Batı
- Serkan Batı

CONTENTS/İÇİNDEKİLER

%10 B ₄ C TAKVİYELİ Al7075 MATRİSLİ KOMPOZİTLERDE FARKLI YAŞLANDIRMA SÜRELERİNİN KOMPOZİT SERTLİĞİNE ETKİSİ.....	1
FARKLI YAPIŞTIRICI TİPLERİN HASAR YÜKÜNE ETKİSİ.....	9
ÇİFT ZİGZAG TİP YAPIŞTIRMA BAĞLANTILARDA YAPAY SİNİR AĞLARI METODU İLE HASAR İLE YÜKÜ İNCELENMESİ.....	14
BATMAN İLİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE KULLANIMI.....	19
AKILLI ŞEBEKELERDE KARŞILAŞILAN GÜÇ KALİTESİ PROBLEMLERİ VE NEDENLERİ.....	28
BİR HANEYE AİT 10 ADET BÜYÜKBAŞ HAYVANSAL ATIKLARDAN ELDE EDİLEN BİYOGAZ ENERJİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ.....	35
EFFECTS OF HARMONIC FACTORS ON ELECTRONIC METERS-DIFFERENT ELECTRICAL DEVICES AND SOLUTIONS.....	39
BATMAN İLİNDE YETİŞTİRİLEN HAYVANLARIN ATIKLARDAN ÜRETİLEN BİYOGAZ İLE KULLANILABİLİR ENERJİ POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ..	45
YENİLENEBİLİR ENERJİ ÜRETİMİNDE GÜÇ KALİTESİNİN ANALİZİ.....	51
ARAÇLARDA KULLANILAN FREN DİSKİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE HASAR ANALİZİ.....	55
ÇEVİRİM İÇİ SOSYAL AĞLARDA YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ İLE SİBER ZORBALIK TESPİTİ.....	70
GÜÇ SİSTEMLERİNDEKİ GÜÇ KALİTESİ SORUNLARININ İŞARET İŞLEME YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ.....	77
ISM BANDI UYGULAMALARI İÇİN PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU KULLANILARAK ELİPTİK YAMA ANTEN TASARIMI.....	84
TOZ FAKTÖRÜNÜN FOTOVOLTAİK PANELLERİN VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI: BATMAN ÖRNEĞİ.....	88
COMPARATIVE PERFORMANCE EVALUATION OF RECENT AND EFFECTIVE METAHEURISTIC ALGORITHMS	97
OTOMOTİV SİSTEMLERİ İÇİN ELEKTRONİK KONTROL KARTI (BODY CONTROLLER) VE ENTEGRE YAZILIMLARININ GELİŞTİRİLMESİ.....	103
MANGANLI ÇELİKTE DÖKÜM YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN BÜKME KALIPLARININ AŞINMA DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ.....	110
BATMAN İLİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE KULLANIMI.....	116
PHOTOCATALYTIC AND HEAT-INDUCED BIOLOGICAL SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES AND THEIR CATALYTIC AND ANTIMICROBIAL PROPERTIES.....	127
METAL MATRİSLİ KOMPOZİT MALZEMELER VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ HAKKINDA DERLEME.....	135
ALGLARDAN BİYOENERJİ ÜRETİMİ.....	146
TEOS YÖNTEMİYLE AEROJEL YALITIM MALZEMESİ ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ	152
ÖRGÜLÜ KOMPOZİT MALZEMELERDE NANOPARTİKÜL İLAVESİNİN ÇEVİRİM SAYILARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....	159
ÖRGÜLÜ KOMPOZİT MALZEMELERE NANOPARTİKÜL İLAVESİNİN HİSTEREZİS EĞRİLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....	163
GÜÇ KALİTESİNDE HARMONİK VE FİLTRELENMESİ.....	168

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE HÜCRE SICAKLIĞININ PANEL VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI	173
GIDA ÇALIŞMALARINI NASIL BİR AKADEMİK SAHADIR?.....	180
ÜÇ EKSENLİ ENDÜSTRİYEL BİR ROBOT KOL İÇİN MODAL ANALİZİ VE HARMONİK TİTREŞİM ANALİZİNİN İNCELENMESİ.....	185
VİDALI MİL TAHRİKLİ 3 EKSENLİ ENDÜSTRİYEL BİR ROBOT KOL İÇİN HAREKET ANALİZİNİN İNCELENMESİ.....	190
GEVAŞ OFİYOLİTİ (VAN, TÜRKİYE) KAYAÇLARININ MİNERALOGİK ÖZELLİKLERİ	196
ARAMİD/EPOKSİ KOMPOZİT MALZEMELERİN OPTİMUM ÜRETİM ŞARTLARININ BELİRLENMESİ İÇİN BİR ÇALIŞMA.....	203
GÜÇ KALİTESİ OLAYLARINDA MAKİNE ÖĞRENMESİ.....	207
BAZI İSTATİSTİK – OLASILIK ANALİZLERİNE DAYALI YAPI MALİYETİ ÖN TAHMİN YÖNTEMLERİNİN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	213
KONUT YAPILARININ ÖN MALİYET TAHMİNİNDE BİRİM YÖNTEMİNİN BİR UNSURU OLARAK ODA MALİYETİNİN KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	223
SPOR GİYİMİNDE KUMAŞ YAPISININ UZAMA-GERİLİM DAVRANIŞI ÜZERİNE ETKİSİ.....	235
BİYOGAZ YAKITLI REAKTİVİTE KONTROLLÜ SIKIŞTIRMA ATEŞLEMELİ BİR MOTORUN MODELLENMESİ.....	239
ETİL PROKSİTOL KATKILI BİYODİZELİN SIKIŞTIRMA ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA YANMA VE EMİSYONLARA ETKİSİ.....	244
VERİ MADENCİLİĞİ VE KULLANIM ALANLARI.....	249
YAPAY ZEKÂ İNSAN ZEKÂSINI GEÇEBİLECEK Mİ?.....	256
METASEZGİSEL ALGORİTMALAR İLE ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ŞARJ HIZININ TAHMİN EDİLMESİ	261
EFFECT OF POTASSIUM PERMANGANATE (KMnO ₄) ADDITIVE ON BIOFUEL-DIESEL BLEND.....	266
EFFECT OF POTASSIUM PERMANGANATE (KMnO ₄) ADDED FUEL BLEND ON COMBUSTION AND EMISSIONS OF A RESEARCH ENGINE.....	275
E-BURUN KULLANILARAK AYNI HASAT DÖNEMİNDEKİ FARKLI KALİTELERE SAHİP SİYAH ÇAYLARIN SINIFLANDIRILMASI.....	285
TUZ STRESİNİN BALCI ASPİR ÇEŞİDİNDE TOTAL FENOLİK, FLAVONOİD VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTE ÜZERİNDEKİ ETKİSİ.....	290
FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE HÜCRE SICAKLIĞININ PANEL VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI.....	298
FOREST WILDFIRE BURNED AREA AND SEVERİTY PREDİCTION USING A SENTİNEL 2-DERİVED SPECTRAL İNDEX.....	305
BATMAN İLİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE KULLANIMI.....	312
ERİOKROM SİYAHİ BOYAR MADDESİNİN NANOADSORBENTLER ARACILIĞIYLA SUDAN GİDERİLMESİNİN İNCELENMESİ.....	321
KLİMA SANTRALLERİNDE KULLANILAN G4 SENTETİK ELYAF FİLTRENİN BASINÇ DÜŞÜMÜNE OLAN ETKİSİNİN DENEYSEL VE SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ.....	330
SERT KABUKLU MEYVE ÇEKİRDEKLERİNİN KARIŞIMLARINDAN KİMYASAL AKTİVASYON İLE AKTİF KARBON ELDESİ.....	339

GELECEĞİN MALZEMESİ OLARAK DOĞAL BIYOKÜTLELERDEN ÜRETİLEN KARBON/GRAFEN KUANTUM NOKTACIK VE UYGULAMA ALANLARI.....	347
ÇAPRAZ BAĞLI POLİ(EGDMA- <i>ko</i> -MMA- <i>ko</i> -N-AKRİLOİL- <i>L</i> -TRİPTOFAN) KOPOLİMERİNİN SENTEZİ ve Co(II) İYONLARININ SULU ÇÖZELTİLERDEN ADSORPSİYONUNDA KULLANILMASI.....	357
POLİ(EGDMA- <i>ko</i> -MMA- <i>ko</i> -N-(1-FENİLETİL)AKRİLAMİT) KOPOLİMERİNİN SENTEZİ ve SULU ÇÖZELTİLERDEN Ni (II) İYONLARININ UZAKLAŞTIRILMASINDA KULLANILMASI.....	368
EFFECT OF POTASSIUM PERMANGANATE (KMnO ₄) ADDITIVE ON BIOFUEL-DIESEL BLEND.....	378
EFFECT OF POTASSIUM PERMANGANATE (KMnO ₄) ADDED FUEL BLEND ON COMBUSTION AND EMISSIONS OF A RESEARCH ENGINE.....	387
FOMO (Fear of Missing Out)'NUN ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN SATIN ALMA DAVRANIŞLARINA ETKİSİ ÜZERİNE NİTEL BİR ARAŞTIRMA.....	397
BİREY BAZINDA İKİ DİLLİLİĞİN YARARLARI.....	404
ATONAL MÜZİĞİN İKİNCİ YENİ ŞİİRİNE ETKİSİ ÜZERİNE BİR İNCELEME... .	412
ROMA MUTFAK KÜLTÜRÜ.....	430
GIDA ÇALIŞMALARINI NASIL BİR AKADEMİK SAHADIR?.....	437
ZERZEVAN KALESİ GEÇ ROMA PİŞİRME KAPLARI.....	442
TARİHİN ANA KAYNAKLARI OLARAK SEYAHATNAMELER.....	452
TOPLUMSAL DÜZENLERİN OLUŞUMU VE ÇÖZÜLMESİNDE ENERJİ NAKİL HATLARININ ROLÜ.....	456
DİJİTAL ÇAĞDA SANAL ORTAM YALNIZLIĞI: BATMAN ÜNİVERSİTESİ ÖĞRENCİLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA.....	465
AVRUPA BİRLİĞİ'NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDA İZLEDİĞİ POLİTİKALARIN TÜRKİYE ÜZERİNE YANSIMALARI.....	470
ZORUNLU GÖÇ EDEN BİREYLERDE İKİNCİL STRES KAYNAKLARINI DEĞERLENDİRME.....	479
BİR NÜFUS MÜDÜRLÜĞÜNDE VATANDAŞ MEMNUNİYET ÖLÇÜMÜ.....	487
CERRÂH-NÂME'DE GEÇEN TIP TERİMLERİ.....	492
SYNTHESIS AND FUNCTIONALIZATION OF IRON OXIDE MAGNETIC PARTICLES FOR DYE REMOVAL APPLICATIONS IN WASTEWATER TREATMENT.....	506

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

%10 B₄C TAKVİYELİ Al7075 MATRİSLİ KOMPOZİTLERDE FARKLI YAŞLANDIRMA SÜRELERİNİN KOMPOZİT SERTLİĞİNE ETKİSİ

Mehmet Emin DEMİR*, Yahya Hışman ÇELİK, Ali KALKANLI*****

*Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: memin.demir@batman.edu.tr

**Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: yahyahisman.celik@batman.edu.tr

***Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 72060 ANKARA
e-posta: kalkanli@metu.edu.tr

Özet: Bilim ve teknolojiadaki gelişmeler sonucunda yüksek mukavemet/ağırlık oranları, hafiflik, düşük yoğunluk gibi üstün özelliklerinden dolayı alüminyum alaşımlarına olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Dökme demir ve bronz gibi alaşımların yerini alan alüminyum alaşımlarının aşınma direnci gibi bazı özelliklerini üstün hale getirmek için bu alaşımlara karbür, nitrür ve oksit gibi seramik takviyeler ilave edilerek metal matrisli kompozitler üretilmektedir. Ayrıca bu kompozitlerin mekanik ve fiziksel özelliklerini iyileştirmek için ısıtma işlem uygulamaları da yapılmaktadır. Bu çalışmada sıkıştırma döküm yöntemi ile üretilen Al7075 alaşımı ve %10 B₄C takviyeli kompozitlere T6 ısıtma işlemi uygulanarak farklı süreler (8, 12, 16, 20, 24 saat) boyunca yapay yaşlandırmaya tabi tutularak sertlik değerleri ısıtma işlemine tabi tutulmamış kompozitlerle kıyaslanmıştır. Al7075 malzemesinin 8 saat yaşlandırma sonrasında sertlik değerinin %35 arttığı tespit edilmiştir. Takviyesiz alaşıma %10 B₄C parçacıklarının eklenmesi, kompozitin sertliğini %33 artırmıştır. Hem takviyesiz Al7075 alaşımında hem de %10 B₄C takviyeli kompozitte en yüksek sertlik değerleri 24 saat yaşlandırma sonrasında elde edilmiştir. Isıtma işlem ve B₄C takviyesi malzemenin sertliğini sırasıyla %52 ve %33 oranında artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Metal matrisli kompozit malzemeler, B₄C, Sertlik, Yaşlandırma

THE EFFECT OF DIFFERENT AGING TIMES ON COMPOSITE HARDNESS OF 10% B₄C REINFORCED Al7075 MATRIX COMPOSITES

Abstract: As a result of the developments in science and technology, the interest in aluminum alloys is increasing day by day due to the superior properties such as high strength / weight ratios, lightness, low density. To improve some properties such as wear resistance of aluminum alloys, which replace alloys such as cast iron and bronze, ceramic reinforcements such as carbide, nitride and oxide are added to these alloys and so metal matrix composites are produced. In addition, heat treatment applications are also carried out in order to improve the mechanical and physical properties of these composites. In this study, Al7075 alloy and 10% B₄C reinforced composites produced by squeeze casting method were subjected to artificial aging for different periods (8, 12, 16, 20, 24 hours) by applying T6 heat treatment, and their hardness values were compared with untreated composites. It was determined that the hardness value of Al7075 material increased by 35% after aging for 8 hours. The addition of 10% B₄C particles to the unreinforced alloy increased the hardness of the composite by 33%. The highest hardness values of both the unreinforced Al7075 alloy and the 10% B₄C reinforced composite were obtained after 24 hours of aging. Heat treatment and B₄C reinforcement increased the hardness of the material by 52% and 33%, respectively

Keywords: Metal matrix composites, B₄C, Hardness, Aging

1.Giriş

Malzeme yelpazesini her geçen gün arttıran mühendisler, uygulamalar için uygun malzeme ve üretim sürecini seçme konusunda büyük zorluklarla karşılaşmaktadırlar. Son yıllarda hafiflik ve yakıt tasarrufu gibi küresel ihtiyaçlardan dolayı düşük maliyetli, yüksek performanslı ve kaliteli malzeme üretimi için araştırmacılar monolitik malzemeler yerine kompozit olarak adlandırılan malzemeler kullanmaya başlamışlardır. Bu kompozitler içinde

metal matrisli kompozitler (MMK) önemli bir yer tutmaktadır.

MMK'larda en yaygın kullanılan matrislerden biri olan alüminyum alaşımı özellikle düşük maliyetlerinden dolayı, çeşitli MMK'ların üretiminde 1920'lerden beri sıkça kullanılmaktadır ve bu kullanımları 1980'lerde endüstriyel üretim aşamasına ulaştırmıştır [1,2].

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Alüminyum alaşımlarından olan Al7075, makine elemanlarının tasarlanması konusunda istenilen özellikleri vermek için eşsiz kapasiteye sahip, iyi tasarlanmış üretim yöntemlerinden dolayı uçak ve otomotiv endüstrisinde kullanılan önemli malzemelerdendir [3]. Çünkü araç ağırlığını azaltarak aracı tüketiminin daha verimli olmasını sağlamaktadır. Bundan dolayı, motor bloklarının üretiminde tercih edilmektedirler [4,5]. Günümüzde yüksek aşınma direnci ve dayanım/ağırlık oranı nedeniyle bu tür matris elemanları kullanılarak elde edilen kompozit malzemeler, özellikle muharebe araçlarının hareket kabiliyetini arttırdığı ve geleneksel zırh çeliklerinkiyle aynı standarda sahip olduğu için havacılık, otomobil ve yapısal uygulamalara ilaveten savunma alanında da kullanımını ön plana çıkarmıştır [6].

Çeşitli araştırmacıların katkılarıyla alüminyum metal matrisli kompozitlerin (AMMK) geliştirilmesi için kullanılan üretim yöntemleri; karıştırma döküm [7], toz metalurjisi [8], püskürtme atomizasyonu ve eş çökertme, plazma püskürtme ve sıkıştırma dökümdür [9]. Abou El-khair [10] ve Tian ve ark. [11] sıkıştırma döküm işleminin konvansiyonel döküm yöntemlerine kıyasla düşük gözeneklilik, yüksek yoğunluk, iyi mikroyapı, gelişmiş mekanik özellikler ve eş eksenli yapı gibi avantajlar sunduğunu belirtmişlerdir.

Son yıllarda MMK üzerine yapılmış çalışmalar taranarak aşağıda ayrıntılı olarak sunulmuştur. Shorowordi ve ark. [12] kuru kayma koşullarında, ticari fenolik fren balatasına karşı aşınan hacimce %13 B₄C takviyeli Al ve hacimce %13 SiC takviyeli Al kompozitlerde uygulanan farklı temas basınçlarının (0,75 MPa- 3,00 MPa) tribolojik özelliklere etkisini araştırmışlardır. B₄C takviyeli Al matrisli kompozitlerin aşınma oranının ve sürtünme katsayısının SiC takviyeli Al kompozitlerden daha düşük çıktığını tespit etmişlerdir.

Kalkanlı ve Yılmaz [13] yaptıkları çalışmada, sıkıştırma döküm yöntemi ile üretilen Al7075 alaşım matrisli SiC takviyeli kompozitlerde, takviye elemanı oranının kompozitin mekanik ve fiziksel özelliklere etkisini incelemişlerdir. Al7075 alaşım matrisine 29 µm'lik ortalama tanecik boyutuna sahip SiC parçacıklarını dört farklı ağırlık oranında (%0, 10, 15, 20 ve 30) ilave etmişlerdir. Ağırlıkça %10'luk SiC takviyeli alüminyum matris kompozitlerde hem sıkıştırma döküm hem de ısı işlem görmüş numunelerinin en yüksek eğilme mukavemeti gösterdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca kompozit numunedeki SiC içeriği arttıkça sertliğin arttığını da tespit etmişlerdir. Takviye oranı %0'dan %30'a çıkartıldığında, sıkıştırma döküm yöntemi ile üretilen numunelerde sertlik değerlerinin 133 Vickers'den 188 Vickers'e, ısı işlem görmüş

numunelerde ise sertlik değerinin 171 Vickers'den 221 Vickers'e çıktığını gözlemlemişlerdir.

Topcu ve ark. [14] yaptıkları çalışmada, yaklaşık 10 µm parçacık boyutuna ve ağırlıkça %5, 10, 15 ve 20 B₄C takviye oranına sahip AMMK'ları toz metalurjisi yöntemi ile üretmişlerdir. Üç farklı sinterleme sıcaklıklarında (600, 625 ve 650 °C) ürettikleri kompozitlerin mekanik özelliklerini incelemişlerdir. B₄C parçacık takviyesinin, Al alaşımının sürtünme direncini arttırdığını belirlemişlerdir. Kompozitlerin darbe ve sertlik özelliklerini ölçtüklerinde ise alaşımdaki takviye miktarının artmasıyla kompozit sertliğinin arttığını ve darbe direncinin azaldığını gözlemlemişlerdir.

Mazahery ve Shabani [15] A356 alüminyum alaşım içerisine B₄C parçacıkları ilave ederek sıkıştırma döküm yöntemiyle ürettikleri kompozitlerin sertlik, mukavemet ve mikroyapı özelliklerini incelemişlerdir. Mikroyapısal karakterizasyonda, B₄C takviyesinin dentrit dalları arasında dağıldığını ortaya koymuşlardır. Kompozitlerin elastisite modülü, gerinme-sertleşmesi ve çekme mukavemetinin, takviyesiz alüminyum alaşımından daha yüksek olduğuna ve artan B₄C takviye miktarı ile bu özelliklerinin arttığına dikkat çekmişlerdir. Kompozitlerin sertliğindeki artışın, B₄C takviyesinin dislokasyon hareketini engellemesinden kaynaklı olabileceğini belirtmişlerdir.

Uvaraja ve Natarajan [16] sabit ağırlık oranında (%3) B₄C parçacık ve farklı ağırlık oranlarında (%5, 10, 15) SiC takviyesi içeren Al6061 matrisli hibrit kompozitleri karıştırma döküm tekniği ile üretmişlerdir. Ürettikleri hibrit kompozitlerin sertlik ve aşınma davranışlarını incelemişlerdir. Aşınma deneylerini pin on disk cihazında kuru kayma şartları altında gerçekleştirmişlerdir. Al6061 matrise homojen olarak gömülü olan sert fazlı SiC ve B₄C takviyeli hibrit kompozitlerin takviyesiz alaşımlara kıyasla daha yüksek sertlik gösterdiğini belirtmişlerdir. Kayma zamanının ve takviye oranının artmasıyla sürtünme katsayısı ve aşınma oranının azaldığını, yükün artmasıyla sürtünme katsayısı ve aşınma oranının arttığını tespit etmişlerdir.

Baradeswaran ve Elaya Perumal [17] B₄C takviyeli Al7075 matrisli kompozitlerde, B₄C parçacıklarının kompozitin mekanik ve tribolojik davranışları üzerine etkisini araştırmışlardır. Daha sonra kompozitlere T6 ısı işlemi uygulamışlardır. Artan seramik fazın varlığından dolayı kompozitlerin, takviyesiz alaşımdan daha yüksek sertlik, çekme ve basma mukavemeti gösterdiğini vurgulamışlardır. Kompozitlerin aşınma direncinin takviyesiz alaşımlara kıyasla daha yüksek olduğunu ve artan B₄C takviyesinin aşınma direncini daha da

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

arttırdığını, aşınma oranını ise düşürdüğünü gözlemlemiştir.

Çanakci ve ark. [18] iki farklı tane boyutu (29 µm ve 71 µm) ve 4 farklı hacim oranında (%3, 5, 7 ve 10) B₄C takviyeli Al2024 matrisli kompozitleri karıştırma döküm yöntemiyle üretmek için sertlik, yoğunluk ve gözeneklilik gibi özelliklerini incelemiştir. Parçacık boyutunun küçülmesi ve hacimsel oranının artırılmasının, kompozitin yoğunluğunu düşürdüğünü, sertlik ve gözenekliliğini ise arttırdığını tespit etmiştir.

Gopal Krishna ve ark. [19] Al6061 matrisli B₄C parçacık takviyeli AMMK'larda, takviye elemanı boyutunun ve oranının kompozitin gerilme mukavemeti ve sertlik değeri üzerine etkilerini incelemiştir. Parçacık tane boyutu ve ağırlık oranının artmasıyla kompozitin çekme mukavemetinin ve sertliğinin arttığını belirlemiştir. AMMK'larda en yüksek mikrovickers sertliğini 250 µm parçacık boyutunda elde etmiştir.

Mazaheri ve ark. [20] hacimce %10 TiC takviyeli Al, %10 B₄C takviyeli Al ve %5 TiC - %5

B₄C takviyeli Al kompozitleri döküm yöntemiyle üretmek için mikroyapı, mekanik ve aşınma özelliklerini incelemiştir. En yüksek sertliğin %5 TiC - %5 B₄C takviyeli Al kompozitten, en yüksek akma ve çekme mukavemetinin %10 B₄C takviyeli Al kompozitten, en fazla uzamanın %10 TiC takviyeli Al kompozitten elde edildiğini tespit etmiştir. Ayrıca, B₄C takviyesinin kompozitlerin aşınma direncini arttırdığını da gözlemlemiştir.

Baradeswaran ve Perumal [21], ağırlıkça %5, 10, 15 ve 20 grafit takviyeli Al7075 alaşım matrisli kompozitleri geleneksel sıvı döküm tekniğini kullanarak üretmişlerdir. Ürettikleri kompozitlere T6 ısıl işlemi uygulamışlardır. Isıl işlem görmüş kompozitlerin mekanik (sertlik ve eğilme mukavemeti) ve tribolojik davranışlarını incelemiştir. Mekanik deneylerde takviyesiz alaşımın grafit takviyeli kompozitlerden daha üstün performans sergilediğini gözlemlemiştir. Kompozitteki grafit içeriğinin artmasıyla kompozitin sertliğinin ve eğilme dayanımının düştüğünü vurgulamışlardır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Üretimde kullanılan matris ve takviye malzemeleri

MMK'ların üretilmesinde kullanılan takviye olarak, içinde bulunduğu matrisle arasında iyi bir ara yüzey oluşturan ve kolay elde edilebilen, yüksek mukavemet, yüksek sertlik, yüksek erime noktası, düşük yoğunluk, iyi kimyasal kararlılık ve nötron absorplama kapasitesi gibi üstün özellikleri olan bor karbür (B₄C) kullanılmıştır. Matris malzemesi olarak da yoğunluğu düşük, yorulma dayanımı ve korozyon direnci yüksek olan ve bu özelliklerinden dolayı günümüzün uçak, askeri, otomotiv,

nükleer gibi önemli endüstriyel alanlarında kullanılan Al7075 (AA7075) alaşımı seçilmiştir.

Kompozitlerin üretiminde kullanılan B₄C takviye elemanı Ege Nanotek Kimya Sanayi Ltd. Şti. firmasından temin edilmiştir. Seramik parçacıkların boyutu 10-30 mikron, yoğunluğu 2,52 g/cm³ ve erime noktası 2723 K'dir.

Matris malzemesi olarak kullanılan Al7075 alaşımı Rutaş Ltd. Şti. firmasından temin edilmiştir. Temin edilen alaşımın bazı mekanik ve fiziksel özellikleri Tablo 2.1'de ve kimyasal bileşeni ise Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Al7075 alaşımının mekanik ve fiziksel özellikleri

Sertlik (Brinell)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı (MPa)	Kayma Mukavemeti (MPa)	Yoğunluk (gr/cm ³)
60	228	103	71,7	0,33	152	2,81

Tablo 2.2. Al7075 alaşımının kimyasal bileşeni (%)

Cr	Cu	Mg	Mn	Si	Ti	Zn	Fe	Al
0,18-0,28	1,2-2,0	2,1-2,9	<0,30	<0,40	<0,20	5,1-6,1	<0,5	Kalan

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

2.2. Kompozit Malzemelerin Üretilmesi

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Kompozit Malzeme Üretim Dökümhanesinde gerçekleştirilen sıkıştırma döküm yönteminde, Al7075 alaşımı ve bu

alaşıma ağırlıkça %10 B₄C takviye elemanı ilave edilerek üretimler gerçekleştirilmiştir.

2 KW gücünde ve 1000 °C'ye çıkabilen indüksiyon ocağının kullanıldığı ergitme işleminde Al7075 matris alaşımının ergitilmesi sağlanmıştır. Döküm sırasında hızlı katılaşmanın engellenmesi, döküm akışkanlığının artırılması ve dökümden sonra elde edilen Al7075 alaşım plakaların köşelerinde çatlak ve çekme problemlerinin engellenmesini amacıyla eriyik, metal kalıba dökülmeden önce 40 mm genişliği ve 120 mm uzunluğu olan metal kalıp bir ısıtıcı yardımıyla 250 °C'de ön ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Dökümden sonra numunelerin kalıp içinden rahat çıkmasını sağlamak amacıyla metal kalıbın iç yüzeyleri grafit yağlayıcı ile yağlanmıştır. Hazır hale getirilen eriyik, metal kalıba dökülmüştür. 90 ton'luk koç basıncı (üst piston basıncı) ve 50 ton'luk alt piston basıncı altında malzemenin katılaşması sağlanmıştır. Böylece sıkıştırma döküm yöntemiyle Al7075 alaşımı plaka şeklinde elde edilmiştir.

Al7075 alaşımının sıkıştırma döküm

yöntemi ile üretimi gerçekleştirildikten sonra B₄C takviyeli kompozitlerin üretimine geçilmiştir. Bu doğrultuda, kompozitlerin üretiminde kullanılacak matris malzemeleri ve B₄C takviyesi hassas terazide tartılarak Al7075 matrisinde ağırlıkça %10 olacak şekilde ayarlanmıştır.

Al7075 alaşımı indüksiyon fırınında tamamen eriyik hale geldikten sonra, içerisine B₄C takviye elemanı ilave edilmiştir (Şekil 2.1). Bu aşamada malzeme sıvı-katı aralığında olup, grafit bir çubukla karıştırma işlemine başlanmıştır. Karıştırma işleminden bir süre sonra matris ile takviye elemanı arasındaki ıslanabilirliği arttırmak amacıyla eriyik içerisine %2 oranında Mg ilave edilmiştir. Ayrıca B₄C takviye elemanlarının matris içerisinde homojen dağılımı için karıştırıcı indüksiyon ocağı içinde aşağı yukarı hareket ettirilmiştir.

B₄C takviye elemanının matris içerisinde tutunabilmesi için indüksiyon ocağının sıcaklığı belirli aralıklarda değiştirilmiştir (615-670 °C). Daha iyi bir homojen karışım için indüksiyon ocağından alınan pota 640 °C sıcaklığa sahip bir fırın içerisine yerleştirilmiştir. Bu işlemden sonra Al7075 alaşımında olduğu gibi kalıp ısıtılıp ve yağlanmış olup dikey sıkıştırma döküm hidrolik pres altında aynı basınçlarda sıkıştırılarak B₄C takviyeli plakalar elde edilmiştir (Şekil 2.2.)



Şekil 2.1. Al7075 matris içine ilave edilen B₄C takviyesi



Şekil 2.1. Üretilen B₄C takviyeli kompozitler

2.3. T6 Isıl İşlemi

2xxx, 6xxx, ve 7xxx serisi alüminyum alaşımları ısıtılabilir ve ısıtılabilir alaşımlar olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Isıl işlem uygulanmasının amaçlarından biri malzemeye yüksek mekanik özellikler kazandırmaktır. Numunelere uygulanan T6 ısıl işlemi çözeltiye alma, su verme ve yaşlandırma olmak üzere 3 aşamadan oluşmaktadır. Yapılan benzer çalışmalar dikkate alınarak, numuneler kül fırınında 1 saat boyunca 485 °C'de tutularak çözeltiye alma işlemi tamamlanmıştır. Daha sonra fırından çıkarılan numuneler oda sıcaklığındaki suya atılarak su verme işlemi uygulanmıştır. Son olarak bu numuneler farklı yaşlandırma süreleri boyunca (8, 12, 16, 20, 24 saat) 120 °C'de fırında tutularak yapay yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur.

2.4. Brinell Sertlik Ölçümü

Malzemelerin sahip olduğu sertlik değerleri mekanik özelliklerin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Bu nedenle Al7075 alaşımı ile B₄C takviyeli Al7075 alaşım matrisli kompozitlerin sertlik ölçümlerinin yapılması önemli bir husustur. Bu alaşım ve kompozitlerin sertliklerinin ölçülmesinde 2,5 mm çapında sertleştirilmiş çelik küresel bilyeye sahip Ernst marka Brinell sertlik ölçme cihazı kullanılmıştır. Sertlik değerlerinin belirlenmesi için numuneler cihaz tablasına yerleştirilmiştir. Numuneye 10 saniye boyunca 187,5 Kgf yük uygulanarak bilye ucun batırılması sağlanarak sertlik değeri ölçülmüştür. Doğru bir sertlik değeri elde etmek için numunenin 5 farklı bölgesinden ölçüm yapılarak bu değerlerin ortalaması alınmıştır.

3. Bulgular

3.1. Sertlik Sonuçları

Sertlik malzemenin önemli fiziksel özelliklerinden biridir. Bu yüzden üretilen alaşım ve kompozit malzemelerin sertlik değerleri ölçülmüştür.

Saf Al7075 ve %10 B₄C takviyeli kompozitler T6 ısıl işlemi uygulandıktan sonra farklı sürelerde yaşlandırılarak sertlik değerleri ısıl işlem uygulanmamış halleriyle kıyaslandı. Sertlik ölçümleri malzeme yüzeyinin 5 farklı noktasından ölçülerek bunların ortalaması alınmış ve elde edilen değerler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Ortalama değerler göz önüne alınarak yaşlandırma süresine bağlı Al7075 ve Al7075/B₄C kompozitlerinin sertlik değişim grafiği ise Şekil 3.1'de verilmiştir.

8 saat ile 24 saat arasında farklı süreler boyunca yaşlandırılan saf Al7075 malzemesinin en yüksek sertlik değeri 24 saat yaşlandırma süresinde elde edilmiştir. Isıl işlem görmemiş saf Al7075 malzemesine kıyasla ısıl işlem görmüş alaşımın sertliği en yüksek değer olan 184,8 HB (brinell sertliği) değerine çıkarak %51 artmıştır. En düşük yaşlandırma süresi ile en yüksek yaşlandırma süresi arasındaki sertlik artış oranı ise yaklaşık %12 olarak belirlenmiştir. Salman ve ark. [22] ve Tilak Chandra ve ark. [23] yaptıkları çalışmada benzer şekilde belirli bir yaşlandırma süresine kadar sertliğin arttığını, ancak bu sürenin üzerine çıktığında aşırı yaşlanmanın başlayarak malzeme sertliğinin düştüğünü gözlemlemişlerdir. %10 B₄C takviyeli kompozit 8 saat yaşlandırma sonrası sertlik değeri 199,6 HB'e çıkarak %23 artarken, 24 saatlik yaşlandırma sonrası ise 216,4 HB'e çıkarak %34 artmıştır. 20 ve 24 saatlik

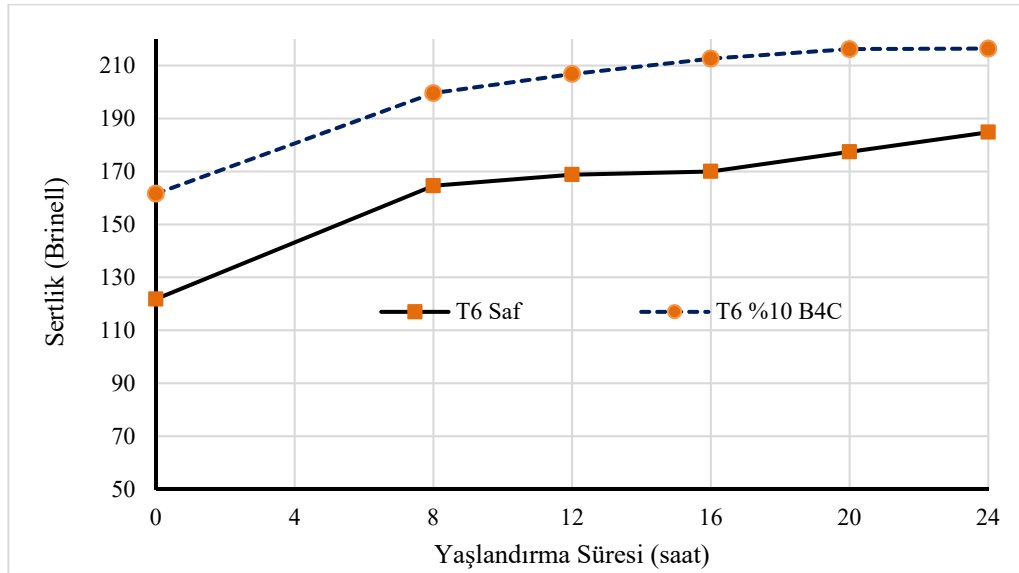
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

yaşlandırma sonrası sertlik değerlerinde kayda değer bir artış meydana gelmemiştir. Böylece hem Al7075 matris alaşım malzemesi hemde B₄C takviyeli Al7075 matrisli kompozitlerde yaşlandırma sonrası sertliğin önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Gao ve ark. [24] yaptığımız çalışmayla uyumlu olarak takviye miktarı

ve yaşlandırma süresinin malzemelerin sertliğini arttırdığını vurgulamışlardır. Sertlikteki bu artışın nedeni olarak yaşlandırma sonrasında hem yapı içerisinde çökelti oluşumu hem de ince taneli bir yapı oluşmasından kaynaklanıldığı düşünülmektedir.

Tablo 3.1. Farklı yaşlandırma sürelerine bağlı olarak Al7075 alaşımı ve %10 B₄C takviyeli Al7075 kompozitlerinin sertlik ölçümleri ve ortalamaları

T6	Süre (saat)	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	4.ölçüm	5.ölçüm	Ortalama
Al7075	0	126	121	127	113	122	121,8
	8	161	158	165	171	168	164,6
	12	171	173	165	167	168	168,8
	16	179	161	170	173	167	170
	20	178	173	184	167	185	177,4
	24	178	189	181	186	190	184,8
%10 B ₄ C/Al7075	0	164	160	171	156	157	161,6
	8	203	194	204	196	201	199,6
	12	208	211	203	207	205	206,8
	16	209	219	215	209	211	212,6
	20	215	209	221	220	216	216,2
	24	214	223	215	219	211	216,4



Şekil 3.1. Yaşlandırma süresine bağlı saf Al7075 ve B₄C takviyeli malzemelerin sertlik değerleri

4. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada sıkıştırma döküm yöntemiyle üretilen Al7075 alaşım malzemesi ve %10 B₄C takviyeli Al7075 matrisli kompozitlerin farklı yaşlandırma sürelerinin sertliğe etkisi aşağıda sıralanmıştır

- Al7075 alaşım malzemesi 8 saat yaşlandırma sonrası sertlik değeri 121,8 HB'den 164,6 HB değerine ulaşarak %35 oranında artmıştır.
- B₄C takviyesi, Al7075 alaşım malzemesinin sertliğini 121,8 HB değerinden, 161,6 HB

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

değerine yükselterek yaklaşık %33 oranında arttırmıştır.

- En yüksek sertlik değerleri hem Al7075 alaşımı hemde B₄C takviyeli Al7075 kompoziti için 24 saatlik yaşlandırma sürelerinde elde edilmiştir.
- Hem B₄C ilavesi hemde ısıl işlem Al7075 matrisinin sertliğini arttırmıştır. Al7075 matrisinin sertlik değeri B₄C takviyesi ile %33 arttırırken, ısıl işlem ile %52 arttırmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Batman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BTÜBAP) tarafından desteklenmiştir. BTÜBAP-2018-MMF-5 projesi kapsamında yürütülen çalışmalara desteklerinden dolayı Batman Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] C. A. V. Kumar and J. S. Rajadurai, "Influence of rutile (TiO₂) content on wear and microhardness characteristics of aluminium-based hybrid composites synthesized by powder metallurgy," *Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English Ed.)*, vol. 26, no. 1, pp. 63–73, 2016
- [2] K. J. Lijay, J. D. R. Selvam, I. Dinaharan, and S. J. Vijay, "Microstructure and mechanical properties characterization of AA6061/TiC aluminum matrix composites synthesized by in situ reaction of silicon carbide and potassium fluotitanate," *Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English Ed.)*, vol. 26, no. 7, pp. 1791–1800, 2016
- [3] W. S. Miller et al., "Recent development in aluminium alloys for the automotive industry," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 280, no. 1, pp. 37–49, 2000
- [4] J. C. Williams and E. A. Starke, "Progress in structural materials for aerospace systems," *Acta Mater.*, vol. 51, no. 19, pp. 5775–5799, 2003
- [5] J. A. K. Gladston, I. Dinaharan, N. M. Sheriff, and J. D. R. Selvam, "Dry sliding wear behavior of AA6061 aluminum alloy composites reinforced rice husk ash particulates produced using compocasting," *J. Asian Ceram. Soc.*, vol. 5, no. 2, pp. 127–135, 2017
- [6] M. Ipekoglu, A. Nekouyan, O. Albayrak, and S. Altintas, "Mechanical characterization of B₄C reinforced aluminum matrix composites produced by squeeze casting," *J. Mater. Res.*, vol. 32, no. 3, pp. 599–605, 2017
- [7] A. Daoud, M. T. Abou-Elkhair, and P. Rohatgi, "Wear and friction behavior of near eutectic Al-Si+ZrO₂ or WC Particle Composites," *Compos. Sci. Technol.*, vol. 64, no. 7–8, pp. 1029–1040, 2004
- [8] V. V. B. Prasad, K. S. Prasad, A. K. Kuruville, A. B. Pandey, B. V. R. Bhat, and Y. R. Mahajan, "Composite strengthening in 6061 and Al-4 Mg alloys," *J. Mater. Sci.*, vol. 26, no. 2, pp. 460–466, 1991
- [9] S. W. Kim, U. J. Lee, S. W. Han, D. K. Kim, and K. Ogi, "Heat treatment and wear characteristics of Al/SiCp composites fabricated by duplex process," *Compos. Part B Eng.*, vol. 34, no. 8, pp. 737–745, 2003
- [10] M. T. Abou El-Khair, "Microstructure characterization and tensile properties of squeeze-cast AlSiMg alloys," *Mater. Lett.*, vol. 59, no. 8–9, pp. 894–900, 2005
- [11] C. Tian et al., "Effect of melt cleanliness on the formation of porosity defects in automotive aluminium high pressure die castings," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 122, no. 1, pp. 82–93, 2002
- [12] K. M. Shorowordi, A. S. M. A. Haseeb, and J. P. Celis, "Tribosurface characteristics of Al-B₄C and Al-SiC composites worn under different contact pressures," *Wear*, vol. 261, no. 5–6, pp. 634–641, 2006
- [13] A. Kalkanli and S. Yilmaz, "Synthesis and characterization of aluminum alloy 7075 reinforced with silicon carbide particulates," *Mater. Des.*, vol. 29, no. 4, pp. 775–780, 2008
- [14] I. Topcu, H. O. Gulsoy, N. Kadioglu, and A. N. Gulluoglu, "Processing and mechanical properties of B₄C reinforced Al matrix composites," *J. Alloys Compd.*, vol. 482, no. 1–2, pp. 516–521, 2009
- [15] A. Mazahery and M. O. Shabani, "Mechanical properties of squeeze-cast A356 composites reinforced with B₄C particulates," *J. Mater. Eng. Perform.*, vol. 21, no. 2, pp. 247–252, 2012
- [16] V.C. Uvaraja, "Tribological Characterization of stir-cast hybrid composite aluminium 6061 reinforced with SiC and B₄C Particulates," *Eur. J. Res.*, vol. 76, no. 4, pp. 539–552, 2012
- [17] A. Baradeswaran and A. Elaya Perumal, "Influence of B₄C on the tribological and mechanical properties of Al 7075-B₄C composites," *Compos. Part B Eng.*, vol. 54, no. 1, pp. 146–152, 2013
- [18] A. Canakci, F. Arslan, and T. Varol, "Effect of volume fraction and size of B₄C particles on production and microstructure properties of B₄C reinforced aluminium alloy composites," *Mater. Sci. Technol. (United Kingdom)*, vol. 29, no. 8,

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- pp. 954–960, 2013
- [19] U. B. Gopal Krishna, K. V. Sreenivas Rao, and B. Vasudeva, "Effect of boron carbide reinforced of aluminium matrix composites," *Int J Metall Mater Sci Eng* vol. 3 no.1, pp. 41-48, 2013
- [20] Y. Mazaheri, M. Meratian, R. Emadi, and A. R. Najarian, "Comparison of microstructural and mechanical properties of Al-TiC, Al-B 4C and Al-TiC-B 4C composites prepared by casting techniques," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 560, pp. 278–287, 2013
- [21] A. Baradeswaran and A. E. Perumal, "Wear and mechanical characteristics of Al 7075/graphite composites," *Compos. Part B Eng.*, vol. 56, pp. 472–476, 2014
- [22] J. M. Salman, S. Abbas, A. Alsada, and K. F. Al-sultani, "Improvement Properties of 7075-T6 Aluminum Alloy by Quenching in 30 % Polyethylene Glycol and Addition 0.1 % B," *Resaerch J. Mater. Sci.*, vol. 1, no. 6, pp. 12–17, 2013
- [23] B. T. Chandra, Sanjeevamurthy, and H. S. Shivashankar, "Effect of heat treatment on hardness of Al7075-Albite particulate composites," *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 10, pp. 10786–10791, 2017
- [24] M. Gao, H. Kang, Z. Chen, E. Guo, P. Peng, and T. Wang, "Effect of reinforcement content and aging treatment on microstructure and mechanical behavior of B₄Cp/6061Al composites," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 744, no. October 2018, pp. 682–690, 2019

FARKLI YAPIŞTIRICI TİPLERİN HASAR YÜKÜNE ETKİSİ

Bahadır BİRECİKLİ*

*Batman Üniversitesi TBMYO Doğalgaz ve Tesisatı Teknolojisi Programı, 72060 BATMAN
e-posta: bahadir.birecikli@batman.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, çift zigzag tip geometriye sahip bir yapıştırma bağlantısı kullanılmıştır. Yapıştırma geometrisi 30°, 45°, 60°, 75° olmak üzere dört farklı bindirme açısına sahiptir. Yapıştırma bağlantısında cam elyaf takviyeli kompozit malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemeler [0°/90°] elyaf yönlendirmesinde; 13 kat (3 mm) tabakalı plakalar şeklinde prepreg (ön reçine emdirilmiş ıslak elyaf) kullanılarak üretilmiştir. Yapıştırma işlemi için sünek ve gevrek tip yapıştırıcılar kullanılmıştır. DP460 yapıştırıcısı sünek tip malzeme özelliği gösterirken, ATLAC580 yapıştırıcısı gevrek tip malzeme özelliğine sahiptir. Deneysel çalışmada yapıştırıcı cinsinin hasar yüküne etkisi incelenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Yapıştırıcılar, Kompozit malzeme, Hasar yükü.

THE EFFECT OF DIFFERENT ADHESIVE TYPES ON FAILURE LOAD

Abstract: In this study bonding joint with double zigzag type geometry was used. The bonding geometry has four types of overlap angles 30°, 45°, 60°, 75° respectively. Composite materials which made of glass fiber have used in this adhesive bonding joints. These materials have produced by using prepreg (pre-impregnated) technique and [0°/90°] of orientation angle and 3 mm of adherend thickness. Ductile and brittle type adhesives were used for the bonding joint. DP460 adhesive has ductile type material properties; ATLAC580 adhesive has brittle type material properties. The effect of adhesive type on the failure load was investigated experimentally.

Keywords: Adhesives, Composite material, Failure load.

1. GİRİŞ

Endüstriyel yapıştırıcılar, cıvata, perçin, kaynak ve lehim gibi mekanik birleştirme yöntemlerine alternatif olarak kullanılan bir birleştirme yöntemidir. Yapıştırma işlemi, birleştirilen parçaların ergime sıcaklıklarının altında yapılabildiği için; kaynak, lehim ve diğer bağlantı şekillerinde ergime sonucu kristal yapıda değişikliğe neden olmadığından ve gerilme yığılmaları oluşturmadığından kendisine uygun bir gelişme alanı bulmuştur.

Günümüzde mevcut birleştirme yöntemlerine alternatif olarak kullanılan endüstriyel yapıştırıcıların kullanımı hızlı bir şekilde artmaktadır. Özellikle havacılık, uzay ve otomotiv endüstrisinde yapıştırıcı ile birleştirilmiş birçok uygulama mevcuttur.

Bu çalışmada yapıştırıcı ile birleştirilmiş zigzag tip geometriye sahip bir bağlantının mekanik analizi yapılmıştır.

Bir yapıştırıcı (adhesive) ASTM (Standard test method for strength properties of adhesives in shear by tension loading) tarafından, “yüzey teması ile malzemeleri bir arada tutabilen madde” olarak tanımlanmıştır [1].

Yapıştırıcının bir başka tanımında, yüzeylere uygulandığında onları bir arada tutabilen ve ayrılmayı önleyen polimerik malzeme şeklindedir [2]. Günümüzde sistem elemanlarını birleştirmek için kullanılan geleneksel bağlantı yöntemlerinin yerine daha hafif bir bağlantı şekli olan yapıştırıcıların kullanımı sistemleri daha hafif hale getirmiştir [3].

Kline, [4] yapıştırıcı ile birleştirmede gerilme dağılımı üzerine yapıştırıcı kalınlığının etkisini incelemiştir. Kalınlık boyunca gerilmelerin değişimini lineer kabul ederek, kalınlık etkisini de içeren yapıştırıcı tabakasındaki gerilme dağılımında değişken bağlantı parametrelerinin etkisini araştırmıştır. Apalak vd., [5] köşe bağlantılarının analiz edildiği ve tasarlandığı bir çalışma yapmışlardır. Yapıştırıcı lineer elastik izotropik bir malzeme kabul edilerek köşe bağlantılarında oluşturulan yapıştırıcı gerilmelerine ve bağlantının toplam mukavemeti özelliklerinin etkilerini incelemişlerdir. Dean ve Duncan, [6] 0.5-4.0 mm arasında değişen kalınlıklarda bulk numuneler hazırlayarak, yapıştırıcının mekanik özelliklerinin kalınlıkla değişip değişmediğini incelemişlerdir. Numuneler arasındaki değişebilirliğin gözlemlenmesi için, dört ayrı tipte yapısal yapıştırıcıdan (bir ve iki

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

bileşenli epoksiler, iki bileşenli poliüretan ve iki bileşenli akrilik) farklı kalınlıklarda numuneler hazırlayarak test etmişlerdir. Çekme deneyi sonuçlarına göre numune kalınlığı ile malzeme özelliklerinin değişmediğini tespit etmişlerdir. Wu vd., [7] farklı kalınlık ve uzunlukta, farklı yapıştırılan malzemeler kullanılarak oluşturulmuş tek tesirli bindirme bağlantıları üzerine geliştirdikleri yöntemi uygulamışlardır. Sawa vd., [8] çekme yüküne maruz farklı yapıştırılan malzemelerin yapıştırılması ile oluşturulmuş tek tesirli bindirme bağlantısını iki boyutlu elastisite teorisini kullanarak analiz etmişlerdir. Yapıştırılan malzeme kalınlığı ve elastisite modülünün yapıştırmanın yapıldığı bölgenin serbest uçlarında oluşan gerilme dağılımları üzerine son derece büyük bir etkisinin olduğunu göstermişlerdir. Özel vd., [9] farklı özelliklere sahip iki farklı yapıştırıcı kullanarak oluşturulmuş ve dört noktadan eğme yükü altında tek tesirli bindirme bağlantısında sonlu elemanlar yöntemiyle gerilme analizi yapmışlar ve elde ettikleri sonuçları deneysel verilerle karşılaştırmışlardır. Sayısal analizle, yapıştırılan malzeme kalınlığının bağlantı performansı üzerine son derece önemli bir etkisinin olduğunu göstermişlerdir.

Guess vd., [10] iki farklı yapıştırıcı ve farklı kalınlıklarda yapıştırılan malzemeler kullanarak; yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantılarının kayma dayanımları üzerinde analitik ve deneysel olarak çalışmışlardır. Temiz, [11] tek tesirli bindirme bağlantısında bindirmenin yapıldığı bölgenin serbest uçlarında esnek, orta kısmında ise sert özellikli yapıştırıcı kullanarak oluşturduğu sonlu elemanlar modelinde gerilme analizi yapmıştır. Bu gerilme analiz sonuçları, bindirmenin yapıldığı bölgenin serbest uçlarında esnek karakterli yapıştırıcının kullanılması gerilme yığılmalarını azalttığını ve bağlantının mukavemetini artırdığını göstermiştir. Pinto vd., [12] farklı kalınlıklara sahip tek tesirli bindirme bağlantısında esnek ve sert iki farklı yapıştırıcı kullanarak bağlantının çekme yükü altındaki mekanik davranışlarını deneysel olarak incelemişlerdir. Esnek yapıştırıcı kullanılarak her iki malzeme kalınlığının artırılmasıyla elde edilen bağlantı tipinde bağlantının mukavemetinde çok az bir düşüş olduğunu ancak sert yapıştırıcı kullanılarak elde edilen diğer bağlantı tipinde ise bağlantının mukavemetinde artış olduğu ifade etmişlerdir. Neto vd., [13] kompozit malzemelerin yapıştırma bağlantıları üzerine deneysel bir çalışma yapmışlardır. 10-80 mm arasında farklı bindirme uzunluğuna sahip tek bindirme bağlantılı bir modelde gevrek ve sünek olan iki farklı yapıştırıcı kullanmışlardır. Deney sonuçlarına göre bağlantıda kohezyon hasarı oluşmuştur. Sünek tip yapıştırıcılı bağlantıda bindirme uzunluğunun artmasıyla hasar yükünün artmış olduğu ve bütün bindirme uzunluğu ölçülerinde ise kohezyon hasarı oluştuğu gözlemlenmiştir. Gevrek tip yapıştırıcılı bağlantıda 30 mm bindirme uzunluğunda kompozit malzemede hasar oluştuğu belirlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Huntsman firmasının ürettiği Vinylester Atlac 580 gevrek tip yapıştırıcı ile 3M

firmasının ürettiği DP460 sünek tip yapıştırıcının hasar yüküne etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Yapıştırıcıların Mekanik Özellikleri

DP460; epoksi (B) ve hızlandırıcı (A) nın hacimce B:A=2:1 oranında karışımıyla oluşan sıvı yapıştırıcıdır. Metal, seramik, cam ve birçok kompozit malzemenin birleştirilmesinde kullanılır.

ATLAC 580; ısıya dayanıklı ve esneklik özelliği olan düşük viskoziteli epoksi bazlı bir vinilester reçinedir. Fabrikasyon metotlarında sarma ve püskürtmede de kullanılabilir. Asit ve tuzlu solüsyonlara karşı dayanıklıdır ve mükemmel yapışma özelliklerine sahiptir. Atlac 580'nin, hacimce 0.5% NL63-10P hızlandırıcı ve 1.5% Butanox M-50 sertleştirici karışımıyla kürleşmesi sağlanır.

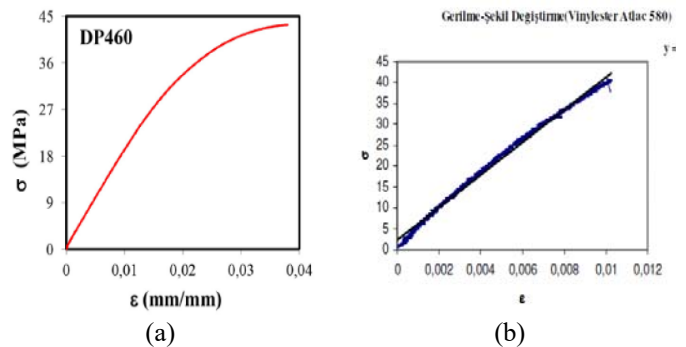
Denyede kullanılan gevrek (ATLAC580) ve sünek (DP460) yapıştırıcıların kürleşme şartları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yapıştırıcıların kürleşme şartları

Yapıştırıcı	Bileşen	Kürleşme sıcaklığı ve zaman	Cins
3M DP 460	Epoksi/ Hızlandırıcı	120°C/60 dk.	Sıvı
Vinylester ATLAC 580	Epoksi/ Hızlandırıcı+Sertleştirici	100°C/180 dk.	Sıvı

Çalışmada kullanılan DP 460 yapısal yapıştırıcısının mekanik özellikleri ve gerilme-şekil değiştirme diyagramı Akpınar'ın [14] doktora çalışmasından alınmıştır.

Aynı şekilde ATLAC 580 yapıştırıcısının mekanik özellikleri ve gerilme-şekil değiştirme diyagramı Adin'in [15] doktora çalışmasından alınmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Gerilme-şekil değiştirme grafiği (a) DP460 [14] (b) ATLAC580 [15]

Denyede kullanılan gevrek (ATLAC580) ve sünek (DP460) yapıştırıcıların mekanik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Tablo 2. Yapıştırıcıların mekanik özellikleri

	DP460 [14]	ATLAC580 [15]
Elastisite Modülü [E]	2077,10	442,46
Poisson Oranı [ν]	0,38	0,37
Çekme Dayanımı [σ]	44,615	40,618

Not: Birimler MPa dir.

Yapıştırma bağlantılarının yüksek dayanım sergileyebilmesi yapıştırılacak yüzey hazırlama yöntemlerine bağlıdır. İstenilen boyutlara getirilmiş numuneler, üzerinden yağ, kir ve toz gibi yapışma olayını engelleyecek yabancı maddelerden temizlenmesi için önce saf suyla yıkanmış sonra tüy bırakmayan özel mikrofiber bezlerle silinmiştir. Daha sonra saf alkolle yapıştırılacak yüzeyler yıkanmış ve yüzeylerden alkol tamamıyla buharlaşmaya kadar bekletilmiştir.

Yapıştırıcı kalınlığının ayarlanabilmesi iyi tasarlanmış bir kalıbın kullanımıyla mümkün olmaktadır. Bunun için numune boyunun sabit kalması için belli bir kalıp içerisine yerleştirilecek şekilde yapıştırıcı kalınlığı 0,20 mm de sabit tutulmuştur.

2.2 Deneysel Çalışma

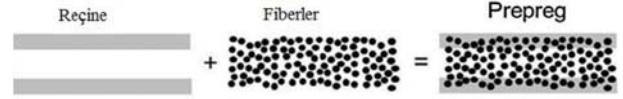
Deneyselerde kullanılan tüm numuneler, üretilen kompozit plakalardan CNC freze cihazında ASTM standartlarına uygun ve istenilen geometrik ölçülerde kesilmiştir. Her bir test numunesinin boyu 250 mm dir. Numunelerin her iki kenarından 25 mm lik kısım deney test cihazına sabitlenmesi için çene payı olarak bırakılmıştır.

Şekil 2’de görüldüğü gibi cam elyaf kompozit malzemeler kullanılmıştır.



Şekil 2. Kompozit numuneler

Cam elyaf takviyeli kompozit malzemeler, Şekil 3’de görüldüğü gibi prepreg (ön reçine emdirilmiş ıslak elyaf) olarak üretilmiştir. Kompozit malzemeler 3 mm kalınlığında ve $[0^\circ/90^\circ]$ elyaf yönlenmesinde olacak şekilde deney için hazırlanmıştır.



Şekil 3. Prepreg (ön reçine emdirilmiş ıslak elyaf)

Deneysel çalışmada 30° , 45° , 60° , 75° olmak üzere dört farklı tip bindirme açısına sahip yapıştırma bağlantısı kullanılmıştır.

Çift zigzag tip yapıştırma bağlantısında kullanılan numunelere ait geometrik ölçüler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Numunelere ait geometrik ölçüler

Bindirme Açısı ($^\circ$)	Genişlik {w}	Kalınlık {t}	Yapışma uzunluğu (a), (b)	L1	L2
30	27,46	3	20,00	118,68	131,32
45	35,12	3	20,00	122,27	127,73
60	40,64	3	20,00	126,73	123,27
75	43,66	3	20,00	131,75	118,25

Not: Ölçüler mm dir.

Denyde Shimadzu AG-X model çekme testi cihazı kullanıldı (Şekil 4). Test cihazı 100 kN kapasiteli entegre video ekstansometre ile donatılmıştır.



Şekil 4. Numunenin test cihazına bağlanması

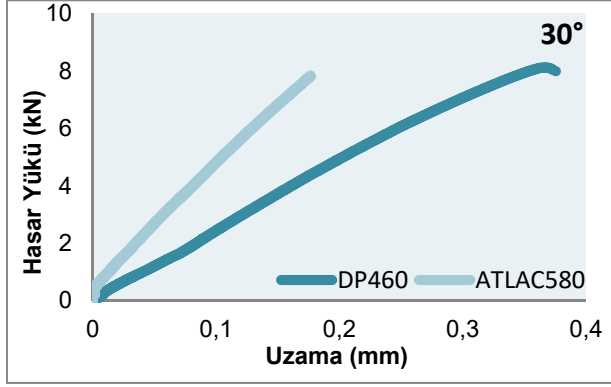
Test cihazının kalibrasyonu yapıldı. Test cihazına 0.10 Mpa ön yükleme verildi ve deneysel testler 1 mm/min. çekme hızında gerçekleştirildi. Test numunesi yapıştırıcı bölgesinden tamamen koptuktan sonra deney sonlandırılmıştır. Her bir numuneye ait hasar yükü değerleri tespit edilmiştir.

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

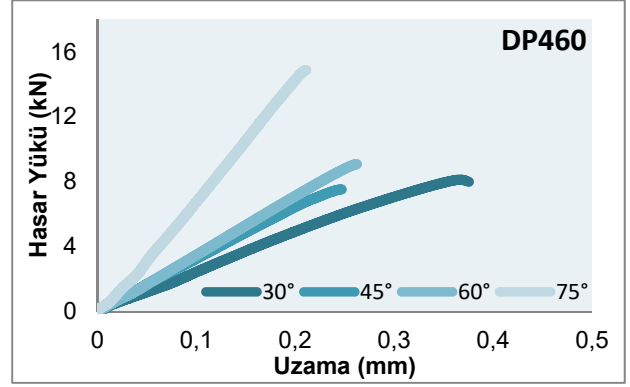
Numuneler, dört farklı bindirme açısında yapıştırılarak çekme testleri yapılmıştır. Kompozit malzemeler $[0/90^\circ]$ elyaf yönlenmesinde ve 3 mm kalınlığında üretilmiştir.

DP460 ve ATLAC580 yapıştırıcılarına ait hasar yükü değerleri Şekil 5-8’de gösterilmiştir.

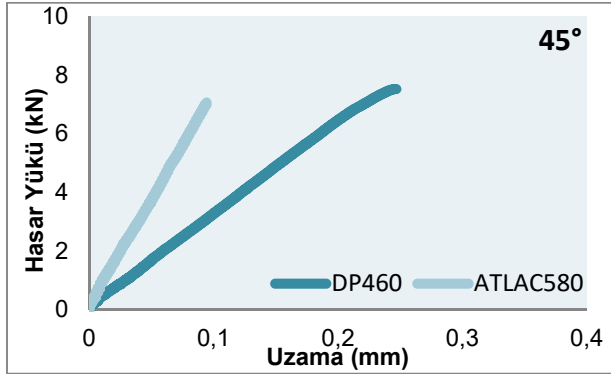
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



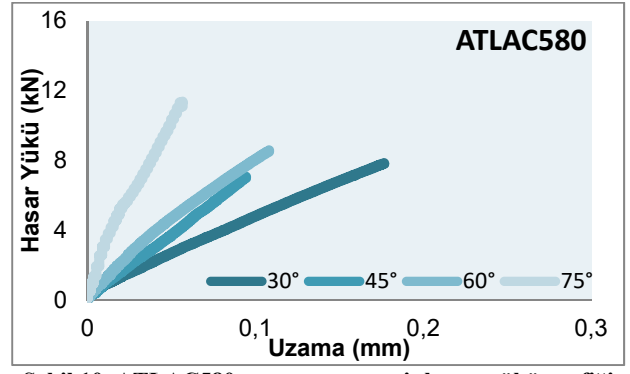
Şekil 5. 30° bindirme açısına ait hasar yükü grafiği



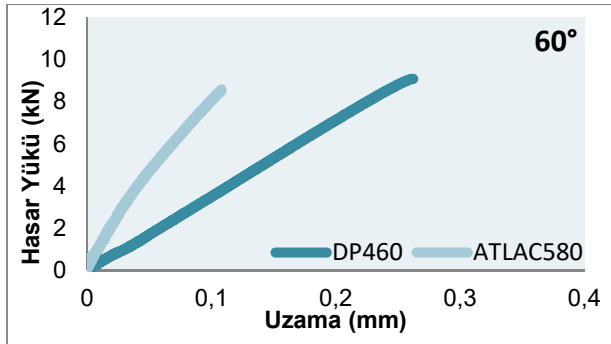
Şekil 9. DP460 yapıştırıcısına ait hasar yükü grafiği



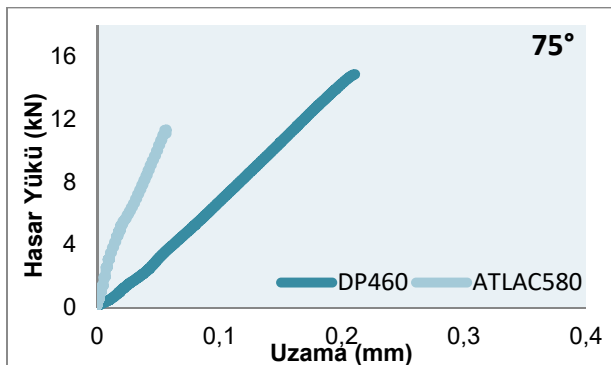
Şekil 6. 45° bindirme açısına ait hasar yükü grafiği



Şekil 10. ATLAC580 yapıştırıcısına ait hasar yükü grafiği



Şekil 7. 60° bindirme açısına ait hasar yükü grafiği



Şekil 8. 75° bindirme açısına ait hasar yükü grafiği

Hasar yükleri aynı yapışma alanında bindirme açısının artmasıyla artmıştır. bindirme açısının artması hasar yükünü yaklaşık %81 arttırmıştır. En fazla hasar yükü değeri 75° lik bindirme açısında görülmüştür.

Şekil 9 ve Şekil 10'da DP460 ve ATLAC580 yapıştırıcısına ait hasar yükü grafikleri görülmektedir.

DP460 yapıştırıcısına ait hasar yükleri, Atlac580 yapıştırıcısına ait hasar yüklerinden daha yüksek çıkmıştır. Çünkü DP460'ın elastisite modülü 2077,10 MPa iken ATLAC580'nin elastisite modülü 442,46 MPa'dır. Yapıştırıcının elastisite modülünün artmasıyla hasar yükü değerleri artmıştır.

Her iki yapıştırıcıya ait grafikler incelendiğinde, DP460 yapıştırıcısında daha fazla uzama miktarı elde edilirken, ATLAC580 yapıştırıcısında bu uzama miktarının hemen hemen yarısı elde edilmiştir. Çünkü DP460 sünek bir yapıştırıcı iken ATLAC580 yapıştırıcı tipi gevrek tip bir yapıştırıcıdır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, çekme yüklerine maruz çift zikzak tip yapıştırma bağlantısı kullanılarak farklı bindirme açılarında ve farklı yapıştırıcı tipleriyle birleştirilmiş cam elyaf kompozit malzemeler kullanılmıştır.

Tasarlanan bağlantı geometrisinde bindirme açısı değerinin artmasıyla hasar yükünün artmakta olduğu deney sonucunda ortaya çıkmıştır.

Tüm yüzeylerde yapıştırıcı tabakasının kaldığı görülmüştür. Hasar yüzeyleri incelendiğinde, genellikle sünek yapıştırıcıda kohezyon hasarlar, gevrek yapıştırıcısında ise adhezyon hasarlar görülmüştür. Ancak kohezyon hasarlar daha fazla meydana gelmiştir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Küçük bindirme açılarda kohezyon hasarı meydana gelirken; büyük bindirme açılarında adhezyon/kohezyon karışık hasarı meydana gelmiştir.

Ayrıca sünek karakterli yapıştırıcının kullanılması gerilme yığılmalarını azalttığı ve bağlantının mukavemetini artırdığı söylenebilir.

5. KAYNAKLAR

[1] Apalak, M.K., Günes, R. and Fidancı, L., Geometrically non-linear thermal stress analysis of an adhesively bonded tubular single lap joint. *Finite Elements in Analysis and Design*, 39, 155-174, 2003.

[2] Adams, R. D., and Wake, W. C., *Structural Adhesive Joint in Engineering*. Elsevier Science Publisher, London, 1984.

[3] Kaya, F., Ana Hatlarıyla Yapıştırıcılar, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 240s, 2004.

[4] Kline, R.A., Stress Analysis of Adhesively Bonded Joints, *Proceeding of The International Symposium on Adhesive Joints*, Kansas City, 587-610, 1982.

[5] Apalak, M.K., and Davies, R., An analysis and Design of Adhesively Bonded Corner Joints, *Int. J. Adhesion and Adhesives*, No:13/4, 219-235, 1993.

[6] Dean, G.D. and Duncan, B.C., *Tensile behavior of bulk specimens of adhesives*. NPL Report DMM (B), UK, 1995.

[7] Wu, G. and Crocombe, A.D., Simplified finite element modeling of structural adhesive joints. *Computers and Structures*, 61(2), 385-391, 1996.

[8] Sawa, T., Liu, J., Nakano, K. and Tanaka, J., A two dimensional stress analysis of single lap adhesive joints of dissimilar adherents subjected to tensile loads. *J. of Adhesion Science and Technology*, 14(1), 43-66, 2000.

[9] Ozel, A., Kadioglu, F., Sen, S. and Sadeler, R., Finite element analysis of adhesive joints in four point bending load. *Journal of Adhesion*, 79(7), 683-697, 2003.

[10] Guess, T.R., Allred, R.E. and Gerstle, F.P., Comparison of lap shear test specimens, *Journal of Testing and Evaluation*, 5, 2, 84-95, 1977.

[11] Temiz, S., Application of Bi-Adhesive in Double-Strap Joints Subjected to Bending Moment. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 20(14), 1547-1560, 2006.

[12] Pinto, A.M.G., Campilho, R.D.S.G., Mendes, I.R., Baptista, A.P.M., Numerical and Experimental Analysis of Balanced and Unbalanced Adhesive Single-Lap Joints Between Aluminium Adherends. *Journal of Adhesion*, 90: 89-103, 2004.

[13] Neto, J., Campilho, R., da Silva L., Parametric study of adhesive joints with composites, *J. of Adhesion Science and Technology*, 37: 96-101, 2012.

[14] Akpınar, S., Yapıştırıcıyla Birleştirilmiş T-Bağlantılarda Üç Boyutlu Gerilme Analizi. Doktora Tezi. *Erzurum Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 2012.

[15] Adin H., Yapıştırıcı ile Birleştirilmiş Ters Z Tipi Kompozit Malzeme Bağlantılarının Mekanik Analizi, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 2007.

ÇİFT ZİGZAG TİP YAPIŞTIRMA BAĞLANTILARDA YAPAY SİNİR AĞLARI METODU İLE HASAR YÜKÜ İNCELENMESİ

Bahadır BİRECİKLİ*

*Batman Üniversitesi TBMYO Doğalgaz ve Tesisatı Teknolojisi Programı , 72060 BATMAN
e-posta: bahadir.birecikli@batman.edu.tr

Özet: Bu makalenin amacı, yapay sinir ağları metodu ile çekme dayanımına maruz kalan çift zigzag tip yapıştırma bağlantılarında hasar yükünü tahmin etmektir. Çift zigzag tip geometri, 30°, 45°, 60°, 75° olmak üzere dört farklı tip bindirme açısına sahiptir. Deneyde çeşitli kalınlıklarda, üç farklı dizilim oryantasyonuna sahip ([0°/90°], [±45°], [0°/90°/±45°]) cam elyaf kompozit malzemeler kullanıldı. Deney sonuçları farklı oryantasyon açısına sahip numunelerin hasar yükü üzerinde önemli etkisinin olduğunu göstermiştir. Hasar yükü değerlerini tahmin etmek için yapay sinir ağlarında Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması modeli kullanıldı. Deneysel veriler YSA ile tahmin edilen sonuçlarla % 99 oranında uyumlu çıkmıştır. YSA tahmin modeli zaman kaybını azaltmak ve deneysel sonuçları desteklemek için şiddetle önerilir.

Anahtar Kelimeler: Yapıştırma bağlantıları , Yapay sinir ağları, Hasar yükü.

INVESTIGATION OF FAILURE LOAD IN DOUBLE ZIGZAG TYPE ADHESIVE JOINTS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS METHOD

Abstract: The aim of this article is to estimate the failure load of double zigzag type bonded joints subjected to tensile strength by artificial neural network method. The double zigzag type geometry has four types of overlap angles: 30°, 45°, 60°, 75°. Glass fiber composite laminates with three different stacking sequence ([0°/90°], [±45°], [0°/90°/±45°]) in various thicknesses were used in the experiment. The experimental results showed that samples with different stacking sequence had a significant effect on the failure load. Levenberg-Marquardt learning algorithm model was used in artificial neural networks to estimate failure load. Experimental data were 99% consistent with the results estimated by ANN. ANN estimation model is strongly recommended to reduce time loss and to support experimental results.

Keywords: Bonding joint, Artificial neural networks method, Failure load.

1. GİRİŞ

Havacılık, uzay ve otomotiv endüstrisinde kullanılan kompozit malzemelerle yapıştırma bağlantılarının kullanımı her geçen gün artmaktadır [1]. Farklı geometriye sahip yapıştırma bağlantıları, birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Çeşitli parametreleri değiştirerek bağlantı dayanımını artırmak hayati öneme sahiptir [2]. Bindirme geometrisi, yapışma alanı ve numune kalınlığının değişimi bağlantı mukavemeti için dikkate değer bir etki göstermiş olup stres konsantrasyonlarının azaltılmasına katkıda bulunmuştur [2]. Popüler bir teknik olan YSA, deneysel çalışmalarda verilerin doğruluğunu kontrol etmek için birçok araştırmacı tarafından alternatif bir yöntem olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. H. Majidi vd., [3] çelik/karbon elyaf takviyeli polimerde, eksenel çekme yüküne maruz kalan çeşitli uzunluklardaki çift bindirmeli birleştirme bağlantılarında hasar yükünü

bulmak için hem teorik hem de deneysel çalışmalar yapmışlardır. Numunelerin hasar yüklerini tahmin etmek için hızlı ve güvenilir bir şekilde yeni bir yöntem geliştirilmişlerdir. Sonuçta, yeni yöntemle ilgili olarak hem teorik hem de deneysel sonuçlar arasında büyük bir uyum elde etmişlerdir. I. Konovalenko vd., [4] fraktografik görüntü için yapay sinir ağlarına dayanan bir yöntem önerdiler. YSA ile doğru sonuçlar elde etmek için parametre sayısı önemli ölçüde azalmıştır. YSA tahminleri diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında oldukça benzer sonuçlar çıkarmış olduğunu belirlemişlerdir. K. Luwei vd., [5] rotasyon makinelerinde bir füzyon süreci sıraladılar. Yapay sinir ağı (YSA) yöntemi ile ortaya çıkan hatalar otomatik olarak verilmiştir. YSA algoritması harika sonuçlar sunmasının yanı sıra bu makinelerde ortaya çıkan hataların iyileştirilmesi için önemli bir potansiyel de göstermiştir. Tosun ve Çalık [6] eksenel çekme yüküne maruz kalan tek bindirmeli birleştirme bağlantılarında YSA aracılığıyla hasar yükünü tahmin etmişlerdir. YSA'nın mükemmel tahmin

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

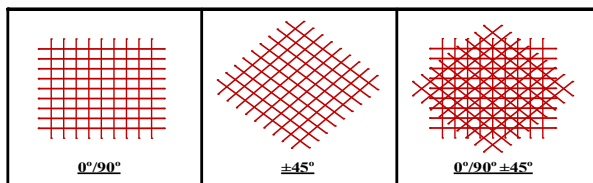
yeteneğine sahip olduğunu ve deneysel verilere uygun olduğunu göstermişlerdir. Tiryaki ve Aydın [7] ısıtma işlemi görmüş ahşaplar için basınç dayanımını tahmin etmek için bir YSA modeli tasarladılar. Mevcut modelde kapsamlı deneyler gerekli olmayacaktır. YSA aracılığıyla maliyeti ve zamanı en aza indirecek birçok tatmin edici verinin elde edilebileceğini göstermişlerdir. Kovan ve Şekercioğlu [8] birleştirilmiş silindirik bağlantıların yorulma ömrünü ve kesme kuvvetini tahmin etmek için YSA aracılığıyla bir yöntem geliştirmişlerdir. Balcıoğlu vd., [9] yapıştırma bağlantıların kompozit malzemelerde tek tesirli ve çift tesirli bindirme açısının hasar yükü üzerindeki etkilerini YSA aracılığıyla analiz etmişlerdir. Dominczuka ve Kaczmarzewski [10] yapıştırma bağlantılarının mukavemeti için deneysel verilerin kontrolünü YSA aracılığıyla analiz etmişlerdir. Güneş vd., [11] hem genetik algoritmaları hem de YSA yöntemini kullanarak, yapıştırma bağlantılarının optimum parametrelerini araştırmışlardır. D. Fernandez vd., [12] kompozit malzemelerin balistik etkisini tahmin etmek için YSA metodunu kullanmışlardır. Esteban vd., [13] ahşap numunelerin yapıştırma kalitesini ANN yöntemiyle %93 oranında kesin olarak tahmin etmişlerdir. Rangaswamy vd. [14] tek tesirli yapıştırma bağlantılarında cam elyaf takviyeli epoksi kompozitleri araştırmışlardır. Yapışma alanı ve yapıştırıcı kalınlığının hasar yükü üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Yapışma alanının, bağlantı dayanımı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Ayrıca, hasar yükünün tahmini için yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. Neto vd., [15] kompozit malzemelerin bağlantı mukavemeti üzerine deneysel bir çalışma yapmışlardır. Farklı yapıştırma alanlarına sahip bir bağlantı geometrisi önermişlerdir. Yapışma alanının artmasıyla hasar yükünün arttığını göstermişlerdir. Silva vd., [16] çeşitli geometri ve malzemeler için tek bindirmeli bağlantılarında bağlantı mukavemetinin etkisini incelemişlerdir. Yapışma kalınlığının artmasıyla hasar yükünün de arttığını belirlemişlerdir. Sonuç olarak, yapışma alanının bağlantı mukavemeti üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir.

Bu çalışmada, eksenel çekme dayanımına maruz kalan çift zigzag tip yapıştırma bağlantılarında hasar yükünün etkisi incelenmiştir. YSA tahminleri, deneysel verilerle büyük bir uyum sağlamıştır.

2. MATERYAL VE METOD

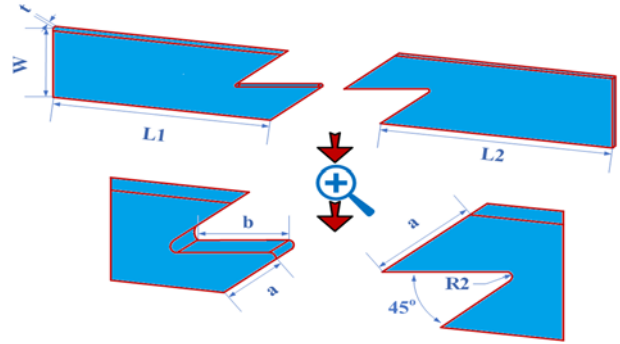
2.1 Deneysel Çalışma

Deneyde üç farklı dizilim oryantasyonuna sahip ($[0^\circ/90^\circ]$, $[\pm 45^\circ]$, $[0^\circ/90^\circ/\pm 45^\circ]$) cam elyaf kompozit malzemeler kullanıldı (Şekil 1).



Şekil 1. Kompozit malzeme lamina tabaka dizilimi

Kompozit malzemelerden 3 mm, 5 mm, 7 mm ve 10 mm kalınlığında numuneler üretilmiştir. Yapıştırıcı kalınlığı ise yapışma alanında 0.20 mm olacak şekilde sabit tutulmuştur. Bağlantı geometrisi, 30° , 45° , 60° , 75° olmak üzere dört farklı tip zigzag açısına sahiptir. Numunelerin izometrik perspektifi Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Geometrik model

Çift zigzag tip yapıştırma bağlantısında kullanılan numunelere ait geometrik ölçüler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Numunelerin teknik ölçüleri

Zigzag Açısı ($^\circ$)	Genişlik {w}	Kalınlık {t}	Yapışma uzunluğu (a), (b)	L1	L2
30	27.46	3,5,7,10	20.00	118.68	131.32
45	35.12	3,5,7,10	20.00	122.27	127.73
60	40.64	3,5,7,10	20.00	126.73	123.27
75	43.66	3,5,7,10	20.00	131.75	118.25

Not: Ölçüler mm dir.

Kompozit malzeme ve yapıştırıcıya ait mekanik özellikler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Malzemelere ait mekanik özellikler

	Kompozit Malzeme	Yapıştırıcı
E (Mpa)	28,25	2077.10
ν (-)	0.13	0.38
σ_t (Mpa)	379.23	44.61

E: Elastisite modülü; ν : Poisson oranı; σ_t : Maksimum çekme dayanımı

Deneyde Shimadzu AG-X model çekme testi cihazı kullanıldı (Şekil 3). Test cihazı 100 kN kapasiteli entegre video ekstansometre ile donatılmıştır.



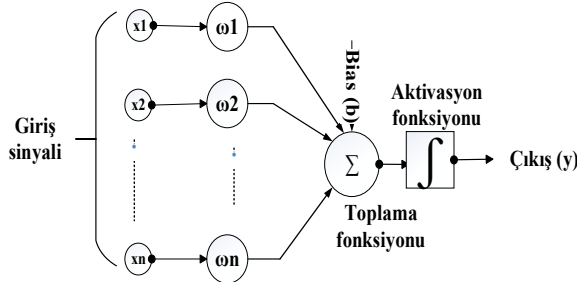
Şekil 3. Numunenin test cihazına bağlanması

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Test cihazının kalibrasyonu yapıldı. Test cihazına 0.10 Mpa ön yüklemeye verildi ve deneysel testler 1 mm/min. çekme hızında gerçekleştirildi. Numuneler yapışma bölgesinden kopuncaya kadar çekme testi devam etmiştir. Her bir numuneye ait hasar yükü değerleri tespit edilmiştir.

2.2 Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA), beynimizdeki biyolojik sinir ağlarından esinlenmiştir. İnsan beyni, aralarında yaklaşık 100 trilyon bağlantı bulunan yaklaşık 100 milyar nörondan oluşur. Girdi bilgisi her nörona karşılık ya kapalı ya da açık durumda verilir. Ara bağlantılar, pozitif güçlendirme kavramı üzerinde çalışır [17]. Karmaşık matematiksel kurallar yerine YSA kullanılarak birçok mühendislik problemi kolaylıkla çözülebilir [18]. En basit YSA, girdi (input), çıktı (output) ve gizli (hidden) olmak üzere üç katmandan oluşur. Tüm katmanlar arasındaki bağlantı ağırlıklarla sağlanır. Şekil 4'te görüldüğü gibi tüm girdiler bu ağırlıklarla çarpılarak bir merkezde toplanmıştır.



Şekil 4. Bir nörona ait blok diyagram modeli

Öğrenmenin ilk adımı aktivasyon olarak tanımlanabilir. Sinir hücresine giren sinyallerin toplamı, toplam sinyal hücreyi ateşleyecek ve eşik değerini aşacak kadar yüksekse, o zaman hücre aktiftir ($y = 1$), aksi halde bu durumda hücre pasiftir ($y = 0$).

YSA'nın çeşitli aktivasyon fonksiyonları vardır. Günümüzde genellikle Sigmoid fonksiyonu kullanılır. Sigmoid aktivasyon fonksiyonu, sürekli ve türetilebilir bir fonksiyondur. Bu fonksiyon, her biri için 0 ile 1 arasında bir değer üretir. Sigmoid işlevi aşağıdaki formülle tanımlanır:

$$F(net) = \frac{1}{1+e^{-net}} \quad (1)$$

Literatürde çok sayıda eğitim algoritması bulunmaktadır. Hesaplanan eğitim algoritması ile ilgili olarak, ağ çıktısı ile istenen çıktı arasındaki hata, hata azalana kadar ağırlıkların değiştirilmesi için geriye doğru yayılır. Aşağıdaki formülle bir nöron tanımlanır:

$$o = F x f(wx + b) \quad (2)$$

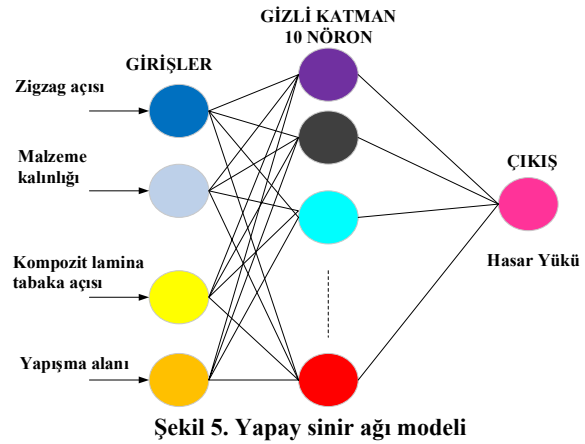
"w" ağırlıkları "x", girdileri, "b" ise sapmayı tanımlar. Sapma girişlerinin amacı, aktivasyon fonksiyonunun kökenini dengelemektir. Transfer fonksiyonu aşağıdaki denklemlerle tanımlanır:

$$net = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b \quad (3)$$

Bu çalışmada kullanılan YSA modeli, dört nöronlu bir giriş katmanı, bir nöronlu çıkış katmanı ve on nöronlu bir gizli katman olarak tasarlanmıştır.

Modellenen ağı eğitmek için Levenberg - Marquardt algoritması kullanılmıştır. Deneyden elde edilen veriler eğitim, doğrulama ve test olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır. Deney sonucunda elde edilen test verileri kullanılarak bir sinir ağı modeli kurulmuş, eğitilmiş ve test edilmiştir.

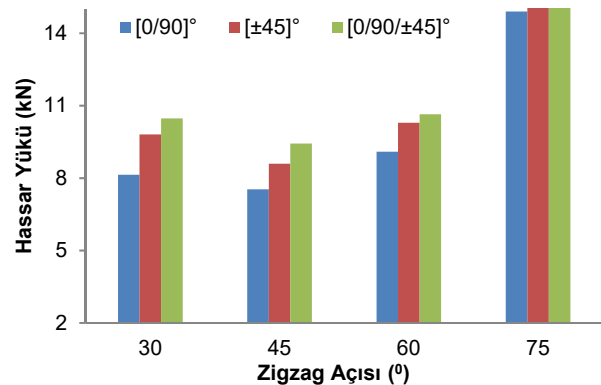
YSA modelinde giriş değişkenleri olarak zigzag açısı ($^{\circ}$), malzeme kalınlığı (mm), kompozit lamina tabaka açısı ($^{\circ}$) ve yapışma alanı (mm^2), çıkış değişkeni olarak hasar yükü (N) kullanılmıştır. Şekil 5'te dört girdi ve bir çıktıdan oluşan yapay sinir ağı görülmektedir.



Şekil 5. Yapay sinir ağı modeli

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Yapıştırılmalı bağlantıda her bir zigzag açısına karşılık gelen hasar yükleri Şekil 6'da verilmiştir. Tasarlanan bağlantı geometrisinde zigzag açısı değerinin artmasıyla hasar yükleri artmış olduğu deney sonucunda ortaya çıkmıştır.



Şekil 6. Deneysel hasar yükleri

Şekil 6'da cam takviyeli epoksi prepeg kompozit malzemeler farklı oryantasyon açıları ile üretilmesiyle; deney sonuçlarında gözle görülen bir fark oluşturduğu grafiklerden anlaşılmaktadır. [0/90]° oryantasyon açısına sahip malzemede en düşük hasar yükleri elde edilmiştir.

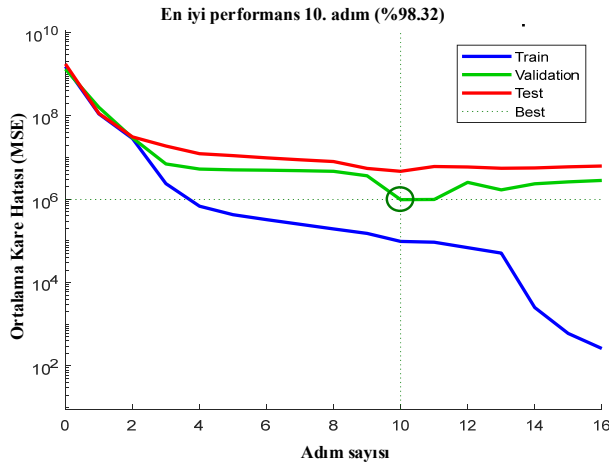
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Çok yönlü olan $[0/90/\pm 45]^\circ$ fiber oryantasyon açısında en yüksek hasar yükleri ortaya çıkmıştır.

Yapay sinir ağları metodunda, 48 deneysel veriden 34'ü eğitim için, doğrulama ve test için ise sırasıyla 7 değer kullanılmıştır. Yapay sinir ağı tahmin modelinin verimliliğini değerlendirmek için MSE hesaplanmıştır. MSE (mean square error), ortalama kare hatası olarak tanımlanır. Ortalama kare hata bir regresyon eğrisinin bir dizi noktaya ne kadar yakın olduğunu söyler. MSE, bir makine öğrenmesi modelinin, tahminleyicinin performansını ölçer, her zaman pozitif değerlidir ve aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \binom{n}{k} (t_i - td_i)^2 \quad (4)$$

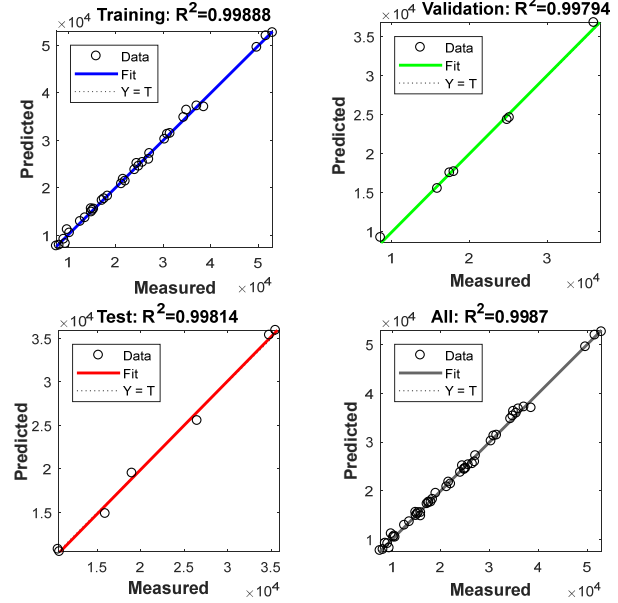
burada t_i deneyin ölçülen değeri, td_i tahmini değer ve N ise toplam numune sayısıdır. YSA'nın eğitilmesi, hedeflenen MSE değerine ulaşıldığı 10 adım sonra kapatılmıştır. YSA'nın yinelenmesine bağlı olarak ortalama kare hatası (MSE) Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Ortalama kare hatası (MSE) grafiği

Levenberg-Marquardt algoritmasını kullanan yapay sinir ağlarında hasar yükü tahmin edilmiştir. Test, doğrulama ve eğitim verileri için YSA modeli kullanılarak tahmin edilen değerler, yüzde hata oranları ve ölçülen değerler belirlenmiştir.

YSA'da tahmin edilen değerler, çok düşük yüzdeli hatalarda olduğu görülmektedir. Bu hata oranları, hasar yükü değerlerini tahmin etmek için oldukça tatmin edici olduğu tespit edilmiştir. YSA'nın etkili bir şekilde mantıklı sonuçlar ürettiğini ve hasar yükü modelinde makul bir güvenilirlik ve doğruluk oranına sahip olduğu Şekil 8'de görülmektedir.



Şekil 8. Deneysel değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler

Şekil 8'de ANN tarafından hasar yükünün tahmininde eğitim veri seti, doğrulama veri seti ve test veri seti için R^2 değerleri sırasıyla 0.998, 0.997 ve 0.998'dir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, çekme yüklerine maruz çift zikzak tip yapıştırma bağlantısı kullanılarak farklı açılı konfigürasyonlarında ($30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$), farklı malzeme kalınlığında (3 mm, 5 mm, 7 mm ve 10 mm) ve farklı dizilim oryantasyonuna sahip ($[0^\circ/90^\circ]$, $[\pm 45^\circ]$, $[0^\circ/90^\circ/\pm 45^\circ]$) cam elyaf kompozit malzemeler kullanıldı.

Hasar yükleri aynı yapışma alanında zigzag açısının artmasıyla artmıştır. Zigzag açısının artması hasar yükünü yaklaşık %81 arttırmıştır. En fazla hasar yükü değeri 75° lik zigzag açısında görülmüştür.

Kompozitlerin oryantasyon açıları, hasar yüklerini önemli derecede etkilemiştir. $[0^\circ/90^\circ]$ yerine $[\pm 45^\circ]$ lik lamina tabakalar kullanılması hasar yükünü ortalama %10, çok yönlü lamina tabakalar $[0^\circ/90^\circ/\pm 45^\circ]$ kullanıldığında ise hasar yükü ortalama %15 artış göstermiştir.

Malzeme kalınlığı arttıkça yapıştırılan alan artmış ve doğal olarak da taşınan yükte artmıştır.

Gerçek deneysel sonuçlar, tahmin edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Deneysel veriler YSA ile tahmin edilen sonuçlarla % 99 oranında uyumlu çıkmıştır. Tahmin edilen değerler hatanın kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu göstermektedir. YSA tahmini oldukça iyidir ve zaman kaybını azaltmak ve laboratuvar deneyini desteklemek için kuvvetle önerilir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

5. KAYNAKLAR

- [1] Kinloch, A.J. Adhesives in Engineering. *Proc. Instn. Mech. Engrs.*, s307-335, 1997.
- [2] M.R. Ayatollahi, A. Akhavan-Safar, Failure load prediction of single lap adhesive joints based on a new linear elastic criterion, *Theor. Appl. Fract. Mech.*, 80 210–217, 2015.
- [3] Hamid Reza Majidi, Seyed Mohammad Javad Razavi and Filippo Berto, Failure Assessment of Steel/CFRP Double Strap Joints, *MDPI Metals*, 7, 255, 2017.
- [4] Ihor Konovalenko, Pavlo Maruschak, Olegas Prentkovskis, Raimundas Junevičius, Investigation of the Rupture Surface of the Titanium Alloy Using Convolutional Neural Networks, *MDPI Materials*, 11(12), 2467, 2018.
- [5] Kenisuomo C. Luwei, Akilu Yunusa-Kaltungo and Yusuf A. Sha'aban, Integrated Fault Detection Framework for Classifying Rotating Machine Faults Using Frequency Domain Data Fusion and Artificial Neural Networks, *MDPI Machines*, 6(4), 59, 2018.
- [6] Tosun, E.; Çalık, A. Failure load prediction of single lap adhesive joints using artificial neural networks. *Alexandria Engineering Journal*, 55, 1341-1346, 2016.
- [7] S. Tiryaki, A. Aydın, An artificial neural network model for predicting compression strength of heat treated woods and comparison with a multiple linear regression model, *Constr. Build. Mater.*, 2014, 62 102–108,
- [8] T. Sekercioglu, V. Kovan, Prediction of static shear force and fatigue life of adhesive joints by artificial neural network, *Metallic Material*, 46 (1) 51, 2008.
- [9] H.E. Balcıoglu, A.C. Seckin, M. Aktas, Failure load prediction of adhesively bonded pultruded composites using artificial neural network, *J. Compos. Mater.*, 2015.
- [10] J. Dominczuk, J. Kuczmaszewski, Modelling of adhesive joints and predicting their strength with the use of neural networks, *Comput. Mater. Sci.*, 43 (1) 165–170, 2008.
- [11] 21 R. Gunes, M.K. Apalak, M. Yildirim, Free vibration analysis of an adhesively bonded functionally graded tubular single lap joint, *J. Adhes.*, 87 (9) 902–925, 2011.
- [12] Fernández-Fdz D, López-Puente J, Zaera R. Prediction of the behavior of cfrps against high-velocity impact of solids employing an artificial neural network methodology. *Compos Part A: Appl Sci Manuf.*, 39(6): 989–996, 2008.
- [13] Esteban LG, Fernandez FG, de Palacios P. Prediction of plywood bonding quality using an artificial neural network. *Holzforschung*, 65(2):209–214, 2010.
- [14] H. Rangaswamy, I. Sogalad, S. Basavarajappa, S. Acharya, G. Patel, Experimental analysis and prediction of strength of adhesive bonded single lap composite joints: Taguchi and artificial neural network approaches, *SN Applied Sciences*, (2) 1055, 2020.
- [15] J. Neto, R. Campilho, L. da Silva, Parametric study of adhesive joints with composites, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, (37) 96-101, 2012.
- [16] L. da Silva, R. Carbas, G. Critchlow, M. Figueiredo, K. Brown, Effect of material, geometry, surface treatment and environment on the shear strength of single lap joints, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 29 (6) 621–632, 2009.
- [17] L. Amayreh, M. Saka, Failure load prediction of castellated beams using artificial neural networks, *ASIAN J. Civ. Eng. (Build. Hous.)*, 6 (1–2) 35–54, 2005.
- [18] I. Uçkan, T. Yılmaz, E. Hürdoğan, O. Büyükalaca, Development of an artificial neural network model for the prediction of the performance of a silica-gel desiccant wheel, *Int. J. Green Energy*, 12 (11) 1159–1168, 2014.

BATMAN İLİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE KULLANIMI

Büşranur TAŞ, Mehmet Ali DEMİR* ve Fevzi YAŞAR**

*Batman Üniversitesi Personel Daire Başkanlığı, 72060 BATMAN

e-posta: mehmetali.demir@batman.edu.tr

** Batman Üniversitesi Teknik Bilimler MYO Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, 72060 BATMAN

e-posta: fevzi.yasar@batman.edu.tr

Özet: Enerji, çağımızın en önemli tüketim maddelerinden biri olmakla beraber insanlığın bugün ve yarın vazgeçemeyeceği bir uygarlık aracıdır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin enerji ihtiyaçları her geçen gün artmakta ve bu artışın gelecekte de devam edileceği öngörülmektedir. Bugün sahip olduğumuz teknolojik gelişmelerin sunduğu imkanların insan yaşamında süreklilik arz edebilmesi için enerji ve enerji kaynaklarına her zamankinden daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Tüketmek zorunda olduğumuz enerjinin bugün büyük bir çoğunluğu fosil yakıtlarından, geri kalanı ise nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Fosil yakıt kullanımı, doğrudan veya dolaylı şekilde çevre ve insan sağlığına zarar vermektedir. Fosil yakıt kullanımının verdiği zararlar gözönünde bulundurulduğunda gelecek nesillerin daha büyük bedellerle karşı karşıya kalmaları kaçınılmaz olacaktır. Kalkınma ve sanayileşme yolunda fosil yakıt kullanımının verdiği zararlar düşünüldüğünde, çevremizin kendi doğal ürünü olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının artırılması gerçeği her geçen gün daha iyi anlaşılmaktadır. Yenilenebilir enerji olarak günümüzün ve geleceğin en önemli kaynakları arasında güneş enerjisi gelmektedir. Güneş enerjisi kaynağı, doğrudan ve düşük maliyetlerle üretilebildiğinden ve bu enerji kaynağının çok farklı alanlarda da kullanılabilme özelliği dolayısıyla günümüzde daha fazla tercih edilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada Batman ilinin güneş enerjisi potansiyeli ve kullanım detayları ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Güneş, Potansiyel ve Kullanımı.

SOLAR ENERGY POTENTIAL AND USAGE OF BATMAN PROVINCE

Abstract: Energy is one of the most important consumption items of our age, it is also a civilization tool that humanity cannot give up now and tomorrow. The energy needs of developed and developing countries are increasing day by day, and this trend is expected to continue in the future. Energy and energy resources are needed now more than ever to assure the continuity of the opportunities provided by technological advancements in human life. The energy's majority we consume today comes from fossil fuels, with the remainder coming from nuclear and renewable energy sources. The usage of fossil fuels hurts the environment and human health, either directly or indirectly. Given the damage caused by the usage of fossil fuels, it is unavoidable that future generations will pay higher prices. Considering the damages caused using fossil fuels during development and industrialization, the need of growing the use of renewable energy sources, which are the natural products of our environment, is better understood day by day. Solar energy is among the most important resources of today and the future as renewable energy. Solar energy is regarded to be desired more today since it can be produced directly and at a cheap cost, and it can be utilized in a variety of applications. In this study, the solar energy potential and usage details of Batman province are revealed.

Keywords: Renewable Energy, Solar, Potential and Use.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

1. GİRİŞ

İnsan yaşamının vazgeçilmez bir parçası olan enerji, geçmişte olduğu gibi bugün de dünya gündeminde tartışılan konuların başında yer almaktadır. Enerji, ülkelerin ekonomik ve sosyal olarak gelişiminde, dolayısıyla toplumsal refahın artırılmasında vazgeçilmez bir etken olmaya devam etmektedir [1]. Hammadde ve enerji kaynakları kapasitelerinin sınırlı olmaları ve yeni teknolojik ürünlerin kullanımı ile hammadde ve enerji ihtiyacı sürekli artış gösterdiğinden insanoğlu yeni kaynaklara daha fazla ihtiyaç duymaktadır. Var olan petrol, doğalgaz, kömür vb. fosil kaynakların, gelecekteki nüfus artışı ve insanların günlük yaşamda kullandıkları cihazların artması nedeniyle hızlı bir şekilde azalması beklenmektedir [2]. Bu nedenle, yerel ve yenilenebilir doğal zenginlikler konumunda olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hem ülkemizde hem de diğer dünya ülkelerinde enerji ihtiyacının karşılanması bakımından büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden tüm dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına hem teknolojik araştırmalar açısından hem de bu kaynaklardan üretilen enerjileri kullanmaya yönelme baş göstermiştir. Bu bağlamda, "enerji çeşitlendirilmesi", enerji güvenliği ve sürekliliğini sağlamak açısından vazgeçilmez hale gelmiştir [3]. Enerjide dış kaynaklara bağımlılığın önüne geçilebilmesi ve herhangi bir kaynaktan gelebilecek bir azalma, tükenme, kesilme gibi aksaklıkların ortaya çıkabilmesine karşı önlemlerin alınması, enerji çeşitlerinin artırılması ile mümkün olabilmektedir. Tek tür kaynaktan sağlanacak enerjinin, insanların enerji konusunda sadece o türe bağımlı hale gelebileceği hususu dikkate alınmalıdır [4].

Sürdürülebilir enerji, ihtiyaç olan kadar enerjiyi riske atmadan kullanmak demektir. Dünyanın ve Türkiye'nin geleceği için yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi bu açıdan büyüktür. Yenilenebilir enerji kaynağı "*doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı*" olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük özellikleri, karbondioksit emisyonlarını azaltarak çevrenin korunmasına yardımcı olmaları, yerli kaynaklar oldukları için enerjide dışa bağımlılığın azalmasına ve istihdamın artmasına katkıda bulunmaları ve kamuoyundan yaygın ve güçlü destek almalarıdır [5]. Bir başka deyişle, yenilenebilir enerji kaynakları, ulaşılabilirlik, mevcudiyet, kabul edilebilirlik özelliklerinin hepsini taşımaktadırlar.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıyla:

- ❖ İthal edilen yakıtlara olan bağımlılık azalacak,
- ❖ Yerli öz kaynaklara öncelik verilmesi sağlanacak,
- ❖ Yerli üretim sonucu istihdam artacak,
- ❖ Sürdürülebilir ekonomik büyüme ve gelişmeye katkı sağlayacak,
- ❖ Enerji arz güvenliğini artacak,
- ❖ Enerji talebini karşılamada sağlanan güvenlik ile enerjiyi kullanan sektörleri olumlu yönde etkileyecek ve yatırım yapmalarını teşvik edecek,
- ❖ Üretimde ve tüketimde sağlanan güven ortamı ile istikrar artacak,
- ❖ Sosyal ekonomik hayatta refah, istikrar da artacaktır [6].

Dünyadaki enerji türlerinin kökeni olarak güneş enerjisi gösterilmekte, diğer enerjiler ise güneş enerjisi kökenli, "dönüşüm enerjileri" olarak tanımlanmaktadır [7]. Tüm yenilenebilir enerjiler ve hatta fosil yakıtlar enerjilerini güneşten almaktadır. Enerji kaynaklarını üç ana başlıkta toplamak mümkündür. Enerji kaynaklarının birincisi yerin altında kalan bitkilerin ve canlıların bataklik alanlarda birikmesi sonucu oluşan tabakaların değişime uğramasıyla meydana gelen "Fosil Yakıtlar"dır. Enerji kaynaklarının ikincisi, potansiyeli mevcut olan ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak kullanımı artan "Yeni" enerji kaynaklarıdır. Enerji kaynaklarının üçüncüsü ise tükenmeyen, eksilmeyen "Yenilenebilir" enerji kaynaklarıdır [8].

2. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİNİN GELİŞİMİ

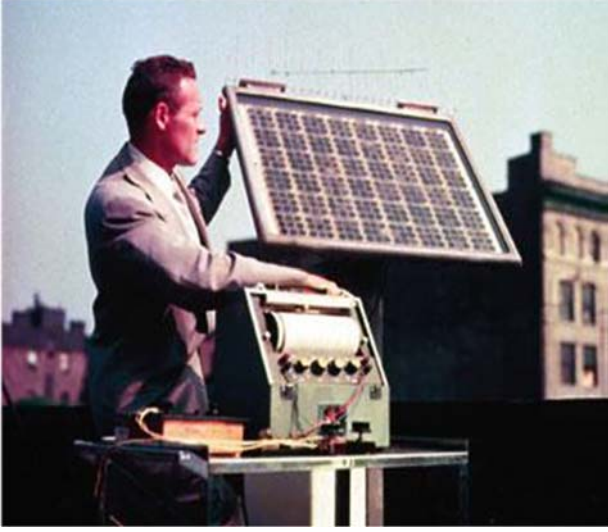
- 1839 yılında Fransız bilim insanı Edmond Becquerel dünyada ilk olarak Fotoelektrik olayını keşfetti ve ışık enerjisi soğurularak elektriksel voltaj edileceğini öne sürdü [9].
- 1873-1876 yıllarında ise İngiliz Elektrik Mühendisi Willoughby Smith Selenyum elementinin fotoiletkenliğini keşfetti. Bu keşif güneş enerjisinin kolayca toplanabildiğini göstermektedir [10].
- 1883 yılında Charles Fritts tarafından ilk Solar Hücre üretildi. Üretilen bu solar hücrenin verimi %1-2 arasında değişmekteydi. Günümüzdeki Solar Hücre verimleri ise %15-20 arasında değişmektedir.
- 1887 yılında ilk olarak Alman bilim adamı Heinrich Hertz tarafından fotoelektrik olay gözlemlendi.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- 1953-1956 yılları arasında Bell Laboratuvarındaki çalışmalar sonucunda Silikon Güneş hücrelerinin ticari olarak üretilmeye başlandı.



- 1958 yılında Solar Enerji Sistemleri uzay çalışmalarında kullanılmaya başlandı.
- 1982 yılında Hesperia, Kaliforniya'da 1 MWe Güneş Enerji Santrali inşa edildi.
- 1994-1999 yılları arasında NREL kurumu tarafından %30-32 arasında verimli Güneş Hücreleri üretildi [11,12].

Türkiye'de güneş enerjisine yönelik ilk ulusal kongre 1975 yılında gerçekleşmiştir. Ege Üniversitesi'nde 1978 yılında Güneş Enerjisi Enstitüsü kurulmuştur. Türkiye'de, Fotovoltaik Sistemler konusundaki çalışmalar 1980 ve 1990'lı yıllarda başlamıştır. Bu anlamda gerçekleşen çalışmalara ait bazı örnekler;

- Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Laboratuvarında, güneş hücreleri ile çalışan ısı pompası sistemi kurulmuş.
- Dört adet güneş hücresi ile çalışan ve yaklaşık olarak toplam kurulu gücü 50 kWp olan sistemler telekomünikasyon amaçlı olarak Afyonkarahisar, Göcek, Uşak ve Kahramanmaraş'a kurulmuştur.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından Didim'de, güneş hücreleri ile çalışan laboratuvar ölçekli ilk güç santrali tesis edilmiş.
- Güneş Pilleri ve Güneş Enerjisi konusunda, dünyada yaşanan gelişmeler, ülkemizde başta üniversitelerimizin, TÜBİTAK'ın ve Enerji İşleri Etüt İdaresi'nin yapmış olduğu çalışmalar neticesinde, zamanla kullanım alanı artan güneş hücrelerinden; ulaşım araçları, aydınlatmalar, trafik ışıkları, gibi gündelik şekildedeki faydalanılmaya başlanılmıştır.

- Aydınlatmalar 21 Temmuz 2011 tarihinde yayımlanan, 'Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik' kapsamında, yatırımcılara 500 kWe kurulu gücüne kadar Lisanssız Elektrik Üretimi faaliyeti gösterme hakkı tanınmıştır. Çıkarılan bu yönetmelik, Türkiye'de Güneş Enerjisinden elektrik üretme noktasında bir kıvılcım niteliğindedir.
- Bu doğrultuda, 263 kWe kurulu gücündeki, ilk lisanssız Güneş Santrali, 19 Ekim 2012'de, kabulü yapılan Gazi Üniversitesi Teknopark GES olmuştur.
- 14 Mart 2013 yılında kabul edilen, 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun 14. maddesi kapsamında, Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine ilişkin yönetmelik, 2 Ekim 2013 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yürürlüğe giren yönetmelikle birlikte, lisanssız tesislerin azami kurulu gücü 1 MW'a yükseltilmiştir.
- 2014 yılında; Güneş Enerjisi Santrallerinin Türkiye'nin kurulu gücüne katkısı 40,2 MW olduğu görülmektedir. Güneş Enerjisi Santralleri, Lisanssız santrallerin %76'sını oluşturmaktadır. Güneş Enerjisi Kaynaklı Kurulu Güç, toplam kurulu gücün %0,05'ni oluşturmaktadır.
- 2014 ve 2015 yılında; Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği kapsamında, Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak üzere yapılan lisans başvurularına ilişkin, TEİAŞ tarafından 6 paket üzerinden yapılan bir yarışma düzenlenmiştir. Düzenlenen bu yarışma neticesinde, toplamda 600 MWe'lik kapasite, yarışmayı kazanan firmalara dağıtılmıştır.
- Diğer yandan, Lisanssız Enerji Üretimi, maliyetlerinde düşmesinin etkisiyle ivme kazanmaya başlamış ve kurulumlar artmıştır.
- Ekonomi Bakanlığı tarafından, İthalatta Gözetim Uygulamasına İlişkin 2015/9'nolu Tebliğ'i Resmi Gazete'de yayınlanmış ve ithal edilen güneş panellerine gözetim uygulaması getirilmiştir.
- 2015 yılında Güneş Enerjisi Kaynaklı Kurulu güç; (248,8 MW) bir önceki seneye göre, %619 oranında artış göstermiştir.
- Güneş Enerjisinin, toplam kurulu güç içerisindeki payı %0,3'lere gelmiştir.
- Türkiye'de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü 2015-2016 yılında; ekipman maliyetleri; düşüşünü devam ettirmiştir.
- 25 Haziran 2016 tarihinde, Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararın Uygulanmasına İlişkin Tebliğ yayınlanarak, İthal Güneş Panelleri teşvik kapsamından çıkarılmış ve İthalatta Gözetim

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

uygulaması başlamıştır. (300USD/kg) Bu durum, Yatırım Teşvik Belgesi olmayan yatırımcılar için ciddi bir maliyet yaratmış ve yatırımcıları yerli panel kullanımına teşvik etmiştir.

- 1 Temmuz 2016 tarihinde, İthal Güneş Panellerine yönelik Anti-Damping soruşturması başlatılmıştır.
- 14 Ekim 2017 tarihinde, ilk Lisanslı GES tesisi olan, 8 MWe kurulu gücündeki Elazığ Solentegre GES'in kabulü yapılmıştır.
- 30 Ekim 2017 tarihinde, 4,9 MWe kurulu gücündeki Lisanslı Halk Enerji Erzurum GES'in kabulü yapılmıştır.
- 29 Aralık 2016 Tarihli 6838 Numaralı EPDK Kararının Kapsamında, Lisanssız Üreticiler için, Sistem Kullanım Bedellerine %1250 oranında zam yapılmıştır.
- Lisanssız GES Tesislerinin 2017 yılı sonuna kadar devreye alınması durumunda, Sistem Kullanım Bedelinin, yeni belirlenen bedel üzerinden %75 indirimli olacağı belirtilmiştir [12,14].

3. GÜNEŞ ENERJİSİ VE ÖNEMİ

Güneş enerjisi, hidrojenin helyuma dönüşmesi sırasında ortaya çıkan enerjinin ışıyım biçiminde uzaya yayılmasıdır [15]. Güneş daha milyonlarca yıl ışımasını sürdüreceğinden, dünyamız için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Güneş, dünyadaki tüm enerji kaynaklarına dolaylı ya da dolaysız olarak temel oluşturmaktadır. Güneş ışınları ile dünyaya 170 milyar MW güçte enerji gelmektedir. Bu değer, dünyada insanlığın bugün için kullandığı toplam enerjinin 15-16 bin katıdır. Günümüzde dünyaya ulaşan güneş enerjisinin değerlendirilmesinde iki yol izlenmektedir: ısıya dönüştürme ve elektrik enerjisine çevirme. Güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürmede "toplaçlar"; doğrudan elektriğe dönüştürmede de "güneş hücreleri-güneş pilleri" kullanılmaktadır [16].

Günümüzün teknolojik ve ekonomik koşullarında güneş enerjisinin özellikle ısı kullanımı önem kazanmıştır. Dünyanın küresel olarak pek kullanmadığı, ancak geleceğin en çok kullanılabilecek enerji kaynağı olan güneş enerjisinden elektrik üretimi, doğrudan dönüşüm ve dolaylı dönüşüm olmak üzere iki ayrı yöntem ile gerçekleştirilir. Bu enerji ile ısıtmadan soğutmaya çok farklı ısı etkisinin kullanıldığı uygulamaların yanı sıra değişik teknolojiler ile elektrik enerjisi üretimi de gerçekleştirilmektedir [2]. Fotovoltaik hücreler (PV hücreler-güneş hücreleri) gürültüsüz, çevreyi kirletmeden, herhangi bir hareket eden mekanizmaya

gereksinim duymadan güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir [17].

3.1. Güneş Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

- Güneş enerjisi temiz, yenilenebilir ve sürekli bir enerji kaynağıdır.
- Güneş enerjisi ile çalışan sistemler kolaylıkla taşınıp kurulabilir.
- Çevreyi kirletici atıkları olmayan, çevre dostu, gerektiğinde enerji ihtiyacına bağlı olarak kolayca değiştirilebilen sistemlerdir.
- Güneş enerjisinin, yakıt sorununun olmaması, işletme kolaylığı, mekanik yıpranma olmaması, modüler (değişebilir) olması, uzun yıllar sorunsuz olarak çalışması gibi üstünlükleri vardır.
- Güneş pili, dayanıklı, güvenilir ve uzun ömürlüdür.
- Elektrik şebeke hattı bulunmayan ya da şebeke hattının götürülmesinin pahalı olduğu kırsal yörelerde güneş pillerinin kullanımı daha ekonomik olabilmektedir.
- Her ev, kendi enerjisini çatısına kurduğu güneş pilleri ile karşılayabilir. Böylece iletim ve enerjiyi taşıma maliyetleri ve kayıpları ortadan kalkar.

Güneş enerjisinin bütün bu avantajlarının yanısıra bazı **dezavantajları** mevcuttur.

Bunlar;

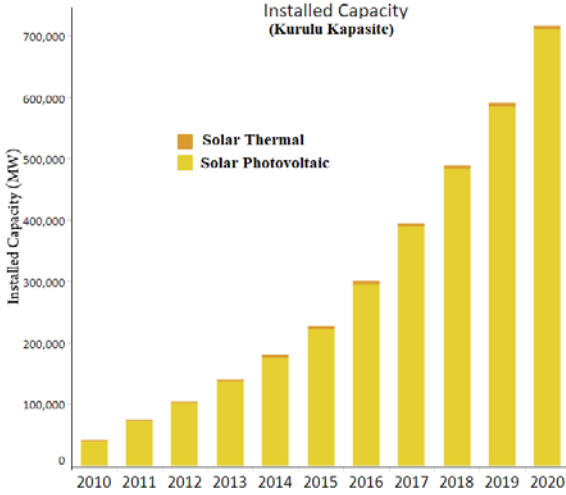
- Güneş Pillerinin verimleri düşüktür (%15 civarı),
- Fotovoltaik pillerin üretim kaynaklı başlangıç ve tüketim maliyeti yüksektir, ancak teknolojik gelişmeler ile enerji giderek yaygınlaşmakta ve maliyette düşmektedir.
- Kullanımın yaygınlaşması ile maliyetlerin daha da azalacağı beklenmektedir.
- Kesintili bir kaynak olan güneş enerjisinin depolanma imkanları sınırlıdır.
- Depolama ünitelerinin bakımı ve ömürleri gibi dezavantajlar sistemin verimini düşürmekte ve enerjinin maliyetini artırmaktadır [18,19].

4. DÜNYA VE TÜRKİYE'NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

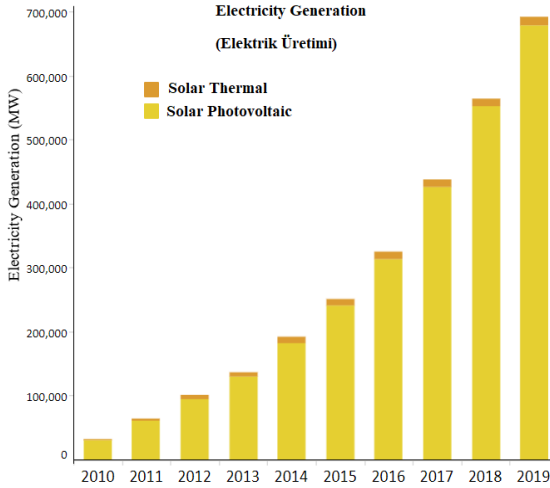
Ülkeler yenilenebilir enerji çabalarını hızlandırdıkça ve elektrik üretiminden kaynaklanan karbon emisyonlarını azaltmaya çalıştıkça, güneş enerjisi kuruluşları dünya çapında hızla artıyor [20]. Dünyadaki hemen hemen tüm ülkelerde güneş enerjisi ile az ya da çok elektrik üretimi yapıldığı söylenebilir. Fakat resmi istatistiklerde ulusların enterkonnekte sistemine bağlı olmayan diğer

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

bir ifadeyle of-grid santraller genel olarak istatistik dışında bırakılır. Şekil 1 ve 2 ye bakıldığında dünya genelinde gerek kurulu güç bakımından gerekse elektrik üretimi açısından değerlendirildiğinde 2010-2019 yılları arasında her iki alanda da belirgin bir artış olduğu görülmektedir. Bu da güneş enerjisinin öneminin her geçen gün artığının açık bir göstergesidir.



Şekil 1. Dünyada Güneş Enerjisi Kurulu Kapasitesi



Şekil 2. Dünyada Güneş Enerjisinden Üretilen Elektrik Enerjisi

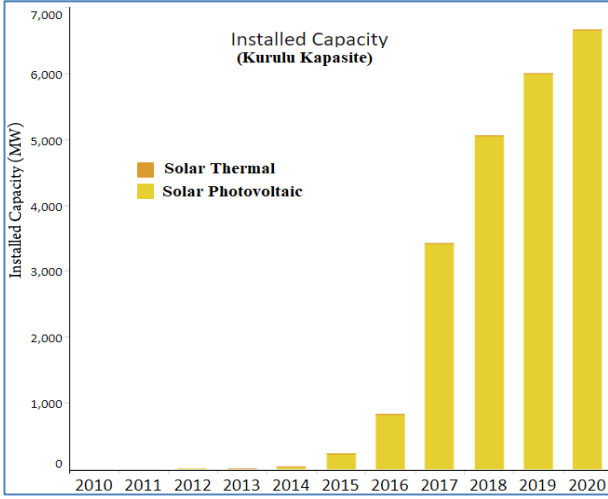
Dünyada şebeke bağlantılı başka bir ifadeyle on-grid sistemlerin ülkelere dağılımına bakıldığında, 2020 yılı Aralık ayı itibarıyla Kurulu güç bakımından Çin 254.355 MW'ı aşan kurulu gücü ile açık ara lider konumdadır. Çin Halk Cumhuriyeti'ni sırasıyla ABD, Japonya, Almanya, Hindistan ve İtalya takip etmektedir.

Tablo1. 2020 yılı Aralık ayı itibarıyla Ülkelere Göre Dünyada Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücü [21].

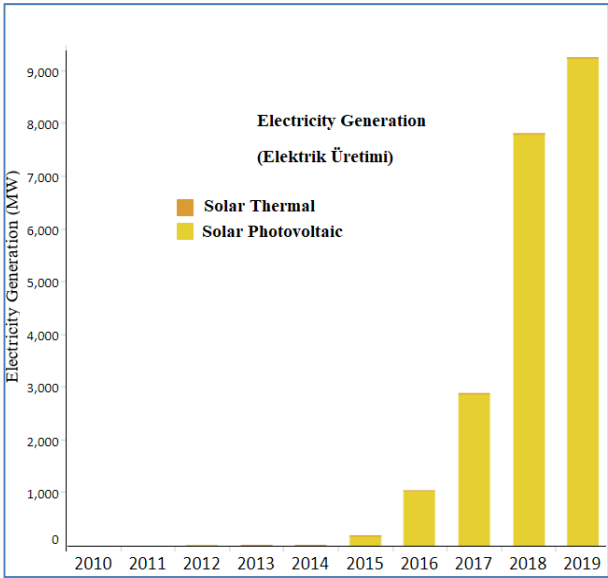
S.	Ülke	Kurulu Güç (MW) Aralık 2020
1	Çin	254.355
2	ABD	75.572
3	Japonya	67.000
4	Almanya	53.783
5	Hindistan	39.211
6	İtalya	21.600
7	Avustralya	17.627
8	Vietnam	16.504
9	Güney Kore	14.575
10	İspanya	14.089
11	Birleşik Krallık	13.563
12	Fransa	11.733
13	Hollanda	10.213
14	Brezilya	7.881
15	Türkiye	7.170
16	Güney Afrika	5.990
17	Tayvan	5.817

Türkiye mevcut coğrafi konumu itibarı ile güneş enerjisi potansiyeli bakımından çok önemli bir ülke konumundadır [22]. Yılın büyük çoğunluğunda güneş ışınlarının güçlü bir açıyla geldiği Türkiye'de güneş oldukça önemli olmasıyla birlikte temiz bir enerji kaynağıdır. Güneş enerji kurulu gücü de 2021 Temmuz ayına göre 111,1 MW artarak 7435,2 MW seviyesine yükselmiştir. Bu kurulu gücün 6682,1 MW'mı lisanssız santraller geri kalan 753,1 MW'lık gücü de serbest üretim şirketi santralleri oluşturmaktadır. Güneş enerjisi kurulu gücü Türkiye'nin toplam kurulu gücünün %7,55'ni oluşturmaktadır [23]. Şekil 3 ve 4 incelendiğinde Türkiye hem kurulu güç bakımından hem de elektrik üretimi açısından değerlendirildiğinde 2016 yılından sonra her iki alanda da çok belirgin bir artış olduğu görülmektedir. Bu da güneş enerjisinin ülkemiz ve tüm dünya için çok önemli bir enerji kaynağı olduğu göstermektedir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

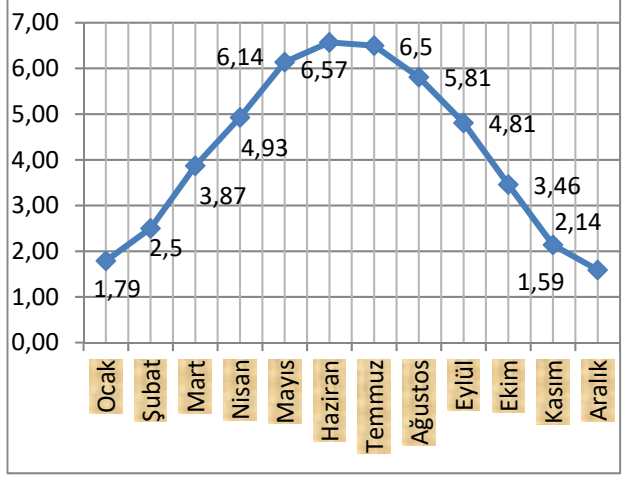


Şekil 3. Türkiye'de Güneş Enerjisi Kurulu Kapasitesi



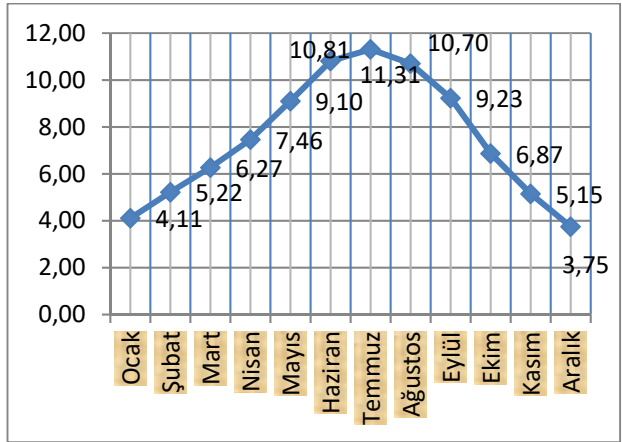
Şekil 4. Türkiye'de Güneş Enerjisinden Üretilen Elektrik Enerjisi

Ülkemiz, güneş kuşağı içinde konumlanmasına rağmen, güneş enerjisinden faydalanma istenilen miktarda değildir. Bu sebeple, yakın gelecekte enerji ihtiyacının karşılanmasında, dünyanın en önemli yenilenebilir enerji kaynağı olan güneşin etkili ve sürdürülebilir bir biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir. Şekil 5'te ülkemizin aylık bazda ortalama güneşlenme süreleri mevcuttur. Güneşlenme süresinin maksimum olduğu ay Temmuz, minimum olduğu ay Aralıktır. Türkiye'nin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süresi 7,49 saat-gün, yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi ise 2736,89 saat-yıl (7,49x365) dir.



Şekil 5. Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat) (Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneşlenme Süresi) [24].

Şekil 6'da gösterilen değerler ülkemizin aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerlerini göstermektedir. Haziran ayında global radyasyon değeri en fazladır. Türkiye'nin aylık bazda ortalama günlük ışınım şiddetinin 4,18 kWh/m²-gün, yıllık ortalama toplam global radyasyon değerinin ise 1524,18 kWh/m²-yıl (4,18x365) olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Türkiye Global Radyasyon Değerleri (kWh/m2- gün) (Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneş Radyasyonu) [24].

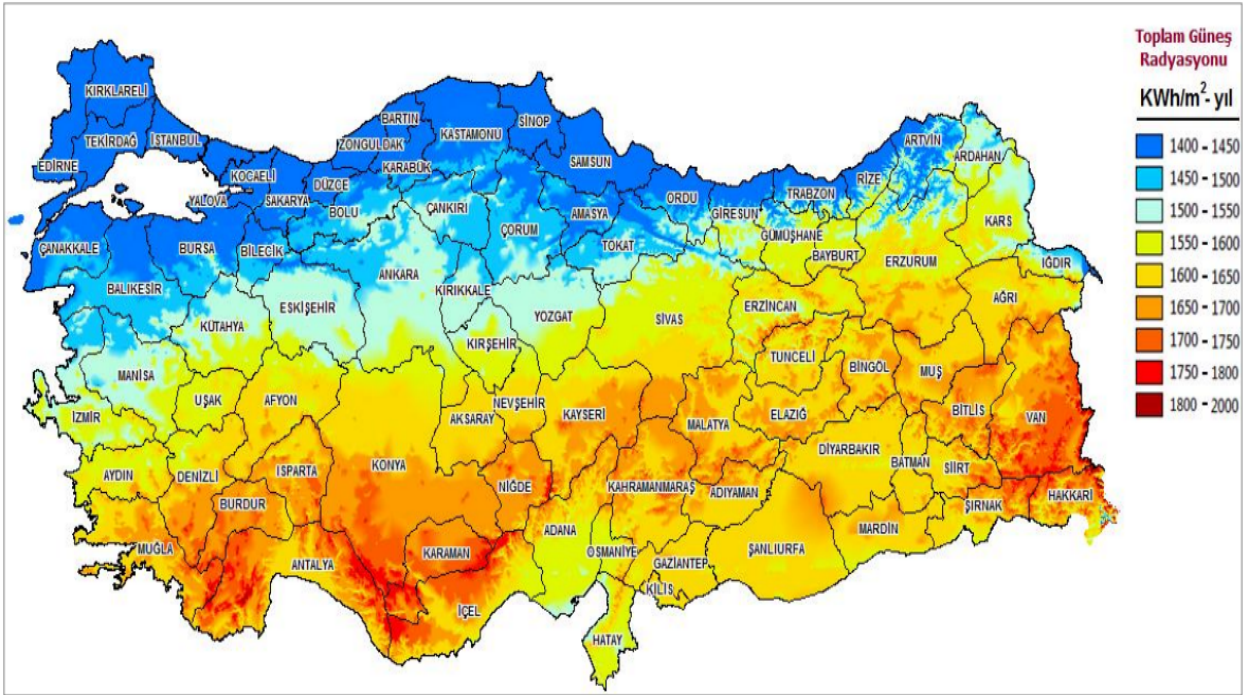
Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2741,07 saat olup ortalama yıllık toplam ışınım değeri 1527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır [25].

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Şekil 7'de GEPA'da yer alan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası verilmiştir.



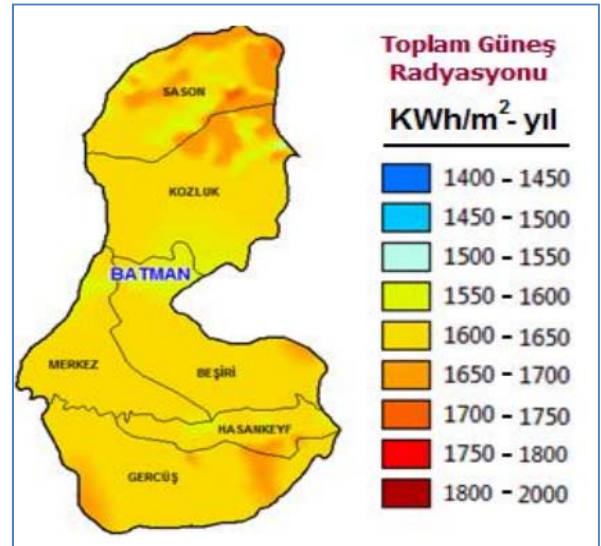
Şekil 7. Türkiye GEPA Atlası [3]

Haritada görüldüğü üzere Güney bölgelerden Kuzeye doğru gidildikçe güneşlenme potansiyeli azalmaktadır. Karadeniz Bölgesi, coğrafi konumu ve yağmurlu gün sayısının fazla olması nedeniyle en az ışınım alan bölgedir. Marmara ve Ege orta değerde ışınım alırken, İç Anadolu, Doğu Anadolu, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu yüksek değerde ışınım alan bölgelerimizdir. Bu bölgelerde güneş enerjisine yatırım yapmak daha verimli ve yatırım maliyetlerinin geri dönüş süresi diğer bölgelere göre daha kısadır [26]. Tablo 12.1'de bölgelerin ışınım değerleri verilmiştir.

5. BATMAN İLİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE KULLANIMI

Türkiye'nin en güneşli bölgesi 2993 saat ve 1460 kWh/m² yıl ile Güneydoğu Anadolu bölgesidir. Bu bölgenin güneşlenme süresinin en fazla olduğu illerden biride Batman'dır [26].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlasına (GEPA) göre; Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2741(saat/yıl) iken bu rakam Batman için 2873 saattir. Aynı şekilde ülkemizde ortalama yıllık toplam ışınım şiddeti 1527 kwh/m². Buna karşın Batman ili için 1576 kwh/m²'tir. Şekil 8'de Batman ili Güneş Potansiyel Haritası gösterilmiştir. [26,27].



Şekil 8. Batman İli Güneş Potansiyel Haritası (Anonim, 2020)

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Tablo2. Batmanda işletmedeki ve yapım aşamasındaki Güneş Enerjisi Santralleri [28]

İşletmedeki Güneş Enerji Santralleri			
Santral Adı	İlçe	Firma	Güç(MW)
Modern Tuana ve Taykar GES	Beşiri		6,00
Batman'daki diğer lisanssız GES'ler		Çeşitli Firmalar	12
ÖZET: Batman, İşletmedeki Güneş Enerji Santralleri : 2 santral, 18 MWe			

Yapım Aşamasındaki Güneş Enerji Santralleri			
Santral Adı	İlçe	Firma	Güç(MW)
TZN Mimarlık Güneş Enerjisi Santrali	Kozluk	TZN Mimarlık	1,00
ÖZET: Batman, Yapım Aşamasındaki Güneş Enerji Santralleri : 1 santral, 1,00 MWe			

Tablo 2 de görüldüğü gibi Batman da lisanslı kurulu güç 6 MW, yapım aşamasında olan 1 MW ve lisanssız 12 MW'lık GES olduğu görülmektedir. Bunların dışında Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Batman Bölge Müdürlüğü ve Tüpraş Batman Rafinerisinde de idari ve sosyal tesislerinde kullanılmak üzere ufak çaplı GES santrali bulunmaktadır.

Şekil 9. Batman-Kozluk ve Beşiri İlçelerindeki GES Santralleri



Alternatif enerji olarak güneş enerjisi ülkemizin ve Batman ilinin iklim ve coğrafyasına uygun bir kaynaktır. Türkiye güneş enerji kaynağı açısından Dünyada ki coğrafik yerinden dolayı birçok Avrupa ülkesine göre avantajlı konumda olup Batman ilide ülkedeki çoğu şehirlere göre daha avantajlı bir konumdadır. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Batman ili zengin iller arasındadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi bulunduğu konumundan dolayı bu alanda daha fazla yatırım yapılması ve bu enerjiden daha fazla yararlanması sağlanmalıdır. [28]

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

KAYNAKLAR

- [1] Ahuja D., Tatsutani M., Schaffer D., Sustainable energy for developing countries, *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society (S.A.P.I.E.N.S)* Vol. 2, ISSUE 1, 2009.
- [2] Panwar N.L., Kaushik S.C., Kothari S., Role of renewable energy sources in environmental protection: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 1513–1524, 2011.
- [3] Owusu P.A., Sarkodie S.A., A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation, *Cogent Engineering*, 3: 1167990, 2016.
- [4] Öztürk İ., Energy dependency and energy security: the role of energy efficiency and renewable energy sources, *Energy Dependency and Security The Role of Efficiency and Renewable Energy Sources*, April 2014.
- [5] Çıtak E., Kılınc Pala P.B., Yenilenebilir enerjinin enerji güvenliğine etkisi, *Journal of Suleyman Demirel University Institute of Social Sciences*, Vol. 25, 79 - 102, 2016.
- [6] Çalışkan Ş., Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılık ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Sayı:25 2009.
- [7] Roy A., Auger F., Robin F. D., Bourguet S., Tran Q.T., Electrical Power Supply of Remote Maritime Areas: A Review of Hybrid Systems Based on Marine Renewable Energies, *Energies*, Vol.11, Issue 7, 2018.
- [8] Türkiye'nin Doğal Gaz Temin ve Tüketim Politikalarının Değerlendirilmesi Raporu, Tmmob Makina Mühendisleri Odası, Yayın No:469, *Oda Raporları*, 2008.
- [9] Zhang T., Wang R., High Efficiency Plants an Building Integrated Renewable Energy Systems *Handbook of Energy Efficiency in Buildings*, 2019.
- [10] Olanusi O.A., Aziz N., Solar cell current trends, <https://www.researchgate.net/publication/326468478>, 2018.
- [11] Fraas L.M., History of Solar Cell Development, *Low-Cost Solar Electirc Power*, Book, 2014.
- [12] <https://www.myenerjisolar.com/dunyadaki-ve-turkiye>, 2021.
- [13] Cebeci S., Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Yayın No:2911, 2017.
- [14] Seyioğlu S.S., Kayseri İlinde Güneş Enerjisi İle Sulama Sistemi Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 2012.
- [15] Belyakov N., Sustainable Power Generation: Current Status, Future Challenges, and Perspectives, *Book*, 2019.
- [16] Towler B.F., Solar Power, Book, 2014.
- [17] Askari M., Mirhabibi M., Abadi V.M.M., Types of Solar Cells and Application, *American Journal of Optics and Photonics*, 3(5): 94-113, 2015.
- [18] Lakatos L., Hevessy G., Kovács J., Advantages and Disadvantages of Solar Energy and Wind-Power Utilization, *World Futures*, 67: 395–408, 2011.
- [19] Sayın S., Koçgüneş İ., Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri, *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, c.26, s.3, 2011.
- [20] Sabuncu F., Çolakoğlu M., Turkey's Renewable Energy Sector from a Global Perspective 2012.
- [21] <https://www.enerjiatlasi.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html>, 2021.
- [22] Yılmaz E.A., Can Öziç H., Renewable Energy Potential and Future Aims of Turkey, *Ordu University Journal of Social Science Research*, 8(3), 525-535, November 2018.
- [23] <https://www.gensed.org/basin/Turkiyenin-Gunes-Enerjisi-Potansiyeli>, 2021.
- [24] Kan Kaynar N., Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Amasya İlindeki Potansiyeli, *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, Vol. 4, Issue: 2, 48-54, 2020.
- [25] Kallioğlu M.A., Analysis of sunshine hours and global solar radiation for mardin of Turkey, ISITES2015 Valencia –Spain, 2015.
- [26] Özgür E., Türkiye'de Güneş Enerjisi, *Türkiye'nin Enerji Görünümü*, 33, 715-727, 2009
- [27] Karakaya H., Avcı A.S., Ercan U., Kallioğlu M.A., Şanlıurfa ilinde yatay yüzeye gelen anlık global güneş ışınımının modellenmesi, *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 10:1, 147-155, 2019.
- [28] <https://www.enerjiatlasi.com/gunes-enerjisi-haritasi/batman>
- [29] Durmuş A., Ercan U., Avcı A.S., Kallioğlu M. A., Karakaya H. Batman İli Enerji Profiline Araştırılması, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, c.7, s.2, 2017.

AKILLI ŞEBEKELERDE KARŞILAŞILAN GÜÇ KALİTESİ PROBLEMLERİ VE NEDENLERİ

Berivan KAHRAMAN* ve Mehmet Rıda TÜR

Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: berivanok@gmail.com

Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: mrida.tur@batman.edu.tr

Özet: Güç kalitesi ölçümü, elektrik sistemlerinde yapılması gereken en önemli işlemlerden biridir. Bu işlem sayesinde şebekenin durumu ve sorunları kontrol edilir. Problem sonrasında alınacak önlemlerin belirlenmesinden ötürü güç kalite problemlerinin doğru tanımlanması önem arz etmektedir. Eksik ya da yanlış tanımlama, içinde bulunulan durumu daha kötü kılabilir. Güç kalite parametrelerinin belirlenen değerlerin dışına çıkması durumunda, elektrik güç sisteminde ve elektrik güç sistemine bağlı ekipmanlar da yol açacağı problemler birbirinden farklı ve çeşitlidir. Problemlerin sebeplerinin iyi anlaşılması, problemi azaltmaya veya tamamen ortadan kaldırmaya yönelik çözüm ve tasarımların doğru ve daha hızlı gerçekleştirilmesine imkân tanınması bakımından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Güç kalitesi, Harmonikler.

POWER QUALITY PROBLEMS IN SMART GRIDS AND THEIR CAUSES

Abstract: Power quality measurement is one of the most important operations in electrical systems. This process checks the status and problems of the grid. Accurate definition of power quality problems is important because of the determination of the measures to be taken after the problem. Incomplete or wrong definitions would make the current situation worse. If the power quality parameters go out of the determined values, the problems that will arise in the electrical power system and the equipment connected to the electrical power system are different and varied from each other. Understanding the causes of the problems well is important since it enables to realize designations which mitigate or remove the problems faster and proper.

Keywords: Power Quality, Harmonics

1. GİRİŞ

Akıllı şebeke kavramı, elektrik sistemi ile bilgi ve iletişim teknolojilerinin bir araya gelmesi olarak tanımlanmaktadır. Gelişmiş bilgi, hizmet ve güvenilirlik gereksinimlerini karşılamak için elektrik sistemiyle sayısal teknolojilerin bütünleştirilmesi amaçlanmaktadır. Akıllı şebeke yapısıyla tüketiciler, enerji tüketimlerini özel yazılım içeren gezgin aygıtlar ve internet aracılığıyla izleyebilirler. Akıllı şebekenin amacı; tüketicilerin enerji kullanım ve maliyetlerini

yönetebilecekleri, enerjinin sağlıklı bir biçimde üretilebileceği, çok verimli kullanılabileceği ve etkin yönetilebileceği bir sistem oluşturmaktır.[1]

Teknolojide yaşanan gelişmeler ile elektrik enerjisi hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir ve elektrik enerjisine olan talebin gün geçtikçe artmasına sebep olmaktadır. Elektrik enerjisine olan talepteki hızlı artışa rağmen elektrik üretim, iletim ve dağıtım altyapısı aynı hızla gelişmemektedir. Son yıllarda modern ve hassas yüklerin üretim ve tüketim süreçlerinde kullanımının artmasıyla birlikte, dalga biçiminde

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

bozukluklarının sistemler üzerindeki etkisi artmıştır. üretim, bilgi ve iletişim sistemleri bileşenlerindeki artış, güç kalitesi sorunlarını ortaya çıkarmaktadır. [1] Gelişen teknoloji aynı zamanda yük karakteristiklerinin de değişimine yol açmıştır. Mikroişlemci ve yarı iletken tabanlı yükler güç kalitesi problemlerinden etkilenen yük çeşitlerinin başında gelmelerine rağmen birçok güç kalitesi probleminin de kaynağını oluşturmaktadırlar. [2] Güç kalitesi problemleri tüketici odaklı bir sorun olmasına rağmen çözümü üretici, iletili, dağıtıcı ve tüketici kısmında yapılacak çalışmalar ile çözülebilir. [3]

2. GÜÇ KALİTESİ PROBLEMLERİ

Elektrik güç kalitesi, son kullanıcı yüklerinin veya elektrik şebekesine bağlı ekipmanlarının, önemli bir performans ve ömür kaybı yaşamadan, istenilen şekilde çalışmasını sağlayan bir dizi elektriksel parametreler ve limitler olarak tanımlanabilir. Elektrik güç kalitesi problemleri ise bu yüklerin veya ekipmanların arızalanmasına veya hatalı çalışmasına sebep olan voltaj, akım ve frekans değişimlerinden kaynaklı güç problemleridir. [2]

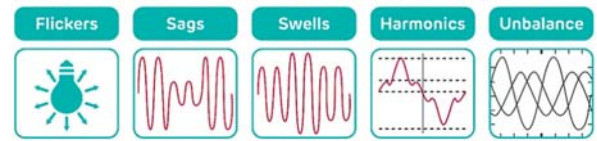
Güç kalitesi sorunu "son tüketiciye ait cihazların arızasına veya çalışmamasına neden olacak gerilim, akım ve frekanstaki dengesizlikler" olarak tanımlanabilir. [4]

Güç kalitesizliği yaşayan elektriksel şebekelerde maddi kayıplardan, çevreye olumsuz etkilerden ve güvenilirlik problemlerinden bahsedilebilir.[5]

Güç sistemine bağlanan bazı elemanlar ve bunların yol açtığı olaylar sebebiyle tam sinüsoidal değişimden sapmalar olabilmektedir. Tam sinüsoidalden sapma, genellikle harmonik adı verilen bileşenlerin ortaya çıkması ile ifade edilir ve buna sebep olan etkenlerin başında ise manyetik ve elektrik devrelerindeki lineersizlikler (nonlineerlik) gelir. [2]

Kaliteli elektrik enerjisi, şebekenin tanımlanan bir noktasında, gerilimin genlik ve frekansının anma değerlerini koruması ve gerilim dalga şeklinin sinüs biçiminde bulunmasıdır. Bu tanımın tersi olarak; gerilimin genliğinin değişmesi, kesintiler, gerilim darbeleri, fliker, gerilimin doğru bileşen içermesi, dalga şeklinin sinüsten uzaklaşması, frekans değişimleri, üç faz dengesizlikleri enerji kalitesizliğidir. Enerji kalitesi çoklukla yük tarafından bozulur. Gerilim-akım karakteristiği lineer olmayan yükler şebekeden sinüs olmayan akımlar çeker ve bu akımlar şebekede sinüs

Akıllı şebekelerde yenilenebilir enerji kaynakları, dağıtık olmayan gerilim düşümleri oluşturarak besleme noktasındaki gerilimin dalga şeklini bozar. [2] Güç kalitesi bozuklukları, geçici olaylar (anlık, salınımlı), kısa süreli gerilim değişimleri (kesinti, çökme, yükselme), uzun süreli gerilim değişimleri (uzun süreli kesinti, düşük gerilim, aşırı gerilim), gerilim dengesizliği, dalga şekli bozulması (DA bileşen, harmonik, ara harmonik, çentik gürültü), gerilim dalgalanmaları, şebeke frekans ve fliker (kırışma) değişimleri şeklinde ana başlıklar altında sınıflandırılmaktadır.



Şekil 1. Güç kalitesi bozukluk türleri

Elektrik güç kalitesi problemleri, kabloların ve transformatörlerin aşırı ısınmasına ve ömür kaybına, kapasitör banklarının arızalanmasına, koruma ekipmanlarının hata vermesine, izolasyon ekipmanlarının aşırı strese maruz kalarak arızalanmasına, şebekeye bağlı cihazların devre dışı kalmasına veya arızalanmasına ve iletişim hatlarında gürültüye yol açmaktadır. Bu etkiler, şebeke operatörleri ile müşterileri için ciddi seviyelere ulaşan ekonomik kayıplara yol açmaktadır. [2]

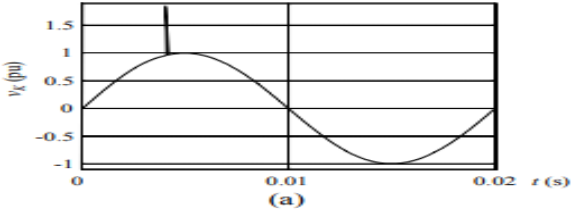
2.1. Geçici Haller

Geçici olaylar çok kısa süren (birkaç milisaniye kadar) gerilim bozulmalarıdır. Fakat şiddetleri çok yüksektir ve yükselme çok hızlı olur. Geçici olayların çoğu, yıldırımlardan, büyük yüklerden ve reaktif yüklerden kaynaklanır. [6]

Geçici olaylar, bir elektronik cihazın etkilenmesine ya da bozulmasına neden olabilecek büyük enerjilere sahip olabilmektedir. Geçici olaylar, akım veya gerilimin dalga şekline göre anlık ve salınımlı olarak sınıflandırılabilir. Anlık geçici olaylar, çok küçük süreli (< 0,5 periyot) dalgalanmalardır. Tepe genliği, yükselme ve oluşum zamanları ile karakterize edilmektedir. Yıldırımlar, transformatörlerin enerjilenmesi, kondansatör anahtarlanması tipik nedenleridir. Salınımlı geçici olaylar, akım veya gerilim dalgası üzerine binmiş yüksek frekanslı ve kısa süreli dalgalanmalardır. Frekans bileşenleri ve tepe genliği ile

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

karakterize edilmektedir. Tipik nedenleri hat, kondansatör veya yük anahtarlama olaylarıdır. [7]



Şekil 2. a) Anlık geçici olay b) Salımlı geçici olay

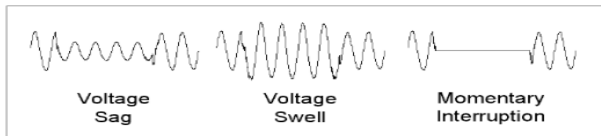
2.2. Kısa Süreli Değişimler

Kısa süreli gerilim çökmeleri, gerilim yükselmeleri ve gerilim kesintilerinden oluşmaktadır. Her bir değişim, oluşum süresine göre anlık, çok kısa süreli ve geçici olarak tanımlanmaktadır. Kısa süreli gerilim çökme ve yükselme olayı güç dağıtım sisteminin zayıflığını göstermektedir. Bu tür sistemlerde, yüksek başlangıç akımı çeken büyük güçlü yüklerin devreye girmesi veya çıkması, iyi yapılmamış güç kablosu bağlantılarından kaynaklanan arızalar gibi nedenlerle gerilim önemli miktarlarda değişmektedir. Bu durum bilgisayarların kapanmasına ve veri kayıplarına yol açabilmektedir. [7]

Kısa süreli çökme, 0,5 periyot ile 1 dakikalık zaman boyunca anma şebeke gerilimi veya yük akımı etkin değerinin 0,1 pu ile 0,9 pu arasındaki bir değere düşmesidir.

Kısa süreli yükselme, 0,5 periyot ile 1 dakikalık zaman boyunca anma şebeke gerilimi veya yük akımı etkin değerinin 1,1 pu ile 1,2 pu arasındaki bir değere yükselmesi olarak tanımlanmaktadır.

Kısa süreli kesinti, 1 dakikadan daha küçük bir zaman periyodunda şebeke gerilimi veya yük akımı etkin değerinin 0,1 pu altına düştüğü durumda oluşmaktadır.[7]



Şekil 3. Kısa süreli gerilim değişimleri

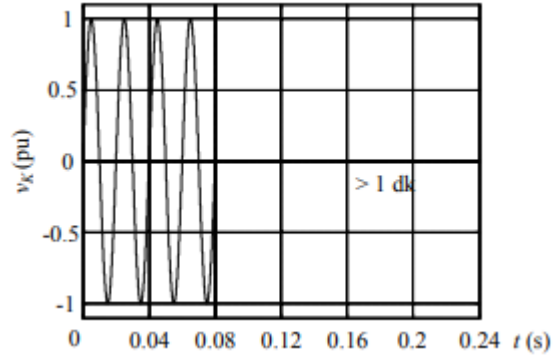
2.3. Uzun Süreli Değişimler

Uzun süreli değişimler, güç sistem frekansında 1 dakikadan daha uzun etkin değer sapmalarını kapsamaktadır. Değişimin nedenine bağlı olarak kalıcı kesinti, aşırı gerilimler ve düşük gerilimler şeklinde sınıflandırılmaktadır. Aşırı ve düşük gerilimler genel

olarak sistem arızalarının bir sonucu olmamakla birlikte sistemdeki yük değişimleri ve anahtarlama işlemleri nedeniyle meydana gelmektedir. [7]

Kalıcı kesinti, şebeke gerilimi genliğinin 1 dakikayı aşan bir zaman periyodu için 0 pu 8 değerine düşmesidir.

Düşük gerilim, şebeke gerilimi etkin değerinin 1 dakikadan daha uzun bir süre için %10'undan daha düşük genliğe azalmasıdır. Düşük gerilim, şebekenin aşırı yüklenmesi veya bir kondansatör bankasının devreden çıkması sonucunda oluşmaktadır. Aşırı gerilim, şebeke gerilimi etkin değerinin 1 dakikadan daha uzun bir süre için %10'undan daha yüksek genliğe artmasıdır. Aşırı gerilimler, genellikle büyük bir yükün devreden çıkarılması veya bir kondansatör bankasının devreye alınması sonucunda oluşmaktadır. [7]

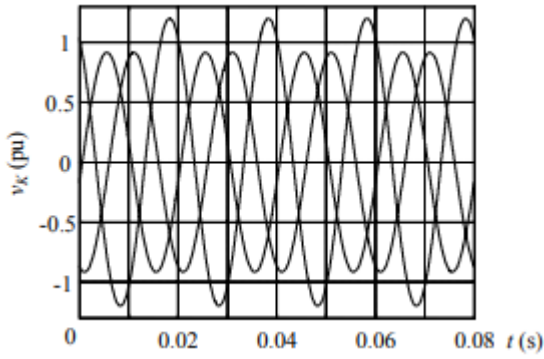


Şekil 4. Sürekli gerilim kesintisi dalga şekli

2.4. Gerilim Dengesizliği

Şebekedeki dengesiz akımlar simetrik olmayan gerilimlerin oluşmasına neden olurlar. Oluşan bu dengesiz gerilimler güç kalitesini önemli ölçüde etkiledikleri için güç kalitesi parametreleri arasında gösterilmektedir. Üç fazlı bir güç sistemi, her üç fazın akım ve gerilimleri aynı büyüklüğe sahipse ve faz açıları arasında 120 derecelik bir fark varsa, simetrik veyahut dengeli olarak adlandırılır. Bu şartlardan herhangi biri yoksa o sistem dengesiz veya simetrik olmayan bir sistem olarak nitelendirilir. [6]

Gerilim dengesizliği, 3-fazlı sistemlerde faz gerilimlerinin etkin değerleri veya ardışık fazlar arasındaki faz açılarının eşit olmaması durumudur. Gerilim dengesizliği, tek fazlı yüklerden, 3-fazlı yüklerin dengesiz akım çekmesinden, yıldız bağlı yüklerin nötrlerinin bağlanmamasından, transformatör problemlerinden kaynaklanabilmektedir. [7]



Şekil 5. 3-faz dengesiz gerilim dalga şekilleri

2.5. Dalga Şekli Bozulmaları

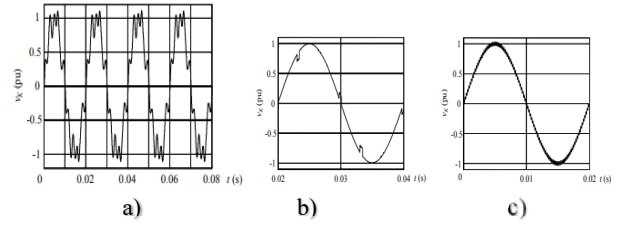
Dalga şeklinin bozulması, ideal sinüs dalgasının güç sistem frekansından sapması olarak ifade edilmektedir. [8] DA bileşen, harmonikler, ara harmonikler, çentik ve gürültü olmak üzere 5 farklı dalga şekli bozulması görülmektedir.

DA bileşen, genellikle güç elektroniği dönüştürücülerinin asimetrisinden kaynaklanmaktadır. Gerilim dalga şeklinde pozitif ve negatif yarı dalgalarının birbirine eşit olmamasıdır. Genellikle yarı dalga doğrultuculu sistemlerden kaynaklanmaktadır. [7] Harmonikler, gerilim ve akımda bulunan farklı genlik ve frekandaki sinüzoidal işaretlerle bozulmuş sinüs dalga şekilleri olarak tanımlanmaktadır. Gerilim ve akımda meydana gelen harmonik bozulmaların kaynağı, kesintisiz güç kaynakları, motor yol vericileri, AA ve DA motor sürücüler, kaynak makineleri, ark fırınları, elektronik balastlar, bilgisayarlar, fotokopi makineleri gibi doğrusal olmayan yüklerdir. [7]

Ara harmonikler, temel bileşen (50 Hz) frekansının tam sayı katlarında olmayan frekanslar içeren akımlar veya gerilimlerdir. Ara harmonik bozulumu çoğunlukla ark makineleri, kaynak makineleri, statik frekans dönüştürücüler, doğrudan frekans dönüştürücüler nedeniyle oluşmaktadır. [7]

Çentik, güç elektroniği elemanlarındaki darbe sayısı kadar şebeke geriliminde meydana gelen periyodik gerilim bozulmasıdır. Genelde doğrultucuları besleyen trafo ve hat endüktanslarının anahtar aktarımını geciktirmesi nedeniyle oluşmaktadır. [7]

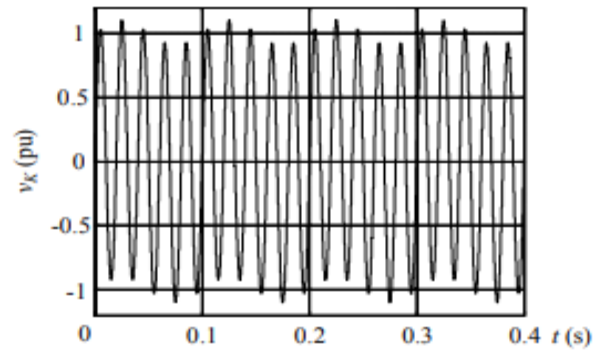
Güç sistemlerinde gürültü, güç elektroniği cihazları, kontrol devreleri, kaynak makineleri, doğrultuculu yükler ve anahtarlamalı güç kaynakları nedeniyle oluşabilmektedir. [7]



Şekil 6. a)Harmonikli gerilim dalga şekli b)Çentik c)Gürültü

2.6. Gerilim Dalgalandırması

Gerilim dalgalandırması, rastgele veya sistematik gerilim değişimleridir. Gerilim dalgalandırmasına genellikle yük akımında ani değişimler meydana getiren ark fırınları ve kaynak makineleri neden olmaktadır. Gerilim dalgalandırmasının en tipik belirtisi özellikle ışık kaynaklarında görülen gerilim kırışmasıdır. Gerilim dalgalandırması, motor ve jeneratörlerin işletim performansını bozmakta, elektronik cihazların ömürlerini azaltmakta ve yanlış çalışmalarına neden olmakta, bilgisayarlarda işlem hatalarına ve bellek kayıplarına yol açmakta, ışık kaynaklarının etkinliklerini bozmaktadır. [7]



Şekil 7. Gerilim dalgalandırması

2.7. Frekans Değişimleri

Şebeke frekansının anma değerinden sapmasıdır. Frekans değişimlerine, enerji iletim hattındaki arızalar, büyük güçlü yüklerin devreden çıkması, büyük bir jeneratörün (rüzgar türbini) sisteme bağlanması veya kesintisiz güç kaynaklarındaki ayar düzensizlikleri neden olabilmektedir. [7]

2.8. Fliker (Kırışma)

Fliker olayı, ışık uyarımları, ışığın parlaklığının zamana bağlı olarak ani bir biçimde artıp azalması gibi durumların neden olduğu görme hassasiyetindeki kararsızlık etkisi olarak nitelendirilebilir. Genel olarak evimizde kullandığımız aydınlatma elemanlarının

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

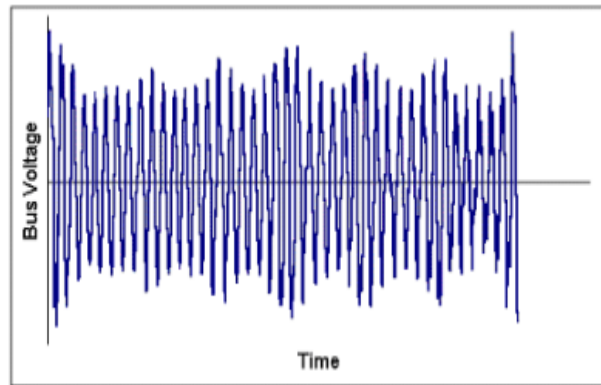
parlaklıklarının, besleme gerilimindeki düşüm ve artımlara bağlı olarak değişmesi şeklinde karşımıza çıkabilir. Gerilimin periyodik olarak 6–7 tam dalga (8-9 Hz) süresince azalması yada artması olarak da adlandırılabilir. Bu gibi olayların oluşumunda rol oynayan en büyük etken ark fırınları gibi dalgalı aşırı yükte sahip sanayi tesisleridir. [6]

İnsan gözü 8–20 Hz frekansına duyarlıdır ve bu frekans aralığındaki işaretlerden (kırışımdan) rahatsız olmaktadır. Bu frekans aralığında insan gözünün kırışmaya (flikler) en duyarlı olduğu frekans 8.8 Hz'dir. Bir dalganın frekansı 25 Hz den daha küçük frekanslara ayarlandığında bu dalga şeklinde gerilim kırışımları görülme olasılığı vardır. Bu değer (25 Hz) insan gözünün bir ampuldeki ışık şiddeti değişimini algılamaya başladığı eşik değeridir. Frekans değeri daha da düşükçe gözün kırışımdan dolayı hissettiği rahatsızlık artar.[6]

Flikler olayları gerilimin ani olarak düşüp yükselmesi sonucu oluşan semptomlardır. Bu ani düşümler ve yükselmeler elektrik enerjisinin üretilmesi, iletilmesi ve dağıtılması sırasında meydana gelen bozulmalardan kaynaklanmaktadır. Bu ani yükselmelerin ve düşümlerin en önemli sebebi şebekeye, aktif ve reaktif güç talebi çok ani değişen yüklerin bağlanmasıdır. [6]



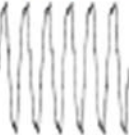

Pasif kontrol teknolojisi, mevcut güç kalitesi sorunlarının etkisini ortadan kaldırmak veya hafifletmek için ekstra cihazlar eklenmesi ile karakterize edilmektedir. Günümüzde harmonikleri azaltma teknikleri esas olarak pasif güç filtresi (PGF) [7], aktif güç filtresi (AGF) [8] ve hibrid aktif güç filtresi (HAGF) tekniklerini içermektedir. [9] 'da belirtildiği gibi, HAGF tek rezonans enjeksiyon hibrid aktif güç filtresi, çift rezonans enjeksiyon hibrid aktif güç filtresi ve çok dallı enjeksiyon hibrid aktif güç filtresi olarak sınıflandırılabilir. HAGF, PGF ve AGF'nin avantajlarını birleştirerek, entegre filtre sisteminde tatmin edici performanstan ödün vermeden aktif kontrolün nominal kapasitesini ve gerilimini etkili bir şekilde azaltır. Gerilimin dağıtım şebekesinde harmonik akımları bastırması, reaktif gücü dengelemesi için etkili bir yöntemdir. Reaktif güç dengeleyici ise, gerilim dalgalanması ve titremeyi baskılayabilir. Dağıtım şebekesinde kullanıma hazır değişken dengeleyicileri arasında sabit kapasitör (SK) [10], statik değişken dengeleyiciler (SDD) ve statik senkron dengeleyiciler (STATCOM) bulunur. Bu cihazlar arasında STATCOM,

şebeke gerilimi dalgalanması bastırma ve dengesiz yük dengeleme gibi çoklu fonksiyonlara sahip olduğu için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu eğilim, yüksek kararlılık, güvenilirlik ve güç yoğunluğu nedeniyle modüler harmonik bastırma ve VAR telafi sistemleri geliştirmeye yönelik olmuştur. Geçici güç kalitesi problemleri arasında gerilim düşmesi ve kısa süreli kesinti en yaygın ve zararlı formlar olarak algılanmaktadır. Katı hal transfer anahtarı (KHTA) gerilim düşüşünün derinliğini ve süresini etkili bir şekilde azaltabilir [11]. Kesintisiz güç kaynağı (UPS), dağıtım şebekesindeki düşük güçlü cihazlar için gerilim dalgalanmalarını sınırlamak için en etkili araçtır [38,39]. Dinamik gerilim regülatörü (DGR) anlık gerilim düşüşünü ve yükselmesini doğrudan ve hızlı bir şekilde telafi edebilir. Bir yandan, modüler güç kalitesi dengeleyici, alt modüldeki güç anahtarının ve enerji depolama elemanının nominal gerilimini etkili bir şekilde azaltabilir, bu da düşük maliyetli anahtarlama cihazlarının kullanımına izin verir. Diğer taraftan, kademeli yapı, orta ve yüksek gerilim iletim sistemlerinde çeşitlendirilmiş güç kalitesi dengeleyicisinin uygulamasını doğrudan genişletir. Halen MSD'ye dayalı AGF, STATCOM, UPQC başlangıç düzeyinde tartışılmaktadır. Yeni topolojiler nedeniyle, geleneksel güç dönüştürücülerinden farklı birçok yeni sorunun ele alınması gerekmektedir. Daha doğrusu, çok seviyeli yapı kaçınılmaz olarak karmaşık bir kontrol sistemi gerektirir, çünkü büyük miktarlarda veri kısa sürede işlenmelidir. Bu, güç kalitesi kontrolü alanında MSD'nin mühendislik uygulamasını ve geliştirilmesini sınırlar.






Şekil 8. Ark fırını tarafından üretilen fliklerin dalga şekli

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Dalga Şekli	Tanımlar	Sisteme Etkileri	Nedenleri	Çözümler
Gerilim Düşmesi 	Güç hattı yetersiz kaldığında, aşırı yüklenmede ve kısa devrelerde görülen gerilimin 20 ms'den uzun sürelerde %80'den daha fazla düşmeleridir.	Bilgi kaybı, sistem durması	Donanımsal Hatalar, Yük Değişmeleri	Güç Düzeltici, Kesintisiz güç kaynağı (KGK)
Gerilim Yükselmesi 	Şebekede yük azalması nedeniyle gerilimin 20 ms'den uzun sürelerde %110'dan daha büyük değerlere çıkmasıdır.	Aygitların Zarar Görmesi, Ömürlerinin Azalması	Yük değişmesi / Donanımsal Hata	Güç Düzeltici, KGK, Ferrerezonant Kontrol Trafosu
Harmonikler 	Doğrusal olmayan elektronik yükler ve elektromekanik aygıtlar nedeniyle gerilim ve akım işaretinin (220 V / 50 Hz) sinüs biçiminin bozulmasıdır.	Trafo ların Isınması, Sistem Durması	Elektronik Yükler (Doğrusal Olmayan Yükler)	Dağıtım yeniden yapılandırılır, K-faktör trafo kullanılır, Güç faktörü düzeltici (PFC) güç kaynakları kullanılır.
Üst-harmonikler (Supra-harmonikler) 	Dağıtım şebekelerinin en iyi biçimde çalışma koşullarında karşılaşılan en büyük problemlerden biri, 2-150 KHz frekans aralığında harmonik yayım veya üst-harmoniklerdir.	Sığaç bankalarının yanmasına, güç hattı iletişiminde (GHI) sistemlerde aksamalara ve ölçüm aygıtlarında hassaslığın kaybolmasına neden olur.	Eviricilerdeki elektronik dönüştürücülerin normal çalışması ve kullanılan anahtarlama tekniklerinden kaynaklanmaktadır.	Elektromagnetik uyumluluk süzgeci ve koruma süzgeçleri sistemde artırılır.

Şekil 9.Çözüm yollarıyla birlikte güç kalite bozuklukları [12]

Dalga Şekli	Tanımlar	Sisteme Etkileri	Nedenleri	Çözümler
Sabımlı Geçiş Hatası 	Yük ve şebeke açma / kapama, yıldırım kaynaklı genlikleri 40 V ile 6 kV aralığında ve 0.5 ms ile 20 ms süreli arızalardır.	Bilgi kaybı, Olası zararlar	Etkin/ Tepkin Yükleri Anahtarlama	Yüksek Gerilim Darbe Korumucu (TVSS), KGK, Sıfır Geçişli Anahtar.
Kırpışma 	Ark fırını gibi dalgalı aşırı yükler nedeniyle gerilimin dönemsel olarak 8-9 Hz sıklıkta işaretin azalması veya artması kırpışma olarak tanımlanır.	Sistem durması, Işığın Kırpışması	Yük aygıtının kesik kesik çalışması	Dağıtım yeniden yapılandırılır, Hassas yüklerin yeri değiştirilir, Güç düzeltici, KGK
EMG Gürültüsü 	100 µV-100 V genlikli, 1 kHz-1 GHz sıklıkta güç kalite bozukluklarıdır.	Dağıtım yeniden yapılandırılır, Hassas yüklerin yeri değiştirilir, Güç düzeltici, KGK	İleticiler (radyo), Hatalı Aygıt, Etkisiz Topraklama, EMG/ RFG kaynağına yakınlık.	İleticiler devre dışı bırakılır, topraklama yeniden yapılır, EMG/ RFG kaynağından uzağa taşınır, Koruma süzgeçleri artırılır, yalıtım trafosu kullanılır.

Şekil 10.Çözüm yollarıyla birlikte güç kalite bozuklukları devamı [13]

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

SONUÇ

Güç kalitesi problemi, modern elektrik şebekelerinde ele alınması gereken önemli bir konu haline gelmiştir. Arızaları önlemek ve tespit etmek için güç kalitesini izlemek ve teşhis etmek için global çözümler gerektirmektedir. Böylece, güç kalitesi sorunlarına faydalı bilgiler ve yanıtlar sağlamak için büyük miktarlarda olan heterojen bilgiyi çok hızlı ve otomatik bir şekilde aktarılmalı ve işlenmelidir. Bu gereksinimler güncel sistem tabanlı çözümlerin uygunluğunu göstermektedir. Bu makalede, güneş ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı dağıtılmış üretim sistemleri için güç kalitesi konuları ele alınmıştır. Güç kalitesi sorunları, kaynakları ve parametreleri hakkında ayrıntılı bir araştırma sunulmuştur.

KAYNAKLAR

[1] Yalçın, T, 2019. Akıllı Şebekelerde Güç Kalitesi Bozukluklarının İşaret İşleme Yöntemleriyle Tanısı. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun, Doktora Tezi, 1-4 /200

[2] Seyrek, S, "Güç Kalitesi Ölçümü", 2021, <<https://www.elektrikport.com/makale-detay/guc-kalitesi-olcumu-1-bolum/23094#ad-image-0> >, (11 Kasım 2021).

[3] Şenel, C, "Güç Kalitesi Problemleri ve Çözüm Yöntemleri", 2015, <https://www.emo.org.tr/ekler/61deb408cb055eb_ek.pdf >, (12 Kasım 2021).

[4] Tür, R, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Bir Sistemde Güç Kalitesinin İncelenmesi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi PART C: TASARIM VE TEKNOLOJİ* 8(3), 572-587, 2020

[5] Barghi Latran, M, Güç Kalitesi Problemlerini Düzeltten Dağıtım Sistemine Paralel Bağlı Evirici Tabanlı Kompanzatorların İncelenmesi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der Cilt 29, No 4, 793-805, 2014*

[6] Apay, F T, 2008. Güç Kalitesi Parametrelerinin Ölçülmesi Ve Değerlendirilmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi, 22-41

[7] Tur M. R., Reliability Assessment of Distribution Power System When Considering Energy Storage Configuration Technique ,(2020), IEEE Access, Vol 8. 10.1109/ACCESS.2020.2990345

[8] Hossain, E.; Tur, M. R.; Sanjeevaikumar, P.; Ay, S. and Khan, I. Analysis and Mitigation of Power Quality Issues in Distributed Generation Systems Using Custom Power Devices, IEEE Access, 2018, vol.6 pp.16816-16833, DOI:10.1109/ACCESS.2018.2814981

[9] M.R. Tür, "Solution Methods and Recommendations for Power Quality Analysis in Power Systems", Journal of Engineering and Technology 2;2 1-9, (2018)

[10] M.R. Tür et al., "Impact of Demand Side Management on Spinning Reserve Requirements Designation" International Journal of Renewable Energy Research, Vol.7, No.2, 2017

[11] M. R Tür, F. Yaprdakdal, "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Bir Sistemde Güç Kalitesi Analizi, Kontrolü ve İzlemesi", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, Cilt 8, Sayı 3, 572-587, 2020

[12] Uçar, M, 2010. 3-Fazlı 4-Telli Sistemlerde Güç Kalitesi Düzeltimi İçin Birleşik Seri-Paralel Aktif Filtre Tasarımı Denetimi Ve Gerçekleştirilmesi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Kocaeli, Doktora Tezi, 5-14 /186

[13] Uyar, M , 2008. Güç Kalitesindeki Bozulma Türlerinin Akıllı Örüntü Tanıma Yaklaşımları ile Belirlenmesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ, Doktora Tezi, 11-26 / 160

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

**BİR HANEYE AİT 10 ADET BÜYÜKBAŞ HAYVANSAL ATIKLARDAN ELDE EDİLEN
BİYOGAZ ENERJİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

Ramazan SELÇUK*, Zanan BOZAN*, Adem YILMAZ**

*Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: selcukr75@gmail.com

*Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: Zanan.bozan@gmail.com

** Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: Adem.Yilmaz@batman.edu.tr

Özet: Yenilenebilir enerjiye olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Alternatif enerji kaynaklarını değerlendirerek enerji talebinin karşılanması da ülke ekonomisi için önemlidir. Biyogaz enerjisinde bu alternatif enerji kaynaklarından bir tanesidir. Tarım ve hayvancılıkta biyogazdan elde edilen enerji gelişmiş ülkelerde uzun yıllardır başarıyla kullanılmaktadır. Atıkların biyogaz ve biyogübre üretiminde kullanılmasının bölgeye ve ülke ekonomisine katkısı araştırıldı. Hayvan gübresinden biyogaz elde etmek bölge için ekonomiktir ve aynı zamanda çiftliklerin bulunduğu bölgede hayvan gübresinin koku çıkarmasını engelleyecektir. Bu çalışmada bir hanenin ahırında bulunan 10 adet büyükbaş hayvan gübresinden elde edilecek olan biyogaz miktarı araştırıldı. Bu kapsamda oluşturulan tablo, farklı hayvan sayılarına ve ekonomik getirilerine göre elde edilebilecek biyogaz ve biyogübre miktarını göstermektedir. Elde edilen biyogazla büyük faydalar sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda birçok olumlu çevresel ve sosyal etkiye de sahip olacaktır. Bu çalışma bölgede benzer tesislerin kurulmasında ve yaygınlaşmasında önemli bir yere sahip olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz enerjisi, Hayvansal atıklar, Biyogaz enerji potansiyeli

**DETERMINATION OF THE BIOGAS ENERGY POTENTIAL OBTAINED FROM 10
ANIMAL WASTE FROM A HOUSEHOLD**

Abstract: The demand for renewable energy is increasing day by day. Meeting the energy demand by evaluating alternative energy sources is also important for the country's economy. Biogas energy is one of these alternative energy sources. The energy obtained from biogas in agriculture and animal husbandry has been used successfully in developed countries for many years. The contribution of the use of wastes in the production of biogas and biofertilizer to the region and the country's economy was investigated. Obtaining biogas from animal manure is economical for the region and at the same time, it will prevent the animal manure from emitting odor in the area where the farms are located. In this study, the amount of biogas to be obtained from 10 cattle manure in a barn of a household was investigated. The table created in this context shows the amount of biogas and biofertilizer that can be obtained according to different animal numbers and economic returns. Not only will it provide great benefits with the resulting biogas, it will also have many positive environmental and social impacts. This study will have an important place in the establishment and expansion of similar facilities in the region.

Keywords: Biogas energy, Animal waste, Biogas energy potential

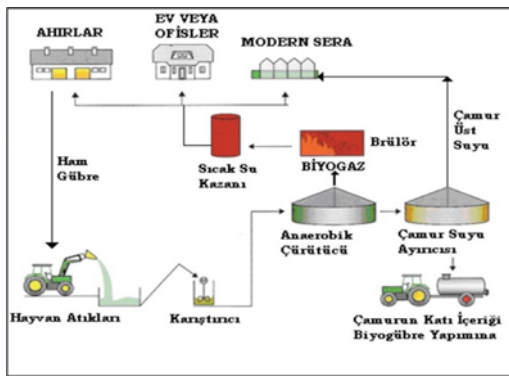
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

1.GİRİŞ

Doğal koşullar ve sosyal yapı nedeniyle GAP bölgesinde hayvancılık işiniz için doğru potansiyeli sunar. Bölgede sulu tarımdan elde edilmiş olan geliri, bölgede bulunan halkın yakından tanıdığı büyükbaş hayvancılık sektöründe kullanarak çeşitli büyükbaş hayvancılık üretim projeleri gerçekleştirilmektedir. Hayvancılık sektörü ekonomik faydaları nedeniyle atıklarından dolayı bazı çevre sorunlarına neden olabilmektedir. Biyogaz tesisleri, tüm dünyada yaygınlaşmakta olan, geleceğin dögüsel ekonomi modelinin merkezini oluşturmaktadır. Gelişmiş düzeydeki ölkelerde bu sektörün gelişimini takip etmek ve ihtiyaç duyulan, çevre ve üretim sorunlarına yol açmayacak teknolojilerin uygulanması zorunludur. Avrupa ve Amerika'da hayvansal atıkların anaerobik çürütülmesi uygulamalarında yaygın olarak kullanılan, aşağıdaki bu uygulama ile olumlu sonuçlar alınabilir [1].

- Biyogaz üretiminden enerji elde edilebilir,
- Bio-gübre elde edilebilir,
- Çiftliklerdeki mevcut çevre koşulları iyileştirilebilir.

Türkiye enerji piyasasında gelişmiş ölkelere göre kıyaslandığında önemli bir artış sergilemektedir. Diyarbakır ili nüfus yoğunluğu bakımında ele alındığında Türkiye de on ikinci sıra da yer almaktadır. Hayvansal üretimin çıktılarında birisi olan gübre, enerji üretiminde de etkin rol almaktadır. Hayvan gübresinden biyogaz ve biyogübre elde edilmesi kısaca Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiş ve aşağıdaki gibi özetlenebilir. Çiftlikte üretilen hayvan atıklarını dengelemek için gübre hazırlama tankına gider. Burada gübre, su ve çürütölmüş çamurun susuzlaştırılmasından dolayı su ile karıştırılarak istenilen kıvama getirilir. Bulunan gübre pompaları vasıtasıyla belirli aralıklarla ısıtıcılardan geçerek fermantasyon tanklarına pompalanır.



Şekil 1: Hayvan Gübresinden Biyogaz Elde Edilmesi [1]

Ana çürütücü tanklarda anaerobik fermantasyon işlemleri sonucunda, organik maddelerden metan (CH₄), karbondioksit (CO₂) gazları elde edilir. Havasız bir ortamda sindirim süreci, hava geçirmez, silindirik ve kendi ürettiği biyogaz veya mekanik karıştırıcının dahili kullanımı karıştırılarak, beton veya paslanmaz çelik tanklarda üretilmiştir. Tanktaki sıcaklık orta sıcaklık

koşullarında (35°C) olmaktadır. Tankların kesintisiz beslenmesi ve sindirilecek dışkının çıkarılması temelinde yürütülebilir. Biyogaz, anaerobik organik maddelerin birlikte çalışan bir grup bakteri aracılığıyla ayrıştırılması ile meydana gelir. Nihai ürün olarak açığa çıkan biyogazın temel bileşenleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1. Biyogazın Temel Bileşenleri

Bileşenlerin Adı	Hacimsel Oranı	Birim
Metan (CH ₄)	40-75	%
Karbondioksit (CO ₂)	15-60	%
Su Buharı (H ₂ O)	1-5	%
Azot (N ₂)	0-5	%
Oksijen (O ₂)	<2	%
Hidrojen (H ₂)	<1	%
Amonyak (NH ₃)	0-500	ppm
Hidrojen Sülfür(H ₂ S)	0-5000	ppm

Aynı zamanda, nihai ürün olarak açığa çıkan bu bileşenler oksijensiz ortamda depolanan organik madde önce suda ayrışır, bu işleme hidroliz denir. Ayrışmış organik madde asit üreten bakteriler tarafından uçucu hale getirilen maddeler yağ asitlerine dönüştürülür. Oluşan bu ürünler daha sonra metanojenik bakteriler aracılığıyla metana dönüştürülür [2]. Üretilmiş olan biyogaz, üretiminin ardından kojenerasyon sistemi diye tanımlandırılan sistemde elektriğe dönüştürülebilir. Ünitenin güç kaynağı ile eş zamanlı çalışacak yapıda olması ile gereğinden fazlası şebekeye aktarılabilir. Kullanımdan önce bio-gaz içindeki H₂S ve su buharından arındırılması gerekir. Arındırılan biyogaz, toplama tanklarında (gaz sayacı) yanmadan önce depolanabilir. Fermantasyon tanklarından gelen çamur tek bir koleksiyonda toplanır ve birime aktarılır. Çamur burada iki şekilde birikir ve değerlendirilebilir.

Sulanan kısım tarımda sıvı gübre olarak kullanılmaktadır. Mevcut koyu renkli kısım ise bir ayırıcı ile boşaltılıp susuzlaştırılarak, kompostlanmıştır ve paketlenmiş bir şekilde biyo-gübre (çiçek toprağı) olarak satılabilir. Hayvan gübresinden gelir elde edilebileceği görüldüğü üzere, biyogaz ve biyolojik gübre üretilir, hayvan besleme tesislerindeki olası çevre sorunlarını ortadan kaldırabilir. Bu araştırmanın bundan sonraki bölümünde, biyogaz üretimi sonucunda çevre ve sosyal açıdan faydalarını özetleyecek, hayvan sayısına göre üretililecek biyogaz potansiyel hesaplanmaları yapılacaktır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada 10 büyükbaş hayvandan oluşan bir örnek üzerinde biyogaz potansiyeli hesaplanmış ve hesaplamalarda yerel nüfus ve literatür verileri ele alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu tesiste kullanılan büyükbaş hayvan atık üretimine ilişkin veriler aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 2. Çalışma Genel Bilgileri

Bu çalışma için toplam hayvan sayısı	10 büyükbaş hayvan
Hayvanların ağırlığı	650 kg
Üretilen ortalama hayvansal atık miktarı	20-35 kg/gün*hayvan

Tablo 3. D.İ.E. verilerine göre bir hayvanda oluşan katı atık miktarları ve özellikleri [3]

Katı atık miktarı	10 kg/gün
Katı madde miktarı	%20

Yukarıdaki verileri kullanarak bölgede kurulacak çiftlikteki hayvanlar için hayvan başına en az 20 kg/gün katı atık üretimi, en az 35 kg/gün üzerinde ve bu atık %15 katı atık madde içeriyor olarak ele alınacaktır.

Biyogaz Verimi;

Performans, bir referans kullanılarak aşağıda bulunan değerler baz alınarak hesaplamalar yapılmıştır. 1 ton uçucu katı madde içeren hayvan dışkılarında en az 220 m³ ve en fazla 400 m³ biyogaz elde edilmektedir [4]. Hayvan dışkısında bulunan katı maddenin yaklaşık olarak %70'i uçucu katılar şeklindedir. Bu verilere dayanarak, bu çalışmada biyogaz üretimi için 275 m³/ton kuru madde kullanılacaktır. Ortaya çıkan biyogazın bileşenleri CH₄, CO₂ ve diğer gazlardır. Dağılım katsayıları %65 CH₄, %32 CO₂ ve %3 diğer gazlardır. 1 m³ biyogazın kalori değeri 5000 kcal olup, diğer yakıtlara etkili eşdeğerleri aşağıda tablo halinde verilmiştir [5].

Tablo 4. Biyogazın Diğer Yakıtlara Eş Değer Miktarı

Biyogaz Miktarı	Miktar (birimi)	Yakıt
1 m ³ Biyogaz	0.62 Litre	Gazyağı
1 m ³ Biyogaz	3.47 kg	Odun
1 m ³ Biyogaz	1.46 kg	Kömür
1 m ³ Biyogaz	0.43 kg	Bütan gazı
1 m ³ Biyogaz	1.18 kg	Doğal gaz

2.1. Minimum biyogaz üretimi

Yapılan bu çalışmada 10 büyükbaş hayvan bulunduracağı varsayımıyla;

Yapılan bu çalışmada oluşmuş olan hayvansal atık üretimi (20 kg/gün olarak ele alındığında)

$$10 * 20 = 200 \text{ kg ham gübre/gün}$$

Ham gübrenin katı içeriği (açığa çıkan gübrenin %15 oranında katı madde içerdiği varsayımıyla)

$$200 * 0.15 = 30 \text{ kg katı madde/gün}$$

Üretililecek biyogaz (275 m³ biyogaz/ ton katı madde varsayımıyla)

$$30 * 0.275 = 8.25 \text{ m}^3 \text{ biyogaz / gündür.}$$

Aylık üretim

$$8.25 * 30 = 247.5 \text{ m}^3 \text{ biyogaz / aydır.}$$

Yıllık üretim

$$247.5 * 12 = 2970 \text{ m}^3 \text{ biyogaz / yıldır.}$$



Şekil 2: Minimum Biyogaz Üretimi

2.2. Maksimum biyogaz üretimi;

Yapılan bu çalışmada oluşmuş olan hayvansal atık üretimi (35 kg/gün olarak ele alındığında)

$$10 * 35 = 350 \text{ kg ham gübre/gündür.}$$

Ham gübrenin katı içeriği (gübrenin %15 oranında katı madde içerdiği varsayımıyla)

$$350 * 0.15 = 52.5 \text{ kg katı madde/gün}$$

Üretililecek olan biyogaz miktarı (275 m³ biyogaz/ ton katı madde varsayımıyla)

$$52.5 * 0.275 = 14.4375 \text{ m}^3 \text{ biyogaz /gün}$$

Aylık üretim

$$14.4375 * 30 = 433.125 \text{ m}^3 \text{ biyogaz / aydır.}$$

Yıllık üretim

$$433.125 * 12 = 5197.5 \text{ m}^3 \text{ biyogaz / yıldır.}$$

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

KAYNAKLAR



Şekil 3: Maksimum Biyogaz üretim Verimi

1. Gümüşçü M., Uyanık S., (2010), Güneydoğu Anadolu Bölgesi Hayvansal Atıklardan Biyogaz ve Biyogübre Eldesi, Tesisat Mühendisliği, 59-65, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/ffcec9d25e4a0d2_ek.pdf
2. Anderson G.K., Sallis P.J., Uyanık S., 2002, Anaerobic Treatment Processes, in The Handbook of Waster and Wastewater Microbiology, Academic Press, London.
3. DİE, 1984 – 1985 Köy Envanter Etütleri (Bütün İller), Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, Ankara.
4. Hobson P. N., 1990, The Treatment of Agricultural Wastes, in Anaerobic Digestion: A Waste Treatment Technology, Edited by Andrew Wheatley, Critical Reports on Applied Chemistry, Volume 31.
5. United Nations, 1980, Guidebook on Biogas Development, Energy Resources Development Series, No: 21, New York.

Tablo 5. Biyogaz Potansiyeli Günlük ve Yıllık

Hayvan Sayısı	Ort. Günlük Biyogaz m ³ /gün	Yıllık Biyogaz m ³ /yıl
5	5.66	2041.87
10	11.34	4083.75
15	17.03	6125.58
20	22.68	8167.5
25	28.3	10209.35
30	33.96	12251.22
35	39.62	14293.09

3. SONUÇ

Hayvan gübresinden biyogaz ve biyolojik gübre üretim tesisleri kurmak isteyen tesis sahipleri, öncelikli olarak bölgede bulunan tesislerinde ön fizibilite çalışmaları yapmaları gerekmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre bu alanda 5 ve üzeri hayvan barındırabilecek tesislere yatırım yapılması önerilmektedir. 10 büyükbaş hayvan atığı biyogaz açısından çok büyük potansiyel barındırmaktadır. 10 büyükbaş hayvandan yapılan değerlendirmede günde minimum olarak 8,25 m³ biyogaz, aylık olarak 247,5 m³ biyogaz, yıllık olarak 2970 m³ biyogaz elde edilmektedir. Çürütme odası atıklarının katı ve sıvıları farklı alanlarda ayrıştırılabilir ve değerlendirilebilir. Sıvı kısım doğrudan bitki beslemesi için kullanılabilir.

Bu çalışmanın yapıldığı bölgede hayvansal atıklardan biyogaz üretimi için birçok olumlu sosyal, ekonomik ve çevresel etki olacaktır.

EFFECTS OF HARMONIC FACTORS ON DIFFERENT ELECTRICAL DEVICES

Ebru APAYDIN* ve Mehmet Rıda TÜR**

*Batman University Engineering Faculty, Department of Electrical and Electronics Engineering, 72060 BATMAN
e-mail: mrida.tur@batman.edu.tr

** Batman University Engineering Faculty, Department of Electrical and Electronics Engineering, 72060 BATMAN
e-mail: ebru.apydn@gmail.com

EFFECTS OF HARMONIC FACTORS ON ELECTRONIC METERS-DIFFERENT ELECTRICAL DEVICES AND SOLUTIONS

Abstract: Electronic meters are the most important circuit elements used for the purpose of controlling the correct operation of the system in the existing electricity distribution network systems. The energy measured in the meters provides great convenience in measuring the losses in the system, the current-voltage balance, even the differences between the phases. In addition, electronic meters are the most important circuit element in calculating the amount of energy consumed in our country, which is not recorded economically as network and external intervention. In a circuit where electronic meters are so important, the working methods of the meters also need to be examined. The most important effect in electronic meters is how harmonic currents produced by circuit elements that actively consume energy in the system are perceived in the meter measurement circuit and how they are measured in this paper, non-linear loads, which have a large share in the measurement errors of the meters, and the effect of harmonics, which occur with the effect of these loads, on electronic meters and other electrical circuit elements are discussed.

Keywords: Electrical networks, electronic meter, harmonic, electrical circuit devices.

INTRODUCTION

Due to the rapid progress of technology and the existence of non-linear loads in electrical power systems and increasing of that loads day by day, electrical energy quality has been a very important factor for the companies in the electrical energy production and distribution, companies producing electrical-electronic circuit elements and consumers using electrical energy. [1].

The concept of power quality means that the energy is continuous, the frequency and voltage are constant, the power factor ($\cos\phi$) is close to 1, the phase voltages are balanced. In other words, it means that the current voltage waveform is in pure sinusoidal form[2].

Due to the harmonics created by the devices connected to the power systems, it is not always possible to provide quality energy. Systems with non-linear loads and semiconductor elements cause deterioration in power quality. Such loads, in addition to reducing energy quality, also affect the sensitivity of electronic devices to disruptions in power systems. Since non-linear loads cause harmonics in energy systems, they cause a decrease in energy quality[3].

1- WHAT IS HARMONIC?

Harmonics

In alternating current installations, it is desired that the current and voltage waveform be in a fully sinusoidal form and at the same time, the load should be linear in order to preserve this sinusoidal form. However, due to the presence of non-linear loads in the system, the

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

waveform of the current and voltage diverges from the sinusoidal shape. The generation of current-voltage signals with different frequency values in distribution systems is expressed as harmonic[4].

Harmonic Generating Circuit Elements and Harmonic Generation Reasons

- ▶ uninterruptible power supplies: Absence of full sinuses during conversion of DC stored energy to AC energy.
- ▶ Speed controllers (Frequency converters): Six-pulse inverters cause the most distortion.
- ▶ Rectifiers and battery chargers: Nonlinear operating characteristic of semiconductor elements
- ▶ TV-Computers: Non-linear operating characteristic of semiconductor elements
- ▶ Transformers: Non-linear magnetization property of transformer core
- ▶ Motors: Magnetic interaction between stator and rotor slots
- ▶ Generators: Magnetic relationship between stator and rotor grooves and saturation of the main circuit
- ▶ Arc furnaces: Harmonics occur as a result of active resistance variability.
- ▶ Welders: overload variability during welding and spot welding and transformer saturation
- ▶ induction furnace: High frequency and eddy currents cause harmonic generation.
- ▶ Power electronics elements: Nonlinear operating characteristic of semiconductor elements
- ▶ Gas discharge lighting elements: Non-linear electrical characteristics
- ▶ Photovoltaic Systems: The harmonic effect of ac / dc converters which is called invertors used in pv systems

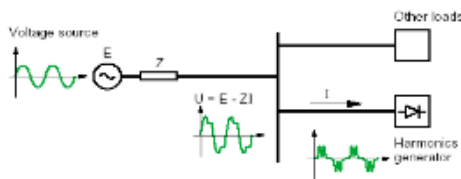


Figure 1 - Harmonic distortion circuit caused by a non-linear load[5]

Harmonic Origin Problems in Electrical Circuits

Current and voltage waveforms, which are expected to be in pure sinusoidal form under normal conditions, are distorted in harmonic systems. Problems usually caused by waveform distortion [6,7];

- Source voltage waveform distortion
- Hatlarda RMS akım artışına bağlı olarak iletim ve dağıtımda verim kaybı
- Faults in compensation systems
- Overheating in electric motors and transformers
- Faults in sensitive electronic devices, PLC devices
- Difficulties and abrasions in the insulation levels of the equipment
- Increasing losses in the system
- Incorrect measurement of electricity meters
- Malfunctions in protection and control systems
- Increased voltage drops
- Resonance risks at high frequencies in the system

Effects of Harmonics on Some Electrical Devices [8]

Devices	Effects of Harmonics
transformers	<ul style="list-style-type: none"> • Overload • Overheating • Increase in eddy currents and more heating
engines	<ul style="list-style-type: none"> • Loss of efficiency • Overheating • Vibration and noise
control devices	<ul style="list-style-type: none"> • More switching than necessary occurs due to harmonics
measuring devices	<ul style="list-style-type: none"> • Incorrect reading
Circuit Breakers	<ul style="list-style-type: none"> • Excessive currents and noises from harmonic sources cause unnecessary trips in circuit breakers as a result of heating and incorrect measurement.
cables	<ul style="list-style-type: none"> • Active power carrying capacity decreases as a result of overload.
Insulation Materials	<ul style="list-style-type: none"> • In case of voltage resonance, it causes perforations in insulating materials.
Communication Devices	<ul style="list-style-type: none"> • Causes noise and abnormal operations
Computers and Microprocessors	<ul style="list-style-type: none"> • Computers are the devices most affected by harmonics.
Electricity Meters	<ul style="list-style-type: none"> • It causes the meters to measure incorrectly.
capacitors	<ul style="list-style-type: none"> • Causes explosion or melting of connecting cables

Effects of Harmonics on Devices

A) Effect of Harmonics on Transformers

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Transformers, which are nonlinear circuit elements, are harmonic sources. Although transformers are sources of harmonics, they are exposed to the harmful effects of harmonics. Voltage harmonics cause increases in iron losses and insulation stresses. As a result of these loss increases, additional heating will occur in the transformer. Current harmonics cause copper losses in transformers. This situation reduces the efficiency of the transformer[9].

The main problem in the development of the integrated protection relay with the power quality analyzer is the need to prepare efficient algorithms for the frequency spectrum determination of harmonic and harmonic-containing line voltage and current signals up to 2 kHz [10]. The use of power quality monitoring, the inclusion of power quality analysis functions in the protection relay can be omitted for the end user. Therefore, the cost of additional hardware should be as low as possible with the extra overhead of functionality added to the software [11]. The solution to the power quality monitoring and control problem is provided by equipping conventional protection relays with power quality analysis functions. The status of all devices included in the network at their connection points are marked in red at the output of the inverters marked in Figure 4 [12]. Major advances in DSP microprocessor technology enable the application of power quality analysis software, especially the determination of harmonics and their levels, at a very small additional cost to the end user. Advanced signal processing algorithms, such as resampling the signal in the digital domain, enable the analysis to be made by ensuring that it achieves its design goals [13]. In order to keep the cost of the developed protection relay low, the developed algorithms must impose minimum requirements on the hardware. The structure of the combined protection relay and power quality analyzer is shown in Figure 4 [12].

B) Effects of Harmonics on Capacitors

Capacitors are one of the elements most affected by harmonics in the energy system. Capacitors; they do not produce harmonics, but they increase the existing harmonics. A voltage that has undergone harmonic distortion causes overvoltage in the capacitor and as a result, strains and failures in the dielectric material. Harmonics cause both excessive reactive loading and heating in capacitors as a result of the increase in dielectric losses [13].

C) Effects of Harmonics on Engines

Engines are severely affected by harmonic damages. The harmonic voltages occurring in the stator windings turn

into harmonic currents in the rotor, and as a result; high frequency harmonic currents are produced in the rotor. Harmonics cause overheating, vibration and noise in motors. For this reason, the efficiency of the motors decreases and their life is shortened. Harmonic components reduce the efficiency of motors between 5% and 10%[14].

D) Effects of Harmonics on Measuring Instruments

The situation where harmonic components resonate the system negatively affects the measuring instruments. Phase imbalance caused by harmonic distortion causes the measurement faulty. Studies have shown that these errors can be both positive and negative errors depending on the meter type and the state of the harmonics.

Laboratory tests by Dutch scientists have shown that some of today's smart electricity meters can be higher or lower than the actual energy consumption in some cases. The study was done by researchers from the University of Twente and the University of Applied Sciences Amsterdam. Using a simple test setup, the researchers connected the smart meters to a variety of saving devices found in normal homes, such as energy-saving light bulbs, heaters, LED light bulbs, and dimmers. Experiments continued for six months, and individual tests took several weeks. The meters used in the tests were produced between 2004-2014. According to the test results, some counters were reporting errors well above their declared ranges, going from -32% to +582%. Experimental results showed that static energy meters could be pushed to false reading (positive and negative) if fast pulsed currents were drawn by the consumer [15].

Similarly, voltmeters and ammeters that are calibrated for effective value measurement give incorrect results in the presence of harmonics.

E) Effects of Harmonics on Conductors

High-frequency harmonic currents prefer the outer surface of the conductor while passing over the conductor. Due to the skin effect, the losses of the conductors increase and the conductors are exposed to mechanical stresses and vibrations. Overheating is also one of the negative consequences of harmonic-induced skin effect on conductors.

F) Effects of Harmonics on Lighting Elements

Lighting elements such as mercury vapor lamps, fluorescent lamps, sodium vapor lamps operating with the gas discharge principle produce harmonics because they have a nonlinear current-voltage characteristic. Magnetic ballasts, which are used as current limiters in fluorescent lamps, also play an active role in harmonic generation. Today, magnetic ballasts have been replaced by electronic ballasts working on the principle of switched power supply. Electronic ballasts produced with and without filter also produce more harmonics compared to magnetic ballasts. Especially, electronic ballasts without filter produce too many harmonics.

F) Effects of Harmonics on Circuit Breakers and Fuses

Electromagnetic coils in circuit breakers may malfunction due to harmonic distortion in the current passing through the circuit. Harmonic distortion can cause faulty opening or closing in circuit breakers.

Harmonic currents; It increases the heating and thus the losses in the switching elements in the electrical installations. The insulating materials of the switching element may deteriorate due to heating. Harmonics can reduce the current carrying capacity of fuses and shorten their lifetime. Harmonic components can cause a higher rate of change in the current zero-crossing of the switching elements compared to the normal sine wave at the fundamental frequency, which can eventually complicate the current interruption function.

RESEARCH RESULTS AND PROPOSALS

Elimination of Harmonic Distortions

The distortion in the fundamental frequency signal caused by harmonics is the biggest factor reducing the energy quality. It has become a necessity to keep the energy quality at a certain level in order to protect the devices connected to the electrical network, to ensure the continuity of the correct operation of the devices and to prevent energy losses. Although it is not possible to completely eliminate the harmful effects of harmonics on the power system, a number of methods can be used to minimize them. The first of these is the design of circuit elements that produce harmonics in a way that they do not produce harmonics or produce very little. The second method is the filtering method of harmonics. This process refers to the elimination of harmonics after they are produced. Various filter applications are available for systems to prevent harmonics.

The circuits that are placed in the circuit and filter the harmonic current are called "Harmonic filters". The

purpose of harmonic filters is to reduce or eliminate the harmonic content of currents at one or more frequencies. If the effect of current harmonic decreases, voltage harmonic will also decrease. The limit to be applied here is determined by IEEE. It is requested that the total voltage single harmonic value in the system should not exceed 3% and the total current harmonic value should not exceed 5% (IEEE, 1992) [16]

Filters are divided into 2 according to whether they can adapt to changing harmonics. These are passive filters and active filters.

3.1 Passive Filters

They are circuits consisting of capacitor (C), inductance (L) and in some cases resistance (R) elements, which are placed between the source and the receiver and designed to eliminate components other than the fundamental frequency. It is divided into two as series and parallel passive filters.

Passive filtering applications may be preferred in small-scale industries.

3.1.1 Series Passive Filters

They are filters that are connected in series with the load in order to prevent harmonic currents from passing into the electrical network.

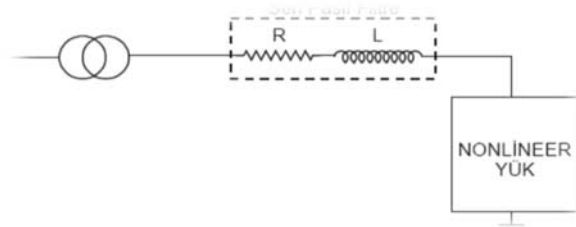


Figure 2-Series Passive Filter Example

3.1.2 Parallel Passive Filters

In this type of filters; With a low shunt impedance, unwanted harmonic currents are intended to pass through the filter. The harmonic component currents are transferred to ground with the help of a low impedance parallel path. They are connected in parallel between the harmonic source and the electricity network..

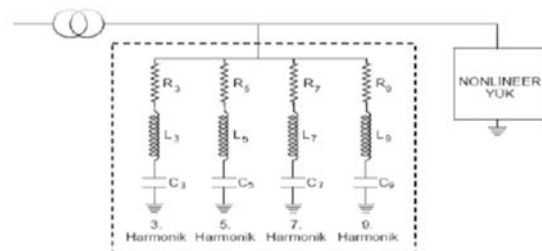


Figure 3- Parallel Passive Filter Example

3.2 Active Filters

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Active filters are more advanced systems than passive filters. In large-scale industries (factory, hotel, etc.) active filter applications should be preferred, depending on the number of harmonics and the current state of the load. It measures the current and voltage in the system and eliminates the current harmonics on the network side. In this way, the voltage distortion due to the distortion in the current is eliminated. With the active filter method, 97% of the network harmonics can be eliminated.

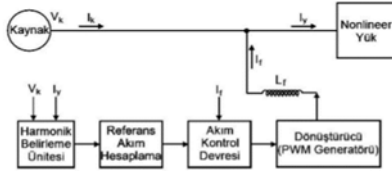


Figure 4 – Block Diagram of Active Power Filter

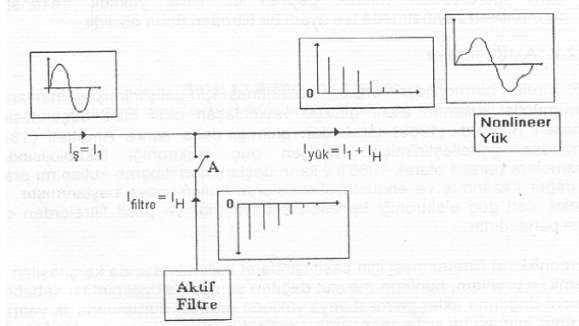


Figure 5-Removal of Harmonics with Active Filter

DISCUSSION AND CONCLUSION

Measuring energy in power systems and accurate energy measurement are very important for both the producer and the consumer. The fact that this situation, which is important for the producer and the consumer, can be revealed with real data is possible with the electronic counter circuit element. By measuring the consumed energy accurately, the active or reactive energy cost corresponding to the energy actually consumed by the consumer can be determined. However, with the increase of non-linear loads in our network day by day, distortions called harmonic occur in the fully sinusoidal current-voltage wave. Presence of harmonics in electrical installations; causes both technical and economic problems. technical problems; It is a factor that negatively affects the operation of the system and prevents the delivery of quality energy to consumers. Economic problems are; represents the additional losses created by the harmonics in the system. These harmonics, which cause both economic and technical losses, should be minimized or even completely eliminated.. Therefore, it is of great importance to implement the application methods required to reduce harmonics as soon as possible and to prevent technical-economic losses.

RESOURCES

- [1]ÜNSAL,A., TUNABOYLU, S. Dumlupınar Üniversitesi Merkez Kampüsü Elektrik Enerjisi Kalitesinin Ölçüm Sonuçları
- [2]Dugan, R.C., Mcgranaghan, M.F., BEATY H.W., Santoso S., 2004. Electrical Power Systems Quality 2nd Edition. McGraw-Hill, 521s, New York.
- [3]Güntürkün, R., 2003. İleri Beslemeli ve Elman Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağlarını Kullanarak Harmoniklerin Kompanzasyonu, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya, 156s.
- [4]EÜFBED - Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt-Sayı: 7-2 Yıl: 2014 199-218
- [5]<https://docplayer.biz.tr/10426513-Mugdesem-tanrioven-yrd-doc-dr-yildiz-teknik-universitesi-elektrik-muhendisi-hb-teknik-proje-ve-dan-ltd-sti.html>
- [6]<https://www.bleepingcomputer.com/news/hardware/millions-of-smart-meters-may-over-inflate-readings-by-up-to-600-percent/>
- [7] Harmonik İçeren Ve Dengesiz Şebekelerde Ölçme Ve Kompanzasyon Sakarya Üniversitesi Özlem DEMİRKOL Yüksek Lisans Tezi
- [8]M.R. Tür et al., “Impact of Demand Side Management on Spinning Reserve Requirements Designation” International Journal of Renewable Energy Research, Vol.7, No.2, 2017
- [9]S. Rüstemli, M.S.Cengiz, F. Dinçer, “Elektrik Tesislerinde Harmoniklerin Aktif Filtre Kullanılarak Yok Edilmesi ve Simülasyonu”, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, Cilt:2, Sayı:1, 30-38, 2013.
- [10]<https://www.elektrikport.com/makale-detay/harmoniklerin-zararli-etkileri-ve-harmoniklerden-korunma-yontemleri/12339#ad-image-0>
- [11] Tur M. R., Reliability Assessment of Distribution Power System When Considering Energy Storage Configuration Technique ,(2020), IEEE Access, Vol 8. 10.1109/ACCESS.2020.2990345
- [12] Hossain, E.; Tur, M. R.; Sanjeevaikumar, P.; Ay, S. and Khan, I. Analysis and Mitigation of Power Quality Issues in Distributed Generation Systems Using Custom

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Power Devices, IEEE Access, 2018, vol.6 pp.16816-16833,

[13] M.R. Tür, "Solution Methods and Recommendations for Power Quality Analysis in Power Systems", Journal of Engineering and Technology 2;2 1-9, (2018)

[14] M. R TÜR, F. YAPRDAKDAL, "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Bir Sistemde Güç Kalitesi Analizi, Kontrolü ve İzlemesi", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, Cilt 8, Sayı 3, 572-587, 2020

[15] İnönü Üniversitesi Serhat Berat EFE Güç Sistemlerinde Harmonikler Ve Harmoniklerin Analizi Yüksek Lisans Tezi

[16] Problems in Electric Systems Caused by Harmonics and Solution Proposals, EJERS, European Journal of Engineering and Technology Research Vol. 6, No. 1, January 2021

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

BATMAN İLİNDE YETİŞTİRİLEN HAYVANLARIN ATIKLARDAN ÜRETİLEN BİYOGAZ İLE KULLANILABİLİR ENERJİ POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

Ferhat AKKUŞ*

*Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: ferhat.akkus@batman.edu.tr

Özet: Teknolojik gelişmelerin yanında nüfusun artmasıyla birlikte ihtiyaç duyulan enerji miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Artan ihtiyaçlar karşısında kömür, doğalgaz ve petrol gibi fosil kökenli yakıtların yetersiz kalması toplumları güneş, rüzgar, biyogaz ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızla devam etmektedir. Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli bakımından oldukça zengin olup bu kaynakların kullanılması ve geliştirilmesi üzerine ülkemizde sürekli olarak çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışma kapsamında Tarım ve Orman Bakanlığı'nın sayfasından alınan 2020 yılı verilerine göre Batman ili sınırları içerisinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarına bağlı olarak üretilebilecek biyogaz miktarı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Batman ili için bölgede yetiştirilen hayvanların toplanan atıklardan üretilen biyogaza bağlı olarak enerji potansiyeli incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Hayvansal Atıklar, Biyogaz.

INVESTIGATION OF USABLE ENERGY POTENTIAL OF ANIMALS RAISED IN BATMAN PROVINCE WITH BIOGAS PRODUCED FROM WASTE

Abstract: Besides technological developments, the amount of energy needed is rising day after day with the grow in population. The scarcity of fossil fuels like coal, natural gas and oil in the face of increasing demands, has led societies to use renewable energy sources like solar, wind, biogas and geothermal. The trend towards the use of renewable energy sources continues rapidly both in our country and around the world. Our country is quite rich in the potential of renewable energy sources and our country is constantly researching the use and development of these resources. As part of this study, the quantity of biogas that can be growed is calculated based on the number of cattle, sheep and poultry within the boundaries of Batman City according to 2020 data on the Ministry of Agriculture and Forestry. As a result of the calculations the energy potential of the animals raised in the area for Batman province was investigated as a function of the biogas produced from the collected residues.

Keywords: Renewable Energy, Animal Waste, Biogas.

Semboller

L	Litre	V_{metan}	Atıkların hacimce metan içeriği
Kg	Kilogram	KM	Atıkların katı madde miktarı
m^3	metreküp	OKM	Atıkların madde miktarının organik içeriği
$^{\circ}\text{C}$	Santigrad derece (Sıcaklık)	μ_{bio}	Atıkların yüzdece biyogaz verimliliği
M	Toplam hayvan kütlesi	$\%_{\text{metan}}$	Atıkların yüzdece metan içeriği
n	Hayvan adedi	E	Enerji
m	1 adet hayvanın kütlesi		
V_{bio}	Atıkların biyogaz hacmi		

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞ

Canlılar ile doğa arasında dengeyi sağlayan temel unsurlardan biri olan enerji, insanlığın yaşamını sürdürebilmesi için gereklidir. Dünya genelinde nüfusun artması, sanayinin gelişmesi ve bilimsel ilerlemelerle birlikte günümüzde enerji gereksinimi her geçen gün hızla artmaktadır. İhtiyaç duyulan enerji çoğunlukla fosil kökenli yakıtlar (kömür, petrol ve doğalgaz) tarafından karşılanmaktadır. Fosil kökenli yakıtların rezervlerinin kısıtlı olması ve çevreye verdikleri zararlardan dolayı maksimum verim almayı amaçlayarak oldukça dikkatli biçimde kullanılması gerekmekte olup bununla birlikte yeni enerji teknolojilerine hatta kaynaklarına ihtiyaç olduğu dünya genelinde bilinmektedir.

Enerji kaynakları kullanılabilirliği bakımından yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemez enerji kaynakları olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Yenilenebilir enerji kaynakları, bir çevrimde kullanıldığı zaman azalmadan, hiç bir biçimde değişmeyen ve bitip tükenmeyen doğa dostu temiz enerji kaynaklarıdır. Güneş, rüzgar, hidrolik, dalga ve biyokütle yenilenebilir enerji kaynakları olarak kullanılmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları ise sadece bir çevrimde bir sefer kullanıldığında kendini yenileyemez ve sürekli olarak kullanıldıkça tükenen enerji kaynaklarıdır. Petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil kökenli yakıtlar yenilenemez enerji kaynaklarıdır. Enerji kaynakları ayrıca dönüştürülebilmelerine göre de primer (birincil) ve sekonder (ikincil) enerji kaynakları olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Enerjinin hiç bir şekilde değişime uğramamış hali olan primer (birincil) enerji kaynakları, petrol, doğalgaz, biyokütle, kömür, hidrolik, dalga, rüzgar ve güneşten oluşmaktadır. Primer (birincil) enerji kaynaklarının bazı işlemlerden geçirilerek dönüştürülmesiyle elde edilen sekonder (ikincil) enerji kaynakları, benzin, mazot, LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı) ve elektrikten oluşmaktadır [1].

Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyogaz; bitkisel, hayvansal ve kentsel atıkların oluşturduğu organik atıklar, oksijensiz ortamlarda fermentasyonu (anaerobik fermentasyon, oksijensiz solunumu) sonucu açığa çıkmaktadır. Biyogazın içerisinde metan % 55 – 75 civarında, karbondioksit %30 – 45 civarında ve cuzzi miktarda azot, karbonmonoksit, hidrojen ve hidrojen sülfür gazlarının karışımlarını içeren hem yanıcı hem de renksiz bir gazdır. Metan gazı, biyogaz karışımının en önemli bileşeni olmakla birlikte yakıt değeriyle direkt ilişkilidir. Isıl değeri neredeyse 8900 kcal/m³ olan metan gazının oranı oldukça önemlidir. Örneğin, Metan gazı

içeriği yarıdan az olan bir biyogaz karışımı için yanma olayı verimsiz olur. Biyogazın özellikleri aşağıdaki gibidir [2] :

- Renksiz
- Kokusuz
- Havadan hafif
- Parlak mavi bir alevle yanabilir
- Oktan sayısı yaklaşık 110
- Yoğunluğu 1,21 kg/m³
- Yanma sıcaklığı 700 °C
- Alev sıcaklığı 870 °C
- Sıvı hale gelme sıcaklığı -164 °C
- Biyogazın ısıl değeri (4700 - 5700 kcal/m³)
- Kolayca bozulmaya uğramayan sabit bir yapıya sahip

Biyogazı meydana getiren gazların karışımına bağlı olarak üretilebilecek enerji miktarı aşağıdaki maddelere bağlı olarak değişmektedir [2]:

- Sıcaklığa
- Reaktörü besleyen atık özelliklerine
- Hammedenin su içeriğine
- Reaktör içinde yer alan bakterilerin etkinliğine
- İşletmenin çalışma koşullarına
- Reaktöre doldurulan atıkların yükleme hızına

1 m³ biyogaz normal koşullarda motorin ve benzin gibi yakıtların ürettiği ısı enerjisi karşılıkları Tablo 1' de verilmiştir [3].

Tablo 1. Biyogazın diğer yakıtlarla aynı miktarda ürettikleri ısı enerjisi karşılığı [3]

1 m ³ biyogaz	0,660 L motorin
	0,750 L benzin
	250 L propan
	200 L bütan
	0,850 kg kömür
	0,620 L gazyağı
	1,460 kg odun kömürü
	3,470 kg odunu
	1,230 kg tezek
	4,70 kWh elektrik enerjisi

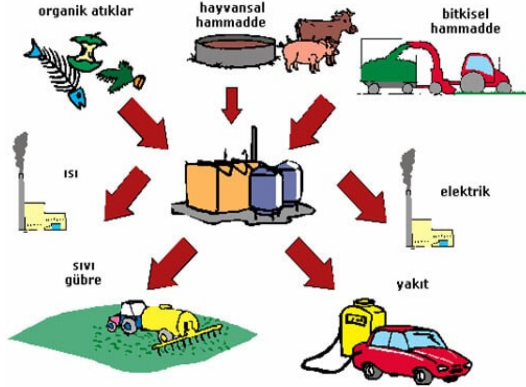
Biyogazın üretilmesinde koyun, keçi, sığır, at, tavuk ve domuz gibi hayvanların atıklarının yanı sıra mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesinde oluşan atıklar hayvansal atıkları, sap, saman, çimen, anız, mısır artıkları ve şeker pancarının yaprakları gibi bitkilerin kullanılmayan bölümleri ve bitkisel ürünlerin işlenmesiyle oluşan atıklar bitkisel atıkları oluştururlar. Çoğunlukla hayvansal ve bitkisel atıkların

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

kullanılmasının yanında kentsel ve endüstriyel atıklarda biyogaz üretiminde kullanılmaktadırlar. Kanalizasyon atıkları, tekstil, deri, şeker, kağıt ve gıda endüstrilerinin atıkları ile birlikte büyük sanayi tesislerinin ve belediyelerin atıkları atıklar kentsel ve endüstriyel atıkları oluştururlar. Biyogazın üretilmesinde kullanılan atıklar ve üretilen biyogazın değerlendirilmesi Şekil 1’ de görülmektedir [2].



Şekil 1. Biyogazın üretilmesinde kullanılan atıklar ve değerlendirilmesi [URL1]

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde oldukça geniş bir ürün yelpazesine sahip olan biyogaz, ısıtmada, aydınlatmada, motorlarda ve yan ürün olarak kullanılmaktadır. Isıtma ve aydınlatma amacıyla doğrudan kullanılabilen biyogaz, elektrik ve mekanik enerjiye çevrilerek kullanılabilir. Biyogazın üretilmesinin sonunda üretilen yan ürünler kükürt temizleme, gaz işleme ve organik gübre gibi farklı amaçlarla kullanılabilir. Isıtma amacıyla biyogazın kullanılması içeriğinde bulunan metan gazının yanma özelliğinden kaynaklanmaktadır. Biyogaz hava ile yedide bir oranında karışırsa tam yanma gerçekleşir. Ocak, fırın, şofben, termosifon gibi cihazların yanı sıra basınç ayarı yapılarak sıvılaştırılmış petrol gazının (LPG) kullanıldığı sobalarda ısıtmak amacıyla biyogaz kullanılabilir. Isıtma amacıyla sobalarda kullanılan biyogaz, içeriğinde bulunan hidrojen sülfür gazının yayılmasına engel olmak ve ortamdaki atılması için baca sistemi kullanılması gerekmektedir. Biyogaz doğrudan yanma işleminde kullanılmasının yanında elektrik enerjisine dönüştürülerek aydınlatma da kullanılabilir. Biyogazın doğrudan aydınlatma amacıyla kullanılabilmesi için, LPG ile çalışan lambalar kullanılmaktadırlar. Ayrıca biyogaz benzin ve dizel gibi yakıtların kullanıldığı geleneksel motorlarda da kullanılmaktadır. Biyogazın benzinli motorlarda kullanılması durumunda hiçbir katkı maddesine gereksinim duyulmadan direkt ya da içeriğinde bulunan

metan gazının saflaştırılmasıyla kullanılmaktadır. Biyogazın bir dizel motorunda kullanılabilmesi için beşte bir oranında motorin ile karıştırılması gerekmektedir. Yan ürün olarak biyogazın kullanılmasında oksijensiz ortamda fermantörlerden çıkan fermente gübreler (atıklar) ; azot, potasyum, fosfor ve eser miktarda birçok element içerir. Söz konusu atıklar, bitkiler için besin maddesi ve toprak iyileştirici madde olarak kullanılmaktadırlar. Biyogazın üretilmesiyle fermente olmuş organik gübre sıvı haldedir. Üretilen bu gübre tarlalarda, sıvı halde kullanılabilir, katı hale dönüştürülebilir veya havuzlara bırakılarak doğal yollardan kurutulabilir. Organik gübre, fermantasyon işlemi sonunda elde edilir ve anaerobik fermantasyonun sonunda gübredeki patojenik mikroorganizmalar çoğunlukla yok olur. Bu özelliğiyle birlikte gübre %10 oranında daha verimlidir [4].

Bu çalışmada, Tarım ve Orman Bakanlığının 2020 yılı verilerine göre Batman ilinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarına bağlı olarak üretebilecekleri biyogaz miktarı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamaların sonunda üretilen enerji potansiyeli incelenmiştir.

MATERYAL METOD

Biyogaz üretiminde kullanılacak büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanların sayıları Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2020 yılı verilerinden alınmış olup Tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 2. Batman ili 2020 hayvan sayıları [URL2]

Hayvan Varlığı (Baş)			
Cins	Tür	Hayvan Adı	2020
Büyükbaş	Manda	Manda	549
	Sığır	Kültür	36.412
		Melez	50.968
		Yerli(Sığır)	34.581
Büyükbaş Toplam			122.510
Küçükbaş	Keçi	Kıl	184.722
		Tiftik	0
	Keçi Toplam		184.722
	Koyun	Merinos	648
		Yerli	655.280
Koyun toplam		655.928	
Küçükbaş Toplam			840.650
Kanatlı	Hindi	Hindi	19.893
	Kaz	Kaz	1.537
	Ördek	Ördek	695
	Tavuk	Et	0
		Yumurta	132.232
	Tavuk Toplam		132.232
Kanatlı Toplam			154.357

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

2020 yılında Batman ilinde 549 adet manda, 36.412 adet kültür türü sığır, 50.968 melez türü sığır, 34.581 adet yerli türü sığır olmak üzere toplamda 122.510 adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır. 2020 yılında Batman ilinde 184.722 adet kıl türü tek keçi türü olup 648 adet merinos türü koyun ve 655.280 adet yerli türü koyun bulunmakta olup toplamda 840.650 adet küçükbaş hayvan bulunmaktadır. 2020 yılında Batman ilinde 19.893 adet hindi, 1.537 adet kaz, 695 adet ördek ve 132.232 adet yumurta tavuğu olmak üzere toplamda 154.357 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. Batman ilinde biyogaz üretimi için kullanılan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanların ürettikleri gübre miktarları Tablo 3.' te görülmektedir.

Tablo 3. Hayvansal atıkların ürettikleri gübre miktarları[4]

Hayvan	Gübre Üretimi (kg/hay.gün)	Kuru Madde İçeriği (%)	Buharlaşılabilen Katı İçeriği (%)	Özgül Metan Üretimi (m ³ CH ₄ /kg)
Süt Sığırtı	43,00	13,95	11,63	0,18
Besi Sığırtı	29,00	14,66	12,41	0,33
Koyun	2,40	27,50	23,00	0,30
Keçi	2,05	31,71	23,17	0,30
At	20,40	29,41	19,61	0,30
Et Tavuğu	0,19	25,88	20,00	0,35
Yumurta Tavuğu	0,13	25,00	18,75	0,35
Hindi	0,38	25,53	19,36	0,35
Ördek ve Kaz	0,33	28,18	17,27	0,35

Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan alınan 2020 yılı için Batman ili verilerine göre büyükbaş hayvanların tamamına yakını (% 99) sığırtı cinsi hayvanlar oluşturmaktadır. Hayvanların ırklarına ve türlerine göre günlük ürettiği gübre miktarları değişmektedir. İrkları (Holstein, Montofon, Simental, Yerli Kara, Boz İrk,...) ve türleri (süt sığırtı, besi sığırtı, yağlı cins...) tam olarak bilinmediğinden ve kayıplarda göz önüne alınarak 1 adet büyükbaş hayvan günde ortalama 30 kg gübre ürettiği varsayılarak hesaplamalar yapılmıştır. Batman ilinde bulunan küçükbaş hayvanların % 78' ini koyun türü oluşturmakta olup, kayıplarda göz önünde bulundurularak 1 adet küçükbaş hayvan günde ortalama 2,25 kg gübre ürettiği varsayılarak hesaplamalar yapılmıştır. Batman ilinde bulunan kanatlı hayvanların % 86' sını tavuk (yumurta tavuğu) türü oluşturmakta olup kayıplarda göz önünde bulundurularak 1 adet

kanatlı hayvan günde ortalama 0,15 kg gübre ürettiği varsayılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Hayvansal atıklar biyogaz üretmek amacıyla reaktörlere çamur (bulamaç gibi) halinde veya kuru gübre halinde yüklenebilmektedirler. Atılan hayvansal atıkların katı madde miktarı (KM), atıkların katı miktarının organik içeriği (OKM), yüzdece biyogaz verimliliği ve yüzdece metan içeriği reaktöre yükleme haline göre değişiklik gösterebilmekte olup tablo 4.' te hayvansal atıkların çamur (bulamaç gibi) ve kuru gübre halinde özellikleri verilmiştir.

Tablo 4. Hayvansal atıkların listesi ve özellikleri [5]

Çamur Bulamaç gibi	KM [%]	OKM [%KM]	Biyogaz Verimliliği It/kg-OKM	Metan İçeriği %
Süt İneği	9,50	80	300	55
Besi Sığırtı 0,5-2yılılık	8,00	81	450	55
Yağlı Cins 0,5-2 yılılık	8,00	81	450	55
Dana	6,00	80	600	55
Yavrulu Dişi Domuz-9kg	6,00	85	400	60
Dişi Domuz	6,00	85	400	60
Shoat (9-28kg)	6,00	85	400	60
Fattener	6,00	85	400	60
Yayılmış Tavuk	18,00	75	500	56
Sullage (in m ³)	2,00	0	0	0
Kuru Gübre	KM [%]	OKM [%KM]	Biyogaz Verimliliği It/kg-OKM	Metan İçeriği %
Süt İneği	23	80	330	55
Besi Sığırtı 0,5-2 yılılık	23	80	450	55
Yağlı Cins 0,5-2 yılılık	23	80	450	55
Dana	23	80	450	55
Yavrulu Dişi Domuz-9kg	22	78	450	60
Dişi Domuz	22	78	500	60
Shoat (9-28kg)	22	78	550	60
Fattener	22	78	600	60
İzgaralık Piliç	55	70	500	62
Genç Besi Tavuğu	55	70	500	62
Tavuk	55	75	400	62
Besi Hindi	55	75	350	62
Yağlı Hindi	55	75	350	62
Koyun	25	70	450	55
At	25	75	300	55

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Batman ili için kullanılan hayvansal atıklardan üretilen biyogaz miktarını hesaplamak için atıkların kuru gübre halinde kullanılacağı planlanmaktadır. 1 adet büyükbaş hayvan günde ortalama 30 kg gübre üretiyorsa 122.510 adet büyükbaş hayvanın ürettiği gübre miktarı Eşitlik (1)'de hesaplanmış olup 3.675,3 tondur. 1 adet küçükbaş hayvan günde 2,25 kg gübre üretiyorsa 840.650 adet küçükbaş hayvanın ürettiği gübre miktarı Eşitlik (2)'de hesaplanmış olup 1.891,46 tondur. 1 adet kanatlı hayvan günde 0,15 kg gübre üretiyorsa 154.357 adet kanatlı hayvanın ürettiği gübre miktarı Eşitlik (3)'te hesaplanmış olup 23,15 tondur.

$$M_{\text{büyükbaş}} = n_{\text{büyükbaş}} * m_{\text{büyükbaş}} = 122.510 * 30 = 3.675.300 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} = 3675,3 \frac{\text{ton}}{\text{gün}} \quad (1)$$

$$M_{\text{küçükbaş}} = n_{\text{küçükbaş}} * m_{\text{küçükbaş}} = 840.650 * 2,25 = 1.891.462,5 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} = 1891,46 \frac{\text{ton}}{\text{gün}} \quad (2)$$

$$M_{\text{kanatlı}} = n_{\text{kanatlı}} * m_{\text{kanatlı}} = 154.357 * 0,15 = 23153,55 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} = 23,15 \frac{\text{ton}}{\text{gün}} \quad (3)$$

Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanların ürettikleri gübre miktarları hesaplandıktan sonra sırasıyla biyogaz hacimleri hesaplanmıştır. 122.510 adet büyükbaş hayvanın ürettiği gübre miktarına bağlı olarak atıkların günlük biyogaz hacmi Eşitlik (4)'te hesaplanmış olup 270.502,08 metreküptür. 840.650 adet küçükbaş hayvanın ürettiği gübre miktarına bağlı olarak atıkların günlük biyogaz hacmi Eşitlik (5)'te hesaplanmış olup 148.952,475 metreküptür. 154.357 adet kanatlı hayvanın ürettiği gübre miktarına bağlı olarak atıkların günlük biyogaz hacmi Eşitlik (6)'da hesaplanmış olup 3.820,08 metreküptür. Hayvansal atıkların katı madde miktarı (KM), atıkların madde miktarının organik içeriği (OKM), yüzdece biyogaz verimliliği ve yüzdece metan içeriği Tablo 4' ten alınmış olup hesaplamalar ona göre yapılmıştır. Biyogaz verimliliği hayvan cinsine bağlı olarak değiştiği için ortalama bir değer alınmıştır.

$$V_{\text{bio,büyükbaş}} = M_{\text{büyükbaş}} * KM * OKM * \mu_{\text{bio,büyükbaş}} = 3.675,3 * 0,23 * 0,80 * 400 = 270.502,08 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \quad (4)$$

$$V_{\text{bio,küçükbaş}} = M_{\text{küçükbaş}} * KM * OKM * \mu_{\text{bio,küçükbaş}} = 1.891,46 * 0,25 * 0,70 * 450 = 148.952,475 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \quad (5)$$

$$V_{\text{bio,kanatlı}} = M_{\text{kanatlı}} * KM * OKM * \mu_{\text{bio,kanatlı}} = 23,152 * 0,55 * 0,75 * 400 = 3.820,08 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \quad (6)$$

Atıkların biyogaz hacminin hesaplanmasından sonra metan içeriğinin hesaplanması gerekir. Eşitlik (7)'de büyükbaş hayvanların atıklarının metan hacmi, Eşitlik (8)'de küçükbaş hayvanların atıklarının metan hacmi ve Eşitlik (9)'da kanatlı hayvanların atıklarının metan hacmi hesaplanmıştır.

$$V_{\text{metan,büyükbaş}} = V_{\text{bio,büyükbaş}} * \%_{\text{metan}} = 270.502,08 * 0,55 = 148.776,144 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \quad (7)$$

$$V_{\text{metan,küçükbaş}} = V_{\text{bio,küçükbaş}} * \%_{\text{metan}} = 148.952,475 * 0,55 = 81.923,861 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \quad (8)$$

$$V_{\text{metan,kanatlı}} = V_{\text{bio,kanatlı}} * \%_{\text{metan}} = 3820,08 * 0,62 = 2368,45 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \quad (9)$$

Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanların atıklarından üretilen günlük metan hacmi saatlik üretilen metan hacmine dönüştürülürse üretilen metan hacmi sırasıyla 6.199,006 m³/saat, 3.413,49 m³/saat ve 98,68 m³/saat'tir. Büyükbaş hayvanların atıklarından saatte üretilen enerji miktarı Eşitlik (10)' da hesaplanmıştır. Küçükbaş hayvanların atıklarından saatte üretilen enerji miktarı Eşitlik (11)' da hesaplanmıştır. Kanatlı hayvanların atıklarından saatte üretilen enerji miktarı Eşitlik (12)' da hesaplanmıştır. 1 Nm³ metanın ısı değeri 9,9 kWh'tir.

$$E_{\text{büyükbaş}} = 9,9 * V_{\text{metan,büyükbaş}} = 9,9 * 6.199,006 = 61.370,16 \text{ kW} = 61,37 \text{ MW} \quad (10)$$

$$E_{\text{küçükbaş}} = 9,9 * V_{\text{metan,küçükbaş}} = 9,9 * 3.143,49 = 33.793,6 \text{ kW} = 33,79 \text{ MW} \quad (11)$$

$$E_{\text{kanatlı}} = 9,9 * V_{\text{metan,kanatlı}} = 9,9 * 98,68 = 977 \text{ kW} = 0,97 \text{ MW} \quad (12)$$

SONUÇLAR

2020 yılında Batman ilinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanların sayılarına bağlı olarak üretilen enerji miktarları hesaplanmış olup Tablo 5.' te verilmiştir.

Tablo 5. Hayvan sayıları ve enerji miktarı

Hayvan Türü	Hayvan Sayısı (Adet)	Üretilen Enerji Miktarı (MW)
Büyükbaş	122.510	61,37
Küçükbaş	840.650	33,79
Kanatlı	154.357	0,97

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Bu çalışmanın sonucunda;

- Batman ilinde sadece hayvansal organik atıklardan özellikle büyükbaş ve küçükbaş hayvanların atıklarından üretilen biyogaz değerlendirilmesi gereken bir enerji kaynağıdır.
- Batman ilinin Merkez, Sason, Kozluk, Gercüş, Hasankeyf ve Beşiri ilçelerindeki hayvan sayısının fazla olduğu yerlerde veya atıkların toplanma maliyetinin az olduğu ortak alanda kurulacak olan bir Biyogaz enerji santrali kurulumu oldukça makul bir yatırım olarak gözükmemektedir.
- Kullanılan atıklardan üretilen biyogaz enerjisi ısıtma enerjisi olarak seracılık ve mahalli ısıtmada kullanılabilen iken elektrik enerjisi ise şebekeye aktararak kullanılabilir.
- Biyogaz üretiminin sonucunda çıkan gübre oldukça kaliteli olduğundan tarım alanlarında kullanılabilir.
- Hayvansal atıkların birbirleri ile karıştırılarak bulamaç yapılması ya da bitkisel veya kentsel atıklarla karıştırılması biyogaz miktarının artmasını sağlar. Bu sayede üretilen enerji miktarı artacaktır.

URL2<https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il_vatirim_rehberleri/batman.pdf>

Alındığı tarih: 10.11.2021

KAYNAKLAR

[1] Kaya K. ve Koç E. Enerji üretim santralleri maliyet analizi, Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 660, s. 61-68. 2015.

[2] Akkuş F., Biyogaz enerjisi ve gaz motorlu kojenerasyon tesisi tasarımı. Yüksek Lisans Tezi. Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray. 2018.

[3] Öçal F., Biyogaz enerjisi üretimi ve Eskişehir ili için uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir. 2013.

[4] Kaya D. ve Öztürk H.H., Biyogaz teknolojisi, 1. Baskı, Umuttepe Yayınları, Kocaeli, ISBN 978-605-5936-74-7. 2012.

[5] Akbulut A., Biyogazın ısı ve elektrik üretiminde kullanılmasının irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya. 2011.

URL1<<http://biyogazlar.blogspot.com/2010/06/biyogazi-n-kullanim-alanlari.html>> Alındığı tarih: 10.11.2021

YENİLENEBİLİR ENERJİ ÜRETİMİNDE GÜÇ KALİTESİNİN ANALİZİ

Muhammed AKBACI* ve Mehmet Rıda TÜR**

*Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği, 72060 BATMAN
e-posta: muhammedakbaci@outlook.com

**Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: mrida.tur@batman.edu.tr

Özet: Bu çalışmada Uluslararası Mühendislik, Doğa ve Sosyal Bilimler sempozyumu kapsamında yenilenebilir enerji üretiminde güç kalitesinin analizi araştırılmıştır. Araştırmada harmoniklerin kaynağı, harmonik etkileri ve bu harmoniklerin azaltılması/engellenmesi için yapılan çalışmaların sonuçları incelenmiştir. Generatör şebekeye anahtarlandığı zaman çekilen yüksek manyetizma akımı sebebiyle meydana gelen gerilim dalgalanmalarının güç kalitesine yaptığı olumsuz etkinin ve tahrik sistemi üzerinde oluşturduğu mekanik şokun bertaraf edilmesi için yumuşak yol verme rezistörleri kullanılmalıdır. Bu rezistörler seri halde şebeke bağlantısına bağlanır ve gerilimin stabil hale gelmesinden sonra devreden çıkarılabilir. Konvertör sistemi bünyesinde kullanılan büyük depolama kapasitörleri, ilk defa şarj edildiklerinde, akım değişim hızı çok yüksektir ve bu etki kapasitördeki yalıtkanı baskılayarak zarar vermekte ve kullanım ömrünün kısalmasına sebep olmaktadır. Bu olumsuz etkiyi önlemek için, kapasitörlerin şarj hızını sönmüleme etkisi bulunan bir şarj endüktörü besleme devresine seri olarak bağlanmalıdır. Hedeflenen güç kalitesine ulaşabilmek için yukarıda bahsedilen uygulamaların sisteme dahil edilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, güç kalitesi.

ANALYSIS OF POWER QUALITY IN RENEWABLE ENERGY PRODUCTION

Abstract: This study, the analysis of power quality in renewable energy production was investigated within the scope of the International Engineering, Natural and Social Sciences symposium. In the research, grid integration, the harmonic effects of this integration and the results of the studies to reduce / prevent these harmonics were examined. Soft start resistors should be used to eliminate the negative effect of voltage fluctuations on power quality and the mechanical shock on the drive system caused by the high magnetism current drawn when the generator is switched to the mains. These resistors are connected in series with the mains connection and can be switched off after the voltage stabilizes. When the large storage capacitors used in the converter system are charged for the first time, the current change rate is very high, and this effect suppresses the insulator in the capacitor, damaging it and shortening its useful life. To avoid this negative effect, a charge inductor, which has the effect of damping the charge rate of the capacitors, should be connected in series with the supply circuit. In order to achieve the targeted power quality, the applications mentioned above must be included in the system.

Keywords: Renewable energy, power quality

GİRİŞ

Doğada temiz, güvenilir ve bol miktarda bulunan yenilenebilir enerji kaynakları, yalnızca artan enerji talebini karşılamakla kalmayıp aynı zamanda kömür, doğalgaz ve nükleer gibi geleneksel enerji kaynaklarının neden olduğu ve dünya genelinde sürekli artan endüstriyel faaliyetlerin sebep olduğu kirlilik, küresel ısınma ve sera gazı emisyonları gibi çevresel bozulma etkilerini azaltmak için çok önemli bir seçenek haline gelmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları özellikle karakteristikleri gereği; güneş ışını, ışınma şiddeti, rüzgar hızı, rüzgar yönü, yağış gibi bir çok farklı iklim etkisinden doğrudan etkilenmektedir. Bu çevresel faktörlerden kaynaklanan güç kalitesi bozulmaları ve bunun önlenmesi, kaynakların verimli kullanılması için son derece kritik bir önem taşımaktadır.

Çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarının güç kalitesinde oluşturabileceği sorunlar ve bunların hangi yöntemlerle önlenebileceği ile ilgili çalışmalar incelenerek öngörülerde bulunulmuştur.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Yükselen enerji talebini göz önünde bulundurursak yenilenebilir enerji kaynaklarının öneminin ne kadar büyük olduğunu görebiliriz. Bu talebin karşılanmasında, ilerleyen teknoloji ile birlikte, gelecek yıllarda rüzgar santrallerinin büyük payı olacağı aşıkardır. Enerji üretiminde en önemli noktalardan biri de üretilen gücün kalitesidir. Her enerji üretim santralinde olduğu gibi güneş ve rüzgar santrallerinde de bu problemlerle karşılaşmaktadır. Tezimizde, güç kalitesi kavramı irdelenerek, örnek bir rüzgar türbin çıkışından alınan gerilim dalgalanmaları sonucunda bu rüzgar türbinin güç kalitesini analiz ederek, kaliteyi artırmak adına ne gibi önlemler alınabileceğine yer verilmiştir

Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynağı, doğa içerisinde mevcut, doğal bir döngüye sahip olan kaynaklardır. Fosil kaynakların zamanla azalması çevre etkileri gibi durumlardan ötürü yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmış ve gelecek için umut verici olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarından yaygın olanları; güneş enerjisi, hidroelektrik enerjisi, rüzgar enerjisi ve biyokütle enerji kaynaklarıdır. Ülkemizde de farklı yörelerde bu enerji kaynaklarının her birinin kullanımı için oldukça uygun bölgeler bulunmaktadır [1].

Güç Sistemlerinde Kalite ve Harmonikler

Uluslararası standartlarca belirlenen değerlere göre, doğrusal olmayan, akım ve gerilim biçimindeki bozulmalar olarak bilinir [2].

Elektrik dağıtım şebekelerinde gerili sinüs şeklinde olduğu için çekilen akımın da sinüs şeklinde olması beklenir. Ancak günümüzde elektrik şebekelerinde kullanılan diğer yükler çalışma karakteristiklerinden dolayı akım ve gerilim dalga şekillerinin sinüs şekline farklı bir duruma gelmesi harmonik olarak tanımlanır [3,4].

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Harmonik Problemleri

Yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilir bir dünyanın devamı için oldukça önemlidir ve bunların ağı entegrasyonları da yaygınlaşmaktadır. Ancak yenilenebilir enerji kaynakları tamamen sorunsuz değildir. Başlıca dezavantajları iklim koşullarına bağlı olarak oluşabilecek düzensizliklerdir. Bu dezavantajların ortadan kaldırılabilmesi için bir çok çalışma yapılmıştır [5].

DC elektrik üreten güneş santralleri bu enerjiyi AC' ye dönüştürmek için invertörlerden faydalanır. Ayrıca rüzgar santrallerinde de bu invertörlerden faydalanır. Bu invertörler; güvenilir, uygun maliyetli, verimli ve basit olmasının yanında istenmeyen harmoniklere sebep olur [6].

Pasif kontrol teknolojisi, mevcut güç kalitesi sorunlarının etkisini ortadan kaldırmak veya hafifletmek

için ekstra cihazlar eklenmesi ile karakterize edilmektedir. Günümüzde harmonikleri azaltma teknikleri esas olarak pasif güç filtresi (PGF) [7], aktif güç filtresi (AGF) [8] ve hibrid aktif güç filtresi (HAGF) tekniklerini içermektedir. [9] 'da belirtildiği gibi, HAGF tek rezonans enjeksiyon hibrid aktif güç filtresi, çift rezonans enjeksiyon hibrid aktif güç filtresi ve çok dallı enjeksiyon hibrid aktif güç filtresi olarak sınıflandırılabilir. HAGF, PGF ve AGF'nin avantajlarını birleştirerek, entegre filtre sisteminde tatmin edici performanstan ödün vermeden aktif kontrolün nominal kapasitesini ve gerilimini etkili bir şekilde azaltır. Gerilimin dağıtım şebekesinde harmonik akımları bastırması, reaktif gücü dengelemesi için etkili bir yöntemdir. Reaktif güç dengeleyici ise, gerilim dalgalanması ve titremeyi baskılayabilir. Dağıtım şebekesinde kullanıma hazır değişken dengeleyicileri arasında sabit kapasitör (SK) [10], statik değişken dengeleyiciler (SDD) ve statik senkron dengeleyiciler (STATCOM) bulunur. Bu cihazlar arasında STATCOM, şebeke gerilimi dalgalanması bastırma ve dengesiz yük dengeleme gibi çoklu fonksiyonlara sahip olduğu için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu eğilim, yüksek kararlılık, güvenilirlik ve güç yoğunluğu nedeniyle modüler harmonik bastırma ve VAR telafi sistemleri geliştirmeye yönelik olmuştur. Geçici güç kalitesi problemleri arasında gerilim düşmesi ve kısa süreli kesinti en yaygın ve zararlı formlar olarak algılanmaktadır. Katı hal transfer anahtarı (KHTA) gerilim düşüşünün derinliğini ve süresini etkili bir şekilde azaltabilir. Kesintisiz güç kaynağı (UPS), dağıtım şebekesindeki düşük güçlü cihazlar için gerilim dalgalanmalarını sınırlamak için en etkili araçtır [38,39]. Dinamik gerilim regülatörü (DGR) anlık gerilim düşüşünü ve yükselmesini doğrudan ve hızlı bir şekilde telafi edebilir. Bir yandan, modüler güç kalitesi dengeleyici, alt modüldeki güç anahtarının ve enerji depolama elemanının nominal gerilimini etkili bir şekilde azaltabilir, bu da düşük maliyetli anahtarlama cihazlarının kullanımına izin verir. Diğer taraftan, kademeli yapı, orta ve yüksek gerilim iletim sistemlerinde çeşitlendirilmiş güç kalitesi dengeleyicisinin uygulamasını doğrudan genişletir [11]. İntertörlerden kaynaklanan düşük mertebeli harmonikler, sistem frekansına benzedikleri için sisteme yönelik tehlike oluştururlar. Bu sistem harmonikleri, yenilenebilir enerjilerde verimin düşmesine sebep olur. Güneş enerji santralleri gibi enerji kaynaklarında kademeli dönüştürücüler kullanmak avantajlıdır. Ancak kademeli dönüştürücülerde bulunan birçok anahtarlama elemanı harmonik problemlerini de beraberinde getirmiştir. Akım harmoniklerini azaltmak için inverter topolojilerinde L filtresi yerine LCL filtresi kullanılmaktadır. Ancak LCL, rezonans potansiyeline sahip olduğu ve gerilim harmoniklerine neden olabileceği için çok dikkatli bir parametre seçimi ve kontrol stratejisi gerektirir. LCL filtreleri, temel bileşen hatalarını azaltmak için PI denetleyiciler kullanır [12].

Rüzgar santrallerinde de harmonikler önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Rüzgar santrallerinde; rüzgar

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

türbinlerinde kullanılan jeneratör, transformatör, yolvericiler, dönüştürücüler gibi elemanlar harmonik oluşumuna sebep olmaktadır. Yolvericiler, doğrusal olmayan özelliklerinden dolayı harmonik üretirler. Ayrıca transformatörün doygunluğu ve rüzgar santralının, rüzgar hızına bağlı olarak çalışan anahtarlama elemanlarında harmonik oluşumunda sıkça karşılaşılan durumlardandır [13].

Harmonik Problemlerini Azaltma

Yenilenebilir enerji sistemlerinde gerilim ve akım harmoniklerinin azaltılması yönünde yapılan incelemelerde; STATCOM ((Static Synchronous Compensator) kullanımının harmonikleri azaltmada etkili olduğu ortaya konulmuştur.

Rüzgar enerjisi sistemlerinde statik transfer anahtarı ve dinamik voltaj düzeltici kullanılarak güç kalitesi iyileştirilebildiği görülmüştür.

PV sistemlerindeki harmonik problemler üzerine yapılan bir başka çalışmada, toplam harmonik bozulmayı azaltmak için öngörücü bir modele dayalı bir filtre kullanılmıştır. Model, yöntemi doğrulamak için en küçük ortalama kare (LMS), normalleştirilmiş LMS (NLMS) ve sızıntılı LMS algoritmalarını benimseyerek tek fazlı bağımsız bir PV sistemine uygulanması sonucu harmonikleri azaltmayı öngörmüştür.

Yukarıda belirtilen ve daha yapılan bir çok çalışmada harmoniklerin; azaltılması, giderilmesi bunların ekonomik analizleri kullanımları için bir çok önerme bulunduğu, bunların uygulanabilirliği açıklanmıştır.

Rüzgar türbinleri ve güneş santralleri elektrik şebekesinde güç kalitesini etkiler. Güç kalitesi terimi her zaman tam olarak tanımlanamasa da, çoğunlukla, reaktif güç talebi, gerilim seviyesi, gerilimdeki ani değişimler (Flicker), harmonik ve frekans değişimleri vb. olayları kapsar. Güç kalitesi tanımı yapılan incelemenin türüne veya kim tarafından yapıldığına göre değişebilir. Örneğin elektrik üreticisi için güç kalitesi enerjinin güvenilir biçimde iletilmesi olarak tanımlanabileceği gibi elektrikli aletler üreticisi için güç kalitesi üretilen aletin öngörülen şekilde çalışması için gerekli olan elektrik biçimidir. Ancak elektrik üretimi kullanıcılar için yapıldığından kullanıcının bakış açısı temel alınmalıdır. Bu sebeple güç kalitesi sorunu "Kullanıcı aletlerinin yanlış veya hiç çalışmamasına neden olacak gerilim, akım ve frekanstaki değişimler" olarak tanımlanabilir. Rüzgar türbinlerinde asenkron generatör kullanılması durumunda, asenkron generatörün reaktif güç gereksinimi bir şekilde karşılanmalıdır. Asenkron generatör direkt olarak şebekeye bağlı olduğu için reaktif gücü, bu durumda şebeke üzerinden çekecektir, ya da rüzgar türbinine yerleştirilecek kapasite guruplarının reaktif gücü kompanze etmeleri sağlanacaktır. Rüzgar türbinlerinin şebekeden çekecekleri reaktif gücün azaltılması gerilim seviyesini yükseltecektir. Bu sayede rüzgar türbinlerinin şebeke gerilimi üzerindeki etkileri azalacaktır.[13]

SONUÇLAR

İncelenen çalışmalar neticesinde; güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle gibi yenilenebilir kaynaklarla elektrik enerjisi üreten santrallerdeki harmoniklerin azaltılması, giderme stratejileri tartışılmaktadır. Çalışma sonucunda aşağıdaki maddelere ulaşılabilir;

- Yenilenebilir enerji sistemlerinde harmonikler hala bir zorluktur.
- Bir çok yenilenebilir sisteminde, bünyesinde bulunan farklı güç elemanları sebebiyle harmonik problemi mevcuttur.
- Harmoniklerin azaltılması için teknolojik kontrol teknikleri gerekmektedir.
- Doğrudan güç kontrolü, reaktif güç kompanzasyonu, harmonikler azıcısından iyi sonuçlar vermektedir.
- Rüzgar santralleri için harmonik kaynakları; rezonans harmonikleri, yumuşak yolverici harmonikleri, dönüştürücü harmonikleri, trafo & jeneratörler, D-statcom ve HVDC sistem harmonikleri olarak sıralanabilir.
- Birden fazla rüzgar santralının PCC noktaları ile birbirine bağlanması ve farklı nominal kapasitelerde kullanılması durumunda rüzgar santrallerinde ciddi bir harmonik problem ortaya çıkabilir.
- Literatürdeki harmonik çalışma sayısı rüzgar, güneş ve diğer yenilenebilir enerji santralleri şeklinde sıralanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Mosobi, R. W., Chichi, T., & Gao, S. (2014, December). Modeling and power quality analysis of integrated renewable energy system. In *2014 Eighteenth National Power Systems Conference (NPSC)* (pp. 1-6). IEEE.
- [2] Mosobi, R. W., Chichi, T., & Gao, S. (2015). Power quality analysis of hybrid renewable energy system. *Cogent Engineering*, 2(1), 1005000.
- [3] Eroğlu, H., Cuce, E., Cuce, P. M., Gul, F., & Iskenderoğlu, A. (2021). Harmonic problems in renewable and sustainable energy systems: A comprehensive review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 48, 101566.
- [4] Alhafadhi, L., & Teh, J. (2020). Advances in reduction of total harmonic distortion in solar photovoltaic systems: A literature review. *International Journal of Energy Research*, 44(4), 2455-2470.
- [5] Deshpande, R. (2019). Analysis of power quality variations in electrical distribution system with renewable energy sources. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 9(1), 281-289.
- [6] Tümay, M., Demirdelen, T., Bal, S., Kayaalp, R. İ., Doğru, B., & Aksoy, M. (2017). A review of magnetically controlled shunt reactor for power quality improvement with renewable energy

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 215-228.

[7] Tür, R, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Bir Sistemde Güç Kalitesinin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi PART C: TASARIM VE TEKNOLOJİ 8(3), 572-587, 2020

[8] Tur M. R., Reliability Assessment of Distribution Power System When Considering Energy Storage Configuration Technique ,(2020), IEEE Access, Vol 8. 10.1109/ACCESS.2020.2990345

[9] Hossain, E.; Tur, M. R.; Sanjeevaikumar, P.; Ay, S. and Khan, I. Analysis and Mitigation of Power Quality Issues in Distributed Generation Systems Using Custom Power Devices, IEEE Access, 2018, vol.6 pp.16816-16833,

[10] M.R. Tür, “Solution Methods and Recommendations for Power Quality Analysis in Power Systems”, Journal of Engineering and Technology 2;2 1-9, (2018)

[11] M. R Tür, F. Yaprdakdal, “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Bir Sistemde Güç Kalitesi Analizi, Kontrolü ve İzlemesi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, Cilt 8, Sayı 3, 572-587, 2020

[12] Agalar, S., & Kaplan, Y. A. (2018). Power quality improvement using STS and DVR in wind energy system. *Renewable Energy*, 118, 1031-1040.

[13] Ghiasi, M., Esmacilnamazi, S., Ghiasi, R., & Fathi, M. (2020). Role of renewable energy sources in evaluating technical and economic efficiency of power quality. *Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy*, 5(1), 1-13.

[13] Uyar, M.; Gencoğlu, T.G.; Yıldırım, S.: “Değişken Hızlı Rüzgar Türbinleri İçin Generatör Sistemleri”, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Mersin, Türkiye, Ekim, (2005), 2-5

Araçlarda Kullanılan Fren Diskinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Hasar Analizi

Sabahattin Akgül^a, Hamit Adin^b, Mehmet Şükrü Adin^c

^a Mardin Artuklu Üniversitesi Midyat Meslek Yüksekokulu, Mardin/TÜRKİYE

E-mail adres: sabahattinakgul@artuklu.edu.tr

^b Batman Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Batman/TÜRKİYE

E-mail adres: hamit.adin@batman.edu.tr

^c Batman Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Batman/TÜRKİYE

E-mail adres: mehmetsukru.adin@batman.edu.tr

ÖZET

Bir taşıtın şüphesiz en önemli kısımlarından bir tanesi fren sistemidir. Fren sistemleri, motorlu taşıtların yavaşlamasını ve durmasını sağlayan düzeneklerdir. Bir araçta fren sistemi ne kadar kuvvetli ve tesirliyse o taşıt da o kadar güvenlidir. Bilinçli tüketiciler araç tercihinde bulunurken aracın nasıl gittiğinden veya konforundan ziyade ne şekilde durduğıyla da ilgilenir. Eğer giden araç hızlı ve güvenli bir şekilde durma sağlayamıyorsa o markayı tüketici güvenli bulmaz ve tercih etmez. Böylece tüketici başka güvenli araçlara yönelim sağlar ve onları tercih eder. Günümüzde üretilen bütün yeni nesil modern araçlar fren sisteminde diğer fren çeşitlerinden ziyade disk frenleri tercih etmektedir. Fren diskleri taşıtların fren sisteminde bulunur. Bu diskler taşıtların düzgün yavaşlamasına yarayan fren sisteminin önemli parçalarından biridir. Disk fren sistemleri frenlemeyi kaliper ve balatalar arasındaki diski sıkarak suretiyle frenlemeyi sağlayan bir sistemdir. Bu çalışmada, kullanımı neticesinde hasar almış bir adet fren diski piyasadan temin edilmiştir. Hasarlı olan ve çeşitli aşınmalara maruz kalmış olan bu fren diski incelenmiştir. Kırılma ve aşınma nedenleri araştırılmış ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Solidworks paket programı kullanılarak parça modellenmesi yapılmıştır. Modellenen bu fren diski ANSYS paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda Fren diskinde meydana gelen hasarın nedenleri bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Nümerik hasar analizi, Fren diski, Disk fren sistemi, Sonlu elemanlar yöntemi

Damage analysis of brake disc used in vehicles by Finite Element Method

ABSTRACT

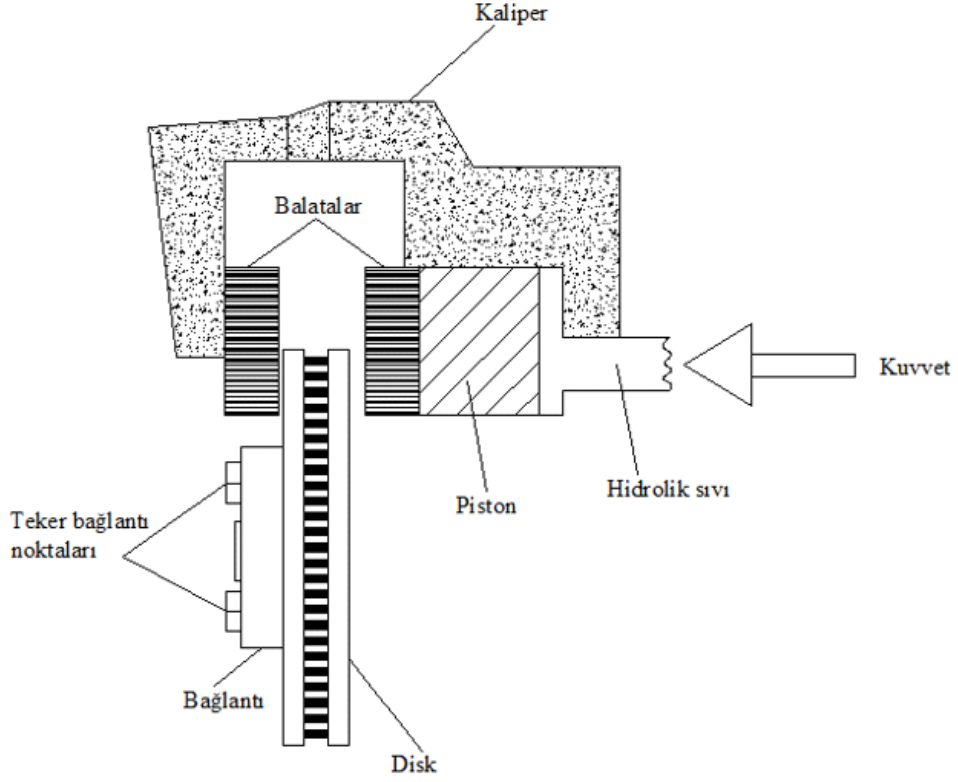
Undoubtedly one of the most important parts of a vehicle is the braking system. Braking systems are devices that allow motor vehicles to decelerate and stop. The more powerful and effective the braking system in a vehicle, the safer it is. Conscious consumers are more interested in how the vehicle stops or how it stops rather than comfort when choosing a vehicle. If the outgoing vehicle is unable to stop quickly and safely, the consumer does not find and prefer that brand safe. Thus, the consumer provides orientation to other safe devices and prefers them. Today, all new generation of modern vehicles are preferred disc brakes rather than other types of brakes. Brake discs are located in the braking system of vehicles. These discs are an important part of the braking system for smooth deceleration of vehicles. Disc braking systems are a system that enables braking by braking the disc between the calliper and pads. In this study, a brake disc which was damaged during use was provided from the market. This brake disc, which is damaged and subjected to various wear, was examined. The causes of breakage and wear were investigated and analyzed using the finite element method. Part modeling was performed using Solidworks package program. This model was analyzed using ANSYS software. As a result of this analysis, the causes of damage to the brake disc were found.

Keywords: Numerical damage analysis, Brake disc, Disc brake system, Finite Element Method

1. Giriş

Diskli fren sistemleri kaliper ile balatalar arasında bulunan diski sıkıştırarak aracın yavaşlamasını ve de durmasını sağlayan bir fren sistemi türüdür. Yokuş aşağı inen bir taşıtın hız kazanmasını önlemek içinde kullanılır, duran bir taşıtın bu durumunu sürdürebilmesini sağlamak içinde kullanılır. Fren sistemi araçtaki kinetik enerjiyi sürtünme yoluyla ısı enerjisine çevirerek taşıtın durmasını veya yavaşlamasını sağlar. Aracı durduran frenleme gücü genelde teker lastikleri ile lastiğin üzerinde döndüğü zemin arasındaki bağlantıdan kaynaklanır. Frenleme kuvvetine etki eden diğer unsurlar ise, sürtünme direnci, havanın direnci, yokuş durumunun direnci gibi kuvvetlerin etkisidir.

Disk fren sistemleri, fren balatalarını göbeğe monte edilmiş bir rotor üzerine kenetleyerek frenleme kuvveti oluşturur. Hidrolik ve mekanik disk frenlerin yüksek mekanik avantajı, gidondaki küçük bir kol giriş kuvvetinin tekerlekte büyük bir kelepçe kuvvetine dönüştürülmesini sağlar. Bu büyük kelepçe kuvveti, rotoru sürtünme malzemesi balatalarıyla sıkıştırır ve fren gücü üretir. Balata için sürtünme katsayısı ne kadar yüksek olursa, o kadar fazla fren gücü üretilir. Sürtünme katsayısı, fren rotoru için kullanılan malzeme tipine bağlı olarak değişebilir. Tipik olarak servis frenleri dinamik sürtünme katsayısı veya araç hareket halindeyken ölçülen sürtünme katsayısı ile ilgilidir [1]. Fren sisteminin şematik bir görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Diskli fren sisteminin şematik görünümü

Disk frenleri Şekil 1 de görüldüğü gibi kaliper, piston, balatalar, disk ve bağlantı elemanlarından oluşur. Fren pedalına bastığımız zaman sistemdeki hidrolik sıvıyı boruya itmiş oluruz. Boru içerisindeki sıvı kaliperlerin arasındaki balata pistonuna ulaşır. Pistonun ucunda ve diskin arka kısmında bulunan balatalar diski mengene gibi sıkar. Bu disk balataların arasında tekerlekle beraber dönmekte olduğundan frenleme ile birlikte büyük bir sürtünme oluşur.



Şekil 2. Fren Diski



Şekil 3. Diskli fren sistemi

Şekil 2 de yeni üretilmiş bir çift fren diski gösterilmiştir. Şekil 3 te ise değişik araçlara ait yerine monte edilmiş diskli fren sistemi ve bağlantı elemanları gösterilmiştir.

Fren disklerinde kırılma gibi olumsuzlukların dışında oluşabilecek hasarlardan biri de sürtünmeden kaynaklı disk yüzeyinin aşınmasıdır. Diski sıkıştıran sürtünme malzemesinin aşınması sonucu etkisini yitirmesi araçlarda rahatsız edici gıcırdamalara neden olur akabinde ise direksiyonda hâkimiyeti kısıtlayıcı titreşimler oluşturur.

Disk fren sistemlerinde Kaliper silindiri ve disk dökme demirden, fren balatası ise çelik levha ve sürtünme malzemesinden yapılmıştır. Fren gıcırdaması çok sayıda parametreye bağlıdır; basınç, sıcaklık, hız, sürtünme katsayısı ve diğerleri. Sürtünme yüzeyinin sürtünme katsayısı ne kadar büyük olursa, genel olarak fren gıcırıtması oluşma oranı o kadar yüksek olur [2].

Yeterli frenleme kuvveti sağlamak için bir sürtünme çifti olarak disk ve balata 800 C'ye kadar sıcaklıklarda, 10 MPa'ya kadar ara yüz basınçlarında ve 22 m / s'ye kadar sürtünme hızlarında çalışır. Bazı koşullar altında bir otomotiv freni, Aşırı derecede sıcak lekelenmenin görsel kanıtını teşvik ederek rotor çatlaması ve titremesi sorunlarına yol açan termal bozulma geliştirebilir[3].

Otomotiv fren diski için genelde malzeme olarak dökme demir kullanılır. Dökme demir-

rin özgül ağırlığı veya yoğunluğu daha yüksektir, bu da yüksek atalet nedeniyle çok yakıt tüketir. Fren diski için kullanılabilir potansiyel malzemeler şunlardır.

Dökme demir

İçeriğinde % 2'den fazla % 4,5'ten az çözülmüş karbon bulunan metallerdir % 2'den daha az karbon içeren çeliğin aksine daha fazla karbon içerir. Karakteristik rengi nedeniyle gri dökme demir olarak adlandırılır. Maliyeti ve üretim kolaylığı ve termal kararlılığı göz önüne alındığında, dökme demir, özellikle gri dökme demirler, neredeyse tüm otomotiv fren diskleri için tercih edilen malzemedir. Parçalar dökümhanede, fazla karbonun çökmesini, dağılımını ve şeklini kontrol etmek için sıkı bir şekilde izlenmeli ve soğutma çevrimleri ile üretilmelidir. Bu işlemler işlemede bozulmayı en aza indirmek, iyi aşınma özellikleri sağlamak, titreşimi azaltmak ve sonraki kullanımda çatlamaya karşı koymak için yapılır [4].

Titanyum alaşımları

Titanyum alaşımları ve kompozitleri, aynı boyutlara sahip geleneksel dökme demirden yaklaşık % 37 daha az olan ve iyi yüksek sıcaklık mukavemeti ve korozyona karşı daha iyi direnç sunan fren disk bileşeninin ağırlığını azaltma potansiyeline sahiptir [5].

Alüminyum-Metal Matris Kompozit

Seramik partikül takviyeli alüminyum alaşımlı metal matris kompozitler, fren diski uygulamaları için büyük umut vaat etmiştir. Geleneksel olarak kullanılan gri dökme demirlere kıyasla daha düşük bir yoğunluğa ve daha yüksek termal iletkenliğe sahiptirler. Alüminyum alaşımlı metal matris kompozitler fren diskinin sürtünme özellikleri geleneksel fren diskine göre daha zayıftır. Sert partikül içeriğini arttırdıktan sonra sonuç, tekrarlanan frenleme işlemlerinin sürtünme katsayısını azaltmadığı görülmüştür [6].

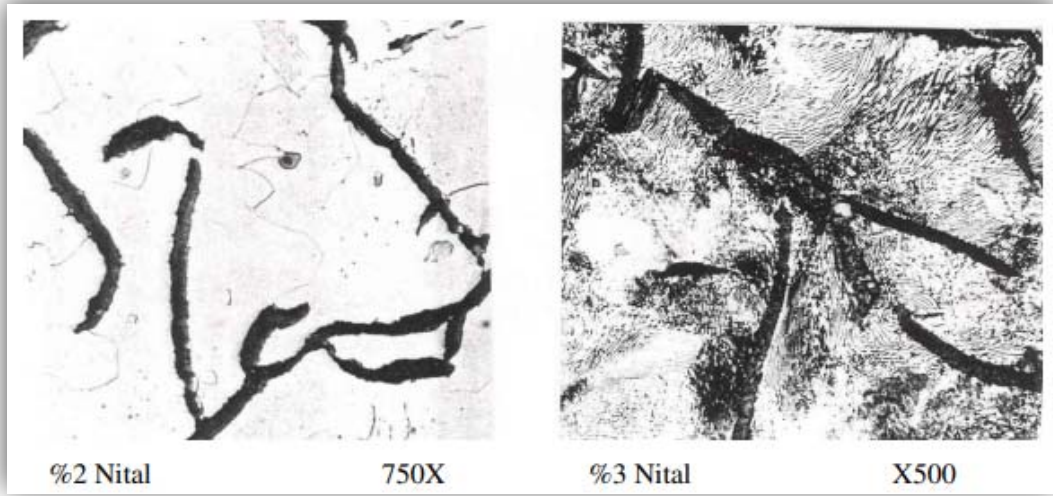
Bu çalışmada kullandığımız hasarlı fren diski gri dökme demirden imal edilmiştir. Dökme demirlerde eğer karbon, katmanlı bir grafit yapı ortaya çıkartıp katılaşma sağlamışsa, bu tür dökme demirlere gri veya lamel grafitli dökme demirler denir [7].

Gri dökme demirler yaygın olarak kullanılan dökme demir türleridir. Önlem alınarak (ön

ısıtma sağlama ve kaynak sonrası soğutma hızı vb.) kaynak yapılabilen metallerdir[8]. Gri dökme demirler birçok makina parçalarında ve özellikle otomotiv endüstrisinde kullanılırlar [9].

A- Resmi

B- Resmi



Şekil 4. Gri dökme demirlerin Mikroskobik fotoğrafları [10]

Şekil 4'te, Gri dökme demirlerin mikroskobik fotoğrafları gösterilmiştir. A Resminde Ferrit yapılı gri dökme demir gösterilmiştir. B Resminde gösterilen resimde ise Perlit yapılı gri dökme demir resmi gösterilmiştir.

2. Uygulama ve Yöntem

Bu çalışma için oto saniye sitesinde bulunan bir tamir atölyesinden hasarlı bir fren diski temin edilmiştir (Şekil 5). Ortalama ağırlığı 1600 kg olan bir otomobilin ortalama saatte 100 km hızla bariyerlere çarpması sonucu sağ ön tekerleğinde bulunan fren diski kırılmıştır. Gri dökme demirden imal edilen bu fren diski yerinden sökülüp incelenmiştir. Fren diskinde oluşan bu hasarın sebeplerini öğrenmek için sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle fren diski Bilgisayar destekli çizim programı olan Solidworks (2013) paket programı kullanılarak modellenmiştir. Ardından bu model ANSYS (2019 R3) programında açılarak nümerik analizi yapılmıştır. Fren diskinin maruz kaldığı dış kuvvetler ve kırılmasına neden olan diğer etkenler incelenmiştir. ANSYS material library'den alınan ve çalışmada kullanılan dökme Demirlerin Mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.



Hasar almış sağ tekerlek fren diski



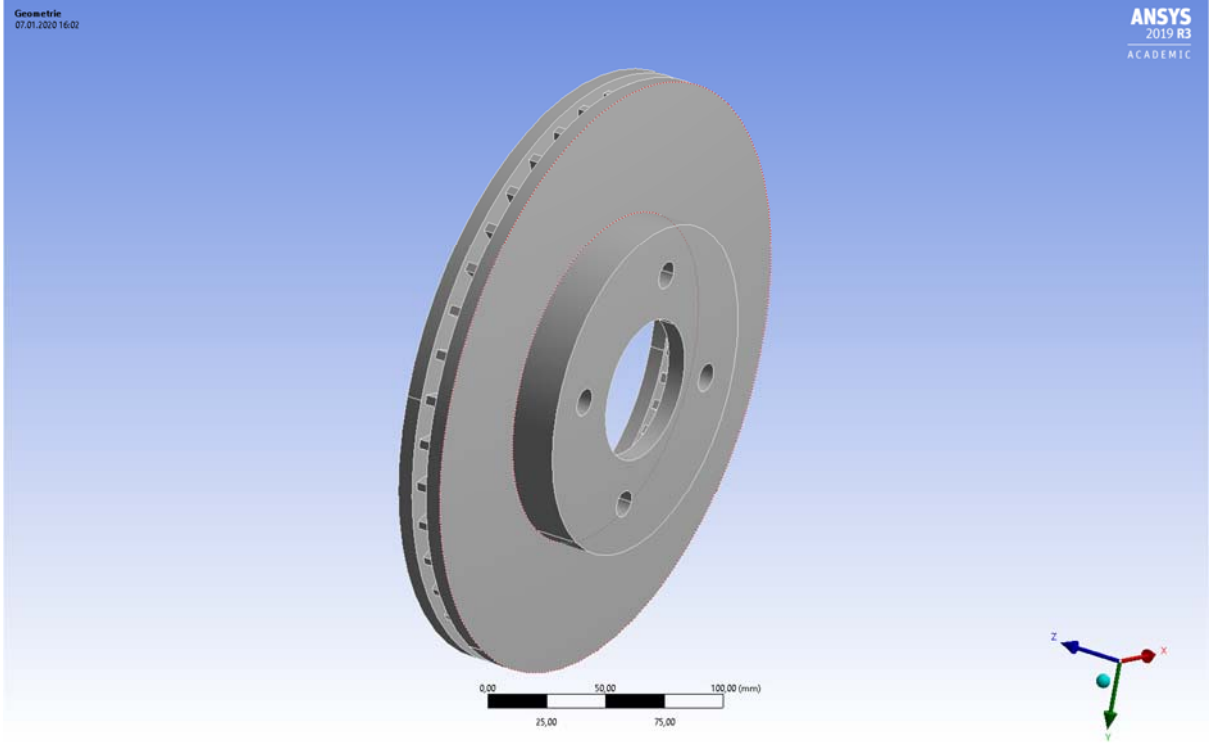
Sol tekerlek fren diski

Şekil 5. Hasarlı ön fren disk takımı

Tablo 1: Dökme Demirin Mekanik özellikleri (ANSYS material library)

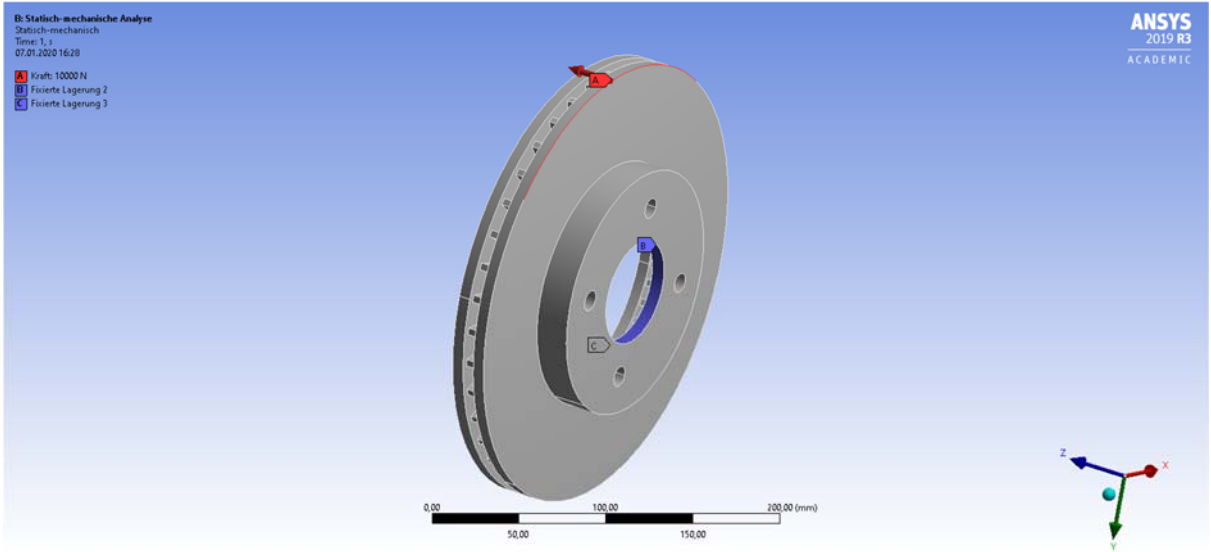
Dökme demirin mekanik özellikleri	
Density	7,3e-06 kg/mm ³
Structural	
<i>Isotropic elasticity</i>	
Derive from	Young's modulus and Poisson's ratio
Young's modulus	1,65e+05 MPa
Poisson's ratio	0,26000
Bulk modulus	1,1458e+05 MPa
Shear modulus	65476 MPa
İsotropic secant coefficient of thermal expansion	1,3e-05 1/°C
Tensile ultimate strength	310,00 MPa
Tensile yield strength	204,00 MPa
Thermal	
Isotropic thermal conductivity	0,037200 W/mm °C
Specific heat constant pressure	5,35e+05 mJ/kg °C
Electric	
Isotropic resistivity	0,00037500 ohm-mm

Çalışmada kullanılan fren diskinin Solidworks programından aktarılan modellemesi Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Fren diskinin Solidworks programından aktarılan modellemesi

Fren diskinin 10000 N'luk yük maruz bırakılmıştır. Kırmızı işaretli bölge kuvvetin etki ettiği bölgedir. Şekil 7'de, fren diskinin maruz kaldığı kuvvet ve mesnet noktaları gösterilmiştir.



Şekil 7. Fren diskinin Maruz kaldığı kuvvet ve mesnet noktaları

Fren diskinin sonlu elemanlar yöntemiyle analiz edebilmek için mesh işlemi uygulanmıştır. Fren diskinin ağ yapısı Şekil 8.'te gösterilmiştir. Yapılan bu işlemde toplamda 224596 düğüm noktası elde edilmiştir. Toplam eleman sayısı ise 54858 olmuştur. Mesh işlemi sonunda elde edilen veriler Tablo 2.'de gösterilmiştir.

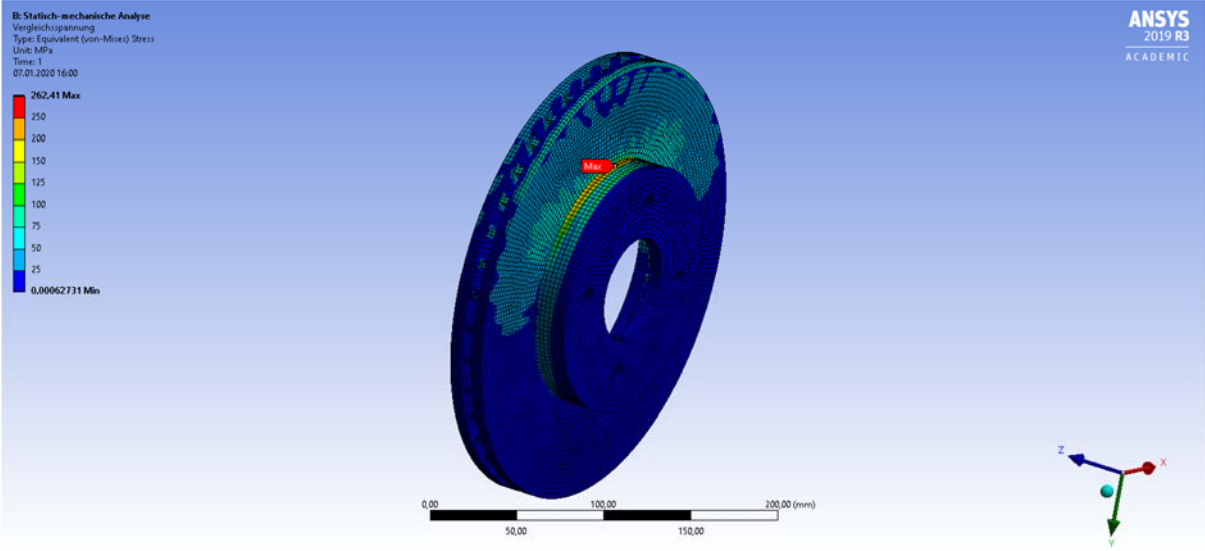


Şekil 8. Fren diskinin Ağ yapısı

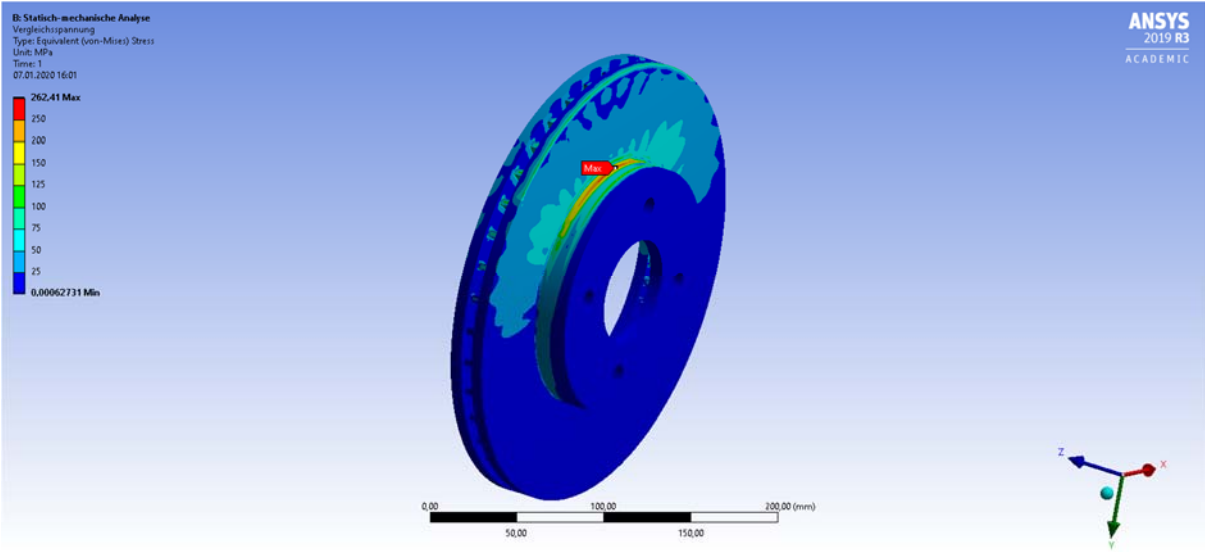
Tablo 2. Fren diskinin mesh işlemi sonucu verileri

Mesh verileri	
Toplam düğüm sayısı	224.596
Toplam eleman sayısı	54.858

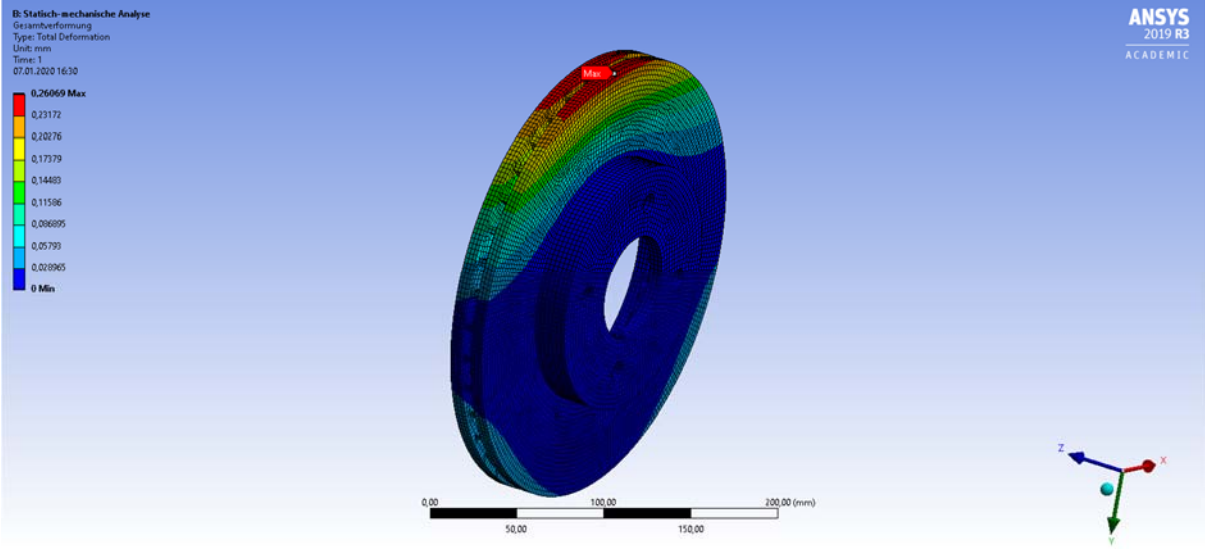
ANSYS programındaki normal deforme edilmiş gösterim Şekil 9'da, normal deforme edilmiş gösterim (Von misses mesh'siz) Şekil 10'da, deformasyon Şekil 11'de ve abartılı deformasyonun gösterilmiş hali ise Şekil 12'de sıra ile verilmiştir.



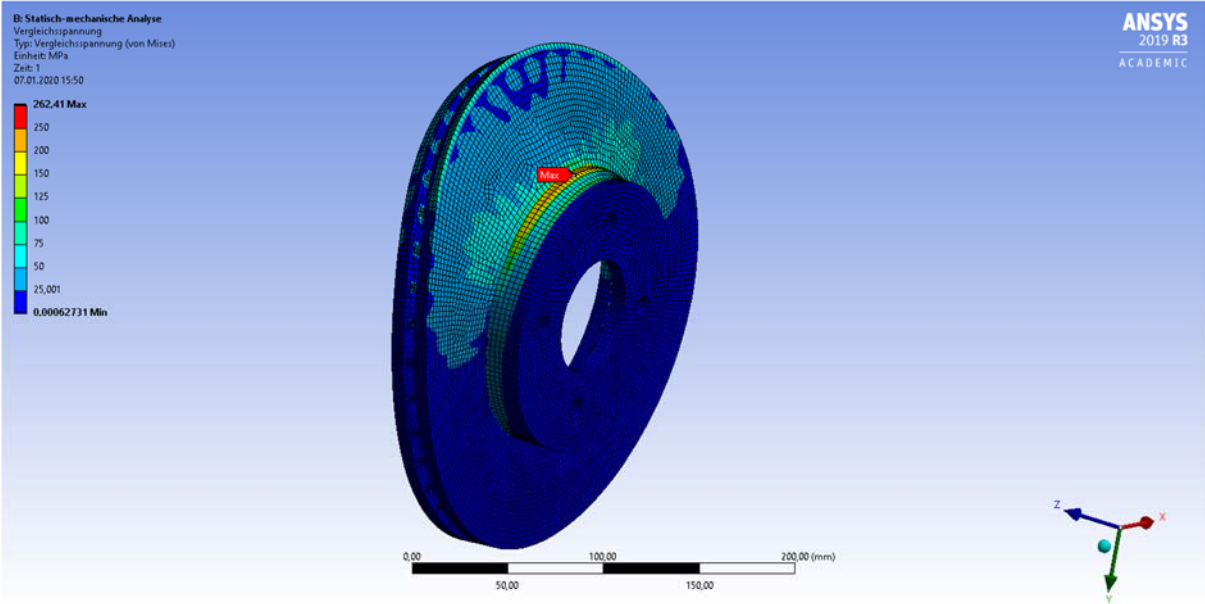
Şekil 9. Normal deforme edilmiş gösterim



Şekil 10. Normal deforme edilmiş gösterim (Von misses mesh'siz)



Şekil 11. Deformasyon



Şekil 12. Abartılı Deformasyonun gösterilmiş hali

3. Sonuç

Varsayımlar

1. Otomobilin ortalama ağırlığı 1600 kg (yolcu ve bagajla ile birlikte).
2. Araç ivmesi 100 m'ye 4 saniyede ulaşırsa (Araçın gerçek değeri ile eşdeğer sayılır)

$$a = \frac{x}{t^2} = \frac{100m}{4^2s^2} = 6,25 \text{ m/s}^2 \text{ olur.}$$

3. Diske binen yük ise $F = mxa$ dan $1600kg \times 6,25m/s^2$ den

$$F = 10000 \text{ kg m/s}^2 \text{ olur. (Dış segmentin } \frac{1}{4} \text{ lük kısmına yük bindirilmiş)}$$

4. Gri dökme demirin E-Modülü $1,65 \times 10^2$ MPa
5. Malzeme akma sınırı: 204 MPa

Gri dökme demir gevrek malzeme olduğu için kırılma dayanımı çekmedeki dayanımının çok altında olmaktadır..

Çarpışma esnasında 10000 N'luk (1 ton) bir yükün fren disk yüzeyinin $\frac{1}{4}$ lük dış çevresine yükün tekabül ettiği varsayımıyla oluşan Von mises gerilimi 262 MPa'dır. Disk üzerinde oluşan gerilim malzemenin akma sınırından daha fazla olduğu için bu bölgede kırılma meydana gelmiştir. Kırılma dayanımı akma dayanımının çok daha altındadır.

Disk in kerkik kısmında kırılma meydana gelmiştir. Ayrıca disk doğal nedenlerden dolayı oksitlenmiş olduğundan yüzeyde aşınma meydana gelmiştir. Fren diski paslanmaya maruz kaldığı için gerçek kalınlığı kırılma yerindeki hesaplamada kabul edilen 7 mm'nin daha da altında kırılma normal kırılma ölçüsü olan 7 mm'lik normal ölçüsünün daha da altına indiğinden daha az bir yük ile bile kırılma gerçekleşmektedir.

Kaynaklar

- [1] M.A. Maleque, S. Dyuti and M.M. Rahman. Material selection method in design of automotive brake disc. Proceedings of the world congress on engineering. Vol. 3. 2010.
- [2] M. Nishlwakl, H. Harada, H. Okamura, and T. Ikeuchi. Study on disc brake squeal. No. 890864. SAE Technical Paper, 1989.
- [3] T.K. Kao and J.W. Richmond. Brake disc hot spotting and thermal judder: an experimental and finite element study. International Journal of Vehicle Design 23, 276-296, 2000.
- [4] G. Cueva, A. Sinatora, W.L. Guesser and A.P. Tschiptschin, Wear resistance of cast irons used inbrake disc, Wear 255, 1256-1260, 2003.
- [5] Peter J. Blau, Brian C. Jolly, Jun Qu, William H. Peter, Craig A. Blue. Tribological investigation of titanium-based materials for brakes, Wear 263, 1202–1211, 2007.
- [6] S. Wilson and A. Ball, Tribology of composite materials, in: P.K. Rohatgi, P.J. Blau, C.S. Yust (EDS.), Conference Proceedings Oak Ridge. ASM International, Materials Park. OH, 1-14, 1990.
- [7] S. Öztürk. Dökme Demirler, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Ders notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, s1-97.
- [8] The Procedure Handbook of Arc Welding, The Lincoln Electric Company, Cleveland, Ohio, USA, 1994.
- [9] Welding Handbook, American Welding Society, New York, USA, 1984.
- [10] Metals Handbook, the American Society for Metals, Edi. 8, Vol.8, Cleveland, Ohio, USA, 1985.

ÇEVİRİM İÇİ SOSYAL AĞLARDA YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ İLE SİBER ZORBALIK TESPİTİ

Harun BİNGÖL* ve **Muhammed YILDIRIM****

*Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yazılım Mühendisliği Bölümü, 23100 ELAZIĞ
e-posta: harun_bingol@hotmail.com

**Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 23100 ELAZIĞ
e-posta: muhyldrm23@gmail.com

Özet: Günümüz koşullarında internete olan erişim kolaylığı insanların hayatlarını kolaylaştırdığı yadsınamaz bir gerçektir. Herhangi bir haber kaynağına erişim hiç bu kadar kolay olmamıştır. İnternetin hızla gelişmesi çevrimiçi sosyal ağları da beraberinde geliştirmiştir. İnsanlar sadece habere erişmemekte aynı zamanda kendi fikirlerini de bu haberlerin altına yazarak yorum da yapabilmektedir. Bu yapılan yorumlar her zaman yapıcı olmamaktadır. Sınırların aşıldığı, kişilik haklarının ihlal edildiği, yorum yapmanın ötesine geçen hakaret durumları siber zorbalık olarak tanımlanmaktadır. Sosyal ağların bu şekilde kullanımı oldukça sakıncalı olduğu kadar, kötü örnek de olmaktadır. Siber zorbalıkların tespit edilmesi günümüzde son derece önemlidir. Bu çalışmada metin madenciliği teknikleri ile yapay zeka yöntemlerinden bazıları kullanılarak siber zorbalık tespiti yapılmıştır. Halka açık olan Türkçe veri setinin kullanıldığı deneyler esnasında birçok performans değerlendirme metriği kullanılarak yapay zeka yöntemlerinin başarımları karşılaştırılmıştır. Deneylerimizde umut verici sonuçlar alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Siber zorbalık, yapay zeka, sosyal ağlar

CYBER BULLYING DETECTION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN ONLINE SOCIAL NETWORKS

Abstract: It is an undeniable fact that the ease of access to the internet in today's conditions makes people's lives easier. Access to any news source has never been easier. The rapid development of the Internet has also developed online social networks. People can not only access the news, but also comment by writing their own ideas under these news. These comments are not always constructive. Insulting situations where boundaries are exceeded, personal rights are violated, and go beyond commenting are defined as cyberbullying. The use of social networks in this way is not only very inconvenient, but also sets a bad example. Detecting cyberbullying is extremely important today. In this study, cyberbullying was detected by using text mining techniques and some of the artificial intelligence methods. During the experiments in which the publicly available Turkish dataset was used, the performances of artificial intelligence methods were compared by using many performance evaluation metrics. Promising results were obtained in our experiments.

Keywords: Cyberbullying, Artificial intelligence, Social networks

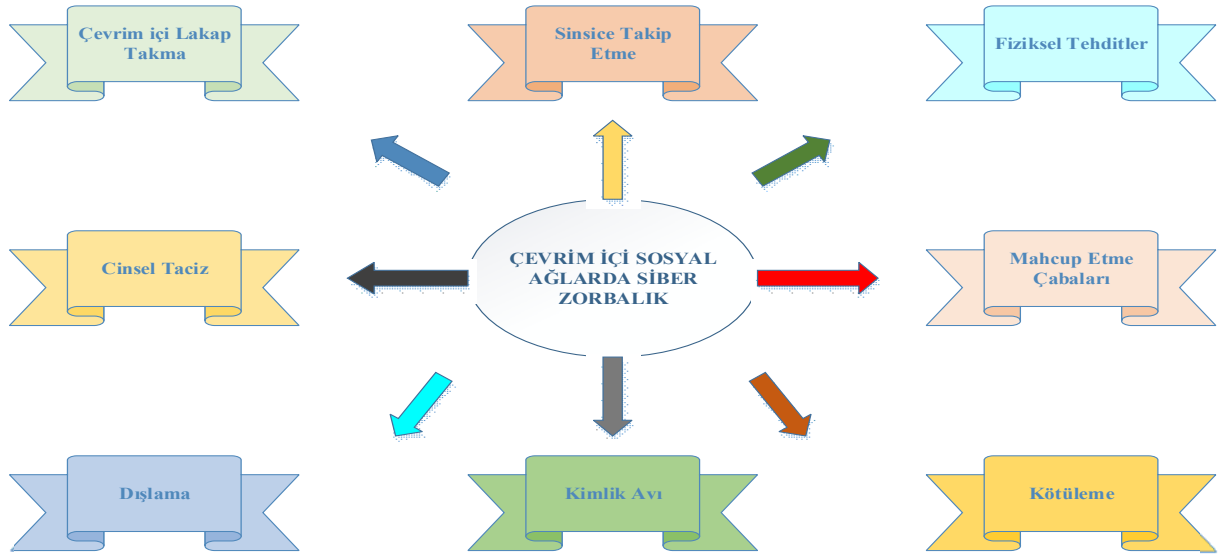
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞ

İnternetin ortaya çıkması ve zaman içinde gelişmesi ile birlikte sosyal ağlar da gelişmeye başladı. Günümüzde sosyal ağlar birçok farklı platform ile karşımıza çıkmış durumdadır. Sosyal ağlarda ticaret, iş, eğitim, siyaset vb. birçok konuda bilgi akışı son derece hızlı olarak gerçekleşmektedir. Sosyal medya, insanların fikirlerini başkalarıyla paylaşmaları için en yaygın kullanılan iletişim araçlarından biri haline gelmiştir [1]. Sosyal ağları önemli kılan bünyesinde barındırdığı birçok gizli ilişki ve bağlantıdır. Bu ilişki ve bağlantıların araştırılması ve bilinmeyenlerin ortaya çıkarılması sosyal ağ analizi kavramını ortaya çıkarmaktadır. Sosyal ağ analizi ise son derece önemli konular olarak bilim dünyasının ilgisini çekmektedir.

Sosyal ağlar analiz edilirken birçok problem gündeme gelmektedir. Bunlardan biri de siber zorbalıktır. Siber zorbalık kişilerin sosyal ağlarda, mesajlaşma platformlarında ya da oyun platformlarında başka kişi veya kurumların itibarını zedeleyici, kızdırıcı, rahatsız edici, utandırıcı, algı oluşturucu yazı, ses, video ve fotoğrafların tamamıdır. Siber zorbalık özellikle son yıllarda çevrim içi iletişim ve sosyal ağların gelişmesi ile önemli bir problem haline gelmiştir [2]. Türkiye’de 2017 yılında Samsung Türkiye ve Bilişim Teknolojileri Kurumu (BTK) tarafından yapılan araştırmaya göre siber zorbalığa maruz kaldığını ifade edenlerin oranı %20. Sözlü tacize maruz kalanların oranı ise %25.4’tür.

Çevrim içi sosyal ağlarda görülen siber zorbalık türleri Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Çevrim içi sosyal ağlarda görülen siber zorbalık türleri

En yaygın kullanılan çevrim içi sosyal ağ platformlarının başında Twitter, Instagram, Facebook, Tiktok vb. gelmektedir[3]. Bir sosyolojik sorun haline gelmiş olan siber zorbalık en çok bu sosyal ağlarda görülmektedir. Özellikle 2019 yılı sonlarından itibaren tüm dünyada görülen Covid-19 hastalığı nedeniyle çocuklar ve gençler internette daha fazla vakit geçirmeye ve çevrim içi sosyal ağlar aracılığıyla sosyalleşmeye başladı. Bu durum beraberinde gençlerin ve çocukların siber zorbalığa maruz kalma oranlarını hızlı bir şekilde arttırdı. Siber zorbalığın çevrim içi sosyal ağlarda korkusuzca yapılmasının sebeplerinin başında, bu suçu işleyen kişilerin asla yaptıklarından ötürü ceza almayacaklarını ve bu zorbalıklarının yanlarına kar kalacaklarını düşünerek böylesi eylemleri gerçekleştirmesi gelmektedir. Oysaki sanılanın aksine, çevrim içi sosyal ağlarda gerçekleştirilen siber zorbalık başta olmak üzere, dünya genelindeki

birçok ülke vatandaşlarını internette işlenen suçlardan korumak amacıyla yasalar çıkartmışlardır. Ayrıca gelişmiş birçok ülke kendi emniyet birimlerinde siber suçları incelemek ve suçluları yakalamak için bu alanda eğitim almış kişilerden oluşturulmuş özel birimler kurmuşlardır.

Bu çalışmanın geri kalanı şu şekilde organize edilmiştir. İkinci bölümde siber zorbalık problemi ile ilgili literatür çalışması verilmiştir. Üçüncü bölümde deneyler esnasında kullanılan veri seti ve yapay zeka yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde deney sonuçları verilmiştir. Beşinci ve son bölümde ise gerçekleştirilen çalışma değerlendirilmiştir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Siber zorbalıkla ilgili ilk çalışmalar ağırlıklı olarak siber zorbalığın tanımına, matematiksel verilere, istatistiksel metotlara ve etkilerine odaklanan araştırmalara dayanmaktadır. Bu çalışmalar araştırmacıların siber zorbalığa olan ilgisini arttırmış ve bu zorbalığa şiddet açısından daha fazla dikkat etmelerini sağlamıştır [4].

Altay ve Alataş yapmış oldukları çalışmada, siber zorbalığı tespit etmek amacıyla makine öğrenmesi metotlarından Bayesyen lojistik regresyon (BLR), rasgele orman (RO), çok katmanlı algılayıcı (ÇA), J48 ve DVM (Destek Vektör Makinası) kullanmıştır. Yapmış oldukları deneyler esnasında tüm veri setini eğitim verisi olarak kullandıkları durumda, çalışmalarında kullandıkları bütün değerlendirme ölçütleri açısından en başarılı sonuçları RO algoritmasıyla elde ettiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca bir başka deneyde veri setinin %70'ini eğitim verisi ve yüzde %30'unu test verisi olarak belirlediklerinde ise ROC değerlendirme ölçütü dışında J48 algoritmasının diğer tüm metotlardan daha iyi sonuç verdiğini ifade etmişlerdir [2].

Yazgılı ve Baykara literatürde siber zorbalıkla ilgili çalışmaları derlemiş ve bu zorbalığın tespitinde karşılaşılan zorlukları incelemişlerdir. Genel olarak yapmış oldukları çalışmalarında birçok dilde olan veri setlerini üzerinde ve özellikle İngilizce dilinde DVM'nin diğer makine öğrenme yöntemlerinden daha başarılı olduğu ancak Arapça veri setlerinde Naive Bayes (NB) algoritmasının diğer algoritmalarından daha yüksek doğruluk oranına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca siber zorbalık alanında birçok çalışmanın yapılmış olduğunu ancak gelinen noktanın halen yeterli olmadığını belirtmişlerdir [5].

Efe ve arkadaşları, yapmış oldukları çalışmalarında, lise öğrencilerinde siber zorbalık ve internet bağımlılığı arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. Hafta içi ve hafta sonu internet kullanım süresi günde yedi (7) saatten fazla olan lise öğrencilerinin Siber Zorbalık ve İnternet Saldırganlığı Tarama Ölçeği (SZİSTÖ) - Siber Zorba Kurbanı Olma (SZKO) ve Siber Zorba Olma (SZO) alt ölçek puanlarının oldukça yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca lise öğrencilerinin İnternet Bağımlılığı Ölçeği (İBÖ) toplam puanı ile SZİSTÖ-SZKO ve SZO alt ölçek puanları arasında düşük düzeyde anlamlı bir ilişki olduğunu ifade etmişlerdir [6].

Hall ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmalarında, özel olarak, makine öğrenimi modellerinin siber zorbalığın

tekrarlayan doğasına, siber zorbalık ve kurbanları arasındaki güç dengesizliğine ve siber zorbalığa yol açan nedenlerin mekanizmalarına ışık tutma potansiyelini incelemişlerdir. Hem sosyal medya kullanımı hem de siber zorbalık, nüfusun giderek daha geniş kesimlerinde daha yaygın hale geldikçe, bilgisayar bilimi ve psikoloji arasındaki disiplinler arası işbirlikleri, siber zorbalık araştırmaları için önemli bir umut vaat ettiğini belirtmişlerdir. [7].

Kumar ve Sachdeva yapmış oldukları çalışmada, siber zorbalığı tespit etmek için, metin, görsel ve bilgi grafiği (bir görüntüyle birlikte gömülü metin) olmak üzere üç farklı tipi bünyesinde barındıran bir sosyal veri üzerinde derin bir sinirsel model geliştirmişlerdir. Dinamik rotalama ile metin tabanlı zorba içeriği tespit etmek için derin sinir ağı (CapsNet) ve görsel tabanlı zorba içeriği tespit etmek için evrimsel sinir ağı (ConvNet)'i birlikte kullanan, bir sistem önermişlerdir. Google'nin fotoğraf uygulaması Google Lens kullanılarak görüntüden metin ayırma gerçekleştirdikleri belirtilmiştir. Deneysel çalışmalarında YouTube, Instagram ve Twitter'dan alınan 10.000 yorum ve gönderiyi içeren karma bir veri kümesini kullanmışlardır. Önermiş oldukları modelin, 0.98'lik AUC-ROC değeri ile yüksek bir başarıyı elde ettikleri belirtilmiştir [8].

Ptaszynski ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada, İnternetin diğer insanları aşağılamak ve iftira atmak için kullanılması olarak tanımlanan siber zorbalığın, yakıcı bir sorun haline geldiğini ifade etmişlerdir. İnternetteki siber zorbalık girişlerinin otomatik olarak algılanması için yeni bir yöntem önermişlerdir. Önerilen bu yöntemde, anlamsal yönelim puanını hesaplamak için üç kategoriden tohum sözcükleri kullanmışlar ve ardından kategorilerin alaka düzeyini en üst düzeye çıkarmışlardır. Önerilen yöntemin, hem laboratuvar hem de gerçek dünya koşullarında temel ayarlardan daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Geliştirilen bu sistemin, bir yıllık testten sonra, performansında yüzde 30'un üzerinde önemli bir düşüş olduğunu fark ettikleri belirtilmiştir. Kaybedilen performansı yeniden kazanmak ve gelecekte korumak için, otomatik olarak elde edilen kelimelerin ve tohum kelimelerin filtrelenmesi de dahil olmak üzere ek iyileştirmeler önerilmiştir. Deneysel olarak seçilen optimal iyileştirmeler, kaybedilen performansın çoğunu geri kazandığı belirtilmiştir [9].

VERİ SETİ VE METOD

Bu çalışmada kullanılan veri seti, Murat Beyaz ve Merve Efe tarafından oluşturulmuş. Orijinal veri seti

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Twitter'dan toplanmış olan 11.111 adet etiketli Türkçe tweet içermektedir. Deneyler esnasında 721 adet siber zorbalık içeren ve 792 adet siber zorbalık içermeyen toplam 1513 tane metinsel veri rassal olarak orijinal veri seti içerisinden seçilerek oluşturulmuştur [10].

Çevrim içi sosyal ağlarda siber zorbalık tespit sistemi, metin madenciliği işlemleri ve yapay zeka algoritmalarının birleşiminden oluşmaktadır. Önerilen siber zorbalık tespit yöntemi Şekil 2'de gösterilmektedir. Deneyler esnasında kullanılan Türkçe veri setinin elde edilmesinden sonra sosyal ağ analiz problemi olan siber zorbalık tespiti bir metin sınıflandırma problemi olarak düşünülmüştür. Bu sebepten ötürü temel metin ön işleme adımları veri setine uygulanmıştır. Bu işlemler; terim normalizasyonu, belli sayıdaki karakterden oluşan kelimelerin silinmesi, tekil kelimeleri belirleme, gürültülü bölümlerin çıkartılması, köklerin bulunması gibi

Siber Zorbalık Veri Seti

Veri Ön İşleme Adımları

- 1- Gürültülü bölümlerin çıkartılması
- 2- Durak kelimelerin çıkartılması
- 3- Kök kelimelerin çıkartılması

Özellik Çıkarma Adımları

- 1- Terim Sayısının hesaplanması
- 2- Doküman Matrisinin oluşturulması

adımlardan oluşur. Terim sayısının hesaplanması ve doküman terim matrisinin oluşturulması adımlarını içeren özellik çıkarma adımlarından sonra ilgili yapay zeka algoritmaları ile sınıflandırma yapıp gerekli değerlendirme ölçütleri bakımından sonuçlar karşılaştırılır.

Deneyler esnasında yedi farklı yapay zeka algoritması kullanılmıştır. Bunun nedeni ise her veri kümesi için mükemmel şekilde çalışan, başka bir ifadeyle sınıflandıran bir yapay zeka algoritması olmadığından dolayı bu algoritmaların başarımları değerlendirilmiştir. Bu algoritmalar Naive Bayes (NB) [11], Lojistik [12], J48 [13], AdaBoostM1 [14], BayesNet [15], SMO [16], ve JRip [17]'tir.

Modelin Kullanılması

- 1- Yapay zeka algoritmasının seçilmesi
- 2- Eğitim ve test verisi olarak ayrılmış doküman matrisinin makine öğrenmesi algoritmasına uygulanması

Modelin Değerlendirilmesi

- Seçilen yapay zeka algoritmasının Siber Zorbalık Tespit Problemine uygunluğunun değerlendirilmesi

Şekil 2. Siber zorbalık tespit yöntemi

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Yapılan bu çalışmada yapay zeka algoritmalarının başarımlarını test etmek amacıyla literatürde en sık olarak kullanılan değerlendirme ölçütleri kullanılmıştır. Bunlar; Doğru pozitif (DP) oranı, Yanlış Pozitif (YP) oranı,

doğruluk, kesinlik, hassasiyet, F-ölçütü, ROC alanı ve PRC alanıdır. İlk deney olarak veri setinde bulunan tüm verinin eğitim verisi olarak kullanıldığında, yapay zeka algoritmalarından elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

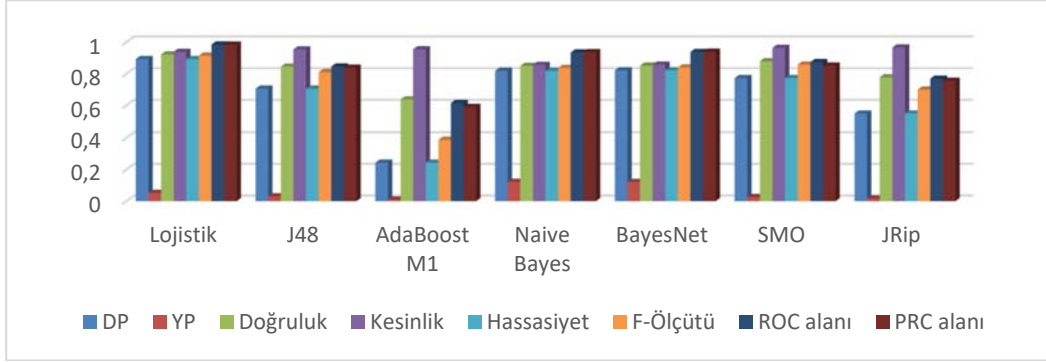
Tablo 1. Veri setinde bulunan tüm verinin eğitim verisi olarak kullanılm aşısı durumu

	DP	YP	Doğruluk	Kesinlik	Hassasiyet	F-Ölçütü	ROC alanı	PRC alanı
Lojistik	0,893	0,052	0,922	0,939	0,893	0,915	0,985	0,984
J48	0,706	0,030	0,845	0,954	0,706	0,811	0,846	0,839
AdaBoost M1	0,243	0,010	0,637	0,955	0,243	0,387	0,616	0,590
Naive Bayes	0,819	0,122	0,849	0,856	0,819	0,837	0,935	0,937
BayesNet	0,822	0,121	0,852	0,858	0,822	0,840	0,938	0,940
SMO	0,773	0,026	0,879	0,964	0,773	0,858	0,874	0,852
JRip	0,549	0,017	0,778	0,966	0,549	0,700	0,769	0,756

Tablo 1'de tüm veri kümesinin eğitim verisi olarak kullanılması durumunda en yüksek doğruluk oranının Lojistik algoritması ile elde edildiği görülmektedir. En iyi

sonuçlar tabloda koyu olarak verilmiştir. Karşılaştırmalı sonuçlar Şekil 3'te gösterilmiştir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

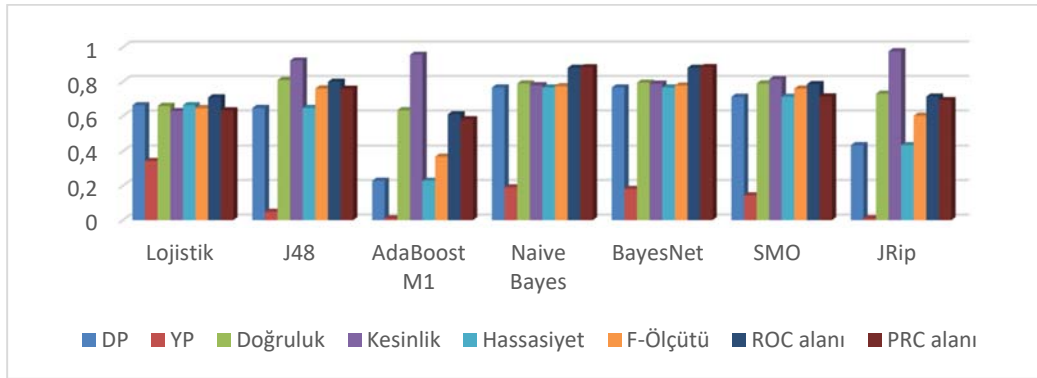


Şekil 3. Veri setinde bulunan tüm verinin eğitim verisi olarak kullanıldığı durumda yapay zeka algoritmalarından elde edilen sonuçlar

İkinci deneyde, veri kümesi rastgele olarak %30 test verisi Yapay zeka algoritmalarından elde edilen sonuçlar Tablo 2' de gösterilmiştir. geri kalan yüzde %70 eğitim verisi olarak ayrılmıştır.

Tablo 2. Veri kümesinin %30 test, %70 eğitim verisi olarak kullanılması durumu

	DP	YP	Doğruluk	Kesinlik	Hassasiyet	F-Ölçütü	ROC alanı	PRC alanı
Lojistik	0,663	0,343	0,659	0,629	0,663	0,646	0,708	0,633
J48	0,647	0,048	0,809	0,922	0,647	0,760	0,799	0,758
AdaBoost M1	0,228	0,010	0,634	0,955	0,228	0,368	0,610	0,581
Naive Bayes	0,766	0,190	0,789	0,779	0,766	0,773	0,880	0,883
BayesNet	0,766	0,181	0,794	0,788	0,766	0,777	0,880	0,884
SMO	0,712	0,143	0,789	0,814	0,712	0,759	0,785	0,714
JRip	0,435	0,010	0,730	0,976	0,435	0,602	0,713	0,693



Şekil 4. Veri kümesinin %30 test ve %70 eğitim verisi olarak kullanılması durumunda yapay zeka algoritmalarından elde edilen sonuçlar

Tablo 2'de veri kümesinin %30 test ve %70 eğitim verisi olarak kullanılması durumunda en yüksek doğruluk oranının J48 algoritması ile elde edildiği görülmektedir. En iyi sonuçlar tabloda koyu olarak verilmiştir. Karşılaştırmalı sonuçlar Şekil 4'te gösterilmiştir.

Üçüncü deneyde veri kümesine 10-kat çapraz geçerlilik testi uygulanmıştır. Sonuçlar Tablo 3'te verilmektedir.

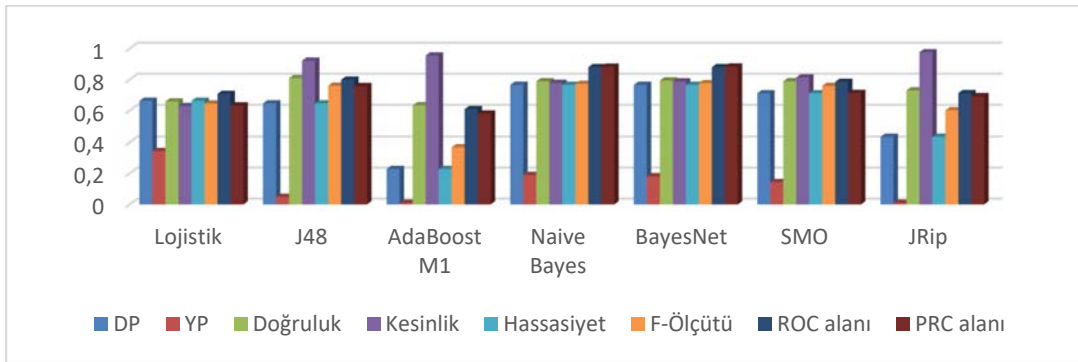
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Tablo 3. Veri kümesine 10-kat çapraz geçerlilik testi uygulanması durumu

	DP	YP	Doğruluk	Kesinlik	Hassasiyet	F-Ölçütü	ROC alanı	PRC alanı
Lojistik	0,702	0,300	0,701	0,676	0,702	0,689	0,765	0,720
J48	0,652	0,048	0,810	0,924	0,652	0,765	0,803	0,824
AdaBoost M1	0,435	0,241	0,606	0,617	0,435	0,510	0,638	0,655
Naive Bayes	0,767	0,170	0,800	0,801	0,767	0,783	0,883	0,894
BayesNet	0,772	0,173	0,801	0,799	0,772	0,785	0,884	0,897
SMO	0,709	0,107	0,806	0,855	0,709	0,775	0,801	0,743
JRip	0,521	0,020	0,763	0,958	0,521	0,675	0,749	0,783

Tablo 3'te veri kümesine 10-kat çapraz geçerlilik uygulanması durumunda en yüksek doğruluk oranının J48 algoritması ile elde edildiği görülmektedir. En iyi

sonuçlar tabloda koyu olarak verilmiştir. Karşılaştırmalı sonuçlar Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Veri kümesine 10-kat çapraz geçerlilik uygulanması durumunda yapay zeka algoritmalarından elde edilen sonuçlar

SONUÇLAR

İnternet günümüzde neredeyse bütün evlere girmiş durumdadır. İnternetin olmadığı cep telefonu neredeyse yoktur. Aileler artık güvenli internet paketlerine her zamankinden daha fazla önem göstermekte ve internetten gelecek zararlara karşı çocuklarını korumak istemektedir. Bu zararların başında da siber zorbalık gelmektedir. Siber zorbalık bir çok şekilde özellikle çocuklara zarar verebilmektedir. Bu çalışmamızda yapay zeka algoritmaları kullanarak çevrim içi sosyal ağ olan Twitter'dan alınmış olan verilerden oluşturulan Türkçe veri kümesi üzerinde siber zorbalık tespiti yapılmaya çalışılmıştır. Yedi adet yapay zeka algoritması deneyler esnasında kullanılmıştır. Doğru pozitif, yanlış pozitif, doğruluk, kesinlik, hassasiyet, f_ölçütü, ROC alanı ve PRC alanı değerlendirme kriterlerine yapay zeka algoritmalarının siber zorbalığı sınıflandırma başarımları test edilmiştir. Genel anlamda yapay zeka algoritmaları arasında en iyi sonuçları Lojistik, J48 ve BayesNet algoritmaları sağlamaktadır.

Deneyler esnasında kullanılmış olan yapay zeka algoritmaları varsayılan parametrelerle çalıştırılmıştır. Bu

algoritmalarla parametre analizi yapılarak algoritmaların siber zorbalık problemi için en iyi parametreleri tespit edilebilir. Daha yüksek başarımların alınması amacıyla meta-sezgisel optimizasyon algoritmaları entegre edilerek hibrit versiyonları da geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Baloglu, U. B., Alatas, B., Bingol, H., Assessment of Supervised Learning Algorithms for Irony Detection in Online Social Media, *In 2019 1st International Informatics and Software Engineering Conference (UBMYK) (pp. 1-5), Ankara-Turkey, 2019.*
- [2] Altay, E. V., Alatas, B., Detection of cyberbullying in social networks using machine learning methods, *In 2018 International Congress on Big Data, Deep Learning and Fighting Cyber Terrorism (IBIGDELFT) (pp. 87-91). IEEE, 2018.*
- [3] Bingol, H., Alatas, B., Rumor Detection in Social Media Using Machine Learning Methods, *In 2019 1st International Informatics and Software Engineering Conference (UBMYK), Ankara-Turkey, 2019.*

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- [4] Patchin, J. W., Hinduja, S., Bullies move beyond the schoolyard: A preliminary look at cyberbullying, *Youth violence and juvenile justice*, 4(2), 148-169, 2006.
- [5] Yazgılı, E., Baykara, M., Siber Zorbalık Tespit Yöntemleri Potansiyel Uygulama Alanları ve Zorluklar, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12(1), 23-35, 2021.
- [6] Efe, Y. S., Erdem, E., Vural, B., Lise Öğrencilerinde Siber Zorbalık ve İnternet Bağımlılığı, *Bağımlılık Dergisi*, 22(4), 465-473, 2021.
- [7] Hall, D. L., Silva, Y. N., Wheeler, B., Cheng, L., Baumel, K., Harnessing the Power of Interdisciplinary Research with Psychology-Informed Cyberbullying Detection Models, *International Journal of Bullying Prevention*, pp. 1-8, 2021.
- [8] Kumar, A., Sachdeva, N., Multimodal cyberbullying detection using capsule network with dynamic routing and deep convolutional neural network. *Multimedia Systems*, pp. 1-10, 2021.
- [9] Ptaszynski, M., Masui, F., Nitta, T., Hatakeyama, S., Kimura, Y., Rzepka, R., Araki, K., Sustainable cyberbullying detection with category-maximized relevance of harmful phrases and double-filtered automatic optimization, *International Journal of Child-Computer Interaction*, 8, pp. 15-30, 2019.
- [10] URL: <https://github.com/Minus100DataScience/Online-Turkce-Dogal-Dil-Isleme-Yarismasi>, Erişim Zamanı: 06/11/2021.
- [11] Rish, I., An empirical study of the naive Bayes classifier. In *IJCAI 2001 workshop on empirical methods in artificial intelligence*, Vol. 3, No. 22, pp. 41-46), 2001.
- [12] Le Cessie, S., Van Houwelingen, J. C., Ridge estimators in logistic regression, *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 41(1), 191-201, 1992.
- [13] Quinlan, R. C., 4.5: *Programs for machine learning morgan kaufmann publishers inc. San Francisco, USA, 1993.*
- [14] Gaines, B. R., Experiments with a new boosting algorithm. In *Thirteenth International Conference on Machine Learning*, 1996.
- [15] Murphy, K., The bayes net toolbox for matlab. *Computing science and statistics*, 33(2), pp. 1024-1034, 2001.
- [16] Keerthi, S. S., Shevade, S. K., Bhattacharyya, C., Murthy, K. R. K., Improvements to Platt's SMO algorithm for SVM classifier design. *Neural computation*, 13(3), 637-649, 2001.
- [17] Cohen, W. W., Fast effective rule induction. In *Machine learning proceedings*, pp. 115-123, Morgan Kaufmann, 1995.

GÜÇ SİSTEMLERİNDEKİ GÜÇ KALİTESİ SORUNLARININ İŞARET İŞLEME YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ

Hazret Tekin*, Necmettin Sezgin ve Mehmet Rıda TÜR*****

*Şırnak Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü, 72060 ŞIRNAK
e-posta: hazret.tekin@hotmail.com

**Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: necmettin.sezgin@batman.edu.tr

***Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: mrida.tur@batman.edu.tr

Özet: Son yıllarda güç sistemlerinde enerji kalite problemlerinin tespiti ve bu kalite problemlerinin analiz edilip gerekli tedbirlerin alınması ile ilgili olarak birçok araştırma yapılmaktadır. Güç kalitesi, enerji sistemlerindeki en önemli parametredir. Bu nedenden dolayı elektrik şebekelerinde güç kalitesi parametresini ideal sınırlar içinde tutmak şebekenin verimliliği açısından oldukça önemlidir. Özellikle şebekeye bağlı lineer olmayan yüklerin sebep olduğu dalga şekli bozunumları elektrik şebekesinde güç kalitesi problemlerine sebep olmaktadır. Bu çalışmada da şebekeye bağlı lineer olmayan yüklerden kaynaklanan akım ve gerilim dalga bozunumları işaret işleme yöntemlerinden olan Fourier dönüşümü, Kısa zamanlı fourier dönüşümü ve Ayrık dalgacık dönüşümü yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Dalga şekli bozunumlarına ait gerilim ve akım sinyalleri, yapay dalga enerjisi ile elektrik enerjisi üreten bir laboratuvar ortamında gerçek zamanlı olarak kaydedilen verilerden elde edilmiştir. Matlab ortamında hazırlanan yazılım yardımıyla dalga şekli bozukluklarının Fourier dönüşümü sağlanarak gerilim ve akımdaki harmonik bileşenler analiz edilmiştir. Kısa zamanlı fourier dönüşümü ile dalga şekli bozukluklarının hem zaman hem de frekans bilgisi elde edilmiştir. Son olarak Ayrık dalgacık dönüşümü ile dalga şekli bozukluklarından olan anlık olaylar, çentik etkisi ve gürültü bozulmalarına sahip akım ve gerilim dalga şekilleri analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Harmonikler, Fourier dönüşüm, Kısa zamanlı fourier dönüşüm, Ayrık dalgacık dönüşümü

ANALYSIS OF POWER QUALITY PROBLEMS IN POWER SYSTEMS WITH SIGNAL PROCESSING METHODS

Abstract: In recent years, many researches have been carried out on the determination of energy quality problems in power systems and the analysis of these quality problems and taking the necessary measures. Power quality is the most important parameter in energy systems. For this reason, keeping the power quality parameter within ideal limits in electrical networks is very important for the efficiency of the grid. In particular, waveform distortions caused by non-linear loads which are connected to the grid, cause power quality problems in the electrical grid. In this study, current and voltage wave disturbances originating from non-linear loads are analyzed by using Fourier transform, Short-Time Fourier transform and Discrete wavelet transform methods. Voltage and current signals of waveform distortions were obtained from real-time data recorded in a laboratory that generates electrical energy with wave energy. The harmonic components in voltage and current were analyzed by using Fourier transform of waveform disorders with using Matlab. With the Short-Time Fourier transform, both time and frequency information of waveform distortions were obtained. Finally, with the Discrete wavelet transform, instantaneous events from waveform distortions, current and voltage waveforms with notch effect and noise distortions are analyzed.

Keywords: Harmonics, Fourier transform, Short-time fourier transform, Discrete wavelet transform.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisinin üretim, iletim ve dağıtım süreçlerinin optimum verim ile gerçekleşmesi enerji temininde süreklilik ve güvenilirlik açısından oldukça önemlidir. Enerji temininde verimliliğin sağlanmasında en önemli parametre enerji kalitesi kavramıdır[1]. Enerji kalitesi problemlerinin en başında dalga şekli bozuklukları gelmektedir[2]. Dalga şekli bozukluklarında şebeke akım ve geriliminin temel frekanstaki tam sinüsoidal formu değişmekte ve farklı bir kompleks dalga biçimine dönüşmektedir[3]. Bu frekans bazlı bozunumlara ek olarak şebeke gerilim ve akım dalga formlarında istenmeyen gürültüler ve darbesel olaylar da güç kalitesi problemlerine sebep olmaktadır[2]. Özellikle doğrusal olmayan yüklerin şebekeden çektikleri akımın sinüsoidal olmamasından dolayı dalgalı bozunumlar oluşmaktadır[4]. Güç kalitesi, özellikle 90'lı yılların başından beri önemli bir konu haline gelmiştir ve günümüzde kamu hizmetleri, ekipman üreticileri ve müşteriler için bir endişe kaynağıdır. Güç kalitesine ilginin artmasına farklı faktörler katkıda bulunmuştur. Bunlar aşağıda özetlenmektedir:

- Ekipmanlar yaşanan bozulmalara karşı daha hassastır (özellikle bilgisayarlar, işlemci ve dijital elektronikler).
- Güç elektroniği dönüştürücülerini içeren cihazlar, doğrusal olmayan davranışlarından dolayı daha fazla harmonik bozukluğa neden olmaktadır.
- Nihai tüketici artık sadece bir yük değil, bir müşteri ve elektrik enerjisi kullanıcısı olarak, bazı kalite gereksinimlerini karşılaması gereken bir taraftır, bunun için yeni düzenlemeler gereklidir.
- Dağıtılmış enerji üretim sistemlerinin (yenilenebilir enerji kaynakları gibi) piyasaya sürülmesinden dolayı elektrik şebekesindeki karmaşık yapı büyük bir şekilde artmaktadır ve piyasa liberalleştirilmektedir, bu da piyasadaki aktör sayısını arttırmaktadır [5].

Harmonikler, gerilim ve akımdaki çentik etkileri, gerilim ve akımdaki ani artış ve azalışlar, darbesel olaylar güç kalitesi problemlerinden en önemlileridir [6]. Bu problemler şebekeye bağlı hassas yüklerin arızalanmasına, trafo ve motor gibi yüklerde enerji kayıplarına sebep olmaktadır[6]. Güç kalitesi bozunumlarına karşı gerekli donanımsal önlemleri almadan önce bu tür bozulmaların kaynakları ve sebepleri analiz edilmelidir. Özellikle dalgalı

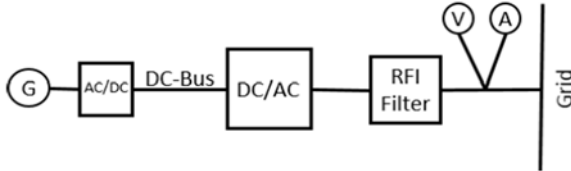
bozulmaların zaman eksenli analiz edilmesi elzemdir. Bunun yanı sıra dalga formlarında temel frekans bileşeninden farklı frekans bileşenleri içeren harmonikli sinyallerin frekans analizleri yapılarak hangi zaman aralığında hangi harmoniklerin oluştuğunun tespiti yapılmalıdır. İşaret işleme yöntemlerindeki gelişmeler; bu yöntemlerin enerji kalitesi problemlerinin analizinde de kullanılmasına olanak sağlamıştır. Yapılan birçok çalışmada Fourier dönüşümü ile şebekedeki harmonikli sinyallerin analizi yapılmış ve harmonikli bileşenlerin frekansları tespit edilebilmiştir[3]. Fourier analizi ile sinyallerin frekans bileşenleri tespit edilmesine rağmen sinyaller ile ilgili zaman bilgisi elde edilememektedir[3]. Bundan dolayı güç kalitesi bozunumlarında zaman eksenli analizler yapmak için Short-Time Fourier dönüşümler ve Dalgacık dönüşümü gibi yöntemler çalışmalarda sıklıkla kullanılan yöntemlerdir[7]. Özellikle güç sistemlerinde meydana gelen ani ve geçici durumların tespiti, yüksek frekanslı gürültü sinyallerinin tespiti, kısa ve uzun süreli enerji dalgalanmalarının analizinde ve sınıflandırılmasında Fourier dönüşümü yerine Dalgacık dönüşümü sıklıkla kullanılmaktadır[3]. Gerçekleştirilen bu çalışmada ise İrlanda'da bulunan Lir Ulusal Okyanus Test Tesisi'ne (IRELAND'S LIR NATIONAL OCEAN TEST FACILITY) ait gözlem laboratuvarında yapay okyanus dalgalarından elektrik üretimi yapılması neticesinde elde edilmiş gerçek zamanlı olarak kaydı yapılan harmonikli gerilim ve akım sinyalleri işaret işleme yöntemleri ile analiz edilmiştir[8]. Literatürde yapılan çalışmalarda sıklıkla sentetik olarak oluşturulan sinüsoidal sinyaller ile harmonik analizleri yapılırken bu çalışmada gerçek bir elektrik üretim laboratuvarında gerçek zamanlı olarak oluşturulmuş harmonikli gerilim ve akım veri seti kullanılmıştır. Sinyal işleme yöntemleri ile yapılan analizler sonucunda veri setindeki gerilim ve akım sinyallerinin harmonik analizlerinin yanında ani darbe bozunumları, gerilim ve akım genliklerinde meydana gelen ani yükselme ve alçalmalar ve gürültü sinyallerinin de eş zamanlı olarak tespiti için Ayrık dalgacık dönüşümü ile gerekli analizler yapılmıştır. Sonuç olarak Ayrık dalgacık dönüşümü, eş zamanlı olarak birden çok güç kalitesi bozunum türlerini (harmonikler, çentikler, anlık değişimler, gürültü sinyalleri vb) analiz edebildiği için güç kalitesi bozunumlarında Ayrık dalgacık dönüşümünün diğer sinyal analiz yöntemlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği saptanmıştır.

2.MATERYAL ve METOD

2.1. Materyal

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Uygulamada kullanılan veri seti, İrlanda Lir Ulusal Okyanus Test Tesisi'ne (IRELAND'S LIR NATIONAL OCEAN TEST FACILITY) ait gözlem laboratuvarında yapay dalga enerjisi ile elektrik enerjisi üretiminden elde edilmiş 3 faz 400V çıkışlı dönüştürücü (inverter) çıkışından elde edilmiş akım ve gerilim değerlerinden oluşmaktadır[6]. Laboratuvarında üretilen elektrik enerjisi bir mikro şebekeye bağlıdır ve bu şebekede lineer olmayan yükler ile laboratuvar ortamında akım ve gerilim dalga formları anlık olarak kaydedilmiştir. Veri setlerindeki gerilim ve akım sinyallerinin örnekleme frekansları 20kHz olarak belirlenmiştir. 2 saniyelik akım ve gerilim sinyalleri için 40000 örnek üzerinden işlemler yapılmıştır[6]. Aşağıdaki şekilde bu laboratuvarında elde edilen verilerin bağlı olduğu şebeke yapısının tek hat şeması verilmiştir.



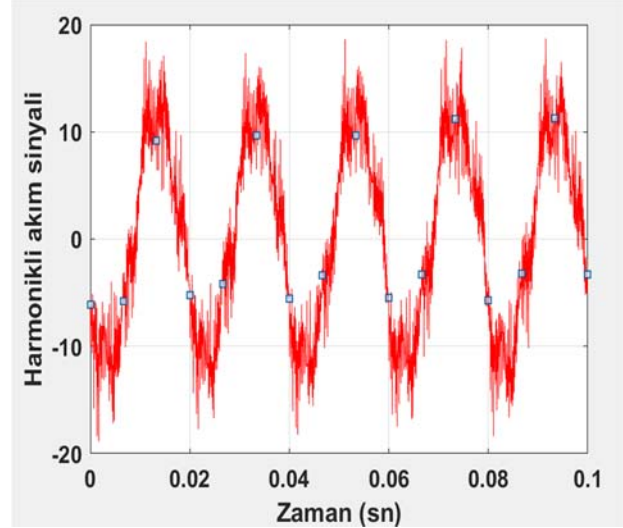
Şekil 1. Verilerin elde edildiği şebekenin tek hat şeması[6]

Veri seti milisaniyeler bazında kaydedilmiş anlık gerilim ve akım değerlerinden oluşmakta olup uygulamada 40000 örnekle 2 saniyelik akım ve gerilim sinyalleri analiz edilmiştir. Veri setinde akım ve gerilim sinyallerinin her bir fazına ait genlik değerlerinin değişimine ait olan ve 1 ile 1,0005 saniyeleri arasındaki değerlere ait örnek bir tablo aşağıda gösterilmiştir.

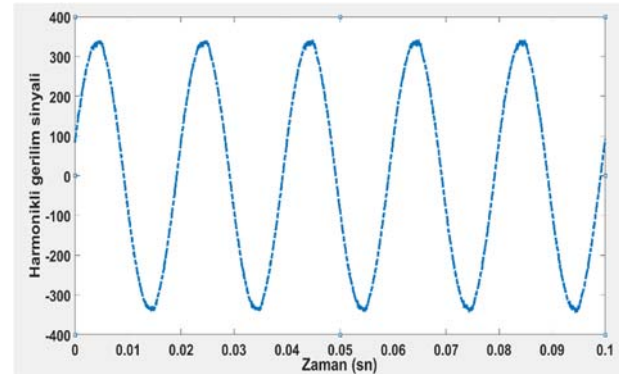
Tablo 1. 1 ile 1,0005 saniyeleri arasında ait veri setindeki değerler

Zaman (sn)	Faz_1 Akımı	Faz_2 Akımı	Faz_3 Akımı	Faz_1 Gerilimi	Faz_2 Gerilimi	Faz_3 Gerilimi
1	-12,744	9,9432	1,0024	152,13	-332,78	176,88
1,0001	-11,082	10,763	5,1208	163,66	-325,45	167,33
1,0001	-7,1669	13,971	0,4278	165,68	-335,5	162,49
1,0002	-11,698	6,9261	0,3998 9	167,86	-330,03	159,86
1,0002	-11,468	9,8373	3,8916	176,02	-329,5	155,26
1,0003	-7,104	12,523	- 0,7652 3	178,37	-331,81	150,46
1,0003	-12,326	9,2982	0,0077 2	183,97	-332,87	142,87
1,0004	-11,265	10,386	- 0,8333 2	183,38	-333,1	147,64
1,0004	-10,664	11,343	5,1364	199,46	-326,63	136,9
1,0005	-6,1356	14,807	-7,7122	195,74	-331,79	133,47

Veri setinden elde edilen gerilim ve akım sinyallerine ait dalga şekli bozunumlarına ait örnek grafikler aşağıdaki Şekil.2 ve Şekil.3 de gösterilmiştir.



Şekil 2. Veri setindeki akıma ait dalga formu



Şekil 3. Veri setindeki gerilime ait dalga formu

2.2. Metot

2.2.1 Fourier dönüşümü

Yapılan teorik çalışmalarda, sinüsoidal olmayan periyodik dalgaların; genlik ve frekansları farklı birçok sinüsoidal dalgaların toplamından oluştuğunu, başka bir deyişle; sinüsoidal olmayan periyodik dalgaların genlik ve frekansları değişik (temel dalga frekansının tam katları) olan sinüsoidal dalgalara ayrılabilirliğini göstermiştir[9]. Periyodik fonksiyonlar Fourier serisine açıldıklarında, birinci terimi bir sabit, diğer terimleri ise bir değişkenin katlarının sinüs ve cosinüslerinden oluşan bir seri halinde yazılabilir[8]. T periyot boyunca sinüsten farklı bir biçimde değişen f(t) sinyali Fourier serisine açıldığında;

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

$$A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [A_n \cos(nt) + B_n \sin(nt)] \quad (1)$$

şeklinde yazılabilir. Eşitlik(1)'de verilen t bağımsız değişkeni, A_0 sabit bir terim olup güç sistemlerinde doğru akım bileşenini temsil etmektedir. A_1 ile gösterilen birinci terime, temel bileşen adı verilirken, 2, 3, 4, ..., n indisi ile gösterilen bileşenlere ise harmonik adı verilmektedir. $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n, B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$ ise $f(t)$ fonksiyonunun Fourier katsayılarıdır[8]. Fourier dönüşümü yardımıyla elde edilen bu katsayılar kullanılarak güç sistemlerinde meydana gelen ve temel dalga frekansından farklı frekanslardaki sinyallerin varlıkları tespit edilerek harmonik analizi gerçekleştirilebileceği gibi güç sistemlerinde bulunan doğru akım bileşeni de tespit edilebilmektedir[10]

2.2.2. Kısa zamanlı fourier dönüşümü(KZFD)

Fourier analizinde sinyallerin frekans bileşenleri ve bu bileşenlere ait genlik ve güç spektrum analizleri yapılabilirken; sinyallerdeki frekans bileşenlerinin hangi zaman dilimlerinde işlevsel olduğu bilgisi elde edilememektedir[10]. Kısa zamanlı fourier dönüşümünde ise belirli bir $x(t)$ sinyali belirli boyutlarda pencerelere ($w(t)$) bölünerek her bir segment için fourier dönüşümü uygulanır[10]. Bu sayede sinyalin hem frekans bileşenleri bulunurken hem de frekansların hangi zaman dilimlerinde etkin olduğunu gözlemleyebiliriz. Pencerelemiş bir $X(t)$ sinyalin sürekli zaman ekseninde matematiksel denklemi aşağıda gösterilmiştir.[11]

$$X(t_c, t) = X(t)w(t - t_c) \quad (2)$$

Eşitlik(2)'de t_c , pencere fonksiyonunun merkez değeridir. Aşağıdaki denklemde pencerelemiş sinyale uygulanan fourier dönüşümünün matematiksel ifadesi verilmiştir. Eşitlik(3)'te 2 'de w_c pencere fonksiyonunun merkez frekansıdır.

$$X(t_c, w_c) = \int_{-\infty}^{\infty} X(t_c, t) e^{-i w_c t} dt \quad (3)$$

2.2.3. Dalgacık dönüşümü

Dalgacık dönüşümü, daha çok dinamik (durağan olmayan) sinyallerin analizinde kullanılan ve sinyali farklı ölçeklerdeki çözünürlük seviyelerinde tek bir

fonksiyona genişleterek ayrıştıran sinyal işleme yöntemidir[12]. Dalgacık dönüşümü sayesinde verilen bir işaretin aynı anda hem zaman hem de frekans bilgisi analiz edilebilmekte ve bunun sonucu olarak frekansı zamanla değişen sistemlerin analizi, anlık değişimler ve geçici durum analizleri oldukça hassas bir şekilde yapılmaktadır[13]. Bunun yanında sinyaldeki yüksek frekanslı gürültü sinyalleri de dalgacık dönüşüm yöntemi ile ayrıştırılabilmektedir. Bu nedenle dalgacık dönüşümünün enerji kalitesindeki sorunlarını belirleyebilme ve onlara ait öznelilikleri tespit etmede önemli üstünlükleri vardır [13]

Verilen bir $f(t)$ sinyalinin K seviye ayrık dalgacık dönüşümü, hem ölçek hem de dalgacık fonksiyonu terimleriyle aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$f(t) = \sum_n c_k(n) \varphi(t - n) + \sum_n \sum_{k=0}^{K-1} d_k(n) 2^{\frac{k}{2}} \psi(2^k t - n) \quad (4)$$

Eşitlik(4)'te, K seviye ölçekleme katsayısını, d_k , k seviye dalgacık katsayısını, $\varphi(t)$ ölçek fonksiyonunu, $\psi(t)$ dalgacık fonksiyonunu, K dalgacık dönüşümünün en yüksek seviyesini ve t zamanı temsil etmektedir. Ayrıştırılmış sinyalin dalgacık fonksiyonu detay katsayılarını (d_k), ölçek fonksiyonu ise yaklaşım katsayılarını (c_k) oluşturmaktadır.

$$c_{k+1}(n) = \sum_m h(m - 2n) c_k(n) \quad (5)$$

$$d_{k+1}(n) = \sum_m g(m - 2n) c_k(n) \quad (6)$$

Eşitlik(5) ve eşitlik(6)'da h ve g sırasıyla alçak geçiren ve yüksek geçiren filtrelerin filtre katsayılarıdır.

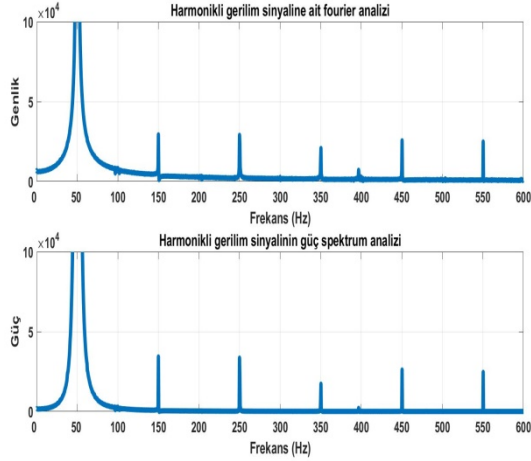
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

3.1 Fourier Dönüşümünden Elde Edilen Analiz Sonuçları

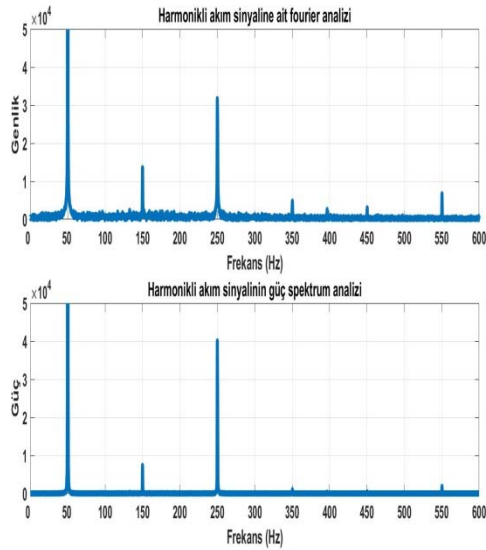
Gerçekleştirilen bu çalışmada veri setindeki harmonikli ve diğer dalga bozunumlarına sahip akım ve gerilim sinyallerine fourier dönüşümü uygulanarak şebekenin temel frekans bileşeninin tam katı değerlerde frekans bileşenleri olan harmonikli sinyallerin frekans değerleri ve bu frekans değerlerinde sinyalin güç spektrum değerleri belirlenmiştir. Bu çalışmada akım sinyalindeki

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

harmonik etkiler analiz edilmesine rağmen akımdaki diğer güç kalitesi bozukluklarının etkisi(ani gerilim ve akım değişimleri, gürültü etkisi vb) fourier analizi ile belirlenememiştir. Ayrıca fourier analizinde harmonik sinyallere ait zaman bilgisi ortaya çıkmamaktadır. Aşağıdaki grafiklerde verisine ait gerilim ve akım sinyallerinin harmonik değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4. Gerilime ait harmoniklerin analizi

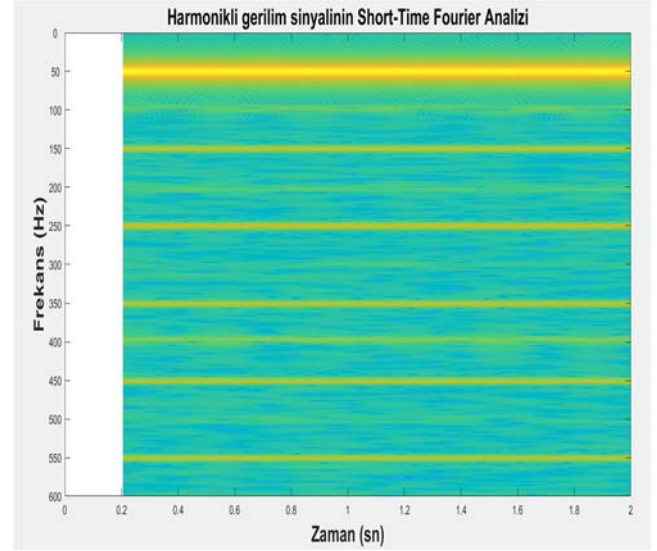


Şekil 5. Akıma ait harmoniklerin analizi

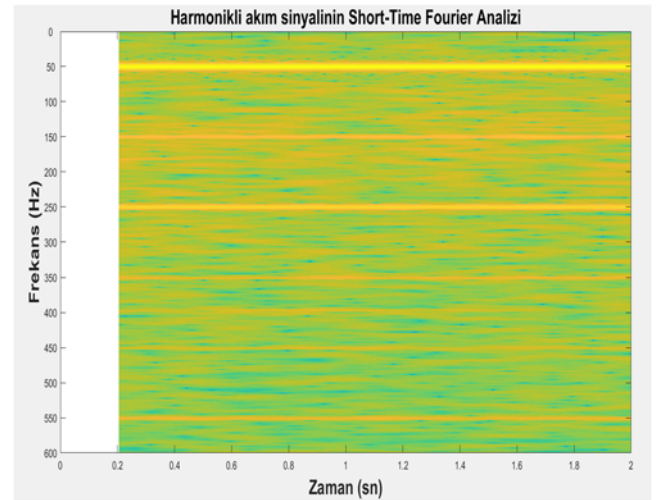
Yapılan harmonik analizler incelendiğinde gerilim ve akım sinyallerinde 150, 250, 350, 450 ve 550 Hz değerlerinde harmonik bileşenlerin oluştuğu görülmektedir. En yüksek genliğe sahip harmonik bileşen ise 250 Hz değerindeki harmoniktir.

3.2 Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümünden Elde Edilen Analiz Sonuçları

Kısa zamanlı fourier dönüşümünde frekans bileşenlerinin hangi zaman aralıklarında aktif olduğu ile ilgili zaman bilgisi ile beraber frekans bilgisi de elde edilebilmektedir. Aşağıdaki grafiklerde veri setindeki gerilim ve akım sinyallerine ait Kısa zamanlı fourier analizleri gösterilmiştir.



Şekil 6. Gerilime ait kısa zamanlı fourier analizi



Şekil 7. Akıma ait kısa zamanlı fourier analizi

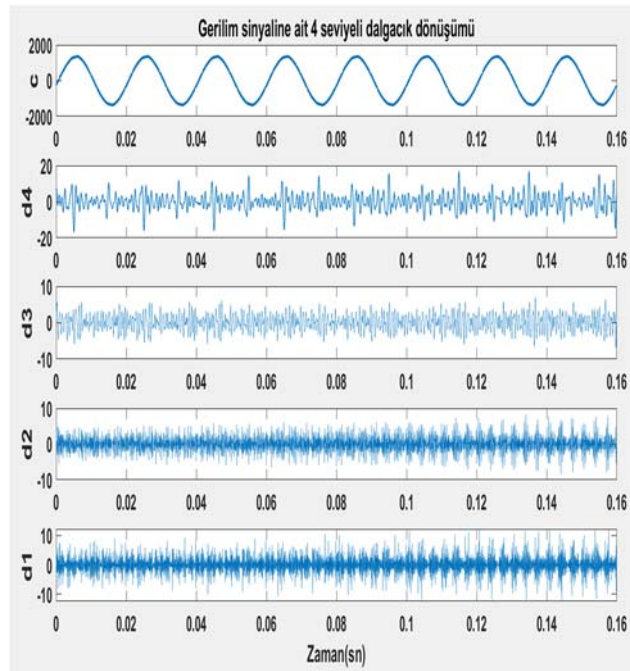
Kısa zamanlı fourier analiz sonuçları incelendiğinde gerilime ait harmonik bileşenlerin zaman eksenindeki aktiviteleri kolaylıkla belirlenebilmektedir. Ancak akım sinyalindeki özellikle düşük genlikli harmonikler(150, 350, 450 Hz bileşenleri) akım sinyalinde var olan diğer güç kalitesi bozunumlarının (gürültü, ani akım ve gerilim değişimleri ve darbesele olaylar) etkisinden dolayı kısa zamanlı fourier analizinde belirgin bir şekilde grafikte görülememektedir. Akıma ait kısa zamanlı fourier grafiği incelendiğinde temel bileşen 50 Hz ve maksimum harmonik genliği olan 250 Hz değerindeki harmonik

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

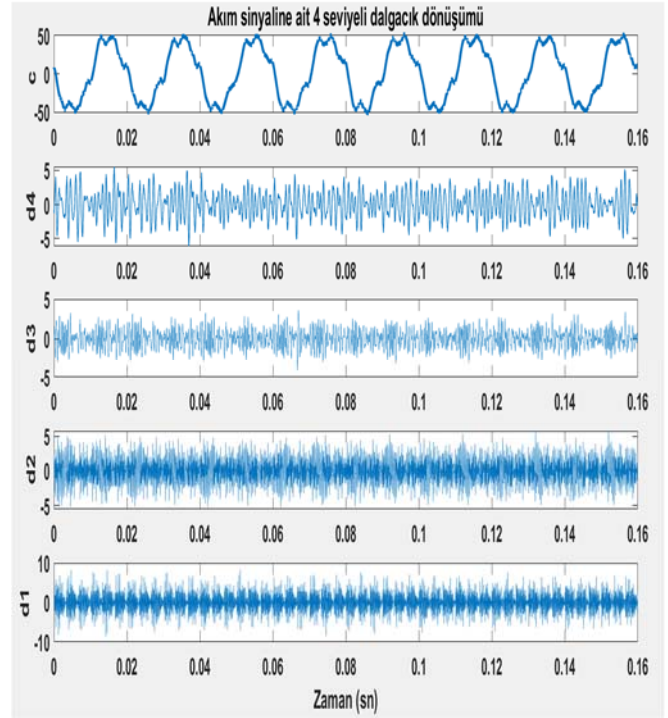
bileşenin kolaylıkla tespit edilebildiği diğer harmonik bileşenlerin ise akım sinyalindeki diğer güç kalitesi bozunumlarının etkisi karşısında baskılandıkları görülmektedir

3.3 Ayrık Dalgacık Dönüşümü İle Elde Edilen Analiz Sonuçları

Dalgacık dönüşümü ile yapılan analizler sonucunda özellikle akım sinyalindeki harmonik bozunum dışındaki güç kalitesi bozunumlarından olan gürültü sinyalleri, akım genliğinde meydana gelen anlık ve sık değişimler darbesel etkiler gibi bozunumlar analiz edilmiştir. Dalgacık analizi yalnızca gürültünün varlığını saptamakla kalmaz, gürültüyü bastırmak amacıyla da kullanılabilir[13]. Gürültü çok geniş bir frekans bandına sahiptir. Gürültü bastırma amacıyla yapılmış olan birçok dalgacık uygulamasında işaretin birinci detay katsayısı (d1) işareten çıkarılarak gürültüyü gösteren yüksek frekanslı kısım kaldırılmış olur[13]. Zaten şekil 8 ve şekil 9'da verilen gerilim ve akım sinyallerine ait dalgacık dönüşümlerinde genliği en yüksek olan ve en yüksek frekans bileşenleri olan dalgacık d1 işaretinde oluşmaktadır ve bu bileşen sinyalden filtrelenirse ana sinyaldeki gürültü oranı büyük ölçüde bastırılmış olur. Uygulamada 4 seviyeli ve db4 dalgacık fonksiyon tipi kullanılarak Ayrık dalgacık dönüşümü gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8. Gerilim sinyaline ait ayrık dalgacık dönüşümünün analiz sonuçları



Şekil 9. Akım sinyaline ait ayrık dalgacık dönüşümünün analiz sonuçları

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu çalışmada proses aşamaları itibari ile kararsız ve istikrarsız bir elektrik üretim sistemi olan ve üretim safhalarında güç elektroniği modülleri ile enerji çıkışı sağlayan dalga enerjisi ile elektrik üretiminden elde edilmiş ve doğrusal olmayan yükleri besleyen şebekeden gerçek zamanlı olarak ölçülüp kaydedilmiş gerilim ve akım dalga formlarına ait veri setleri kullanılmıştır. Veri setindeki gerilim ve akım dalga formlarında, gerek üretim aşamalarından kaynaklanan dalgalanmalardan gerekse bağlı olunan şebekenin doğrusal olmayan yüklerinin çektiği sinüsoidal olmayan akım değerlerinden dolayı güç kalitesi bozukları (harmonikler, ani gerilim ve akım değişimleri, darbesel olaylar, gürültü sinyalleri) oldukça fazladır. Çalışmada yapılan fourier analizi ile gerilim ve akım sinyallerine ait harmonik bileşenler tespit edilmiştir. Kısa zamanlı fourier analizi ile zaman bilgisini de içeren bir frekans analizi gerçekleştirilmiş ve harmoniklerin zamansal olarak da gözlemlenmesi sağlanmıştır. Elbette ki güç kalitesi bozunumları sadece harmoniklerden oluşmamaktadır.

Dalgacık dönüşümü yöntemi sayesinde ani gerilim ve akım değişimleri, darbesel olaylar ve gürültü sinyallerinin de eş zamanlı ve tek bir uygulama içerisinde analizlerinin yapılması sağlanmıştır. Dalgacık

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

dönüşümünün zaman ve frekans bilgisini bir arada vermesi, yazılımının oluşturulmasında sağladığı kolaylıklar ve eş zamanlı olarak birden fazla güç kalitesi probleminin analizini yapabilme kapasitesinin olması güç kalitesi problemlerinin analizinde sıklıkla kullanılmasını sağlamaktadır.

SEMBOLLER

A_0 Fourier denkleminde doğru akım bileşeni

A_1 Fourier denkleminde birinci terim (temel bileşen)

A_n Fourier katsayısı

B_n Fourier katsayısı

c_k Dalgacık dönüşümünde yaklaşım katsayısı

K Dalgacık dönüşümünde seviye değeri

t Zaman

t_c Kısa zamanlı fourier dönüşümünde pencereleme fonksiyonunun merkez değeri

$w(t)$ Kısa zamanlı fourier dönüşümünde pencereleme fonksiyonu

w_c Kısa zamanlı fourier dönüşümünde pencereleme fonksiyonunun merkez frekansı

$\phi(t)$ Dalgacık dönüşümünde ölçek fonksiyonu

$\psi(t)$ Dalgacık fonksiyon

KAYNAKLAR

[1] Haliloğlu, B., Buhan, S., Boyrazoğlu, B., "Elektrik İletim Sisteminde Güç Kalitesi Bozulmalarının Tespiti ve Ölçülmesi", II. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, S.334-339, 2007.

[2] Sutherland, P., "Harmonic Measurements in Industrial Power Systems", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol 31, No 1, P.175-183, 1995

[3] Uyar, M., Yıldırım, S., Gençoğlu, M.T., "Güç Kalitesi Bozulmalarının Sınıflandırılmasında Dalgacık Dönüşümüyle Enerji Dağılımına Dayalı Özelliklerin İncelenmesi", 12. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi, S:596-600, 2007.

[4] Demirbaş, Ş., Bayhan, S., "GÜÇ SİSTEMLERİNDE HARMONİKLERİN GERÇEK ZAMANLI ÖLÇÜM

VE ANALİZİ." Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 24.3 (2009).

[5] M. R Tür, F. Yapırdakdal, "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Bir Sistemde Güç Kalitesi Analizi, Kontrolü ve İzlemesi", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, Cilt 8, Sayı 3, 572-587, 2020

[6] Radil, T., Matz, V., Janeiro, F., Ramos, P., Serra, A., "On-line Detection and Classification of Power Quality Disturbances in a Single-phase Power System", POWERENG, P.713-718, 2007.

[7] Kelly, James F., Voltage and current data for IEC 62600-30 power quality monitoring from the Mutriku Wave Power Plant and Lir National Ocean Test Facility electrical laboratory (1.0) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3250832>, 2019

[8] Tsao, T., Wu, R. and Ning, C., "The optimization of spectral analysis for signal harmonics," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 16, no. 2, pp. 149-153, April 2001, doi: 10.1109/61.915474

[9] T. A. George and D. Bones, "Harmonic power flow determination using the fast Fourier transform," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 6, no. 2, pp. 530-535, April 1991, doi: 10.1109/61.131107.

[10] Kesler, M., and Sunan, M., "Düşük maliyetli DSP uygulama geliştirme kartının tasarımı ve güç sistemlerinde harmonik analizin gerçekleştirilmesi." Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, ELECO (2008).

[11] X. Zhu, G. T. Beauregard and L. L. Wyse, "Real-Time Signal Estimation From Modified Short-Time Fourier Transform Magnitude Spectra," in *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 15, no. 5, pp. 1645-1653, July 2007, doi: 10.1109/TASL.2007.899236

[12] Eren, L., Devaney, M.J., Calculation of Power System Harmonics via Wavelet Packet Decomposition in Real Time Metering, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, pp.1643-1647, USA, 21-23 May 2002

[13] Pham, V.L., Wong, K.P., Wavelet-transform-based Algorithm for Harmonic Analysis of Power System Waveforms, IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., Vol. 146, No. 3, May 1999.

ISM BANDI UYGULAMALARI İÇİN PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU KULLANILARAK ELİPTİK YAMA ANTEN TASARIMI

Hüseyin ÖZMEN

Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 21280 Diyarbakır
e-posta: huseyin.ozmen@dicle.edu.tr

Özet: Bu çalışmada endüstri, bilim ve medikal (ISM) uygulamalarında kullanılmak üzere eliptik şekilli bir yama anten tasarlanmıştır. Yalıtkan malzeme olarak 4.3 dielektrik sabitli FR-4 materyali kullanılmıştır. Antenin 5.8 GHz rezonans frekansında çalışabilmesi için geometrik parametreleri Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) kullanılarak belirlenmiştir. Simülasyonlar moment metodu (MoM) tabanlı MATLAB Anten Araç Kutusu ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, PSO metodunun eliptik şekilli yama anten tasarımında etkili ve pratik bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Eliptik yama anten, PSO.

AN ELLIPTICAL PATCH ANTENNA DESIGN USING PARTICLE SWARM OPTIMIZATION FOR ISM BAND APPLICATIONS

Abstract: In this study, an elliptical shaped patch antenna was designed for use in industry, science and medical (ISM) applications. FR-4 material with dielectric constant of 4.3 was used as substrate material. For the antenna to operate at a resonant frequency of 5.8 GHz, its geometric parameters were determined using Particle Swarm Optimization (PSO) technique. The simulations were performed with the method of moments (MoM) based MATLAB Antenna Toolbox. The results show that the PSO method can be used effectively and practically in the design of the elliptical patch antenna.

Keywords: Elliptical patch antenna, PSO.

GİRİŞ

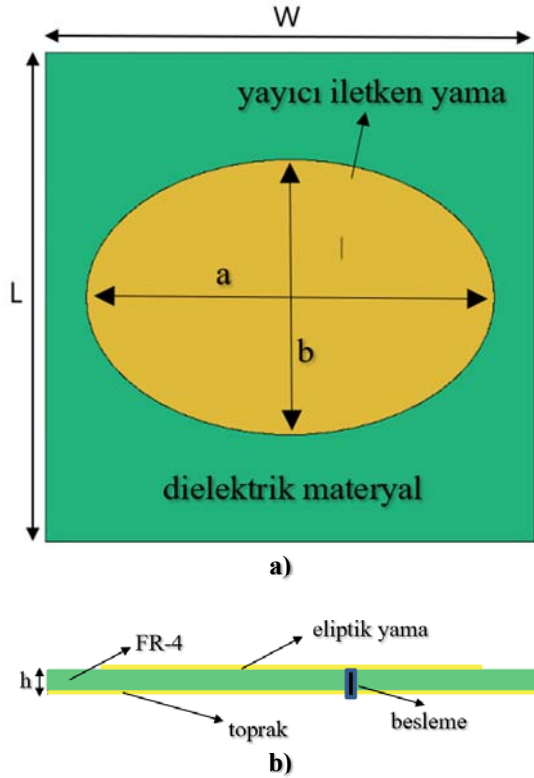
Yama antenler, küçük boyutlu olmaları sebebiyle son yıllarda birçok uygulamada kullanılmaktadır. Bu alanlardan biri de endüstri, bilim ve medikal uygulamalar bandı olan ISM bandıdır [1]. Bu bandın frekans aralığı 5.75 – 5.85 frekans aralığında olup rezonans frekansı ise 5.8 GHz'dir. Literatürde ISM bandında çalışan birçok yama anten geliştirilmiştir [2-4]. Yama anten tasarımı gerçekleştirilirken kullanılan temel yöntemlerden biri iletim hattı modelidir.

Ancak antenin istenen ışıma karakteristiklerini tam olarak karşılayabilmesi için antenin geometrik özelliklerinin optimize edilmesi gerekebilmektedir. Birçok çalışmada bu işlem deneme yanılma yöntemi ile sağlanır ve istenen özellikler elde edilene kadar antenin geometrik parametreleri değiştirilir. Fakat bu çok pratik bir yöntem değildir. Bu nedenle anten tasarımında optimizasyon algoritmalarının kullanımı önem kazanmaktadır. Bu algoritmalarından biri, 1990'lı yılların ortalarında geliştirilen PSO tekniğidir [5,6]. PSO'nun güçlü bir yöntem olması elektromanyetik ve anten çalışmalarında kullanılmasını sağlamıştır [7,8].

Bu çalışmada Matlab Anten Araç Kutusu [9] kullanılarak 45 X 45 X 1.6 mm³ boyutlarında, FR-4 dielektrik materyal kullanılarak eliptik bir anten tasarlanmıştır. Bu antenin çalışma frekansı 4.9 GHz olarak elde edilmiştir. Daha sonra ISM bandında çalışan eliptik bir antenin elde edilmesi için evrimsel bir algoritma olan PSO yöntemi kullanılarak eliptik şekilli iletken yamanın geometrik parametreleri optimize edilmiştir. Bu işlem sonucunda antenin çalışma frekansı ISM bandı olan 5.8 GHz olarak elde edilmiştir.

Anten Tasarımı

Eliptik şekilli yama anten Matlab programında MoM tabanlı anten araç kutusu ile öncelikle standart olarak oluşturulmuştur. Antenin dielektrik materyali 4.3 dielektrik sabitli FR-4 olarak seçilmiştir. Oluşturulan antenin ön ve yandan görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Eliptik yama antenin önden görünüşü (a), yandan görünüşü (b)

Şekil 1'de W antenin eni, L boyu, h ise kalınlığıdır. Matlab'ta "patchMicrostripElliptical" fonksiyonu ile standart olarak oluşturulan antenin parametreleri aşağıda Tablo 1'de verilmiştir:

Tablo 1. Optimize edilmemiş antenin geometrik parametreleri

L (mm)	W (mm)	h (mm)	a (mm)	b (mm)
45	45	1.6	30	20

Eliptik şekilli yama antenin istenen 5.8 GHz frekansında çalışabilmesi için a ve b uzunlukları optimize edilmiştir. Bunun için PSO yöntemi kullanılmıştır.

Parçacık Sürü Optimizasyonu

PSO evrimsel bir optimizasyon algoritmasıdır. Doğadaki böceklerin, kuşların ve balıkların sosyal davranışlarından ve iletişim kurmak için gerçekleştirdikleri dinamik hareketlerden esinlenmiştir. En iyi çözümün bulunması için arama uzayında hareket eden bir sürü oluşturan bir dizi parçacık kullanılır. Arama uzayındaki her parçacık kendi uçuş deneyimine ve diğer parçacıkların uçuş deneyimine göre "uçuşunu" ayarlar.

Öncelikle sınır değerler arasında eşit olarak dağıtılmış bir parçacık popülasyonu oluşturulur. Uygunluk (maliyet) fonksiyonuna göre her parçacığın konumu değerlendirilir. Eğer bir parçacığın mevcut konumu, önceki en iyi konumundan daha iyiyse güncellenir. Böylece en iyi parçacık belirlenir (parçacığın önceki en iyi konumlarına göre). Parçacığın hızı aşağıdaki denklem ile güncellenir:

$$v_t = v_{t-1} + c_1 * n1 * (pBest - p_{t-1}) + c_2 * n2 * (gBest - p_{t-1}) \quad (1)$$

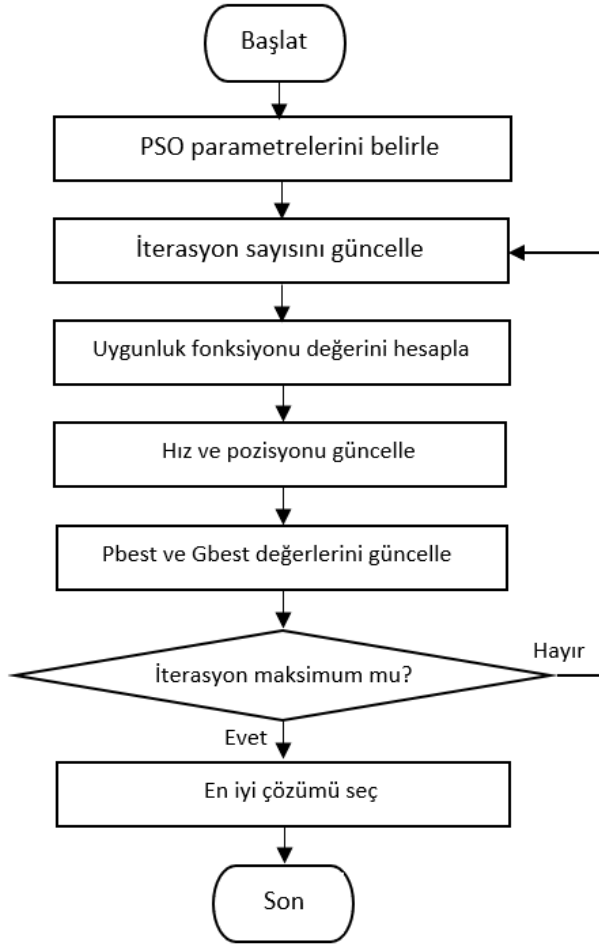
$$p_t = p_{t-1} + v_t \quad (2)$$

Eşitlik (1) ve Eşitlik (2)'de p parçacığın pozisyonunu, v hızı, c₁ lokal bilginin ağırlığını, c₂ global bilginin ağırlığını, pBest parçacığın en iyi pozisyonunu, gBest ise sürünün en iyi pozisyonunu ifade eder. n1 ve n2 ise rastgele değerlerdir.

Bu çalışmada optimizasyon işlemi 25 iterasyonda tamamlanmıştır. 25 iterasyon sonucunda eliptik şekilli yama antenin çalışma frekansı 5.8 GHz'e ayarlanabilmiştir. 5.8 GHz frekans değerinde geri dönüş kaybı yaklaşık -36 dB olarak gözlemlenmiştir. Çalışma frekansında geri dönüş kaybının minimize edilmesi için aşağıdaki maliyet fonksiyonu kullanılmıştır.

$$F_{maliyet} = \min (S_{11}) \quad (3)$$

Eşitlik (3)'te S₁₁ parametresi antenin geri dönüş kaybını ifade etmektedir. Antenin çalışma frekansında geri dönüş kaybı -10 dB değerinin altında olmalıdır. Eş. (3)'teki maliyet fonksiyonuna göre, PSO algoritması istenen frekanstaki S₁₁ parametresini minimize ederek çalışma frekansını belirlemiştir. PSO algoritmasının çalışma mantığı Şekil 2'deki akış diyagramında gösterilmektedir.



Şekil 2. PSO algoritmasının akış diyagramı

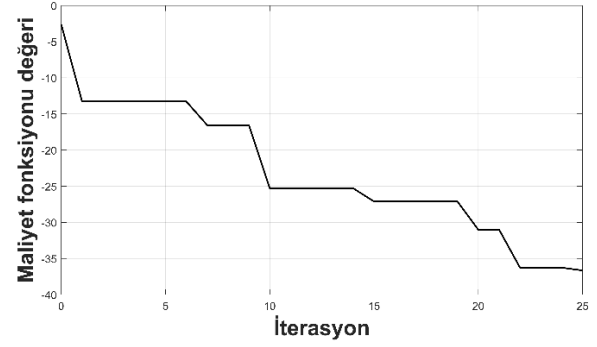
Optimizasyon Sonuçları

Eliptik yamanın a ve b parametrelerinin PSO ile optimize edilmesi sonucunda başlangıç değerleri olan 30 mm ve 20 mm değişmiş ve algoritma antenin 5.8 GHz frekansında çalışabilmesi için bu değerleri 25 iterasyon sonucunda sırasıyla 37.72 ve 25.38 olarak güncellemiştir. Yeni değerler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Optimize edilen antenin geometrik parametreleri

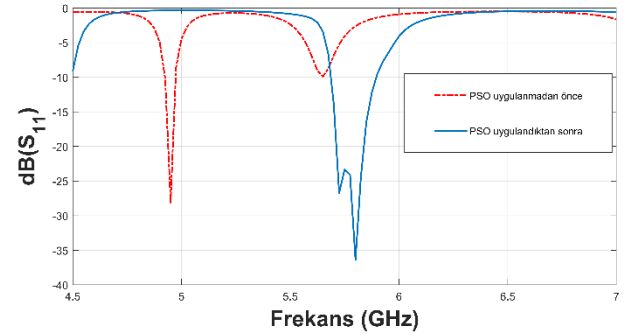
L (mm)	W (mm)	h (mm)	a (mm)	b (mm)
45	45	1.6	37.72	25.38

Şekil 3’te maliyet fonksiyonunun, yani başka bir deyişle geri dönüş kaybının her bir iterasyona karşılık değişimi görülmektedir. Optimizasyon öncesinde 5.8 GHz frekansta -4 dB olan geri dönüş kaybı 25 iterasyon sonucunda yaklaşık -36 dB değerine düşmüştür.



Şekil 3. Maliyet fonksiyonunun iterasyona göre değişimi

Şekil 4’te optimizasyon öncesinde ve optimizasyon işlemi sonrasında elde edilen geri dönüş kaybı değerleri görülmektedir. Buna göre başlangıçta 4.9 GHz olan anten rezonans frekansı optimizasyon sonrasında 5.8 GHz olmuştur.

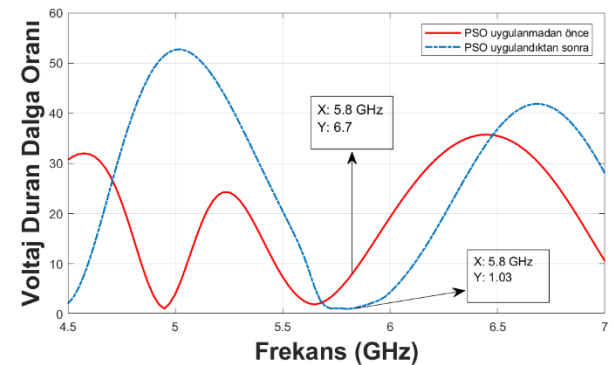


Şekil 4. Eliptik şekilli yama antenin optimizasyon öncesi ve sonrasında çalışma frekansı grafiği

Bir antenin gelen gücün ne kadarını ortama yaydığını gösteren parametrelerden biri de voltaj duran dalga oranıdır. Duran dalga oranı aşağıdaki denklem ile ifade edilir:

$$VSWR = (1 + |\Gamma|)/(1 - |\Gamma|) \quad (4)$$

Eşitlik (4)’te VSWR duran dalga oranını, Γ ise yansımaya katsayısını ifade etmektedir. Şekil 5’te antenin optimizasyon öncesi ve sonrasında 5.8 GHz frekansındaki VSWR değerleri görülmektedir.



Şekil 5. İlk anten ve optimize edilmiş antenin duran dalga oranı grafiği

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Bir antenin gücün büyük bir kısmını ortama yayabilmesi için VSWR değeri çalışma frekansında 1'e yaklaşmalıdır. Şekil 5 incelendiğinde, optimizasyon öncesinde eliptik şekilli yama antenin 5.8 GHz frekansındaki VSWR değeri 6.7 iken, optimizasyon sonrasında çalışma frekansı olan 5.8 GHz'te VSWR değerinin 1.03 olduğu görülmektedir. Buna göre optimize edilmiş antenin çalışma frekansında VSWR değeri oldukça iyidir.

SONUÇ

Bu çalışma sonucunda ISM bandında çalışan eliptik şekilli bir yama anten tasarlanmıştır. Antenin çalışma frekansı PSO kullanılarak 4.9 GHz'ten 5.8 GHz'e ayarlanmıştır. Yapılan bu çalışma, PSO algoritmasının eliptik şekilli yama anten optimizasyonunda başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

[1] Ataş, İ., Abbasov, T., Kurt, M.B., Development of a High Gain Dual-Band and Two-Layer Miniaturized Microstrip Antenna for 5.8 GHz ISM and 10 GHz X-Band Applications, *Applied Computational Electromagnetics Society Journal* 34, 10, 1568–1575, 2019.

[2] Sharawi M. S., Khan M. U., Numan A. B., Aloï D. N., A CSRR loaded MIMO antenna system for ISM band operation, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 61, 8, 4265-4274, 2013.

[3] Sobhani M. R., Majidi N., İmeci Ş. T., Design and implementation of a quad element patch antenna at 5.8 GHz, *Applied Computational Electromagnetics Society Journal (ACES)*, 33, 10, 1131-1134, 2018.

[4] Amjad O., Munir S. W., İmeci Ş. T., Ercan A. Ö., Design and Implementation of Dual Band Microstrip Patch Antenna for WLAN Energy Harvesting System, *Applied Computational Electromagnetics Society Journal (ACES)*, 33, 7, 746-751, 2018.

[5] Kennedy J., Eberhart R., Particle swarm optimization, in *Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks*, 4, 1942–1948, Perth, Wash, Australia, 1995.

[6] Poli R., Kennedy J., Blackwell T., Particle swarm optimization: an overview, *Swarm Intelligence*, 1, 1, 33–57, 2007.

[7] Rahmat-Samii Y., Gies D., Robinson J., Particle swarm optimization (PSO): a novel paradigm for antenna designs, *The Radio Science Bulletin*, 305, 14–22, 2003.

[8] Robinson J., Rahmat-Samii Y., Particle swarm optimization in electromagnetics, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 52, 2, 397–407, 2004.

[9] MATLAB. (R2021a). Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc.; 2021.

TOZ FAKTÖRÜNÜN FOTOVOLTAİK PANELLERİN VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI: BATMAN ÖRNEĞİ

İsmail KAYRI* ve Merve TAN BAYAR**

*Batman Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: ismail.kayri@batman.edu.tr

**Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği ABD, 72060 BATMAN
e-posta: mmerve.tann@gmail.com

Özet: Fotovoltaik hücreler, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerin en temel bileşenleridir. Bu hücrelerin bir araya getirilmesiyle oluşturulan fotovoltaik panellerin enerji dönüştürme miktarını en çok etkileyen parametre, panel yüzeylerinin maruz kaldığı ışınım değeridir. Fotovoltaik sistemler, güneşten yeryüzüne gelen ışınımın azami derecede faydalanmak üzere, genellikle güneşlenme süresi ve ışınım miktarı bakımından yeterli olarak bilinen güneş bandı bölgelerinde tesis edilirler. Açık hava şartlarında çalışan bu sistemler her türlü çevresel olumsuzlukla karşı karşıyadır. Fotovoltaik sistemlerin verimi üzerindeki en önemli faktörlerden biri de, panel yüzeyinde oluşan tozlanmadır. Çeşitli etkenlerle havada bulunan tozların zamanla panel yüzeyini kaplaması, hücrelere ulaşan ışınım miktarını azaltmaktadır. Işınımın azalmasıyla meydana gelen enerji dönüşüm oranındaki kayıplar önemli değerlere ulaşabilmektedir. Tozlanma eğilimi, bu sistemlerin kurulduğu bölgenin hava sıcaklığı, nem miktarı, rüzgâr rejimi, toprak yapısı ve bitki örtüsüne göre değişmektedir. Bu çalışmada, Batman ilinde tozlanmanın panel verimi üzerindeki etkisini araştırmak üzere deneysel bir çalışma yapılmıştır. Deneysel çalışmada, temiz bir fotovoltaik panel ile yüzeyinde 5 günlük, 1 aylık ve 6 aylık toz biriken bir fotovoltaik panelin ürettiği enerji değerleri ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre, temiz panele kıyasla 5 günlük tozlanmaya maruz kalan panel %5,26; 1 aylık tozlanmaya maruz kalan panel %28,49 ve 6 aylık tozlanmaya maruz kalan panel %78,38 daha az enerji üretmiştir. Elde edilen verilerle yapılan hesaplamalar, grafikler ve tablolar halinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik hücreler, Yenilenebilir enerji, Toz faktörü.

INVESTIGATION OF DUST EFFECT ON THE EFFICIENCY OF PHOTOVOLTAIC PANELS: THE CASE OF BATMAN

Abstract: Photovoltaic cells are the most basic components of systems that convert solar energy into electrical energy. The parameter that most affects the energy conversion amount of the photovoltaic panels formed by combining these cells is the radiation value to which the panel surfaces are exposed. Photovoltaic systems are generally installed in sunbelt regions known as sufficient in terms of sunshine duration and amount of radiation in order to make maximum use of the radiation coming from the sun to the earth. These systems, which operate in outdoor conditions, are faced with all kinds of environmental negativities. One of the most important factors on the efficiency of photovoltaic systems is accumulation of dust on the panel surface. Due to various factors, dust in the air covers the panel surface over time, reducing the amount of radiation reaching the cells. The losses in the energy conversion rate that occur by the reduction of radiation can reach significant values. Accumulation of dust tendency on solar panel varies according to the air temperature, humidity, wind regime, soil structure and vegetation of the region where these systems are installed. In this study, an experimental study was conducted to investigate the effect of dust accumulation on photovoltaic panel yield in Batman province. In the experimental study, the energy values produced by a clean photovoltaic panel and a photovoltaic panel with dust accumulation for 5 days, 1 month and 6 months on its surface were measured. According to the data obtained, compared to the clean panel, the panel with 5-day dust accumulated 5.26%, the panel with 1-month dust accumulated 28.49% and the panel with 6-month dust accumulated 78.38% less energy production. Calculations made with the obtained data are presented in graphs and tables.

Keywords: Photovoltaic cells, Renewable energy, Effects of dust

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

1. GİRİŞ

Dünyada gün geçtikçe nüfusa bağlı olarak kullanılan fosil yakıt miktarı artmaktadır. Fosil yakıtlar yenilenebilir bir enerji kaynağı değildir. Ayrıca fosil yakıtlar çevre kirliliğine neden olmaktadır. Fosil yakıtların tükenme ihtimalinin bulunması ve çevre kirliliğine neden olması yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ve yaygınlaşmasını etkilemiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları jeotermal enerji, hidroelektrik enerji, biokütle enerjisi, dalga enerjisi, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, gel-git enerjisi ve hidrojen enerjisidir. Bu enerji türlerinin varlığı güneş ve dünyanın varlığına bağlıdır [1]. Güneş enerjisi, en önemli yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarından biridir. Bunun en önemli sebeplerinden biri, generatör, türbin, kayış kasnak veya dişli sistemler gibi hiçbir hareketli teçhizat ve makine kullanmaksızın, güneş enerjisinden gelen güneş ışınımının içerdiği foton enerjisinin fotovoltaik (PV) paneller yardımı ile direkt DC formunda elektrik enerjisine dönüştürülebilmesidir. Bir diğer sebebi de, özellikle +40 kuzey enlemi ile -40 güney enlemi arasında kalan ve güneş bandı olarak tabir edilen bölgelerdeki ışınım miktarı ve güneşlenme süresinin, PV enerji sistemlerinin geri dönüş sürelerinde oluşturduğu avantajlardır.

Güneş enerjisi kullanarak elektrik enerjisi elde edilmesine ilişkin kullanılan yöntemler arasında, birçok parabolik ayna kullanılarak ışınımın belli bir noktada yoğunlaştırılmasıyla çeşitli eriyiklerin yüksek sıcaklıklara ulaştırılması, yine benzer şekilde ışınımın yoğunlaştırılarak Stirling motora giriş sıcaklığı temini gibi yöntemler kullanılmasına rağmen, PV hücre üretim pazarlarının genişlemesi, sistem kurulumu yapan firma sayısının artmasıyla oluşan rekabet ortamı gibi avantajlar dolayısıyla en çok tercih edilen yöntem yarı iletken teknolojiye dayalı PV panellerle elektrik enerjisi üretimi yöntemidir. Temel amacı güneşten gelen foton enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek olan PV hücreler, kullanılan yarı iletken teknolojisine göre çeşitlenmektedirler. Bunların başlıcaları mono-kristal silikon (m-Si), poli-kristal silikon (p-Si), kadmiyum tellürid (CdTe), amorf silikon (a-Si), bakır indiyum diselenid (CuInSe₂) ve bakır indiyum galyum diselenid (CuInGaSe₂) hücre teknolojileriyken, son yıllarda üzerinde çalışmaların yoğunlaştığı organik hücrelerin de PV pazarlarında yerini alacağı düşünülmektedir. Kullanılan bu teknolojilerin tümü, birbirine göre verimlilik, uygulamadaki zorluklar, üretimlerinden kaynaklanan zorluklar ve üretim maliyetleri açısından avantaj ve dezavantajlara sahiptirler [2, 3].

Kullanılan hücre teknolojisinden bağımsız olarak tüm PV paneller, açık hava şartlarında işletilmelerinden dolayı hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, toz, kuş pislikleri, nem gibi değişkenlerle karşı karşıyadır. Bu değişkenlerin büyüklükleri PV panellerin verimliliğini etkileyebilmektedir. Çevresel olayların panellerin

yüzeyinde meydana getirdiği kirlenmeler, hücrelerin üzerine düşen kuş pislikleri veya toz gibi etmenler PV hücrelerin maruz kaldığı ışınım miktarının azalmasına sebep olmaktadır. Bu olumsuzluklar, hücrelerin verimsiz çalışmasına yol açarak, bu hücrelerin seri veya paralel bağlanmasıyla üretilen panellerin, ve panellerin seri veya paralel bağlanmasıyla oluşturulan dizilerin, yani bütün bir PV enerji sisteminin normal şartlar altında üretebileceği enerjiden daha az bir enerji üretmesine sebep olmaktadır [4-6].

PV panel verimini önemli derecede etkileyen değişkenlerden biri panel yüzeylerinin zamanla tozlanmasıdır. Panel yüzeyinde birim zamanda biriken toz miktarı, PV sistemin tesis edildiği coğrafyaya göre değişebilmektedir. Tozlanma eğilimi, sistemin işletildiği bölgenin hava sıcaklığı, nem miktarı, rüzgâr ve yağış rejimi, toprak yapısı ve bitki örtüsü ile yakından ilgilidir. Literatürde farklı bölgelerde meydana gelen toz birikiminin PV paneller üzerindeki etkisini inceleyen bazı araştırmalar aşağıda özetlenmiştir.

Ju ve Fu (2011) yaptıkları araştırmada, kirlenmenin fotovoltaik panel performansına etkisini incelemişlerdir. Doğal ortam koşullarında kirlenen bir panel düzeneği ile yapay bir şekilde kirlenmesi sağlanan panel düzeneği hazırlamışlardır. Doğal ortam koşullarında tozlanmaya maruz kalan sistem 20 Temmuz ile 4 Ağustos tarihleri arasında incelenmiştir. Fotovoltaik panel yüzeyinde biriken kirlilik belli zamanlarda alınarak kirin ağırlığı tartılmıştır. Alınan veriler ışığında PV panel yüzeyinde biriken kirlilik miktarının artması ile panelden alınan verim miktarının düştüğü gözlenmiştir. Yapay şekilde kirlenmesi sağlanan deney düzeneğinde ise 0.22 gr/m², 7 gr/m², 13.82 gr/m², 38.11 gr/m² ve 41.97 gr/m² miktarlarında farklı kirlenme koşulları altında PV panel verimi incelenmiştir. Yapay kirlenme sonucu elde edilen veriler incelendiğinde toz miktarının metrekaeye 10 grama kadar olan kısmı panel verimini yüksek oranda etkilemiş ancak metrekaeye 10 gramdan daha fazla yapay kirlenme oluşturulduğunda, kirlenme etkisinin verim kaybını daha az etkilediği tespit edilmiştir. Alınan veriler ışığında panel yüzeyinde kirlenmenin ilk oluşum sürecinin daha fazla verimi etkilediğinden daha fazla dikkat edilmesi gerektiği yorumu yapılmıştır [7].

Guo ve arkadaşları (2015), Çöl bölgesi olan Katar'ın başkenti Doha'da toz kaynaklı yüzey kirlenmelerinin PV performansına etkisi üzerine incelemelerde bulunmuşlardır. Çalışmada her biri güney yönüne 22° eğim açısı (β) ile doğrultulmuş 220 Wp gücünde olan 8 adet poli-kristal panelden oluşan 3 dizi kullanılmıştır. Kullanılan bu 3 PV dizisi farklı periyotlarla yıkanmıştır. "Yüksek yıkama" olarak sınıflandırılan dizi haftada bir, "orta yıkama" olarak sınıflandırılan dizi iki ayda bir ve "düşük yıkama" olarak sınıflandırılan dizi altı ayda bir yıkanmak suretiyle bu dizilerden elde edilen enerji değerleri 6 ay gibi uzun bir süre boyunca ölçülmüştür. Fotovoltaik panelin performansını; bağıl nem, toz konsantrasyonu, rüzgâr hızı ve yüzey kirlenmesinin büyük oranda etkilediğini gözlemlemişlerdir. Bu

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

çalışmanın sonucunda panel yüzeyinde biriken toz ve kirlenmelerden dolayı panelin güç çıkışında önemli bir kayıp olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuçların farklı frekanslarda temizlik indeksi olarak sunulduğu bu çalışmada, üretilen enerji değerlerinden yola çıkılarak elde edilen grafiklere göre iki ayda bir yıkanan PV dizisindeki enerji üretim kaybının % 30, altı ayda bir temizlenen PV dizisindeki enerji kaybının ise % 60'ın üzerinde olduğu görülmektedir. Deney sürecinde iki kez yağın yağmurun panelleri temizlemesi, altı aylık periyotlarla temizlenen diziye ait enerji kaybının tam olarak belirlenememesine neden olmuştur [8].

Ghazi ve arkadaşları (2014), yaptıkları kapsamlı çalışmada, dünyanın farklı ülkelerindeki toz birikim oranlarını ve bunların solar enerji dönüşümü üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Tozun, potansiyeli çok yüksek olan güneş enerjisi cihazlarının yüzeyine yerleşen ve sistem verimini önemli ölçüde düşüren dünyada yaygın bir dağılıma sahip olduğunu belirten bu çalışma, örneğin dünyanın en temiz bölgelerinden biri olan İngiltere'de, bir ay sonra temizlenmedikleri takdirde toz etkisinin güneş yoğunluğunu %5-6 oranında azalttığı bildirmekle beraber, Sudan'da, temizlik yapılmadan bir ayda düşen toz miktarının İngiltere'dekinden 9 kat daha büyük olduğu belirtilmektedir. Çalışmada 1 m² alanda 4 gram toz tabakası birikmesinin güneş enerjisi dönüşümünü %40 oranında azalttığı ve Arizona'da her ay bu miktarın yaklaşık 4 katı kadar toz biriktiği ifade edilmektedir. PV panellerin yüzeyinde biriken parçacıklar ve toz etkisi, iklime ve çevreye göre farklılıklar gösteren etmenlere bağlıdır. Çok kuru ve çöl benzeri bir bölgede, modülün kirlenme nedeni, güneş modülünün elektrostatik olarak çektiği rüzgârla taşınan inorganik maddeler (toz ve kir parçacıkları) olabilir. Bundan dolayı, bu çalışmada araştırmacılar toz biriktirme oranlarının Orta Doğu, Avustralya ve Hindistan'da daha yüksek olduğunu gözlemlediklerini ifade etmektedirler [9-11].

Adıgüzel (2018) yaptığı çalışmada parçacık boyutuna göre PV panel üzerinde oluşturulan toz örtüsünün verim kaybına etkisini incelemiştir. Yapılan bu çalışma için mermer ve kömür tozları kullanılmıştır. Partikül boyutu - 500 olan eğriler ile -38 olan eğriler karşılaştırıldığında farklı toz miktarları için -500 de ölçülen I_{sc} ve V_{oc} değerlerinin daha büyük olduğu deneysel olarak ölçülmüştür. Bu belirgin farklılığın temelinde parçacık boyutu arttıkça yüzeyde bulunan tozun daha küçük parçacığa kıyasla daha az yayılması ve tüm paneli kaplamaması gösterilebilir. Partikül boyutu arttıkça daha önce ince bir örtü gibi kaplayan toz, artık daha çok alanın ışınım alabildiği bir yüzey haline gelmiştir [12].

Sonsuz (2020), toz birikimi ile ilgili çalışmasında 2 adet 45 Watt gücünde mono-kristal PV panel ile 50 Watt gücünde poli-kristal PV panel kullanmıştır. Mono-kristal ve poli-kristal PV panellerinden birer tanesi düzenli aralıklarla temizlenmiştir. Deneysel çalışmada her ölçme işleminden önce PV paneller temizlenmiştir. Bu çalışmada, PV paneller manuel olarak cam temizleyicisi ile temizlenip mikro fiber bez ile kurutulmuştur. Diğer

paneller ise çevresel etkilere maruz bırakılmıştır. Temizlenmiş PV paneller ile kirlenmiş PV panellerin I_{sc} ve V_{oc} değerleri, verim oranları karşılaştırılmak üzere 210 gün boyunca sabah, öğlen ve akşam olmak üzere günde 3 defa ölçülmüştür. Ölçüm alınmadan önce her seferinde temizlenen mono-kristal panelin ortalama kısa devre akımı 1,207 A, ortalama açık devre gerilimini 21,641 V olarak bulunmuştur. Ölçüm alınmadan önce her seferinde temizlenen poli-kristal panelin ortalama kısa devre akımı 1,599 A, ortalama açık devre gerilimi ise 20,986 V olarak bulunmuştur. Çalışmada, kirlenmiş paneller üzerindeki verim kayıpları incelenince poli-kristal PV panel için en büyük kaybın %5,70, mono-kristal PV panel için en büyük kaybın %5,22 olarak gerçekleştiği ifade edilmiştir [13].

Yukarıda sunulan çalışmalardan, PV panellerin toz kaynaklı kirlenme miktarlarının PV enerji sistemlerinin tesis edildiği coğrafyaya göre büyük ölçüde değişebildiği anlaşılmaktadır. Bu durum, PV sistemlerinin toz faktöründen etkilenme düzeyine ilişkin farklı bölgelerde farklı yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiş birçok çalışma yapılması gereğini doğurmaktadır. Bu amaçla bu çalışmada, Batman/Türkiye ilinde toz birikiminin PV panel verimi üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılmış ve sonuçları sunulmuştur.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1 Deneysel Setinin Tanıtımı

Deneysel çalışmalar, karasal iklime sahip ve tozlanma faktörü yüksek olarak bilinen Batman ilinde, 37°54'12'' Kuzey ve 41°07'47'' Doğu koordinatlarında bulunan Batman Üniversitesi Merkez Kampüsünde, yakın ve uzak gölgelenme unsurlarından etkilenmeyecek şekilde bir binanın çatı katında kurulan deneysel seti üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmada, Şekil 1'de gösterilen 90 Wp gücünde 2 adet mono-kristal silikon panel kullanılmıştır. Paneller güney yönüne bakacak şekilde 32° eğim açısıyla konumlandırılmıştır.



Şekil 1. Deneysel çalışmada kullanılan PV paneller

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

PV panellerin en önemli karakteristik özellikleri, panelin üreteceği maksimum güç (P_{max}), kısa devre akımı (I_{sc}), açık devre gerilimi (V_{oc}), optimum yük değeri altında üretilen gerilim (V_{mp}) ve akım (I_{mp}) değerleridir. Bu değerler STC'de (STC: Standard Test Conditions) elde edilen değerler olup PV panellerin etiket değerleri olarak sunulmaktadır. Deneysel çalışmada kullanılan PV panellere ait karakteristik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan PV panellere ait karakteristik özellikler

Maksimum güç (P_{max})	90 W
Optimum işletme akımı (I_{mp})	5.233 A
Optimum işletme gerilimi (V_{mp})	17.2 V
Kısa devre akımı (I_{sc})	5.848 A
Açık devre gerilimi (V_{oc})	22 V
Ağırlık	8.5 kg
Ebat	910*670*35 mm
AM= 1.5 E=1000 W/m ² To=25 C°	

Karakteristik özellikleri verilen PV paneller, STC'de yukarıda sunulan değerleri üretmekle beraber, STC dışındaki ortam şartlarında daha düşük güçler üreteceklerdir. Panellerin üretecekleri güç miktarı, temelde STC değerleri olarak belirtilen AM (Air Mass: Hava kütlesi), E (Işınım miktarı) ve To (İşletme sıcaklığı) değişkenlerine bağlı olup, bu değişkenleri endirekt olarak etkileyen nem, toz, yakın ve uzak gölgeleme unsurları, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve yönü gibi faktörler de PV panellerin ürettikleri güç değerini değiştirmektedirler. Bu nedenle, PV sistemlerle ilgili yapılan deneysel çalışmalarda, panellerden alınan güç değerleri ile beraber bu değerlerin elde edildiği meteorolojik büyüklüklerin de eş zamanlı olarak ölçülmesi hedeflenir. Bu deneysel çalışmada, PV panellerin ürettikleri güç değerini ölçmek üzere kullanılan data logger, eş zamanlı olarak ortamın global radyasyon değerini, hava sıcaklığını, bağıl nem oranını, rüzgâr hızını ve yönünü ölçmek üzere programlanmıştır. Kullanılan meteoroloji istasyonu ekipmanları ve data logger Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Meteoroloji istasyonu ve data logger

Deneysel çalışmada sensör bilgilerini ölçmek üzere Cambell Scientific firmasının CR1000 model data-loggeri kullanılmıştır. Hava sıcaklığı ve bağıl nem oranının ölçülmesi için Cambell Scientific firması tarafından üretilen HC2S3 probu kullanılmıştır. Ürünün ısı sensörü -40 ile +60 °C, nem algılayıcısı ise 0 ile %100 RH aralığında ölçüm yapabilmektedir. Rüzgâr yönü ve rüzgâr hızını ölçmek üzere 3 kupa tasarımına sahip NRG Systems tarafından üretilen 40C hız sensörü ve 200P yön sensörü kullanılmış olup bu hız sensörü 96 m/s'ye kadar ölçüm yapabilmektedir.

PV enerji dönüşümü ile ilgili yapılan deneysel çalışmalarda, PV panellerin ürettikleri enerjilerin ölçülmesi için farklı yaklaşımlar söz konusudur. Bunlardan en gerçekçi yaklaşım, PV panellerin maksimum güç noktası izleyici (MPPT) devreler içeren inverter sistemleriyle beraber kullanılarak AC şebekesine basılan enerjinin güç analizörleri aracılığıyla ölçülmesi ve izlenmesi şeklindedir. Ancak bu tür deneylerin yapılabilmesi orta veya büyük ölçekli PV dizilerinin kurulmasını gerektirmektedir. İkinci bir yöntem, özellikle aynı işletme şartları altında çalışan PV panellerin enerji dönüştürme oranları arasında bir mukayese yapılmasına yönelik çalışmalarda, PV panellerin açık devre gerilimleri ve kısa devre akımlarının ölçülmesi esas alınmaktadır. Bu yöntemin iki önemli dezavantajı vardır: Birincisi, yarı iletken teknolojisine dayalı çalışan PV hücrelerin açık devre gerilimi ve kısa devre akımlarının anlık olarak PV panel gücünü temsil etmedeki başarımıdır. Sağlıklı sonuçların elde edilebilmesi için deneylerde kullanılan PV panelin üretiminde kullanılan hücrelerin karakteristik özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Bir diğer dezavantaj ise, kısa devre akım değerinin ölçülmesinin ve kaydedilmesinin data loggerlarla yapılmak istenmesi halinde hassasiyetleri çok iyi olmayan akım sensörlerinin kullanılması gerekliliğidir. PV panellerin ürettikleri enerjiyi ölçme konusunda en sık kullanılan yöntemlerden biri de panellerin rezistif karakterde bir yükü beslemesi şeklindedir. Bu yöntemin en önemli dezavantajı, panellerin beslediği sabit omaj değerine sahip yüklerin panellerden alınabilecek anlık maksimum güce göre uygun bir değerde olmayabileceğidir. Ancak aynı işletme şartları altında çalışan PV panellerle ilgili, tozlanma, soğutma gibi faktörlerin verime olan etkilerinin araştırılmasında bu yöntemi kullanmada bir sakınca yoktur.

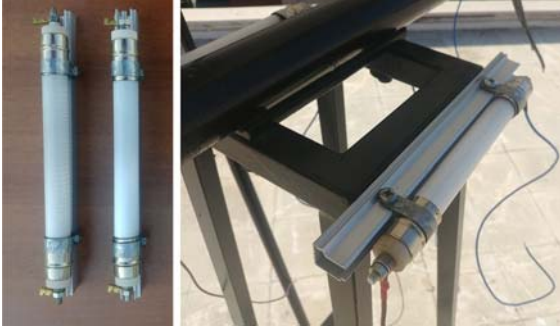
Bu deneysel çalışmada PV paneller, sabit değerde rezistif yükleri beslemek üzere kurgulanmıştır. Şartların her iki PV panel için eşit olabilmesi için tasarlanan dirençlerin olabildiğince birbirine yakın olması gerekmektedir. Kullanılan paneller standart koşullarda 90 W güç ürettiklerinden dolayı, optimum işletme gerilimde 90 W güç tüketen bir yük tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu yükler 17,2 V gerilim altında 5,233 A akım çekebilecek şekilde yaklaşık 3,25 Ω değerinde tasarlanmıştır. Tasarlanan rezistif yükte krom nikel CN80 (%80 Ni, %20 Cr) malzemesi kullanılmıştır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

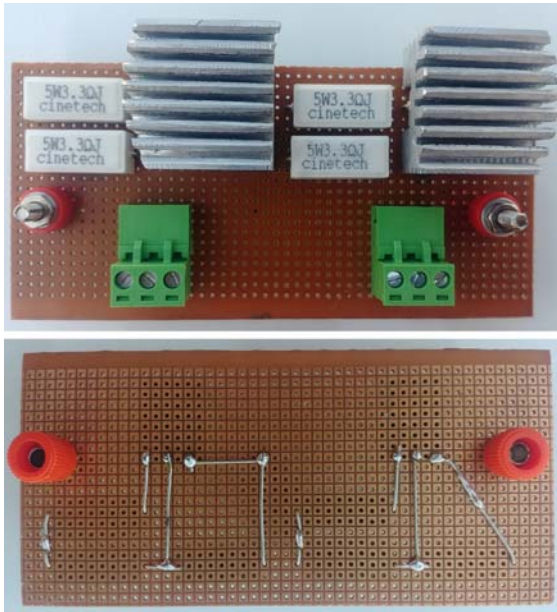
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Bu alaşım, ısıl direnç katsayısı $\alpha=0,00014$ ($1/^\circ\text{C}$) değeriyle en düşük alaşımlardan olup direnç değeri sıcaklıkla çok az değişmektedir. Tasarlanan ve gerçekleştirilen yüklere ait görüntü Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Rezistif yükler

Deneysel çalışmada elektriksel büyüklüklerin ölçülmesi için kullanılan CR1000 model data logger 0-5 V aralığındaki sinyalleri ölçebilecek özelliktedir. Ancak kullanılan PV panelin karakteristik özelliklerine göre farklı ışınımlarda 0 ila 17,2 V aralığında gerilim ürettiği görülmektedir. Data logger'ın bu gerilim değerlerini ölçüp kaydedebilmesi için, ölçülen panel geriliminin data logger'ın ölçme sınırları içine indirgenmesi gerekmektedir. Bu amaçla Şekil 4'te görülen gerilim bölücü devre tasarlanmıştır ve gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Gerilim bölücü devre

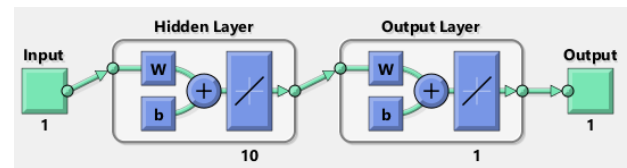
Gerilim bölücü devrenin tasarımında yüksek wattlı seramik dirençler kullanılmıştır ancak buna rağmen bazı dirençlerin akım etkisinden dolayı fazla ısındığı tespit edilince dirençlerin sağlıklı çalışması ve zarar görmemesi için alüminyumdan yapılmış pasif soğutucular kullanılmıştır. Soğutucular ile dirençler arasında ısı transferinin iyileştirilmesi amacıyla termal macun kullanılmıştır. Gerilim bölücü devre, normal ve tozlandırılmış PV panellerin beslediği yüklere paralel bağlı olup yaklaşık 0 ile 2500 mV arasında değişen düşük gerilim uçları data logger'a bağlanmıştır. PV panellerin ürettiği gerçek

gerilim değerleri, gerilim bölücü devrede kullanılan seramik dirençlerin değeriyle belirlenen dönüştürme katsayısı kullanılarak tespit edilmiştir.

2.2 Yöntem

PV enerji sistemlerinde toz ile ilgili yapılan en önemli zorluklar biri, birim alanı birim zamanda kaplayan toz miktarının tespit edilmesidir. Çünkü herhangi bir coğrafyada tozlanma eğilimi, yıl içindeki hava sıcaklığı, toprağın ve havanın nem miktarı, ilgili lokasyona yakın arazilerin toprak yapısı, rüzgârın esme yönü ve hızı, yağış rejimi gibi birçok meteorolojik değişkene bağlıdır. Dolayısıyla belirli bir bölgede birim alana düşen toz miktarının tespit edilmesi etkili bir yöntemle beraber bir dizi hassas ölçme işlemi gerektirmektedir. Buna rağmen kısa vadede elde edilecek sonuçların bir yılın geneline yayılacak hassasiyette olamayacağı bilinmelidir. Çünkü mesela 1 hafta boyunca birim alana gelen toz miktarı, bir sonraki 1 hafta boyunca gelecek toz miktarından farklı olabilir. Bu olumsuzluğun önüne geçmek için, PV panellerin çok uzun süreler için testlere tabi tutulmaları gerekir ki Guo ve arkadaşlarının Doha'da bu yöntemle yaptıkları çalışmada [7], yağın yağmurun tüm panelleri temizlemesi, hedeflenen çalışma sürelerinin kısalmasına neden olmuştur. Bundan dolayı bu çalışmada her ne kadar Batman ilinde birim alana birim zamanda düşen toz miktarı günlük olarak ölçülmüşse de, elde edilen verilerin gün bazında değil, daha iyi bir yaklaşım olarak panel yüzeyini kaplayan değişik toz miktarlarının panel verimi üzerindeki etkileri olarak değerlendirilmesi daha doğru olacaktır.

PV panel yüzeyine birim zamanda düşen toz miktarını ölçmek üzere, paneller tozlanma eğiliminin çok yüksek olduğu yaz ayında doğal tozlanmaya maruz bırakılmıştır. Panel yüzeyine düşen toz miktarları 1, 2, 3, 4 ve 5 günlük olacak şekilde ölçülmüştür. Tozların kütlelerinin ölçülmesinde 0,001 gr hassasiyetinde dijital bir terazi kullanılmıştır. 1 aylık ve 6 aylık tozlanma miktarının ölçülmesi oldukça zaman alacağından bu miktarlar hesap yoluyla bulunmaya çalışılmıştır. Bu toz miktarlarının hesaplanması için 5 zaman dilimine ait tozlanma verileri üzerinde Polinomal Regresyon, Lineer Regresyon ve Yapay Sinir Ağları (YSA) olmak üzere üç farklı yöntem kullanılmış olup MSE (MSE: Mean Squared Error) performans parametresine göre en iyi tahminleme yönteminin, geliştirilen YSA modeli olduğu görülmüştür. Kullanılan YSA modelinin mimari yapısı Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Kullanılan YSA modelinin mimari yapısı

Çalışmada elde edilen veri seti sınırlı olduğundan YSA'yı test etme sürecinde birçok mimari yapı

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

incelenmiş ve analizler MSE performans ölçütlerine göre detaylı bir şekilde yapılmıştır.

Literatürde PV hücre ve modüllerin modellenmesinde, PV panellerin ürettikleri gücün tahmininde, I-V karakteristiklerinin saptanması ve MPPT tekniklerinin uygulanmasında sağladığı başarı nedeniyle kullanılan YSA yönteminde bu çalışma kapsamında en iyi tahminlemenin ağ tipi olarak İleri Beslemeli Geriye Yayılımlı algoritma (FFBNN: Feed Forward Back Propagation Neural Network) ve öğrenme sürecinde hataya dayalı performans fonksiyonu Levenberg-Marquardt (LM) algoritması kullanılması durumunda gerçekleştiği görülmüştür. Yapılan testlere göre en iyi model; bağımsız değişken olarak gün sayısının yer aldığı girdi katmanı, 10 nörondan oluşan ve lineer transfer fonksiyonunun yer aldığı 1 gizli katman ve yine lineer transfer fonksiyonu içeren bir çıktı katmanı şeklinde elde edilmiştir. Eğitilen ağınlık katsayıları ve sapma değerlerine göre 180 farklı gün için toz birikme miktarları tahmin edilmiştir.

Bilindiği üzere PV paneller gölgelenme durumunda gölgelenmenin etkinliğine bağlı olarak ya hiç enerji üretmezler ya da üretmeleri gereken enerjiden daha az enerji üretirler. Kısmi gölgeleme olaylarında ise, PV paneli oluşturan hücrelerden bir tanesinin tamamen veya kısmen gölgelenmiş olması da, panelin toplam verimini ciddi şekilde etkileyebilmektedir. Bunun sebebi, P ve N olarak katkılanmış silisyum tabakalarının jonksiyonundan oluşan PV hücrelerin tipik bir diyot karakteristiği göstermeleridir. Seri bağlı diyot grubunda herhangi bir diyotun kesime gitmesinin tüm seriyi kesime götürmesi gibi, genellikle hücrelerin seri bağlantısıyla elde edilen PV panellerde de bir hücrenin enerji üretmemesi, bütün bir panelin enerji üretmemesine sebep olmaktadır. Herhangi bir önlem alınmadığı sürece, bir PV panelin toplam verimi, paneli oluşturan hücrelerden en düşük olanın verimine eşit olduğu söylenebilir. Bu önemli hususun önüne geçmek için by-pass diyotları kullanılır. Kullanılacak by-pass diyotlarının sayısı, PV paneli oluşturan hücreler arasında

meydana getirilen grup sayısına bağlıdır. Esasen en ideal yöntem her hücre için bir by-pass diyotu kullanmak ise de, bunun uygulamada doğuracağı zorluklardan dolayı, genellikle bir PV panel için 2 veya 3 adet by-pass diyotu kullanılmaktadır. By-pass diyotlarının kullanılması durumunda kısmi bir gölgeleme halinde, tüm panel yerine sadece gölgelenen hücrenin içinde bulunduğu hücre grubunun ürettiği enerji değeri etkilenmektedir.

Yapılan çalışmada panellerin yapay olarak tozlandırılması işleminde tozun bütün bir panel yüzeyine homojen olarak dağıtılması çok büyük zorluklar çıkardığından, sadece bir hücreyi kapsayacak tozlandırma uygulaması yapılmıştır. Bir hücrenin panelin tüm verimini etkilemesi ve belirlemesi için her iki PV panelde bulunan 2 adet by-pass diyotu sökülmüştür. Kullanılan PV panellerin yüzey alanı 5785 cm²'dir. Bu panellerde yatayda 4 ve dikeyde 9 olmak üzere toplam 36 adet hücre bulunmaktadır. Tozlandırılacak yüzey alanı, ışık sızmalarının etkilerinin asgariye indirilmesi için bir hücrenin boyutundan biraz daha yüksek tutularak 218,4 cm² olarak tespit edilmiştir. Şekil 6'da doğal tozlanmaya maruz kalan ve temizlenmiş bir panel ile birlikte yapay olarak tozlandırılmış bir hücre gösterilmiştir.



Şekil 6. Temiz ve tozlu panel – Tozlandırılmış hücre

Ölçülen 5 günlük toz miktarı ile ve gün bazında ölçülen verilerin geliştirilen YSA modeli ile işlenmesi sonucunda tahmin edilen 1 aylık ve 6 aylık toz birikim miktarlarına ilişkin değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Gün sayısına göre toz birikme miktarları

Gün sayısı	Panel boyutları (cm)	Panel alanı (cm ²)	Hücre boyutları (cm)	Hücre alanı (cm ²)	Panelde düşen toz miktarı (gr)	Hücre başına toz miktarı (gr)
5 Günlük	65x89	5785	19,5x11,2	218,4	0,487	0,0184
1 Aylık	65x89	5785	19,5x11,2	218,4	2,668	0,1007
6 Aylık	65x89	5785	19,5x11,2	218,4	15,707	0,593

PV panellerin gerilim değerleri ve meteorolojik sensörlerden gelen veriler, 5 dakikalık periyotlarla 5 saniyede bir alınan verilerin ortalaması olarak kaydedilmiştir. Ancak grafiklerin daha anlaşılır olması için elde edilen bu veriler 15'er dakikalık periyotlarla oluşturulmuştur.

Deneylerin gerçekleştirilmesi sürecinde yapay tozlandırma aşamasında, tozun hücre yüzeyine homojen dağıtılması işleminde zorluklar yaşanmıştır. Ayrıca toz

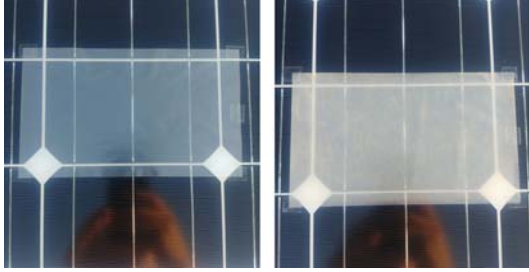
miktarının büyük olduğu 1 aylık ve 6 aylık testlerinin gerçekleştirilmesinde, hücre yüzeyindeki tozların rüzgârla azalarak sonuçların yanlış çıkması riskini doğurmuştur. Bunun engellenmesi için 1 aylık ve 6 aylık testler gerçekleştirilirken ilgili toz miktarları iki katlı şeffaf naylon bir yapı içine homojen dağıtılarak, hücre yüzeyi bu yapı ile kaplanmıştır. Ancak bu işlem yapılmadan önce bu şeffaf yapının da tek başına panel verimi üzerindeki etkisi olacağı bilindiğinden, 1 gün boyunca bu etkinin değerini tespit etmek üzere testler

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

yapılmıştır. Şeffaf dosyanın tek başına panel verimini % 8 civarında düşürdüğü görülmüştür. 1 aylık ve 6 aylık toz testleri yapılırken, temiz panelde de de iki katlı ancak içinde toz bulunmayan naylon yapı kullanılmıştır. Her iki panelin ürettiği güç değerlerine şeffaf naylon yapının etkisi yansıtılarak hesaplamalar yapılmıştır. Kullanılan şeffaf yapının temiz ve 1 ay için yapay tozlandırılmış hücre üzerindeki görüntüsü Şekil 7’de verilmiştir.



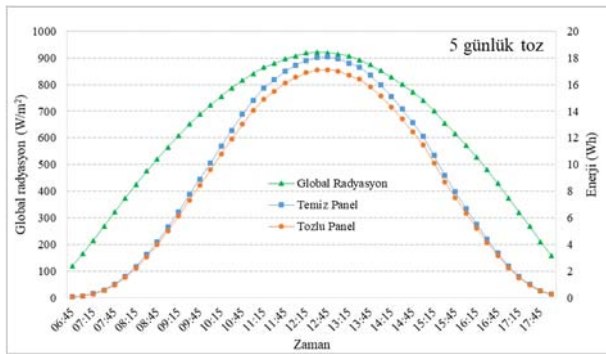
Şekil 7. Şeffaf yapıların hücre üzerindeki görüntüsü

3. BULGULAR

DeneySEL çalışmada doğal tozlanmaya bırakılan PV panellerin yüzey alanını birim zamanda kaplayan toz miktarları 1, 2, 3, 4 ve 5 günlük toz birikimi olarak sınıflandırılmıştır. Bu toz miktarları ve gün sayısı arasındaki korelasyonu incelemek ve uzun vadeler için birikecek toz miktarını tahmin etmek üzere geliştirilen YSA modeli sayesinde 1 ay ve 6 ay boyunca birikecek toz miktarları da gram cinsinden tespit edilmiştir. Elde edilen veriler Tablo 2’de sunulmuştur. Çalışmanın bu kısmında temiz PV panel ile 5 günlük, 1 aylık ve 6 aylık toz birikimi gerçekleşmiş PV panelin verimliliği karşılaştırılmıştır.

3.1 5 günlük toz birikiminin PV panel verimine etkisi

Temiz ve tozlandırılmış bu PV panellerin ürettikleri enerji değerleri 1 gün boyunca ölçülmüştür. Ölçümlerden alınan sonuçlara göre, temiz ve tozlu panelin ürettikleri enerji değerleri, ilgili güne ait ışınım değeri ile beraber Şekil 8’de grafik olarak sunulmuştur.



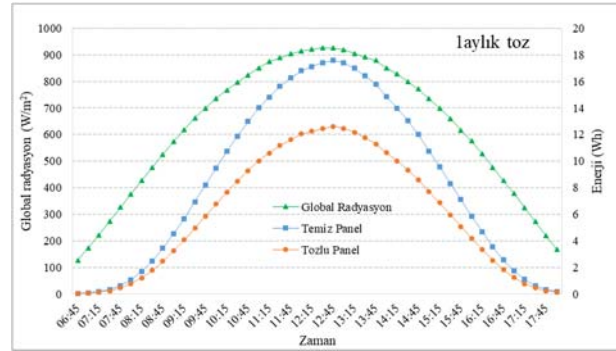
Şekil 8. 5 günlük toz için temiz ve tozlu panel enerji üretimi

Yapılan ölçümlere göre, 5 günde panel yüzeyi üzerinde 0,487 gr toz birikmiştir. Takip edilecek yöntem gereği

tozlandırılacak 1 hücrenin üzerine düşen toz miktarı 0,0184 gr olarak hesaplanmıştır. Doğadan toplanmış ve elenmiş şehirselle toz numuneleri 0,001 gr hassasiyetinde bir terazi ile tartılmış ve tozlandırılacak hücrenin yüzeyine olabildiğinde homojen olarak dağıtılmıştır. Temiz panelden elde edilen en yüksek enerji 18,063 Wh ile saat 12:45’te ölçülmüştür. 5 gün boyunca şehirselle tozlanmaya maruz bırakılan panelde ölçülen en yüksek enerji 17,128 Wh ile saat 12:45’te ölçülmüştür. Her iki panel için de en yüksek enerji miktarına ulaşılan saat 12:45’te rüzgâr hızı; 2,18 m/sn, hava sıcaklığı 37,24 °C, nem miktarı % 35,21 ve global radyasyon değeri 920 W/m² olarak ölçülmüştür.

3.2 1 aylık toz birikiminin PV panel verimine etkisi

Temiz ve 1 aylık toz miktarıyla tozlandırılmış PV panellerin ürettikleri enerji değerleri 1 gün boyunca ölçülmüştür. Ölçümlerden alınan sonuçlara göre, temiz ve tozlu panelin ürettikleri enerji değerleri, ilgili güne ait ışınım değeri ile beraber Şekil 9’da grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 9. 1 aylık toz için temiz ve tozlu panel enerji üretimi

1 ay boyunca şehirselle tozlanmaya maruz bırakılan panelde ölçülen en yüksek enerji 12,602 Wh olarak saat 12:45’te ölçülmüştür. Her iki panel içinde en yüksek enerji miktarına ulaşılan saat 12:45’te rüzgâr hızı; 1,08 m/sn, hava sıcaklığı 35,3 °C, nem miktarı %27,66, global radyasyon değeri 925,3 kW/m² olarak ölçülmüştür.

3.3 6 aylık toz birikiminin PV panel verimine etkisi

Temiz ve 1 aylık toz miktarıyla tozlandırılmış PV panellerin ürettikleri enerji değerleri 1 gün boyunca ölçülmüştür. Ölçümlerden alınan sonuçlara göre, temiz ve tozlu panelin ürettikleri enerji değerleri, ilgili güne ait ışınım değeri ile beraber Şekil 10’da grafik olarak sunulmuştur.

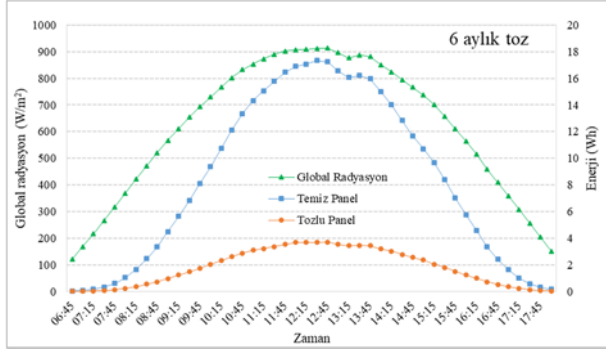
Temiz panelden elde edilen en yüksek enerji 17,332 Wh ile saat 12:30’da ölçülmüştür. 6 ay boyunca şehirselle tozlanmaya maruz bırakılan panelde ölçülen en yüksek enerji 3,717 Wh ile saat 12:45’te ölçülmüştür. Temiz panel için en yüksek enerji miktarına ulaşılan saat 12:30’da, rüzgâr hızı; 0,63 m/sn, hava sıcaklığı 36,39 °C, nem miktarı % 26,28, global radyasyon değeri 912

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

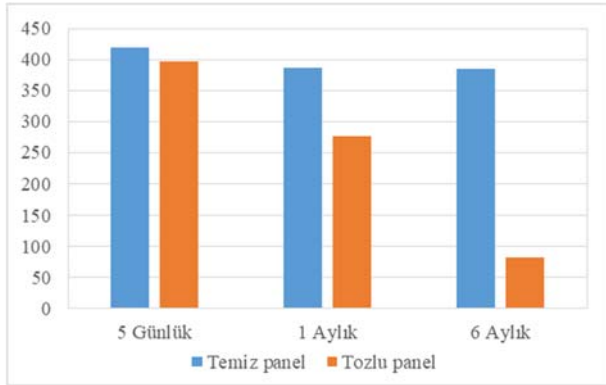
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

kW/m² olarak kaydedilmiştir. Şehrsel tozlanmaya maruz kalan panel için en yüksek enerji miktarına ulaşılan saat 12.45'te, rüzgar hızı 1,46 m/sn, hava sıcaklığı 39,54 °C, nem miktarı % 25,38, global radyasyon değeri 913 kW/m² olarak ölçülmüştür.



Şekil 10. 6 aylık toz için temiz ve tozlu panel enerji üretimi

Şekil 8, 9 ve 10'da, 5 günlük, 1 aylık ve 6 aylık süreler için tozlandırılmış PV paneller ve eş zamanlı olarak temiz PV panelden elde edilen enerji değerlerinin, günlük bazda kümülatif enerji değeri olarak Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11. Farklı toz miktarları için kümülatif enerjiler

Şekil 15'e göre, 5 günlük toz miktarı ile yapılan ölçümlere göre PV panelden elde edilen toplam enerji miktarı 396,681 Wh'tir. Aynı gün ve aynı ortam şartlarında temiz PV panelden bir gün boyunca elde edilen toplam enerji miktarı 418,336 Wh'tir. 1 aylık toz miktarı ile yapılan ölçümlere göre PV panelden elde edilen toplam enerji miktarı 276,807 Wh iken, aynı gün ve aynı ortam şartlarında temiz PV panelden bir gün boyunca elde edilen toplam enerji miktarı 386,725 Wh'tir. 6 aylık toz miktarı ile yapılan ölçümlere göre PV panelden elde edilen toplam enerji miktarı 82,723 Wh iken, aynı gün ve aynı ortam şartlarında temiz PV panelden bir gün boyunca elde edilen toplam enerji miktarı 384,257 Wh'tir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, Batman ilinde tozlanmaya maruz kalan PV paneller üzerinde biriken şehrsel tozun PV enerji dönüşümüne olan etkisi farklı toz miktarları için

hesaplanmıştır. Temiz ve tozlanan panelin ürettiği enerji değerleri ölçülerek, tozlanmanın verime olan etkisi hesaplanmış ve grafiklerle ifade edilmiştir. Bu çalışmanın, coğrafi konumu ve meteorolojik değerlerine göre özellikle yaz mevsiminde büyük miktarlarda tozlanma olayının meydana gelebildiği Batman ilinde şehir merkezi veya şehir merkezine yakın bölgelere tesis edilen veya edilmesi planlanan PV uygulamalarına katkı sunacağı düşünülmektedir. Çalışmada günlük toz miktarları kütle cinsinden de ifade edilerek, Batman ili dışındaki herhangi bir bölgede tesis edilen PV uygulamalarına da ışık tutması hedeflenmiştir.

Özellikle uzun zaman boyunca yağış almayan bölgelerde PV panellerin tozlanmasından dolayı meydana gelen kayıpların önüne geçmek için panel yüzeylerinin belli periyotlarla temizlenmesi gereklidir. Ancak büyük ölçekli santrallerde temizlik işlemi, kullanılan temizlik sıvıları ve işçilik giderlerinden dolayı önemli maliyetler doğurabilmektedir. Çalışmada elde edilen bulgular kullanılarak, temizlik işlemi yapılacak santralin boyutuna göre optimum temizleme periyotları tespit edilebilir ve bu sayede daha büyük kazançlar sağlanabilir. Çalışmada elde edilen bazı önemli sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

Tozlanmaya maruz kalan PV panellerde önemli büyüklüklerde verim kaybı yaşanabilmektedir.

Panel yüzeyinde biriken toz miktarı zamana göre doğrusal artmayıp; birim alana düşen toz miktarı zamanla azalma eğilimi göstermektedir. Bunun nedeninin panel yüzeyinde belli bir miktarda toz birikmesinden sonra panel yüzeyine gelen yeni toz partiküllerinin tutunma kabiliyetinin azalması olduğu düşünülmektedir.

Temiz PV panel ile 5 günlük tozla kaplanmış PV panelden bir gün boyunca elde edilen toplam enerji miktarları arasındaki fark 21,655 Wh'tir. Buna göre tozlanmış panelde, temiz panele göre % 5,26 oranında verim kaybı meydana gelmiştir.

Temiz PV panel ile 1 aylık tozla kaplanmış PV panelden bir gün boyunca elde edilen toplam enerji miktarları arasındaki fark 109,918 Wh'tir. Buna göre tozlanmış panelde, temiz panele göre % 28,49 oranında verim kaybı meydana gelmiştir.

Temiz PV panel ile 6 aylık tozla kaplanmış PV panelden bir gün boyunca elde edilen toplam enerji miktarları arasındaki fark 301,534 Wh'tir. Buna göre tozlanmış panelde, temiz panele göre % 78,38 oranında verim kaybı meydana gelmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Koç, E. ve Şenel, M. C., 2013, Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme, *Mühendis ve Makina*, 54(639), 32-44.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- [2] Varınca, K. B., & Gönüllü, M. T. (2006). Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma. *Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 21-23.
- [3] Kayri, İ. (2017). Güneş panelleri ile üretilen enerjinin ortam bilgileri kullanılarak yapay sinir ağlarıyla tahmini, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- [4] Ndiaye, A., Kébé, C. M., Ndiaye, P. A., Charki, A., Kobi, A., & Sambou, V. (2013). Impact of dust on the photovoltaic (PV) modules characteristics after an exposition year in Sahelian environment: The case of Senegal. *International Journal of Physical Sciences*, 8(21), 1166-1173.
- [5] Said, S. A., & Walwil, H. M. (2014). Fundamental studies on dust fouling effects on PV module performance. *Solar Energy*, 107, 328-337.
- [6] Qasem, H., Betts, T. R., & Gottschalg, R. (2011, June). Effect of shading caused by dust on cadmium telluride photovoltaic modules. In *2011 37th IEEE Photovoltaic Specialists Conference* (pp. 003199-003204). IEEE.
- [7] Ju, F., & Fu, X. (2011). Research on impact of dust on solar photovoltaic (PV) performance. *2011 International Conference on Electrical and Control Engineering*, 3601-3606.
- [8] Guo, B., Javed, W., Figgis, B. W., & Mirza, T. (2015, March). Effect of dust and weather conditions on photovoltaic performance in Doha, Qatar. In *2015 First Workshop on Smart Grid and Renewable Energy (SGRE)* (pp. 1-6). IEEE.
- [9] Ghazi, S., Sayigh, A., & Ip, K. (2014). Dust effect on flat surfaces—A review paper. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 742-751.
- [10] Ghazi, S., Ip, K., & Sayigh, A. (2013). Preliminary study of environmental solid particles on solar flat surfaces in the UK. *Energy Procedia*, 42, 765-774.
- [11] Mazumder, M. K., Sharma, R., Biris, A. S., Zhang, J., Calle, C., & Zahn, M. (2007). Self-cleaning transparent dust shields for protecting solar panels and other devices. *Particulate Science and Technology*, 25(1), 5-20.
- [12] Adıgüzel, E. (2018). Farklı boyutlardaki toz partiküllerinin fotovoltaik panellerin verimliliği üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- [13] Sonsuz, O. (2020). Fotovoltaik sistemler için Hatay iklim şartlarında bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul.

COMPARATIVE PERFORMANCE EVALUATION OF RECENT AND EFFECTIVE METAHEURISTIC ALGORITHMS

Davut İZCİ

Batman University, Department of Electronics and Automation, 72060 Batman, Turkey

e-mail: davut.izci@batman.edu.tr

Abstract: The focus of this paper is to present a comparative evaluation of some of the recently reported metaheuristic algorithms with demonstrated good performance. In this regard, recent reported metaheuristic algorithms named manta ray foraging optimization, slime mould algorithm, aquila optimizer and hunger games search algorithm have been selected for comparison. All those algorithms have been comparatively assessed against well-known unimodal benchmark functions of Sphere, Schwefel 2.22, Schwefel 1.2, Schwefel 2.21, Rosenbrock, Step and Quartic along with multimodal functions of Schwefel, Rastrigin, Ackley, Griewank, Penalized and Penalized2. This paper aims to draw a conclusion in terms of intensification and diversification abilities of those algorithms Using the statistical values of mean, standard deviation, best, worst and rank, this paper discusses the performances and attempts to provide a conclusion regarding the intensification and diversification abilities of the algorithms. Lastly, the paper provides the potential pathways that can be followed in future works in order to achieve the algorithms with better capabilities.

Keywords: Metaheuristic algorithms, Benchmark functions, Optimization.

Introduction

Achieving optimal solutions for a specific problem is a crucial task in all fields of study [1]. Optimal solution can be achieved via determining the corresponding input variables [2]. The latter case can be satisfied by employment of an optimization algorithm which performs efficient searches for optimal solution [3]. Due to such a capability, a growing interest can be observed in terms of optimization algorithms.

One way of dealing with optimization problems is to adopt deterministic algorithms which are using traditional mathematical programming [1]. However, they are posing a significant disadvantage in terms of achieving feasible or optimal solutions. Because such techniques suffer from converging local minimum [4]. As this is a significant issue, researchers in the field have been eager to put a lot of effort to develop stochastic counterparts [3] as the latter ones can intrinsically avoid trapping in local optima, due to stochastic nature, compared to deterministic methods.

In terms of stochastic methods, metaheuristic algorithms have a unique place as their implementation to problems of different natures are straightforward [5]. Because the metaheuristic algorithms treat the problems with any kind as black boxes which is a significant flexibility.

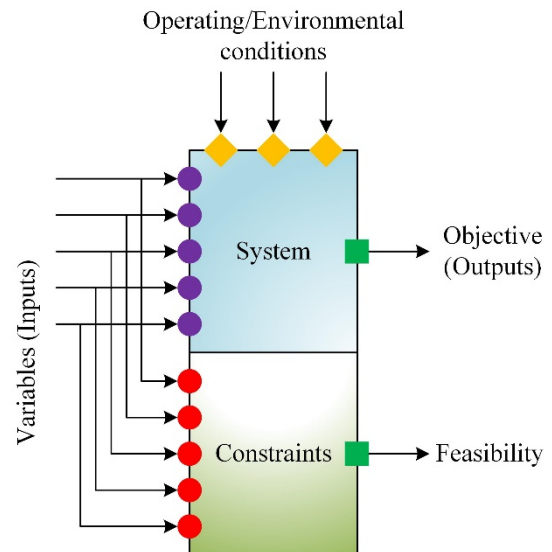


Figure 1. The components of a metaheuristic algorithm

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

In this way, they attempt to find the best solution by iteratively searching and comparing feasible solutions.

Figure 1 provides an illustrative explanation of this concept by considering the different components of an algorithm. As can also be seen from the related figure, the metaheuristic algorithms provide the system (black box) with variables (inputs). Then, they observe the outputs (objective) of the system iteratively and updates the variables stochastically based on the observed outputs. This process keeps continuing until the termination condition is met. Meanwhile, the constraints, shown in the figure, represent the limitations that are applied to the system.

This paper considers the aforementioned advantages of the metaheuristic algorithms and aims to provide a comparative evaluation amongst recently reported metaheuristic algorithms with good optimization abilities. In this regard, manta ray foraging optimization algorithm [6], slime mould algorithm [7], aquila optimizer [4] and

hunger games search algorithm [8] are employed and their performances are evaluated against well-known unimodal (Sphere, Schwefel 2.22, Schwefel 1.2, Schwefel 2.21, Rosenbrock, Step, Quartic) and multimodal (Schwefel, Rastrigin, Ackley, Griewank, Penalized, Penalized2) benchmark functions [9]. Using those benchmark functions, the performance of the employed algorithms is evaluated in terms of intensification and diversification.

Benchmark Functions

This paper employs the unimodal and multimodal benchmark functions listed in Tables 1 and 2, respectively [9]. The name, lower bound, LB , upper bound, UB , dimension size, D , and the optimum value, F_{min} , of each test function are provided in the respective tables. Those benchmark functions are well-known test functions with unimodal and multimodal natures and provide a good platform for performance evaluation of the algorithms in terms of intensification and diversification, respectively [10].

Table 1. Details of the adopted unimodal benchmark functions

Function name	LB	UB	D	F_{min}
Sphere (F1)	-100	100	30	0
Schwefel 2.22 (F2)	-10	10	30	0
Schwefel 1.2 (F3)	-100	100	30	0
Schwefel 2.21 (F4)	-100	100	30	0
Rosenbrock (F5)	-30	30	30	0
Step (F6)	-100	100	30	0
Quartic (F7)	-1.28	1.28	30	0

Table 2. Details of the adopted multimodal benchmark functions

Function name	LB	UB	D	F_{min}
Schwefel (F8)	-500	500	30	$-418.9829 \times D$
Rastrigin (F9)	-5.12	5.12	30	0
Ackley (F10)	-32	32	30	8.881E-16
Griewank (F11)	-600	600	30	0
Penalized (F12)	-50	50	30	1.5705E-32
Penalized2 (F13)	-50	50	30	0

Metaheuristic Algorithms

In this paper, four of the recently reported metaheuristic algorithms are considered for performance assessment as they have been proven to have greater promise for optimization problems.

The first employed metaheuristic algorithm is named manta ray foraging optimization (MRFO) [6] algorithm which is one of the recently reported bio-inspired

metaheuristic algorithms that have been proposed for real-world engineering optimization problems. The second employed metaheuristic algorithm is named slime mould algorithm (SMA) [7] which is one of the recently formulated and bio-inspired metaheuristic algorithm mimicking the foraging behavior of slime moulds. The third employed algorithm is named aquila optimizer (AO) [4] which is another recently reported and nature inspired algorithm. The latter one mimics the hunting behavior of the aquila mathematically.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Table 3. Details of the recent metaheuristic algorithms employed for comparison

Algorithm	Population size	Iteration number	Other parameters
MRFO [6]	50	1000	$S = 2$
SMA [7]	50	1000	$z = 0.03$
AO [4]	50	1000	$\alpha = 0.1, \delta = 0.1$
HGS [8]	50	1000	$l = 0.03, LH = 100$

Table 4. Statistical results obtained from unimodal benchmark functions

Function	Metric	MRFO	SMA	AO	HGS
Sphere (F1)	Mean	0	0	2.1141E-207	0
	StDev	0	0	0	0
	Best	0	0	5.8821E-309	0
	Worst	0	0	6.3423E-206	0
	Rank	1	1	4	1
Schwefel 2.22 (F2)	Mean	0	9.3001E-231	1.9547E-146	2.7183E-228
	StDev	0	0	1.0483E-145	0
	Best	0	0	9.5323E-156	0
	Worst	0	1.9722E-229	5.7453E-145	8.1444E-227
	Rank	1	2	4	3
Schwefel 1.2 (F3)	Mean	0	0	1.4532E-209	2.7260E-252
	StDev	0	0	0	0
	Best	0	0	4.2544E-315	0
	Worst	0	0	4.3597E-208	8.1781E-251
	Rank	1	1	4	3
Schwefel 2.21 (F4)	Mean	0	3.9324E-230	1.3926E-109	1.9593E-202
	StDev	0	0	7.6274E-109	0
	Best	0	0	1.3985E-156	0
	Worst	4.9407E-324	1.1760E-228	4.1777E-108	5.8277E-201
	Rank	1	2	4	3
Rosenbrock (F5)	Mean	1.7554E+01	2.1934E-01	3.5830E-04	1.3842E+01
	StDev	7.2837E-01	1.7929E-01	7.0920E-04	1.1496E+01
	Best	1.6015E+01	3.2149E-04	1.3684E-06	7.8728E-07
	Worst	1.9190E+01	8.3505E-01	3.4472E-03	2.3409E+01
	Rank	4	2	1	3
Step (F6)	Mean	0	6.5097E-04	1.0281E-05	1.6073E-07
	StDev	0	3.2169E-04	1.7545E-05	3.6492E-07
	Best	0	6.6692E-06	2.6250E-07	7.8082E-10
	Worst	0	1.5789E-03	8.5325E-05	1.8597E-06
	Rank	1	4	3	2
Quartic (F7)	Mean	3.2145E-05	7.0730E-05	3.4055E-05	1.7205E-04
	StDev	2.4706E-05	6.7308E-05	3.1490E-05	2.1472E-04
	Best	1.0208E-06	1.9524E-06	2.6108E-06	1.3416E-06
	Worst	1.1617E-04	3.0345E-04	1.3380E-04	8.3114E-04
	Rank	1	3	2	4

The last employed metaheuristic algorithm is named hunger games search (HGS) algorithm [8] which is a general-purpose population-based optimization technique that simulates the collaborative interactions of individual hunger.

In this paper, the details provided in Table 3 have been considered for each algorithm. The same population size and the maximum iteration number have also been used for each individual algorithm in order to present a fair evaluation. Besides, each of the algorithm was run for 30 times independently in order to obtain the results.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Experimental results

As discussed earlier, the unimodal and multimodal benchmark functions have been considered for this work in order to draw a conclusion in terms of intensification and diversification performance of the algorithms. The statistical results, containing mean, standard deviation (StDev), best and worst, are provided in Table 4 and 5 for unimodal and multimodal test functions, respectively. The related tables also provide the ranking of each algorithm for different test functions.

Considering the results in Table 4, one can easily spot that the MRFO algorithm is ahead of all algorithms in overall in terms of intensification. It only lacks providing the best results for F5 test function. Besides, it shares the first ranking with SMA when optimizing the test functions of

F1 and F3. Although AO algorithm performs worse in general, it is ranked the first for F5 test function.

Unlike the performance indication demonstrated for unimodal test functions, all algorithms have presented the same performance for multimodal test functions of F9, F10 and F11, as shown in Table 5. The SMA and HGS algorithms share the first ranking for F8 test function whereas HGS is ranked the first alone for test function of F13. Similarly, MRFO holds the first rank for F12 test function. Considering all those results, the MRFO algorithm can clearly be seen to be ahead of other algorithms in overall.

Considering the above discussion, the MRFO algorithm can be stated to be the algorithm with the greater performance as it has an overall superiority in terms of function minimization.

Table 5. Statistical results obtained from multimodal benchmark functions

Function	Metric	MRFO	SMA	AO	HGS
Schwefel (F8)	Mean	-8.3297E+03	-1.2569E+04	-9.4275E+03	-1.2569E+04
	StDev	5.3172E+02	0	3.4541E+03	0
	Best	-9.4505E+03	-1.2569E+04	-1.2569E+04	-1.2569E+04
	Worst	-7.0617E+03	-1.2569E+04	-4.6801E+03	-1.2569E+04
	Rank	4	1	3	1
Rastrigin (F9)	Mean	0	0	0	0
	StDev	0	0	0	0
	Best	0	0	0	0
	Worst	0	0	0	0
	Rank	1	1	1	1
Ackley (F10)	Mean	8.8818E-16	8.8818E-16	8.8818E-16	8.8818E-16
	StDev	0	0	0	0
	Best	8.8818E-16	8.8818E-16	8.8818E-16	8.8818E-16
	Worst	8.8818E-16	8.8818E-16	8.8818E-16	8.8818E-16
	Rank	1	1	1	1
Griewank (F11)	Mean	0	0	0	0
	StDev	0	0	0	0
	Best	0	0	0	0
	Worst	0	0	0	0
	Rank	1	1	1	1
Penalized (F12)	Mean	5.8402E-29	5.1865E-04	3.0275E-07	1.2242E-09
	StDev	8.5084E-29	6.9176E-04	7.0029E-07	3.0109E-09
	Best	2.5194E-30	3.8662E-07	2.0487E-09	1.8327E-19
	Worst	3.2162E-28	2.7326E-03	3.2091E-06	1.6750E-08
	Rank	1	4	3	2
Penalized2 (F13)	Mean	2.4404E+00	4.0218E-04	3.3902E-06	9.4279E-09
	StDev	1.0441E+00	2.3025E-04	7.0188E-06	8.7732E-09
	Best	5.3735E-27	6.6857E-07	9.3443E-09	4.9323E-10
	Worst	2.9661E+00	8.4645E-04	3.0532E-05	3.8130E-08
	Rank	4	3	2	1

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

However, it is worth noting that this does not guarantee the greater performance of the MRFO algorithm for all available optimization problems. This can easily be concluded from the demonstrated statistical results, e.g., it is lacking well beyond the worst performed algorithm of AO in terms of minimizing F5 test function or beyond the algorithm of HGS in terms of test function of F13. Actually, those results confirm the fact presented by “no free lunch theorem” [11] despite the overall superiority of the MRFO algorithm in terms of function minimization. The related theorem states that one cannot see an algorithm which is capable of solving all available problems, instead, all algorithms would present an overall similar performance in average if they are to be applied to solve all available problems.

Conclusion

This paper has investigated the performance of four different and recently reported metaheuristic algorithms comparatively in order to observe their intensification and diversification capabilities. In this respect, manta ray foraging optimization, slime mould algorithm, aquila optimizer and hunger games search algorithm have been used and their performances have been evaluated against benchmark functions of Sphere, Schwefel 2.22, Schwefel 1.2, Schwefel 2.21, Rosenbrock, Step, Quartic, Schwefel, Rastrigin, Ackley, Griewank, Penalized and Penalized2. The results have shown an overall better capability of MRFO in terms of intensification whilst all algorithms have shown similar performances in terms of diversification. The obtained results have also confirmed no free lunch theorem as no algorithm has demonstrated the better capability against all adopted benchmark functions. Meanwhile, it is feasible to improve the performance of the employed algorithms by integrating them with simulated annealing [12], chaotic maps [13], Nelder-Mead method [14, 15] or opposition-based learning scheme [16]. In this way, a better balance can be achieved, and the constructed algorithm may be able to perform well on more optimization problems compared to its original version.

KAYNAKLAR

- [1] S. Mirjalili, “SCA: A Sine Cosine Algorithm for solving optimization problems,” *Knowledge-Based Syst.*, vol. 96, pp. 120–133, 2016, doi: 10.1016/j.knsys.2015.12.022.
- [2] D. Izci, “An Enhanced Slime Mould Algorithm for Function optimization,” in 2021 3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA), Jun. 2021, pp. 1–5, doi: 10.1109/HORA52670.2021.9461325.
- [3] D. Izci, S. Ekinci, E. Eker, and M. Kayri, “Improved Manta Ray Foraging Optimization Using Opposition-based Learning for Optimization Problems,” in 2020 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA), Jun. 2020, pp. 1–6, doi: 10.1109/HORA49412.2020.9152925.
- [4] L. Abualigah, D. Yousri, M. Abd Elaziz, A. A. Ewees, M. A. A. Al-qaness, and A. H. Gandomi, “Aquila Optimizer: A novel meta-heuristic optimization algorithm,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 157, p. 107250, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.cie.2021.107250.
- [5] D. Izci and S. Ekinci, “A Novel Hybrid ASO-NM Algorithm and Its Application to Automobile Cruise Control System,” in 2nd International Conference on Artificial Intelligence: Advances and Applications (ICAIAA 2021), March 2021.
- [6] W. Zhao, Z. Zhang, and L. Wang, “Manta ray foraging optimization: An effective bio-inspired optimizer for engineering applications,” *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 87, p. 103300, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.engappai.2019.103300.
- [7] S. Li, H. Chen, M. Wang, A. A. Heidari, and S. Mirjalili, “Slime mould algorithm: A new method for stochastic optimization,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 111, pp. 300–323, 2020, doi: 10.1016/j.future.2020.03.055.
- [8] Y. Yang, H. Chen, A. A. Heidari, and A. H. Gandomi, “Hunger games search: Visions, conception, implementation, deep analysis, perspectives, and towards performance shifts,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 177, p. 114864, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.eswa.2021.114864.
- [9] H. Salimi, “Stochastic Fractal Search: A powerful metaheuristic algorithm,” *Knowledge-Based Syst.*, vol. 75, pp. 1–18, 2015, doi: 10.1016/j.knsys.2014.07.025.
- [10] E. Rashedi, H. Nezamabadi-pour, and S. Saryazdi, “GSA: A Gravitational Search Algorithm,” *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 179, no. 13, pp. 2232–2248, 2009, doi: 10.1016/j.ins.2009.03.004.
- [11] D. H. Wolpert and W. G. Macready, “No free lunch theorems for optimization,” *IEEE Trans. Evol. Comput.*, vol. 1, no. 1, pp. 67–82, Apr. 1997, doi: 10.1109/4235.585893.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- [12] E. Eker, M. Kayri, S. Ekinci, and D. Izci, "A New Fusion of ASO with SA Algorithm and Its Applications to MLP Training and DC Motor Speed Control," *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 46, no. 4, pp. 3889–3911, Apr. 2021, doi: 10.1007/s13369-020-05228-5.
- [13] B. Hekimoglu, "Optimal Tuning of Fractional Order PID Controller for DC Motor Speed Control via Chaotic Atom Search Optimization Algorithm," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 38100–38114, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2905961.
- [14] D. Izci, "Design and application of an optimally tuned PID controller for DC motor speed regulation via a novel hybrid Lévy flight distribution and Nelder–Mead algorithm," *Trans. Inst. Meas. Control*, vol. 43, no. 14, pp. 3195–3211, Oct. 2021, doi: 10.1177/01423312211019633.
- [15] D. Izci, B. Hekimoğlu, and S. Ekinci, "A new artificial ecosystem-based optimization integrated with Nelder-Mead method for PID controller design of buck converter," *Alexandria Eng. J.*, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.aej.2021.07.037.
- [16] D. Izci, S. Ekinci, M. Kayri, and E. Eker, "A Novel Enhanced Metaheuristic Algorithm for Automobile Cruise Control System," *Electrica*, vol. 21, no. 3, pp. 283–297, Sep. 2021, doi: 10.5152/electrica.2021.21016.

Otomotiv Sistemleri İçin Elektronik Kontrol Kartı (Body Controller) ve Entegre Yazılımlarının Geliştirilmesi

Ali Furkan KAMANLI¹ ve Kerem Sefa AOK¹

*Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 54050 SAKARYA

e-posta: fkamanli@subu.edu.tr

e-posta: keremaok@gmail.com

Özet : Otomotiv alanında elektronik cihazların kullanımı büyük ölçüde artmıştır ve komplike sistemlerin kontrolü, yüksek sürüş konforu için elektronik kontrol ünitesi çok önemlidir. Elektronik kontrol ünitesi aracın tüm fonksiyonlarını üretici ve müşteri isteklerine göre kontrol edebilmektedir. Elektronik kontrol üniteleri çoğunlukla yakıt enjeksiyon sistemi, kıvılcım ateşleme sistemi, kilitleme önleyici fren sistemi, klima, hava yastığı tetikleme, direksiyon, patinaj sistemleri vb. gibi elektrik sistemlerini kontrol etmek için kullanılır. Üzerine çalıştığımız ticari araç grubu araçları dağınık ve gereksiz kablolu sistemleri, karmaşık arayüzler, standart tip ürün çıkartma zorunluluğu, yetersiz güvenlik önlemleri gibi birçok problemlerle dolu bir şekilde üretime devam etmektedir. Bu çalışma, ticari araç gruplarından treyler grubu için ultra low power güvenlik ve lastik yönetim sistemlerini de içinde barındıran araç tüm fonksiyonlarının kontrolü için geliştirilmiş bir body kontrol ünitesinin (BCU) tasarımı geliştirilmiştir. BCU, sensörlerden gelen girdileri alan, işleyen ve aktüatörleri gerçek zamanlı olarak kontrol eden mikrodenetleyici tabanlı bir sistemdir. Elektronik kontrol üniteleri çoğunlukla yakıt enjeksiyon sistemi, kıvılcım ateşleme sistemi, kilitleme önleyici fren sistemi, klima, hava yastığı tetikleme, direksiyon, patinaj sistemleri vb. gibi elektrik sistemlerini kontrol etmek için kullanılır. Böylece sürülebilirliği artırır ve yakıt tüketimi azaltılabilir. Önerilen sistemin amacı, treyler grubu araçlarını tamamen programlanabilir, düşük maliyetli, opsiyonları kolay entegre edilebilen, IOT tabanlı bir elektronik ünite ile geliştirilmiş ve treyler sistemlerine entegre edilmiştir. Bu body kontrol ünitesi TMS570LS3137 32 Bit, Arm Cortex-R4F FlexRay uyumlu mikro işlemcilerle sahiptir. Bu sistemde, Elektromanyetik Uyumluluk standartlarına göre Body Kontrol Ünitesi için dört katmanlı bir Baskı Devre Kartı tasarlanmıştır. Tasarlanan kart IP66 standartlarına uygun bir şekilde kutulandıktan sonra araç üstünde sızdırmazlık, titreşim, toz, sinyal testleri uygulanmıştır. Bu testler %100 başarıyla sonuçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: BCU, Ultra low power, IOT, Electromagnetic Interference (EMI), Sensör, Circuit Board (PCB)

Development of Electronic Control Card (Body Controller) and Integrated Software for Automotive Systems

Abstract : The use of electronic devices in the automotive field has greatly increased and the electronic control unit is very important for the control of complex systems and high driving comfort. The electronic control unit can control all functions of the vehicle according to the manufacturer and customer requests. Electronic control units mostly include fuel injection system, spark ignition system, anti-lock braking system, air conditioning, airbag triggering, steering, skid systems, etc. It is used to control electrical systems such as The commercial vehicle group vehicles we are working on continue production with many problems such as messy and unnecessary cabling systems, complex interfaces, standard type product release, insufficient security measures. In this study, the design of a body control unit (BCU) developed for the control of all vehicle functions, including ultra low power safety and tire management systems, has been developed for the trailer group, which is one of the commercial vehicle groups. BCU is a microcontroller-based system that receives and processes inputs from sensors and controls actuators in real time. Electronic control units mostly include fuel injection system, spark ignition system, anti-lock braking system, air conditioning, airbag triggering, steering, skid systems, etc. It is used to control electrical systems such as This improves drivability and fuel consumption can be reduced. The aim of the proposed system is to develop the trailer group vehicles with a fully programmable, low cost, easily integrated IOT-based electronic unit and integrated into the trailer systems. This body control unit has TMS570LS3137 32 Bit, Arm Cortex-R4F FlexRay compatible microprocessors. In this system, a four-layer Printed Circuit Board is designed for the Body Control Unit according to Electromagnetic Compatibility standards. After the designed card was boxed in accordance with IP66 standards, sealing, vibration, dust and signal tests were applied on the vehicle. These tests resulted in 100% success.

.Key words: BCU, Ultra low power, IOT, Electromagnetic Interference (EMI), Sensor, Circuit Board (PCB)

1.Giriş : Otomotiv sektörü genel olarak, karayolu taşıt araçları (binek otomobil, otobüs, minibüs, midibüs, çekici, kamyon, traktör vb.) ve bu araçların üretiminde kullanılan parçaları imal eden bir sanayi dalı olarak tanımlanmaktadır. [1] Teknolojinin gelişmesiyle birlikte elektronik ürünlerin otomotiv alanında kullanımı giderek artmıştır. Elektronik çözümlerin, araç donanımsal sorunlarının çözümünde zamanla daha verimli ve güvenilir olduğu kanıtlanmıştır. Geçtiğimiz on yıllar içerisinde mekanik olarak yapılan hemen hemen tüm özellikler, elektronik kontrol üniteleri vasıtasıyla etkin bir şekilde değiştirilmiştir. BCU, sensörlerden gelen girdileri alan, işleyen ve aktüatörleri gerçek zamanlı olarak kontrol eden mikrodenetleyici tabanlı bir sistemdir. Elektronik kontrol üniteleri çoğunlukla yakıt enjeksiyon sistemi, kıvılcım ateşleme sistemi, kilitleme önleyici fren sistemi, klima, hava yastığı tetikleme, direksiyon, patinaj sistemleri vb. gibi elektrik sistemlerini kontrol etmek için kullanılır. Üzerine çalıştığımız ticari araç grubu araçları dağınık ve gereksiz kablolu sistemleri, karmaşık arayüzler, standart tip ürün çıkartma zorunluluğu, yetersiz güvenlik önlemleri gibi birçok problemlerle dolu bir şekilde üretime devam etmektedir. [1]

Bu proje kapsamında otomotiv standartlarında, yerli araç body controller geliştirilmiştir. Ticari araç grubu için geliştirdiğimiz elektronik kontrol kartı ürünleri tek bir ürün altında toplanacaktır. Ürün için gömülü sistem yazılımı ve bilgisayar diagnostik arayüzü geliştirilmiştir. Projenin elektronik, yazılım, kutu ve soketi yapısı kendi tasarımı olduğu için, yurt dışı muadillerine göre esnek ve çok yönlü bir ürün olmuştur. Proje ile ortaya çıkacak ürün yurt dışı muadillerine göre büyük bir fiyat avantajına sahip olacaktır. Müşteri talebine göre gömülü sistem yazılımına ve üzerindeki elektronik komponentlere müdahale edilebilecek yapıda tasarlanmıştır.

İnovasyon ilerledikçe, otomobiller digital radyo, navigasyon ve telefon bağlantısı gibi birden çok opsiyonlu olarak üretilmeye başlamıştır. Sınırlı bir alana çok sayıda elektronik birimlerin yerleştirilmesi, yayılan ve iletilen emisyonlar yoluyla EMI sorununa neden olur. Bu nedenle elektronik cihazları güvenli hale getirmek için PCB tasarlanırken elektromanyetik uyumluluk (EMC) standartları dikkate alınmalıdır. İyi tasarlanmış PCB ile EM emisyonlarını önlemek mümkündür. Bu nedenle, Elektronik Kontrol Ünitesi için EMI radyasyonlarını ve iletimlerini azaltırken elektronik kontrol ünitesi güvenilirliğini iyileştirecek çok katmanlı bir PCB tasarlamaya

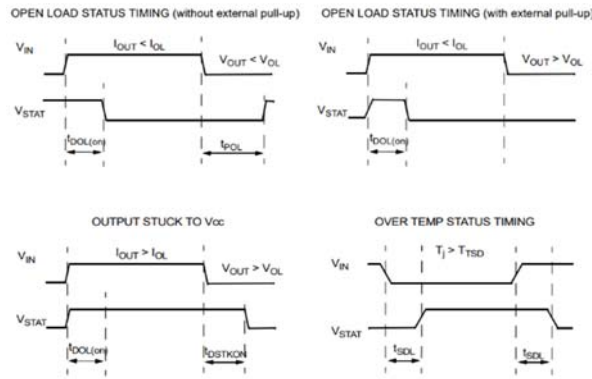
ihtiyaç vardır [3]. Proje süresince çok katmanlı IPC standartlarında elektronik kart tasarımı, uygun işlemci ve entegrelerin seçilmesi, prototip imalatı gibi konularda çalışmalar yapılmıştır. Özellikle treyler sektöründe kullanılan PLC kontrolcüler yerine katma değeri yüksek ve daha düşük maliyetli elektronik kontrol modülü kullanılması önemlidir.

Proje kapsamında dört katmanlı PCB tasarımı yapılmıştır. Üründe kullanılan işlemci, güç anahtarları, DC-DC regülatörler, Wifi/Bluetooth modüller ve çevre yarı iletkenler Automotive, AEC-Q100, standardında olmuştur. Ürün titreşim, sıcak/soğuk, sızdırmazlık ve EMC testlerine uygun olarak geliştirilmiştir. Genel olarak tüm otomotiv ve ticari araç sektörünü kapsayacak çalışma fonksiyonlarına ve donanımına sahiptir.

Tasarlanan kart araç kontrol ünitesi dışında treyler içi kablusuz RF Sub-1 alt yapısına uygun güvenlik ve orta-büyük araç lastikleri için 100-1500kPa aralığında çalışmaya uygun lastik koruma sistemlerini de içermektedir. Bu çevre birimleri ile kazalar ve istenmeyen yolcu, hırsızlık, kaçak dolaşım gibi birçok problem minimuma indirilmiştir.

2. Materyal ve Metodlar : Tasarım gereksinimlerine bağlı olarak, lastik basınç yönetimi, treyler güvenlik, araç fonksiyon sistemlerini içeren bir BCU şeması tasarlanmıştır. Şematik tasarımlar ve PCB düzeni, EAGLE Designer yazılımı kullanılarak tasarlanmıştır. Projedeki araç fonksiyon sistemlerinin yapısının temeli diagnostik power switch yapısıdır. Arm tabanlı bu tasarım, valf, selenoid kontrolü için kullanılan switch yapısına ek güvenlik sistemi ve lastik basınç sensörü çevre birimlerini de içermektedir.

2.1. Diagnostik Power Switch : Power switch olarak STMicroelectronics VIPower M0-5 teknolojisi kullanılarak tasarlanan monolitik entegreler seçilmiştir. Dirençli veya endüktif yükleri sürmek için tasarlanmıştır. [4] Araç kullanıcı hatalarından ve doğal dış sebeplerden kaynaklanan problemler bu yapılar ile sıfıra indirilmiştir. Bu yöntem ile çıkış akım sınırlaması, aşırı yük durumu, aşırı sıcaklık gibi arıza durumlarından korunmuş bir kart tasarımı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Durum Zamanlaması

Tasarım yüksek hızlı anahtarlama yapısına sahiptir. Tetikleme süreleri sürücü tarafından hissedilmeyecek mikro saniyeler mertebelerindedir.

Kartın işlemci I/O larının korunması için Eşitlik (2) 'de maksimum besleme (VCCpeak) değerlerine göre 10k ohm değerinde Eşitlik (3) ' te Rprot dirençleri eklenmiştir. Bu sayede kaçak akımlar engellenerek kartın güvenliği sağlanmıştır.

$$VCC_{peak}/I_{latchup} \leq R_{prot} \leq (V_{OH\mu C} - V_{IH} - V_{GND}) / I_{IHmax} \quad (1)$$

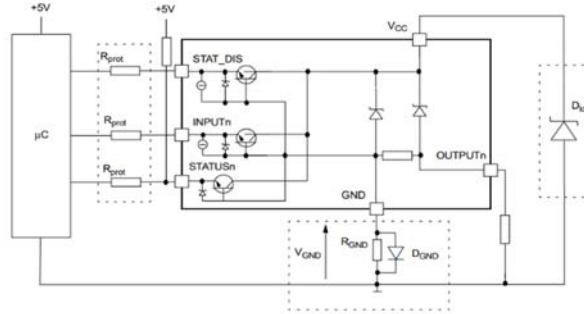
$$VCC_{peak} = -100V \text{ and } I_{latchup} \geq 20mA; V_{OH\mu C} \geq 4.5V \quad (2)$$

$$5k\Omega \leq R_{prot} \leq 65k\Omega.$$

(3)

Önerilen değer: $R_{prot} = 10k\Omega$.

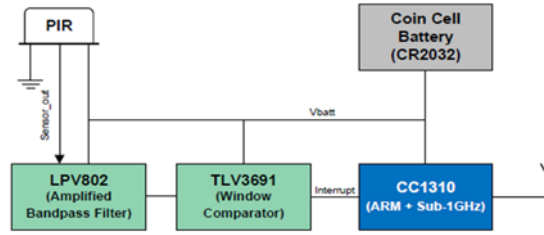
Devre beslemesinden kaynaklanan parazit ve gürültülerin işlemci ve diğer entegreleri etkilememesi için izolasyonlu DC-DC converter kullanılmıştır.



Şekil 2. Diagnostik entegre uygulama şeması

2.2. Araç Güvenlik Sistemi : Ticari araç gruplarında en büyük sorunlardan biri araçların güvenliğinin sağlanmasıdır. Yurt içi ve yurt dışı taşımacılık yapan araçlarda uzun mesafe gidilen yollardan dolayı aracın güvenliğinin güvenlik ve sistem standartları sebebi ile zor bir tasarım konusudur. Bu sıkıntıları gidermek için şuan bazı araçlarda kullanılan kameralı güvenlik sistemleri yüksek fiyat, araç içi enerji hattı kablolama işlemleri ve tam anlamıyla müşteri talebini karşılamamasından dolayı çok tercih edilmemektedir.

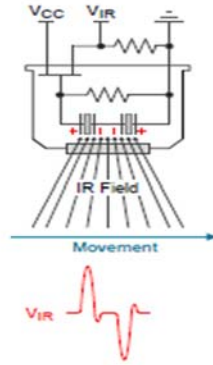
Proje kapsamında yapılan bu tasarım ultra düşük güç tüketimine sahip olarak tasarlanmıştır. 2032 saat pili ile 10 yıl çalışacak şekilde testleri yapılmıştır. RF haberleşme protokolüne sahip bu sistem kablolama işlemlerini sıfıra indirerek çok kolay montajlama imkanı sağlanacak şekilde tasarlanmaktadır.



Şekil 3. Güvenlik sistem algoritması

Birden çok sensör grubunun birbirleri ve ana ünite ile kablosuz haberleşmesi için en büyük sınırlamalardan biri güçtür. Bu sistemler pille çalıştığından, periyodik pil değişimiyle ilgili bakım maliyeti çok yüksek tutarlara ulaşmaktadır. Güç tüketimine ve pil yapılandırmasına bağlı olarak, pille çalışan tipik PIR hareket dedektörleri, pillerin değiştirilmesi gerekmeden dört ila yedi yıl arasında herhangi bir yerde çalışabilmektedir. [2] Gerçekleştirilen tasarım nano güç amplifikatörleri, karşılaştırıcıları ve ultra düşük güçlü kablosuz MCU platformu tarafından etkinleştirilen, 10 yıllık pil ömrü sağlayan 1GHz kablosuz bağlantılı bir devre çözümüdür. Gerçekleştirilen bu tasarım, bir CR2032 pil, iki nano-güç op amfisi, iki nano-güç karşılaştırıcısı, bir ultra düşük güçlü kablosuz MCU ve analog sinyal çıkışlı bir PIR sensöründen oluşmaktadır. İki opamp, yüksek giriş empedansına sahip güçlendirilmiş bir bant geçiren filtre oluşturmaktadır. İki karşılaştırıcı, hareketin gürültüden ayırt edilebilmesi için güçlendirilmiş sensör çıkışını sabit referans eşikleri ile karşılaştırmak için kullanılan bir karşılaştırıcı oluşturmuştur. Karşılaştırıcının iki çıkışı, daha sonra MCU'ya iletilir, böylece MCU hareketin algılanmadığı zamanlarda en düşük güç uykü modunda çalışmaktadır ve yalnızca hareket olduğunda uzaktaki bir ana bilgisayara mesaj göndermek için uyanmaktadır.

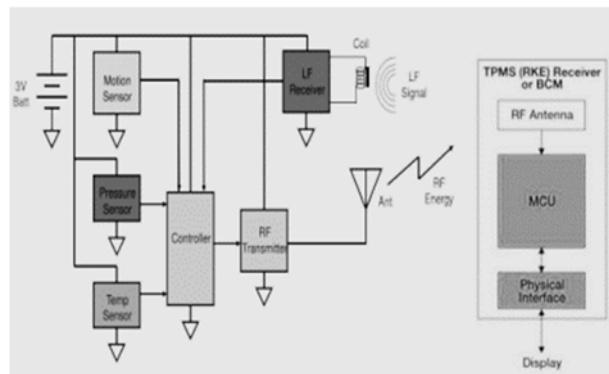
PIR hareket sensörü, gelen kızılötesi radyasyon miktarıyla orantılı bir voltaj veren iki veya daha fazla elemandan oluşmaktadır. Her bir piroelektrik eleman çifti, ortam oda sıcaklığından veya hareket olmamasından dolayı IR durumunda olduğu gibi, her bir eleman tarafından üretilen voltaj eşitse, sensör elemanlarının toplam voltajı 0 V olacak şekilde seri olarak bağlanmaktadır.



Şekil 4. Motion Sensör

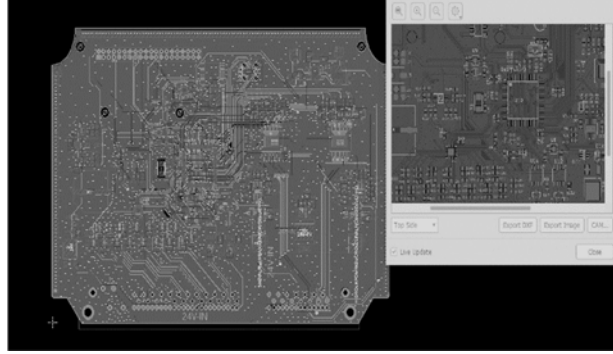
2.3. Lastik İçi Basınç Sensörü : Lastik içi basınç sensörleri genel adı TPMS (Tire Pressure Monitoring System) olarak adlandırılmaktadır. İki farklı TPMS sistemi bulunmaktadır. Bunlar Endirekt ve Direkt TPMS sistemleridir. Endirekt TPMS sistemi: ABS ve EBS den aldığı lastik tur bilgilerini işleyerek belli algoritmalarla lastik basıncının düşük olduğunu ikaz eden sistemlerdir. Direkt TPMS sistemi: Lastik içindeki basıncı anlık olarak ölçerek, bilgileri kablosuz olarak alıcıya ileten sistemlerdir. Bu tasarımda direkt TPMS sisteme muadil ürün geliştirilmiştir. Geliştirdiğimiz tasarım, satılan muadil ürünlerden daha yenilikçi olup, ek özellikleri de içerisinde barındıracaktır. Orta-büyük araç lastikleri için 100-1500kPa aralığında çalışmaya uygun olan bu tasarım ile lastik basınç değeri yanında sıcaklık değeri de okunarak özellikle ticari araçlarda sıkça meydana gelen düşük basınçlı lastik kullanımı, lastik patlaması, yarılması veya yanması gibi olayların önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Bu sayede, lastik kaynaklı yüzlerce kazanın önüne geçilecektir. Ek olarak yakıt tüketimi açısından bakacak olursak, geliştirilecek ürün ile düşük lastik basıncı sebebiyle artan yakıt sarfiyatının da azaltılması hedeflenmektedir. [3]

Projede elektronik kart tasarımı, gömülü sistem yazılımının geliştirilmesi, mekanik kutu ve parçaların tasarımı ve üretilmesi ile elektrik tesisatının tasarlanıp üretilmesi aşamaları gerçekleştirilmiştir. Proje, ihraç edilebilecek nitelikte bir ürünün geliştirilmesi ve teknolojik olarak yeni bir ürünün ülkemizde üretilmeye başlaması sağlanacaktır. Bu proje ile başta ticari araçlar ve treyler grubu olmak üzere, araçların lastik basıncı ve sıcaklık bilgisi alınarak, sürücü için geliştirilecek araç içi ekran veya cep telefonu uygulaması ile değişimlerin anlık olarak gösterilebileceği bir platform oluşturulmuştur.



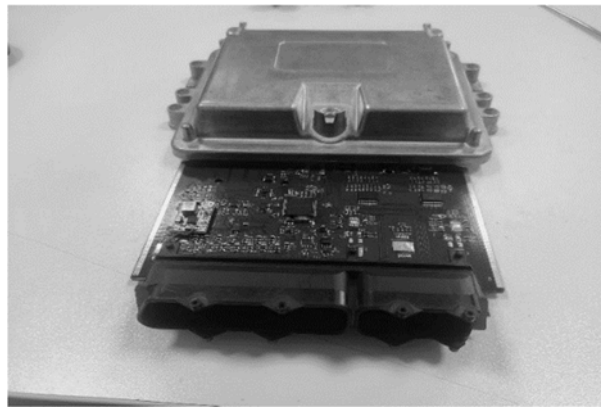
Şekil 5. TPMS Sistem elemanları ve sistem tasarımı

2.4. PCB LAYOUT : Tasarlanan sistemde EMC standartları kullanılarak iki katmanlı ve kalınlığı 2 oz olarak PCB tasarlanmıştır. Şekil 6, tasarlanan PCB düzenini göstermektedir. Entegreler yapıları ve işlevlerine göre yerleştirilip maksimum 10 A akım dayanımına sahip bir şekilde filtrelenerek yerleştirilmiştir. Analog bölüm için, sinyallerden geçen akım maksimum 2A'dır bu nedenle yol kalınlığı 0.03 inç kullanılmıştır. Güç ve power switch yapılarının geçecek maksimum akım 10 A 'dır bu nedenle yol kalınlığı 100 mil olarak kullanılmıştır.



Şekil 6. PCB LAYOUT

Sonuçlar : Bu tasarım sonucunda tasarlanan kart Tırsan üretimi treylerler üzerinde test edilmiştir. Araç içi güvenlik sistemi, lastik içi basınç sensörü ve power switchler ile yaptığımız I/O kartımız maksimum 80 derece sıcaklık, yüksek seviyeli titreşim testlerinde 10 mV/g hassasiyete sahip ivmeölçer ile titreşim testi ve toz, sızdırmazlık gibi IP testlerinden de başarı ile geçmiştir. 2032 saat pili ile 10 yıl çalışacak şekilde testleri gerçekleştirilmiştir. Treyler grubu araçları için tasarladığımız bu kart testleri geçtikten sonra yurt içi ve yurt dışı nakliyat firmaları araçlarına takılarak uzun mesafe testlerine başlanmıştır. Bu testler de karşılaştığımız araç içi aşırı titreşim problemine karşı güvenlik sensörlerimizin yanlış tetiklenmesi problemi pasif filtre tasarımının open-loop gain 100 dB olan kazancı open-loop gain 120 dB olarak değiştirilip çözülmüştür. Yapılan denemeler ile bu sistemim kullanıcı memnuniyeti bakımından çok daha üstün olduğu görülmüştür. Bu proje sonucunda hareketli ve duran haldeki araçların güvenlik problemi çözülmüştür, daha refah bir sürüş keyfi sağlanıp mobil uygulamalar ile kullanıcı dostu bir sistem tasarlanmıştır.



Şekil 7. Geliştirilmiş Body Kontrol Ünitesi

KANYAKLAR

- [1] Vineet P. Aras, Prof. Kavi Arya, Prof. Dinesh Sharma, “Design of Electronic Control Unit (ECU) for Automobiles -Electronic Engine Management system” Department of Electrical Engineering, Indian Institute of Technology Bombay
- [2] Piotr Wojtczuk* , Alistair Armitage† , T. David Binnie* , and Tim Chamberlain‡ *School of Engineering and the Built Environment, Edinburgh Napier University, Edinburgh, UK †School of Computing, Edinburgh Napier University, Edinburgh, UK Pyreos Ltd., Edinburgh, UK
- [3] Mastrangelo C H, Zhang X and Tang W C 1996 Surface-micromachined capacitive differential pressure sensor with lithographically defined silicon diaphragm IEEE J. MEMS 5 98-105
- [4] S.N. Easwaran, “Driver Control Apparatus and Methods,” US Patent, US 9,343,898B2, May 17, 2016.
- [5] Lauren Redman et al.: “Quality Attributes of Public Transport that Attract Car Users: A Research Review”, *Transport Policy* 25 (2013), 119–127.
- [6] August Joas et al., “Building the Automotive Industry of 2030”, *Automotive Manager* (2019).
- [7] Yorgos Papatheodouru and Michelle Harris, “The Automotive Industry: Economic Impact and Location Issues”, *Industry Week*, 5 January 2007.
- [8] Marco Opazo-Basaez et al., “Uncovering Productivity Gains of Digital and Green Servitization: Implications from the Automotive Industry“, *Sustainability* 10(5), 2018.
- [9] BRZESKA, M., AND CHAKAM, B. RF modelling and characterization of a tyre pressure monitoring system. In *EuCAP 2007: The Second European Conference on Antennas and Propagation (2007)*, pp. 1 – 6.
- [10] CHAN, H., PERRIG, A., AND SONG, D. Random key predistribution schemes for sensor networks. In *SP '03: Proceedings of the 2003 IEEE Symposium on Security and Privacy (2003)*, IEEE Computer Society, p. 197.
- [11] COLE, G., AND SHERMAN, A. Lightweight materials for automotive applications. *Materials Characterization* 35 (1995), 3–9.
- [12] Douceur, J.: The Sybil Attack. In: *First International Workshop on Peer-to-Peer Systems*, March 2002, pp. 251–260 (2002)
- [13] Hubaux, J., Čapkun, S., Luo, J.: The Security and Privacy of Smart Vehicles. *IEEE Security and Privacy* 2(3), 49–55 (2004)
- [14] Lee, K.C., Lee, S.-h., Cheung, R., Lee, U., Gerla, M.: First Experience with CarTorrent in a Real Vehicular Ad Hoc Network Testbed. *Mobile Networking for Vehicular Environments*, 109–114 (2007)
- [15] Bin T Y and Huang R S 1987 CAPSS: A thin diaphragm capacitive pressure sensor simulator *J. Sens. and Act.* 11 1-22
- [16] S. Camdzic, P. Wang, S.N. Easwaran, “Automotive IQPC Conference (System Safety) - Empowering Innovation and Trust in Self-Driving and Highly Automated Applications,” Sep 19- 21, 2016, LAS VEGAS, NV, USA.

MANGANLI ÇELİKTEN DÖKÜM YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN BÜKME KALIPLARININ AŞINMA DARANIŞLARININ İNCELENMESİ

Oktay ADIYAMAN*, Musa KILIÇ**, Rifat YAKUT***

*Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makina ve İmalat Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: oktay.adiyaman@batman.edu.tr

**Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makina ve İmalat Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: Musa.Kilic@batman.edu.tr

***Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: rifat.yakut@batman.edu.tr

Özet: Abkant pres kalıpları genel olarak AISI4140 ve Ck45 çeliğinden talaşlı imalat yöntemleri ile imal edilmektedir. Ancak bu çeliklerin ülkemizde üretimi oldukça sınırlıdır ve talaşlı imalat yöntemi ile kalıpların imalatı zaman alıcı, maliyetli olmakta ve yüksek fire oranları oluşmaktadır. Bu çalışmada yüksek (~18%) manganlı çelikten döküm yöntemi ile zımba ve dişi kalıplar üretilmiş olup, sac bükmede bükme yüzeylerinde oluşan hasarlar incelenmiştir. Bu amaçla zımba ve dişi kalıpların modelleri imal edilerek kum döküm yöntemi ile kalıpların dökümü yapılmış ve elde edilen kalıpların montaj ve bükme yüzeyleri işlenmiş, AISI 4140 çeliği ile yüksek manganlı çelikten döküm yöntemi ile elde edilen zımba ve dişi kalıpların karşılaştırılması için 2 mm kalınlıkta 3000 adet sacın bükümü yapılmıştır. Sonuçta yüksek manganlı çelikten elde edilen zımba ve dişi kalıpların bükme yüzeylerinde daha az hasarın oluştuğu gözlemlenmiş ve mevcutta kullanılan AISI 4140 çeliğine alternatif olabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: V Bükme, Yüksek manganlı çelik, AISI 4140, Sac metal şekillendirme

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENGINEERING, NATURAL AND SOCIAL SCIENCES

Abstract: Press brake punches and dies are generally manufactured from AISI 4140 and Ck45 steel by machining methods. However, the production of these steels in our country is very limited and the production of molds with machining method is time consuming, costly and high waste rates occur. In this study, punches and dies were produced from high manganese steel (~18%) by casting method, and the damages and amount of wears on the bending surfaces in sheet metal bending were investigated. For this purpose, models of punches and dies were designed and the molds were cast by casting method and the assembly and bending surfaces of the molds were processed. In order to compare the punches and dies obtained by casting method from AISI 4140 steel and high manganese steel, 3000 sheets of 2 mm thickness sheets were bent. As a result, it was observed that less damage occurred on the bending surfaces of the punches and dies obtained from high manganese steel and it was seen that it could be an alternative to the AISI 4140 steel used in the present.

Keywords: V bending, High manganese steel, AISI 4140, Sheet metal forming

1. GİRİŞ

Sac malzemelerin bükümünde abkant pres tezgahlarına montajı yapılan zımba ve dişi kalıpların kullanımı

yaygın bir yöntemdir. Kullanılan zımba ve dişi kalıplar kısa ve uzun boylarda imal edilmekte ve kalıp imalatında AISI 4140 ve EN C45 (Ck 45) çelikleri yaygın olarak tercih edilmektedir. Sac büküm işleminde kalıplardaki sac büküm temas yüzeyleri aşınmalara karşı çoğunlukla

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

sertleştirilmektedir. Bu kalıpların imalatı için kütük haldeki plakalar talaşlı imalat yöntemiyle işlenmektedir. Ayrıca bu kalıpların imalatı için gerekli olan AISI 4140 ve EN C45 (Ck45) çelikleri çok büyük oranda yurtdışından getirilmektedir. Bu nedenle farklı malzeme ve üretim tekniklerinin geliştirilmesi önemlidir. Sac metal bükme oldukça geniş kategoride çalışılmış ve bu kategorizasyon ilk olarak Dufflao ve arkadaşları tarafından yapılmış ve sac bükme işlem planlama çalışmalarının genel bir süreci, yapılan çalışmaların sınıflandırılması, takım kalıp dizaynı, çarpışma algılama gibi konularda yapılan çalışmaların bir özeti sunulmuştur [1].

Yapılan çalışmalarda bükme modelinde üç farklı bükme bölgesinin oluştuğu tespit edilmiştir. Bunlar;

- Zımba ile direkt temasta olan katman, zımbanın iç radüsü ile ortaya çıkan ilk bölge,
- Sadece elastik deformasyonda oluşan noktadan başlayan değişken radyüsle oluşan katman,
- Kalıcı deformasyon göstermeyen geri esnemenin sonra oluşan katman.

Bu modelleme üç kesitli model (three section model) diye adlandırılmaktadır [2,3,4]. Sac bükme işlemlerinde oluşabilecek kusurları önceden tespit edilebilmek ve optimizasyon tekniği ile kalıp tasarımına yardımcı olmak için Koçar vd. 2 mm kalınlığındaki AL 5764 sac malzemeyi bükme deneyleri yapmışlardır [5].

Mentink ve diğerleri farklı malzemelerin özelliklerinin belirlenmesi için zımba kuvvet-yer değişim diyagramları üzerine çalışmış ve bu diyagramlar temel alınarak "V" bükmenin temel bilgileri, malzeme özelliklerinin değerleri saptanmıştır [6]. Ludwik-Nadai üs kuvvetinin, yer değiştirmede (displacement) oldukça etkili olduğu görülmüştür. Bunun yanında önemli diğer bir parametre ise sac kalınlığı olarak tespit edilmiştir.

Bir başka çalışmada bu alan ile ilgili, Stelson [7] tarafından, gerçek bükülmüş sac malzemenin zaman kuvvet deplasman verileri üzerine yapılmıştır. Sac bükme eğrilerinin ölçümü ile ilgili iki bulanık mantık modeli geliştirilerek kuvvet ve zımba yer değiştirme eğrileri üzerine ve bu eğrilerin kontrol edilmesine yönelik bir başka çalışma da Yang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadır [8].

Metal sacların bükme modelleri Timoshenko'nun kiriş modeli kullanılarak kurulabilir. Özdemir ve ark. Timoshenko'nun kalın kiriş eğilme formülasyonunu kullanarak üst ve alt pres başlıklarının eğilmesi ve deformasyonunu incelemişlerdir. Sonuç olarak abkant preslerde dengeli bir büküm elde edilmesine yönelik bir optimizasyona gidilmiştir. En büyük disklikasyonun,

pres makinesinin alt ve üst kalıplarındaki orta bölgede oluştuğu tespit edilen çalışmada bükme kalıbının yan taraflarının presteki destek noktalarına ve yataklara denk gelmesinden dolayı bu bölgelerde daha az esneme tespit edilmiştir [9].

AISI 4140 ve Ck45 çelikleri zımba ve dişi kalıplarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çelikler içerdikleri Cr ve Mo elementleri sayesinde su verme sonrası ısıtma işlemde sert martenzitik bir yapı oluşturmakta ve böylece bünyesinde mukavemet, süneklik ve tokluk gibi mekanik özellikleri bir arada bulundurabilen çelik gurubudur ve bu özelliklerinden dolayı da çok fazla sayıda çalışmada incelenmişlerdir [10,11].

Östenitik yüksek manganlı çelikler genel olarak darbeli çalışma ortamlarında, aşınma direncinin önemli olduğu taş kırma makineleri, değirmen makineleri gibi alanlarda kullanılmaktadır. İşlenebilirliği zor olan [12] bu metallerde esas etkin olan çalışma sertliğinin oluşmasıdır. Bu nedenle de vuruntulu yerlerde tercih edilmektedir. Genelde çalışmalar manganlı çeliğin işlenebilirliği üzerine yoğunlaşmıştır. Özler ve diğerleri [12] östenitik manganlı çeliğin torna tezgahında sıcak talaşlı işlenmesi için likit petrol gazı alevi ile ısıtma yöntemi kullanarak iş parçasındaki yüzey pürüzlülüğünü araştırmışlardır. İlk olarak kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve ısıtma sıcaklığı gibi belirlenen farklı şartlar altında iş parçası yüzey pürüzlülük değerleri ölçülerek, yüzey pürüzlülüğü ile kesme şartları arasındaki ilişki tespit edilmiştir.

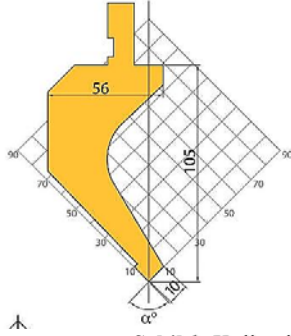
Talaşlı şekillendirilmesi zor olan çeliklerin işlenmesinde, kesici ağız çapaklanmasından kaçınmak için kesici ağız yuvarlatılmış takımlar kullanılabilir. Yüksek manganlı çeliklerin talaşlı işlenmesinde zorluklar bulunmakta ve kesici takım geometrisi önem göstermektedir. Kıyak ve arkadaşları da yaptıkları çalışmada [13] yüksek manganlı (X120Mn12) östenitik çeliğin, farklı ölçülerde yuvarlatılmış sert metal takımlarla ortogonal tornalanmasında, takım ömrünü deneysel olarak incelemişlerdir.

Bu çalışmada manganlı çelik malzemeden döküm yöntemi ile elde edilen ve fire miktarı çok az olan zımba ve dişi kalıpların, mevcut AISI 4140 çeliğinden talaşlı imalat yöntemi ile elde edilen zımba ve dişi kalıplarla kıyaslanması amacıyla sac bükme sonrası bükme yüzeylerinde oluşan hasarları gözlenmiş ve alternatif bir üretim yöntemi ve malzeme seçeneği olarak değerlendirilebileceği araştırılmıştır.

2. MATERYAL ve METOD

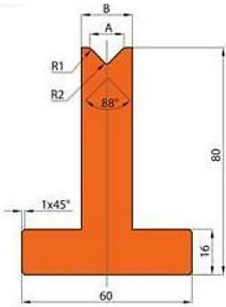
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Sac bükmede zımba ve dişi kalıp modelleri oldukça fazla sayıdadır. Bu çalışmada orta hacimli grup içinde yer alan CKB Makine kalıp firmasına ait [14] P1015 zımba modeli (şekil 1) ve buna bağlı olarak ta genel uygulamalarda kullanılan D2088 dişi kalıp modeli (şekil 2) seçilmiştir.



P1015 Modeli
 $\alpha=88^\circ$ $\alpha=90^\circ$
 R=0,8 mm
 R=1,5 mm
 R=2 mm

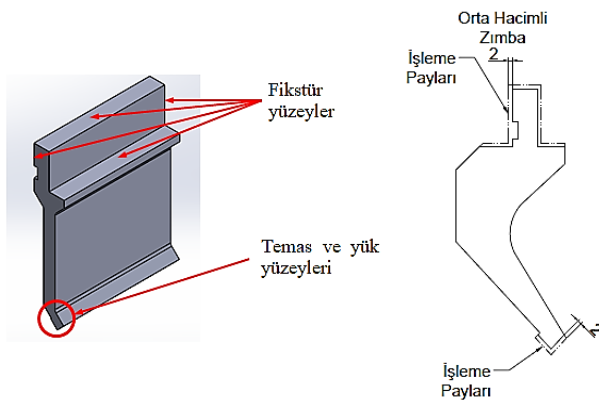
Şekil 1. Kullanılan zımba modeli



D2088 Modeli
 $\alpha=88^\circ$
 A=20 mm
 B=30 mm
 R1=3 mm
 R2=3 mm
 H=80 mm, 120 mm

Şekil 2. Kullanılan dişi kalıp modeli

Tasarımda seçilen modellerde (şekil 1) fikstür yüzeyleri ve sac temas ve yük yüzeyleri (şekil 3) paylı olacak şekilde kum kalıp için döküm modelleri elde edilmiştir (şekil 4)



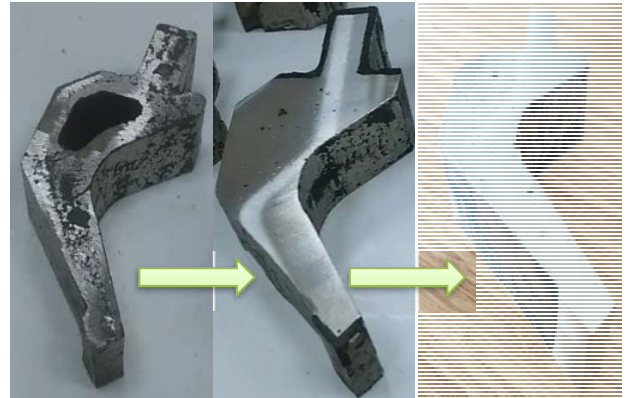
Şekil 3. Zımbada fikstür ve temas yerleri ve döküm payları

Zımba modeli için manganlı çelikten ve AISI 4140 çeliği kullanılmıştır. Her iki çelik cinsine ait kimyasal analizler tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. AISI 4140 ve manganlı çelik kimyasal özellikleri

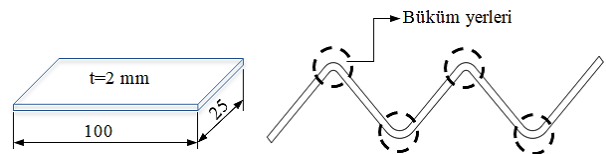
Manganlı Çelik Kimyasal Analizi			
Element	%	Element	%
Karbon (C)	1,375	Silisyum (Si)	0,356
Fosfor (P)	0,047	Kükürt (S)	0,005
Molibden (Mo)	0,261	Nikel (Ni)	0,104
Bakır (Cu)	0,110	Vanadyum (V)	0,047
Mangan (Mn)	17,590	Aluminyum (Al)	0,013
Krom (Cr)	0,977	Bor (B)	0,002
Kalan kısım Demir (Fe)			
AISI 4140 Çelik Kimyasal Analizi			
Element	%	Element	%
Karbon (C)	0,41	Mangan (Mn)	0,83
Silisyum (Si)	0,21	Krom (Cr)	0,9
Kükürt (S)	0,027	Fosfor (P)	0,027
Molibden (Mo)	0,18		

Manganlı çelikten dökümü yapılmış model öncelikle üst yüzeyleri işlenmiş ve sonrasında paylı olan fikstür ve temas yüzeyleri işlenmiştir (şekil 4).



Şekil 4. Zımba modelinin dökümü ve aşamaları

Sac bükme işlemlerine hazır hale getirilen zımba ve dişi modelleri bükme işlemlerinde, 100x25 mm (uzunluk x genişlik) ebatlarında ve 2 mm kalınlığında DKP sacların bükülmesinde kullanılmıştır. Her sac üzerinde 4 adet büküm yapılmıştır ve her zımba ve dişi model toplamda 3000 adet bükmede kullanılmıştır (şekil 5).

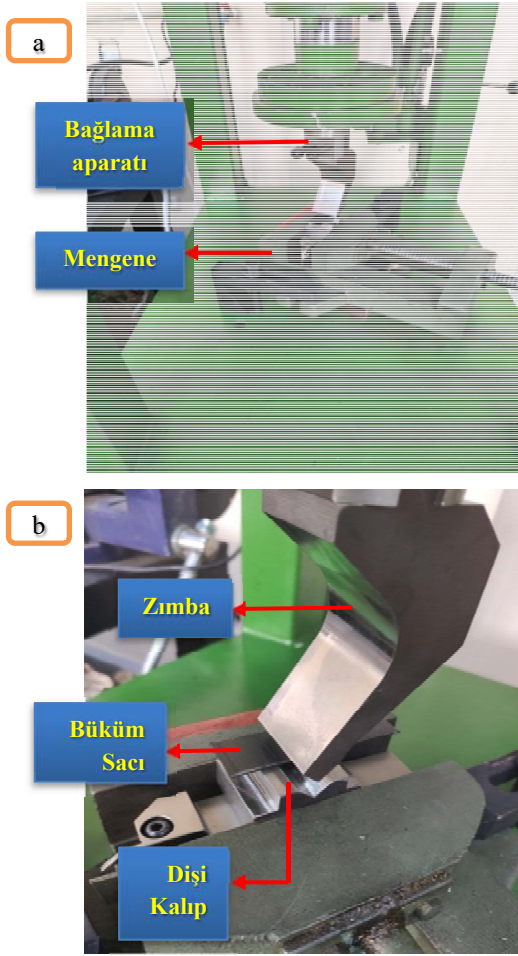


Şekil 5. Bükmede kullanılan sac ve büküm sonrası şekli

Tüm bükme işlemlerinde 50 tonluk hidrolik pres kullanılmış ve zımba pres üst başlığına, dişi kalıp ise alt

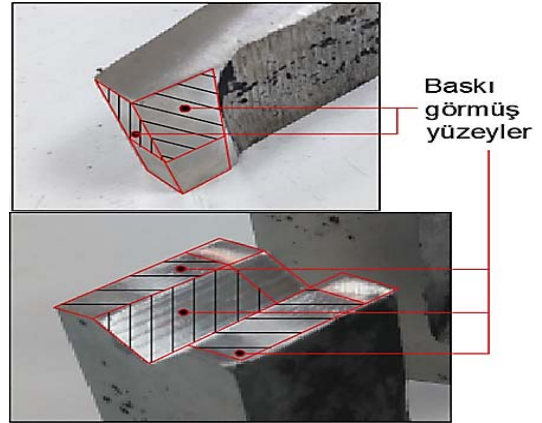
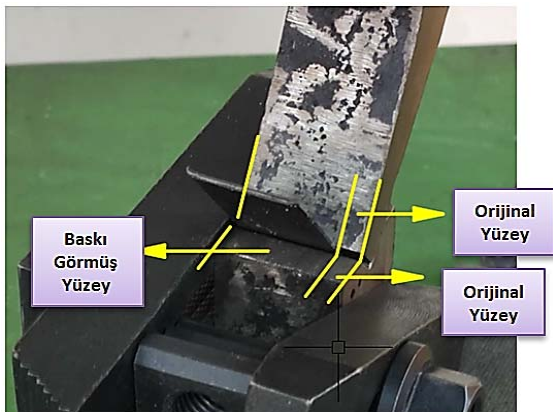
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

tablaya monte edilerek bükme işlemleri yapılmıştır (şekil 6 a, b).



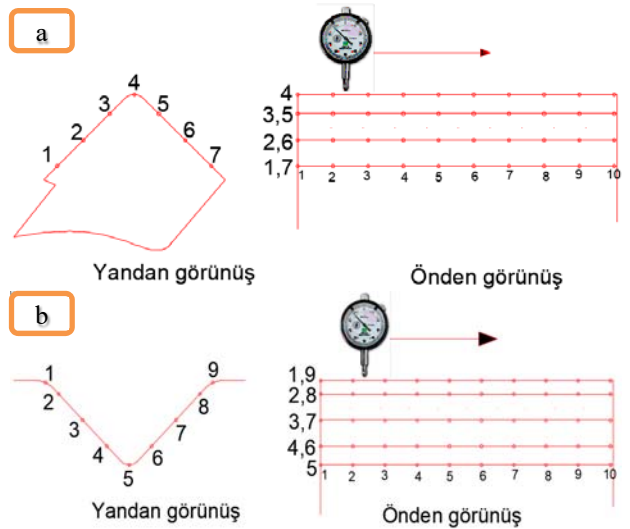
Şekil 6. a) Kalıbın prese bağlanması b) Kalıp ve sac yerleşimi

Sac bükümlerinde yüzeylerdeki deformasyonu incelemek ve ölçümü amacıyla sac uzunluğu 25 mm, kalıp genişliği ise 30 mm olarak ayarlanmıştır. Böylece kalıp üzerinde 5 mm'lik orjinal (nötr) bir yüzey bırakılmış ve deformasyona uğramış yüzeylerin sapmaları orjinal (nötr) eksen referans alınarak ölçülmüştür (şekil 7)



Şekil 7. Zımba ve dişi kalıpta orjinal ve baskı görmüş yüzeyler

AISI 4140 çeliğinden kütük malzemeden talaşlı imalat yöntemiyle elde edilen zımba ve dişi kalıplar ile manganlı çelikten döküm yoluyla elde edilen zımba ve dişi kalıplar, her biri 3000 adet bükme baskısı sonrası zımba ve dişi kalıptaki hasarın ölçülmesi amacıyla zımba ve dişi kalıp bükme yüzeylerinde kompartör yardımıyla farklı bölgelerden ölçümler yapılmıştır ve böylece deformasyon miktarı hem manganlı çelikten hem de AISI 4140 çeliğinden işlenen zımba ve dişi kalıplar için kıyaslanmış, aşınma miktarları tespit edilerek performans karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan büküm sonrası zımbaların uç burun kısımları ve sağ sol eğik yüzeyleri boydan boya ölçülmüş ve 10 ayrı noktadan koordinat alınmıştır (şekil 8 a, b).

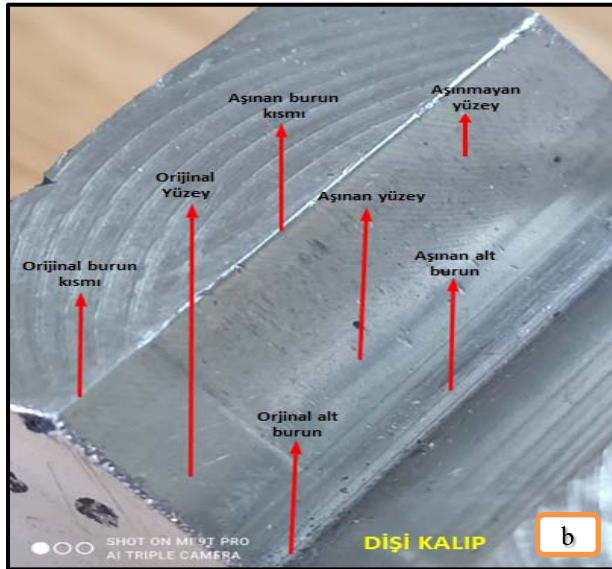
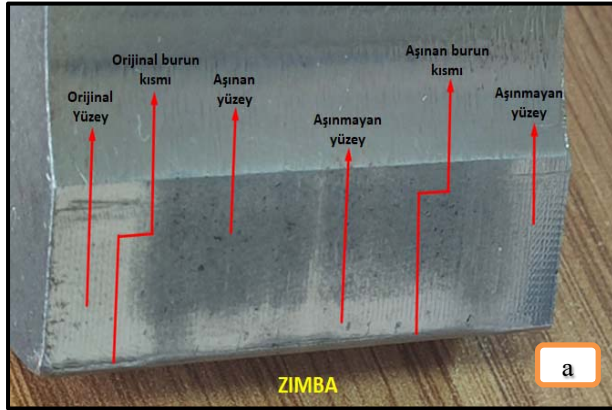


Şekil 8. a) Zımba ölçüm bölgeleri b) Dişi kalıp ölçüm bölgeleri

Burada şekil 8 a ve b'de gösterildiği şekliyle orijinal yüzey ve burun kısmı referans olacak şekilde 0 (sıfır) olarak alınmış, diğer yerler bu referansa olan mesafeleri ile 0,01 hassasiyetinde komparatörle ölçülerek değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tüm bükme işlemlerinde bükülecek sac parçaları 25 mm genişliğinde, buna karşın zımba ve dişi kalıp genişlikleri ise 30 mm olarak tasarlanmış ve buna ölçüye göre işlenmiştir. Buradaki amaç zımba ve dişi kalıp üzerinde aynı anda hem deformasyona uğramış ve hem de uğramamış yüzeylerin tespit edilmesidir. Bağlanan her bir kalıp ve dişi kalıp için 3000 adet bükme (şekil 5) yapılmış ve yüzeyler incelenmiştir. Zımba ve dişi kalıplar bükülürken şekil 9 a,b'de görüldüğü gibi zımba ve dişi kalıbın bükme sırasında sac ile temas eden tüm yüzeylerin, eşit oranda aşınma ve deformasyona uğramadığı tespit edilmiştir.



Şekil 9. Aşınma bölgeleri a) Zımbada b) Dişi kalıpta

Burada değerlendirilecek hususlar, öncelikle zımba ve dişi kalıplardaki deformasyon miktarları ve bu miktarların AISI 4140 ve manganlı çelik zımba ve dişi kalıpların birbiri ile kıyaslanmasıdır. AISI 4140 ve manganlı çelik zımba ve dişi kalıplardan (şekil 8 a ve b) büküm sonrası alınan ölçümler zımbada tablo 2'de, dişi kalıpta ise tablo 3'te verilmiştir. Tablo 2 ve 3'teki ön

görünüşteki 1,2 ve 3 nolu noktaları (tabloda 1,2 ve 3 nolu satırlar) orijinal yüzeylerden yani bükme sırasında zımbada ve dişi kalıptaki sac ile temas etmeyen yüzeylerden alınan ölçüm değerleridir.

Tablo 2. AISI 4140 ve manganlı çelik zımbaların büküm sonrası uç deformasyon ölçümleri

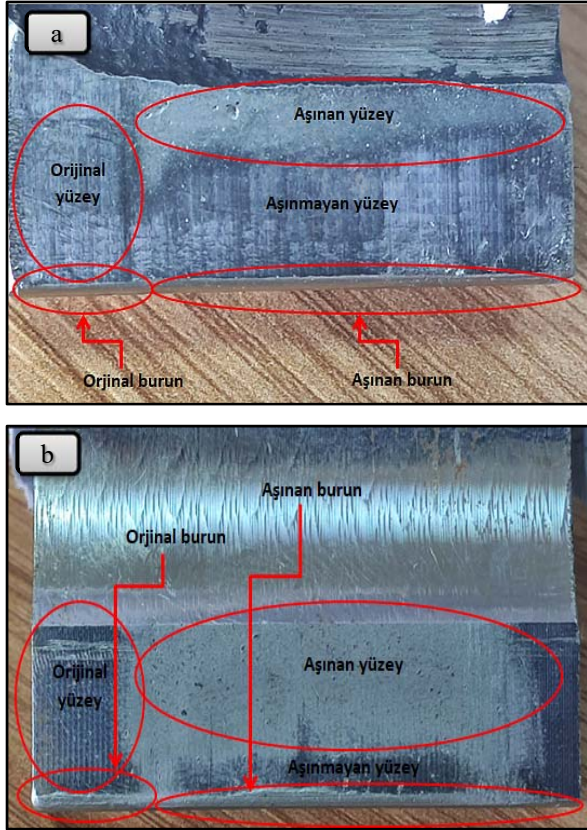
AISI4140							
Nok	1	2	3	4	5	6	7
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,01	0,02	0,03	0,05	-0,01	0,02	0,01
3	0,02	0,00	0,01	-0,02	0,00	0,01	0,02
4	0,40	0,20	0,05	0,50	0,02	0,25	0,35
5	0,35	0,32	0,10	0,42	0,05	0,35	0,34
6	0,38	0,34	0,12	0,48	0,14	0,24	0,36
7	0,28	0,24	0,14	0,42	0,13	0,25	0,40
8	0,36	0,35	0,12	0,28	0,21	0,22	0,24
9	0,12	0,15	0,20	0,24	0,24	0,15	0,18
10	0,10	0,12	0,02	0,22	0,05	0,12	0,11

Manganlı Çelik							
Nok	1	2	3	4	5	6	7
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,03	0,04	0,00	0,01	0,03	0,00	0,05
3	0,06	0,03	-0,02	0,02	0,02	0,01	0,03
4	0,24	0,22	0,05	0,42	0,07	0,22	0,28
5	0,32	0,30	0,08	0,36	0,07	0,28	0,18
6	0,28	0,28	0,05	0,32	0,10	0,24	0,16
7	0,22	0,26	0,12	0,31	0,12	0,28	0,21
8	0,24	0,28	0,13	0,24	0,16	0,27	0,17
9	0,22	0,22	0,14	0,23	0,16	0,22	0,15
10	0,18	0,20	0,18	0,18	0,15	0,19	0,22

Tablo 2 verileri analiz edildiğinde zımbalardaki aşınma miktarının AISI 4140 çeliği zımbalarda çoğunlukla burun (4 nolu) ve 1,2,6 ve 7 nolu yüzeylerin zımbanın bükme sırasında saca en son temas eden arka yüzeylerde olduğu görülmektedir. En büyük deformasyon ve aşınma miktarı zımbadaki burun kısmında meydana gelmektedir. Manganlı çelikte de AISI 4140 zımbadakine paralel olarak burun kısmında en fazla aşınma meydana gelmiştir. Ancak manganlı çelikteki en çok aşınan bölge olan burun kısmındaki aşınma AISI 4140 çeliğine oranla daha düşük miktardadır. Manganlı çelik zımbalar burun aşınması bakımından AISI 4140 çelik zımbaya göre daha iyi performans göstermiştir. Bu

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

durum şekil 10'daki görüntülerde de daha net görülmektedir. Diğer bölgelerdeki aşınma miktarları da AISI 4140 çeliğinden zımbaya oranla manganlı çelik zımbalarda daha düşük düzeylerde seyretmiştir. Bu sonuçlar, manganlı çeliğin aşınma ve deformasyon miktarı bakımından zımba ve dişi kalıplarda uygulanabilir bir alternatif olduğunu göstermesi açısından anlamlıdır.



Şekil 10. Zımba uçlarındaki aşınmalar
a) Manganlı çelik zımba b) AISI 4140 zımba

Yüksek manganlı çelikler zamanla çalışma sertleşmesi olarak adlandırılan sertleşme kabiliyetine sahip çeliklerdir. Bu özelliklerinden dolayı manganlı çelik zımbaların sac bükümleri sırasında sertliklerinin zamana ve yaptıkları işe bağlı olarak artması eğilimi [15] göstereceği ve bunun sonucunda da aşınma miktarlarının zamanla daha da azalacağı yönünde davranış sergileyecekleri düşünülmektedir. Şekil 10 incelendiğinde ve yapılan bükme işlemlerinden manganlı çelik zımbaların AISI 4140 çeliğinden zımbalara göre daha az deforma oldukları görülmektedir.

Yapılan büküm sonrası dişi kalıplardaki aşınma ve deformasyon miktarları da incelenmiş ve bu amaçla dişi kalıpların içten ve dıştan uç burun radüs kısımları ve sağ sol eğik yüzeyleri boydan boya ölçülmüştür. Bu yüzeylerdeki 10 ayrı noktadan koordinat alınmıştır.

Burada şekil 9'da gösterildiği şekliyle orijinal yüzey ve burun kısımları referans olacak şekilde 0 (sıfır-nötr) olarak alınmış, diğer yerler bu referansa olan mesafeleri ile 0,01 hassasiyetinde komparatörle ölçülerek değerlendirilmiştir. AISI 4140 ve manganlı çelik dişi kalıpların uç bölgelerinden ve yüzeylerden alınan ölçümleri tablo 3'te verilmiştir. Önden görünüşteki 1,2 ve 3 nolu ölçüm noktaları (tabloda 1,2 ve 3 nolu satırlar) orijinal yüzeylerdir.

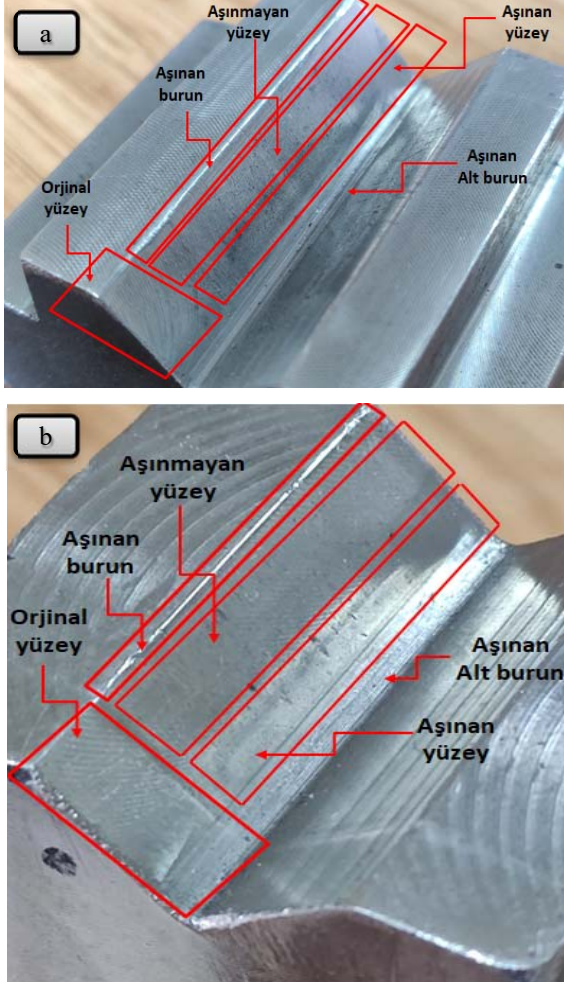
Tablo 3. AISI 4140 ve manganlı çelik dişi kalıpların büküm sonrası uç deformasyon ölçümleri

AISI4140							
Nok	1	2	3	4	5	6	7
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,01	0,02	0,03	0,05	-0,02	0,04	0,03
3	0,02	0,00	0,01	-0,02	0,00	0,01	0,03
4	0,40	0,15	0,07	0,45	0,32	0,42	0,15
5	0,35	0,28	0,10	0,52	0,36	0,36	0,16
6	0,38	0,35	0,11	0,48	0,42	0,36	0,12
7	0,28	0,32	0,09	0,44	0,40	0,36	0,11
8	0,36	0,30	0,14	0,42	0,45	0,38	0,11
9	0,32	0,25	0,18	0,36	0,46	0,40	0,12
10	0,26	0,24	0,16	0,38	0,52	0,42	0,09
Manganlı Çelik							
Nok	1	2	3	4	5	6	7
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,03	0,03	0,02	-0,01	0,03	-0,02	0,01
3	0,01	0,02	0,00	0,01	-0,02	0,02	0,02
4	0,22	0,12	0,02	0,32	0,30	0,28	0,11
5	0,21	0,14	0,11	0,36	0,28	0,22	0,12
6	0,21	0,13	0,12	0,32	0,40	0,32	0,14
7	0,23	0,12	0,08	0,24	0,42	0,32	0,15
8	0,28	0,11	0,11	0,28	0,38	0,34	0,11
9	0,31	0,11	0,11	0,30	0,39	0,36	0,10
10	0,35	0,18	0,13	0,32	0,42	0,37	0,06

Tablo 3 analiz edildiğinde hem AISI 4140 çeliği ve hem de manganlı çelik dişi kalıplarında en fazla aşınmanın 1 ve 9 nolu bölge olan burun kısmında ve 5 nolu alt burun radüs kısmında olduğu görülmektedir. Aşınan yüzeyler yönünden her iki çelik cinsi dişi kalıplarda benzer eğilimlerde aşınmalar meydana gelmiştir. Yüzey anlamından da benzer şekilde 4 ve 6 nolu alt yüzeylerde aşınma fazla olmakta, 2 ve 8 nolu yüzeylerde aşınma olduğu, 3 ve 7 nolu orta yüzeylerde genel anlamda çok

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

fazla bir aşınma miktarı ve deformasyon gözlenmemiştir. AISI 4140 ve manganlı çelik dişi kalıplar kıyaslandığında manganlı çeliğin AISI 4140 çeliğe göre daha az miktarda aşındığı tespit edilmiştir (şekil 11).



Şekil 11. Dişi kalıptaki aşınmalar
a) AISI 4140 dişi kalıp b) Manganlı çelik dişi kalıp

Şekil 11 incelendiğinde de manganlı çelik dişi kalıptaki gerek burun kısmı ve gerekse yüzeylerde daha az aşınmanın olduğu gözle görülmektedir. Hem dişi kalıplarda hem de zımbalarda manganlı çelik cinsi dişi kalıpların da AISI 4140 çeliğe göre daha eşverişli olduğu söylenebilir.

4. SONUÇLAR

Manganlı çelikten döküm yoluyla ve AISI 4140 çeliğinin kütük halden talaşlı işleme yöntemiyle üretilen zımba ve dişi kalıpların bükme sonrası bükme işleminde sac metal ile temas halinde olan yüzeylerin aşınma davranışları ile ilgili olarak şu sonuçlara varılmıştır;

- Yapılan sac büküm işlemlerinde manganlı çelik zımba ve dişi kalıpların daha az miktarda aşındıkları tespit edilmiştir. Çalışma şartlarında darbeye ve yüklere maruz kalan manganlı çelikler sertliklerini arttırdıklarından bükme süreci içinde manganlı çeliklerde çalışma sertleşmesinin meydana geldiği ve bunun da zımba ve dişi kalıpların aşınma ve deformasyonlarında geciktirme etkisi yaptığı görülmüştür.

- Her iki çelik cinsinde de zımbalarda burun kısmında ve dişi kalıplarda da alt kavis kısmında (zımba burun karşılığı) en fazla aşınma tespit edilmiştir. Bu nedenle endüstride kullanılan zımba ve dişi kalıpların bu bölgeleri üretici firmalar tarafından sertleştirme işlemine tabi tutulmaktadır.

- Manganlı çelikten döküm yoluyla imal edilen zımba ve dişi kalıpların mevcut AISI 4140 çeliğine göre alternatif olarak kullanılabilceği görülmüştür. Bu da işlem zamanı, işçilik, malzeme sarfiyatı ve fire miktarı gibi bir çok yönden maliyet avantajı sağlayacaktır.

5. TEŞEKKÜR

Bu araştırma Batman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimince (Btübap-2018-Tek-1) desteklenmiştir. Bu desteklerinden dolayı Batman Üniversitesine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Duflou, J., R., Vancza, J., Aereens, R., Computer Aided Process Planning for Sheet Metal Bending: A State of the Art, *Computers in Industry*, 56, 747-771, 2005.
- [2] De Vin, L. J. *Computer aided process planning for the bending of sheet metal components*, Doctoral Dissertation, Enschede the Netherlands, ISBN 90-9007217-9, 1994.
- [3] De Vin, L. J., Streppel, A.H., Kalsi, H. J. J., Singh, U.P., Sensitivity analysis for air bending, *Proceedings of the 3rd International Conference on Sheet Metal*, ISBN: 0-9527664-0 X, 221-230, 1995.
- [4] De Vin, L. J., Streppel, A.H., Lutters, D. Kals, H.J.J., A process model for air bending in CAPP applications, *Proceedings of the 2nd International Conference on Sheet Metal*, ISBN: 1-85923-025-3, 17-28, 1994.
- [5] Koçar, O., Karayel, D., Eldoğan, O., Özkan, S. S., Tersine Mühendislik Yaklaşımı Kullanarak Sac Metalin Şekillendirme Sınır Diyagramının Belirlenmesi, *Akademik Platform Dergisi*, 538-547, 2013.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- [6] Mentink, R.J., Lutters, D., Streppel, A.H., Kals, H.J.J., Determining material properties of sheet metal on a press brake, *Journal of Materials Processing Technology*, 141, 143–154, 2003.
- [7] Stelson K.A., *The adaptive control of brakeforming using inprocess measurement for the identification of workpiece material characteristics*, Doctoral Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, 1981.
- [8] Yang, M., Kojima, N., Manabe, K., Nishimura, H., High accuracy V-bending process control with an on-line database and modified fuzzy models, *JSME International Journal, Series C* 40/1, 157–162, 1997.
- [9] Özdemir, M., Gökmeşe, H., Dilipak, H., Yılmaz, V., Farklı ısıtma işlemlerinin 16m3 (1.5415) sac malzemenin ileri-geri esneme miktarına etkisinin deneysel ve mikroyapısal olarak incelenmesi, *Akademik Platform ISITES 2014 Sempozyumu Karabük*, 148-155, 2104.
- [10] Bitzel, H., Borchardt, J., Müller, J., Neidhart, F., Parey, K., Rau, A., Faszination Blech, *Flexible Bearbeitung eines vielseitigen Werkstoffs*, R. Josef Raabe Verlags-GmbH, ISBN: 3-88649-187-0, 1996.
- [11] Cser, L., Geiger, M., Greska, W., Hoffmann, M., Three kinds of case-based learning in sheet metal manufacturing, *Computers in Industry*, 17/2–3, 195–206, 1991.
- [12] Özler, L., Tosun, N., İnan, A., Ostenitik Manganlı Çeliğin sıcak Talaşlı İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi, *Turk J Engin Environ Sci*, 24, 287-296, 2000.
- [13] Kıyak, M., Uysal, A., Çakır, O., Altan, E., Yüksek manganlı çeliğin kesici ağızı yuvarlatılmış sert metal takımlar ile ortogonal tornalanmasında takım ömrü, 3. *Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu*, 496-502, 2012.
- [14] http://www.ckbmakina.com.tr/?p/2385/p1015_h105 (058/11/2021).
- [15] See Toh, K.H., Loh, H.T., Nee, A.Y.C., Lee, K.S., A feature based flat pattern development system for sheet metal parts, *Journal of Material Processing Technology*, 48, 89–95.

BATMAN İLİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE KULLANIMI

Büşranur TAŞ, Mehmet Ali DEMİR* ve Fevzi YAŞAR**

*Batman Üniversitesi Personel Daire Başkanlığı, 72060 BATMAN

e-posta: mehmetali.demir@batman.edu.tr

** Batman Üniversitesi Teknik Bilimler MYO Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, 72060 BATMAN

e-posta: fevzi.yasar@batman.edu.tr

Özet: Enerji, çağımızın en önemli tüketim maddelerinden biri olmakla beraber insanlığın bugün ve yarın vazgeçemeyeceği bir uygarlık aracıdır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin enerji ihtiyaçları her geçen gün artmakta ve bu artışın gelecekte de devam edileceği öngörülmektedir. Bugün sahip olduğumuz teknolojik gelişmelerin sunduğu imkanların insan yaşamında süreklilik arz edebilmesi için enerji ve enerji kaynaklarına her zamankinden daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Tüketmek zorunda olduğumuz enerjinin bugün büyük bir çoğunluğu fosil yakıtlarından, geri kalanı ise nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Fosil yakıt kullanımı, doğrudan veya dolaylı şekilde çevre ve insan sağlığına zarar vermektedir. Fosil yakıt kullanımının verdiği zararlar gözönünde bulundurulduğunda gelecek nesillerin daha büyük bedellerle karşı karşıya kalmaları kaçınılmaz olacaktır. Kalkınma ve sanayileşme yolunda fosil yakıt kullanımının verdiği zararlar düşünüldüğünde, çevremizin kendi doğal ürünü olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının artırılması gerçeği her geçen gün daha iyi anlaşılmaktadır. Yenilenebilir enerji olarak günümüzün ve geleceğin en önemli kaynakları arasında güneş enerjisi gelmektedir. Güneş enerjisi kaynağı, doğrudan ve düşük maliyetlerle üretilebildiğinden ve bu enerji kaynağının çok farklı alanlarda da kullanılabilme özelliği dolayısıyla günümüzde daha fazla tercih edilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada Batman ilinin güneş enerjisi potansiyeli ve kullanım detayları ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Güneş, Potansiyel ve Kullanımı.

SOLAR ENERGY POTENTIAL AND USAGE OF BATMAN PROVINCE

Abstract: Energy is one of the most important consumption items of our age, it is also a civilization tool that humanity cannot give up now and tomorrow. The energy needs of developed and developing countries are increasing day by day, and this trend is expected to continue in the future. Energy and energy resources are needed now more than ever to assure the continuity of the opportunities provided by technological advancements in human life. The energy's majority we consume today comes from fossil fuels, with the remainder coming from nuclear and renewable energy sources. The usage of fossil fuels hurts the environment and human health, either directly or indirectly. Given the damage caused by the usage of fossil fuels, it is unavoidable that future generations will pay higher prices. Considering the damages caused using fossil fuels during development and industrialization, the need of growing the use of renewable energy sources, which are the natural products of our environment, is better understood day by day. Solar energy is among the most important resources of today and the future as renewable energy. Solar energy is regarded to be desired more today since it can be produced directly and at a cheap cost, and it can be utilized in a variety of applications. In this study, the solar energy potential and usage details of Batman province are revealed.

Keywords: Renewable Energy, Solar, Potential and Use.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

1. GİRİŞ

İnsan yaşamının vazgeçilmez bir parçası olan enerji, geçmişte olduğu gibi bugün de dünya gündeminde tartışılan konuların başında yer almaktadır. Enerji, ülkelerin ekonomik ve sosyal olarak gelişiminde, dolayısıyla toplumsal refahın artırılmasında vazgeçilmez bir etken olmaya devam etmektedir [1]. Hammadde ve enerji kaynakları kapasitelerinin sınırlı olmaları ve yeni teknolojik ürünlerin kullanımı ile hammadde ve enerji ihtiyacı sürekli artış gösterdiğinden insanoğlu yeni kaynaklara daha fazla ihtiyaç duymaktadır. Var olan petrol, doğalgaz, kömür vb. fosil kaynakların, gelecekteki nüfus artışı ve insanların günlük yaşamda kullandıkları cihazların artması nedeniyle hızlı bir şekilde azalması beklenmektedir [2]. Bu nedenle, yerel ve yenilenebilir doğal zenginlikler konumunda olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hem ülkemizde hem de diğer dünya ülkelerinde enerji ihtiyacının karşılanması bakımından büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden tüm dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına hem teknolojik araştırmalar açısından hem de bu kaynaklardan üretilen enerjileri kullanmaya yönelme baş göstermiştir. Bu bağlamda, "enerji çeşitlendirilmesi", enerji güvenliği ve sürekliliğini sağlamak açısından vazgeçilmez hale gelmiştir [3]. Enerjide dış kaynaklara bağımlılığın önüne geçilebilmesi ve herhangi bir kaynaktan gelebilecek bir azalma, tükenme, kesilme gibi aksaklıkların ortaya çıkabilmesine karşı önlemlerin alınması, enerji çeşitlerinin artırılması ile mümkün olabilmektedir. Tek tür kaynaktan sağlanacak enerjinin, insanların enerji konusunda sadece o türe bağımlı hale gelebileceği hususu dikkate alınmalıdır [4].

Sürdürülebilir enerji, ihtiyaç olan kadar enerjiyi riske atmadan kullanmak demektir. Dünyanın ve Türkiye'nin geleceği için yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi bu açıdan büyüktür. Yenilenebilir enerji kaynağı "*doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı*" olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük özellikleri, karbondioksit emisyonlarını azaltarak çevrenin korunmasına yardımcı olmaları, yerli kaynaklar oldukları için enerjide dışa bağımlılığın azalmasına ve istihdamın artmasına katkıda bulunmaları ve kamuoyundan yaygın ve güçlü destek almalarıdır [5]. Bir başka deyişle, yenilenebilir enerji kaynakları, ulaşılabilirlik, mevcudiyet, kabul edilebilirlik özelliklerinin hepsini taşımaktadırlar.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıyla:

- ❖ İthal edilen yakıtlara olan bağımlılık azalacak,
- ❖ Yerli öz kaynaklara öncelik verilmesi sağlanacak,
- ❖ Yerli üretim sonucu istihdam artacak,
- ❖ Sürdürülebilir ekonomik büyüme ve gelişmeye katkı sağlayacak,
- ❖ Enerji arz güvenliğini artacak,
- ❖ Enerji talebini karşılamada sağlanan güvenlik ile enerjiyi kullanan sektörleri olumlu yönde etkileyecek ve yatırım yapmalarını teşvik edecek,
- ❖ Üretimde ve tüketimde sağlanan güven ortamı ile istikrar artacak,
- ❖ Sosyal ekonomik hayatta refah, istikrar da artacaktır [6].

Dünyadaki enerji türlerinin kökeni olarak güneş enerjisi gösterilmekte, diğer enerjiler ise güneş enerjisi kökenli, "dönüşüm enerjileri" olarak tanımlanmaktadır [7]. Tüm yenilenebilir enerjiler ve hatta fosil yakıtlar enerjilerini güneşten almaktadır. Enerji kaynaklarını üç ana başlıkta toplamak mümkündür. Enerji kaynaklarının birincisi yerin altında kalan bitkilerin ve canlıların bataklik alanlarda birikmesi sonucu oluşan tabakaların değişime uğramasıyla meydana gelen "Fosil Yakıtlar"dır. Enerji kaynaklarının ikincisi, potansiyeli mevcut olan ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak kullanımı artan "Yeni" enerji kaynaklarıdır. Enerji kaynaklarının üçüncüsü ise tükenmeyen, eksilmeyen "Yenilenebilir" enerji kaynaklarıdır [8].

2. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİNİN GELİŞİMİ

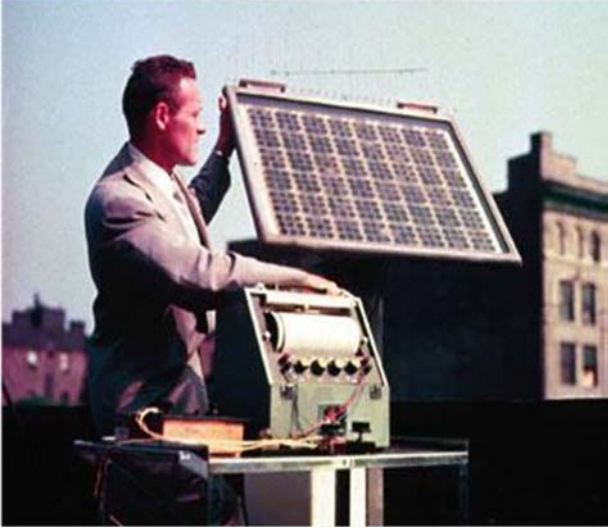
- 1839 yılında Fransız biliminsanı Edmond Becquerel dünyada ilk olarak Fotoelektrik olayını keşfetti ve ışık enerjisi soğurularak elektriksel voltaj edileceğini öne sürdü [9].
- 1873-1876 yıllarında ise İngiliz Elektrik Mühendisi Willoughby Smith Selenyum elementinin fotoiletkenliğini keşfetti. Bu keşif güneş enerjisinin kolayca toplanabildiğini göstermektedir [10].
- 1883 yılında Charles Fritts tarafından ilk Solar Hücre üretildi. Üretilen bu solar hücrenin verimi %1-2 arasında değişmekteydi. Günümüzdeki Solar Hücre verimleri ise %15-20 arasında değişmektedir.
- 1887 yılında ilk olarak Alman bilim adamı Heinrich Hertz tarafından fotoelektrik olay gözlemlendi.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- 1953-1956 yılları arasında Bell Laboratuvarındaki çalışmalar sonucunda Silikon Güneş hücrelerinin ticari olarak üretilmeye başlandı.



- 1958 yılında Solar Enerji Sistemleri uzay çalışmalarında kullanılmaya başlandı.
- 1982 yılında Hesperia, Kaliforniya'da 1 MWe Güneş Enerji Santrali inşa edildi.
- 1994-1999 yılları arasında NREL kurumu tarafından %30-32 arasında verimli Güneş Hücreleri üretildi [11,12].

Türkiye'de güneş enerjisine yönelik ilk ulusal kongre 1975 yılında gerçekleşmiştir. Ege Üniversitesi'nde 1978 yılında Güneş Enerjisi Enstitüsü kurulmuştur. Türkiye'de, Fotovoltaik Sistemler konusundaki çalışmalar 1980 ve 1990'lı yıllarda başlamıştır. Bu anlamda gerçekleşen çalışmalara ait bazı örnekler;

- Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Laboratuvarında, güneş hücreleri ile çalışan ısı pompası sistemi kurulmuş.
- Dört adet güneş hücresi ile çalışan ve yaklaşık olarak toplam kurulu gücü 50 kWp olan sistemler telekomünikasyon amaçlı olarak Afyonkarahisar, Göcek, Uşak ve Kahramanmaraş'a kurulmuştur.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından Didim'de, güneş hücreleri ile çalışan laboratuvar ölçekli ilk güç santrali tesis edilmiş.
- Güneş Pilleri ve Güneş Enerjisi konusunda, dünyada yaşanan gelişmeler, ülkemizde başta üniversitelerimizin, TÜBİTAK'ın ve Enerji İşleri Etüt İdaresi'nin yapmış olduğu çalışmalar neticesinde, zamanla kullanım alanı artan güneş hücrelerinden; ulaşım araçları, aydınlatmalar, trafik ışıkları, gibi gündelik şekildedeki faydalanılmaya başlanılmıştır.

- Aydınlatmalar 21 Temmuz 2011 tarihinde yayımlanan, 'Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik' kapsamında, yatırımcılara 500 kWe kurulu gücüne kadar Lisanssız Elektrik Üretimi faaliyeti gösterme hakkı tanınmıştır. Çıkarılan bu yönetmelik, Türkiye'de Güneş Enerjisinden elektrik üretme noktasında bir kıvılcım niteliğindedir.
- Bu doğrultuda, 263 kWe kurulu gücündeki, ilk lisanssız Güneş Santrali, 19 Ekim 2012'de, kabulü yapılan Gazi Üniversitesi Teknopark GES olmuştur.
- 14 Mart 2013 yılında kabul edilen, 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun 14. maddesi kapsamında, Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine ilişkin yönetmelik, 2 Ekim 2013 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yürürlüğe giren yönetmelikle birlikte, lisanssız tesislerin azami kurulu gücü 1 MW'a yükseltilmiştir.
- 2014 yılında; Güneş Enerjisi Santrallerinin Türkiye'nin kurulu gücüne katkısı 40,2 MW olduğu görülmektedir. Güneş Enerjisi Santralleri, Lisanssız santrallerin %76'sını oluşturmaktadır. Güneş Enerjisi Kaynaklı Kurulu Güç, toplam kurulu gücün %0,05'ni oluşturmaktadır.
- 2014 ve 2015 yılında; Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği kapsamında, Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak üzere yapılan lisans başvurularına ilişkin, TEİAŞ tarafından 6 paket üzerinden yapılan bir yarışma düzenlenmiştir. Düzenlenen bu yarışma neticesinde, toplamda 600 MWe'lik kapasite, yarışmayı kazanan firmalara dağıtılmıştır.
- Diğer yandan, Lisanssız Enerji Üretimi, maliyetlerinde düşmesinin etkisiyle ivme kazanmaya başlamış ve kurulumlar artmıştır.
- Ekonomi Bakanlığı tarafından, İthalatta Gözetim Uygulamasına İlişkin 2015/9'nolu Tebliğ'i Resmi Gazete'de yayınlanmış ve ithal edilen güneş panellerine gözetim uygulaması getirilmiştir.
- 2015 yılında Güneş Enerjisi Kaynaklı Kurulu güç; (248,8 MW) bir önceki seneye göre, %619 oranında artış göstermiştir.
- Güneş Enerjisinin, toplam kurulu güç içerisindeki payı %0,3'lere gelmiştir.
- Türkiye'de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü 2015-2016 yılında; ekipman maliyetleri; düşüşünü devam ettirmiştir.
- 25 Haziran 2016 tarihinde, Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararın Uygulanmasına İlişkin Tebliğ yayınlanarak, İthal Güneş Panelleri teşvik kapsamından çıkarılmış ve İthalatta Gözetim

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

uygulaması başlamıştır. (300USD/kg) Bu durum, Yatırım Teşvik Belgesi olmayan yatırımcılar için ciddi bir maliyet yaratmış ve yatırımcıları yerli panel kullanımına teşvik etmiştir.

- 1 Temmuz 2016 tarihinde, İthal Güneş Panellerine yönelik Anti-Damping soruşturması başlatılmıştır.
- 14 Ekim 2017 tarihinde, ilk Lisanslı GES tesisi olan, 8 MWe kurulu gücündeki Elazığ Solentegre GES'in kabulü yapılmıştır.
- 30 Ekim 2017 tarihinde, 4,9 MWe kurulu gücündeki Lisanslı Halk Enerji Erzurum GES'in kabulü yapılmıştır.
- 29 Aralık 2016 Tarihli 6838 Numaralı EPDK Kararının Kapsamında, Lisanssız Üreticiler için, Sistem Kullanım Bedellerine %1250 oranında zam yapılmıştır.
- Lisanssız GES Tesislerinin 2017 yılı sonuna kadar devreye alınması durumunda, Sistem Kullanım Bedelinin, yeni belirlenen bedel üzerinden %75 indirimli olacağı belirtilmiştir [12,14].

3. GÜNEŞ ENERJİSİ VE ÖNEMİ

Güneş enerjisi, hidrojenin helyuma dönüşmesi sırasında ortaya çıkan enerjinin ışıyım biçiminde uzaya yayılmasıdır [15]. Güneş daha milyonlarca yıl ışımasını sürdüreceğinden, dünyamız için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Güneş, dünyadaki tüm enerji kaynaklarına dolaylı ya da dolaysız olarak temel oluşturmaktadır. Güneş ışınları ile dünyaya 170 milyar MW güçte enerji gelmektedir. Bu değer, dünyada insanlığın bugün için kullandığı toplam enerjinin 15-16 bin katıdır. Günümüzde dünyaya ulaşan güneş enerjisinin değerlendirilmesinde iki yol izlenmektedir: ısıya dönüştürme ve elektrik enerjisine çevirme. Güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürmede "toplaçlar"; doğrudan elektriğe dönüştürmede de "güneş hücreleri-güneş pilleri" kullanılmaktadır [16].

Günümüzün teknolojik ve ekonomik koşullarında güneş enerjisinin özellikle ısı kullanımı önem kazanmıştır. Dünyanın küresel olarak pek kullanmadığı, ancak geleceğin en çok kullanılabilecek enerji kaynağı olan güneş enerjisinden elektrik üretimi, doğrudan dönüşüm ve dolaylı dönüşüm olmak üzere iki ayrı yöntem ile gerçekleştirilir. Bu enerji ile ısıtmadan soğutmaya çok farklı ısı etkisinin kullanıldığı uygulamaların yanı sıra değişik teknolojiler ile elektrik enerjisi üretimi de gerçekleştirilmektedir [2]. Fotovoltaik hücreler (PV hücreler-güneş hücreleri) gürültüsüz, çevreyi kirletmeden, herhangi bir hareket eden mekanizmaya

gereksinim duymadan güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir [17].

3.1. Güneş Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

- Güneş enerjisi temiz, yenilenebilir ve sürekli bir enerji kaynağıdır.
- Güneş enerjisi ile çalışan sistemler kolaylıkla taşınır kurulabilir.
- Çevreyi kirletici atıkları olmayan, çevre dostu, gerektiğinde enerji ihtiyacına bağlı olarak kolayca değiştirilebilen sistemlerdir.
- Güneş enerjisinin, yakıt sorununun olmaması, işletme kolaylığı, mekanik yıpranma olmaması, modüler (değişebilir) olması, uzun yıllar sorunsuz olarak çalışması gibi üstünlükleri vardır.
- Güneş pili, dayanıklı, güvenilir ve uzun ömürlüdür.
- Elektrik şebeke hattı bulunmayan ya da şebeke hattının götürülmesinin pahalı olduğu kırsal yörelerde güneş pillerinin kullanımı daha ekonomik olabilmektedir.
- Her ev, kendi enerjisini çatısına kurduğu güneş pilleri ile karşılayabilir. Böylece iletim ve enerjiyi taşıma maliyetleri ve kayıpları ortadan kalkar.

Güneş enerjisinin bütün bu avantajlarının yanısıra bazı **dezavantajları** mevcuttur.

Bunlar;

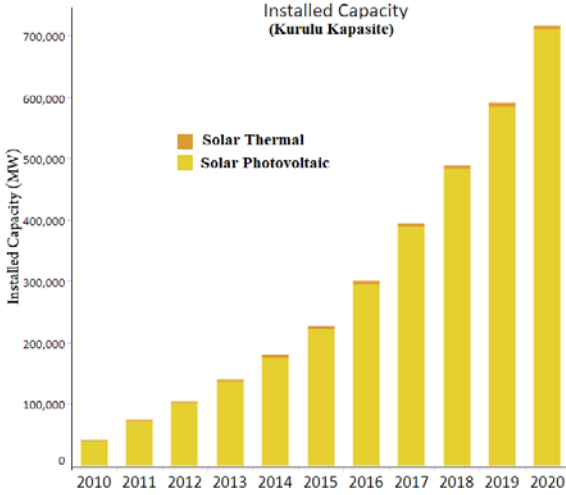
- Güneş Pillerinin verimleri düşüktür (%15 civarı),
- Fotovoltaik pillerin üretim kaynaklı başlangıç ve tüketim maliyeti yüksektir, ancak teknolojik gelişmeler ile enerji giderek yaygınlaşmakta ve maliyette düşmektedir.
- Kullanımın yaygınlaşması ile maliyetlerin daha da azalacağı beklenmektedir.
- Kesintili bir kaynak olan güneş enerjisinin depolanma imkanları sınırlıdır.
- Depolama ünitelerinin bakımı ve ömürleri gibi dezavantajlar sistemin verimini düşürmekte ve enerjinin maliyetini artırmaktadır [18,19].

4. DÜNYA VE TÜRKİYE'NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

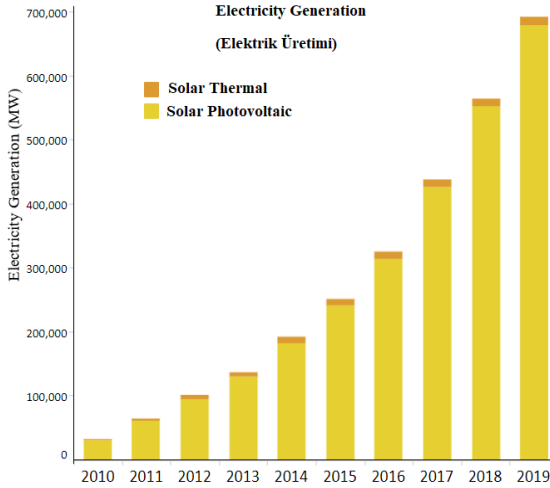
Ülkeler yenilenebilir enerji çabalarını hızlandırdıkça ve elektrik üretiminden kaynaklanan karbon emisyonlarını azaltmaya çalıştıkça, güneş enerjisi kuruluşları dünya çapında hızla artıyor [20]. Dünyadaki hemen hemen tüm ülkelerde güneş enerjisi ile az ya da çok elektrik üretimi yapıldığı söylenebilir. Fakat resmi istatistiklerde ulusların enterkonnekte sistemine bağlı olmayan diğer

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

bir ifadeyle of-grid santraller genel olarak istatistik dışında bırakılır. Şekil 1 ve 2 ye bakıldığında dünya genelinde gerek kurulu güç bakımından gerekse elektrik üretimi açısından değerlendirildiğinde 2010-2019 yılları arasında her iki alanda da belirgin bir artış olduğu görülmektedir. Bu da güneş enerjisinin öneminin her geçen gün arttığının açık bir göstergesidir.



Şekil 1. Dünyada Güneş Enerjisi Kurulu Kapasitesi



Şekil 2. Dünyada Güneş Enerjisinden Üretilen Elektrik Enerjisi

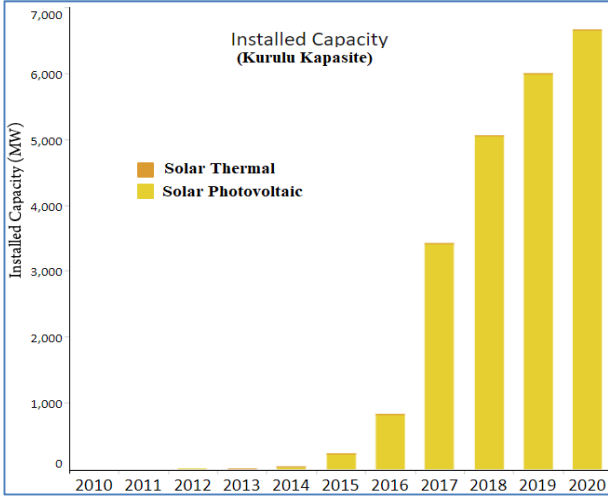
Dünyada şebeke bağlantılı başka bir ifadeyle on-grid sistemlerin ülkelere dağılımına bakıldığında, 2020 yılı Aralık ayı itibarıyla Kurulu güç bakımından Çin 254.355 MW'ı aşan kurulu gücü ile açık ara lider konumdadır. Çin Halk Cumhuriyeti'ni sırasıyla ABD, Japonya, Almanya, Hindistan ve İtalya takip etmektedir.

Tablo1. 2020 yılı Aralık ayı itibarıyla Ülkelere Göre Dünyada Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücü [21].

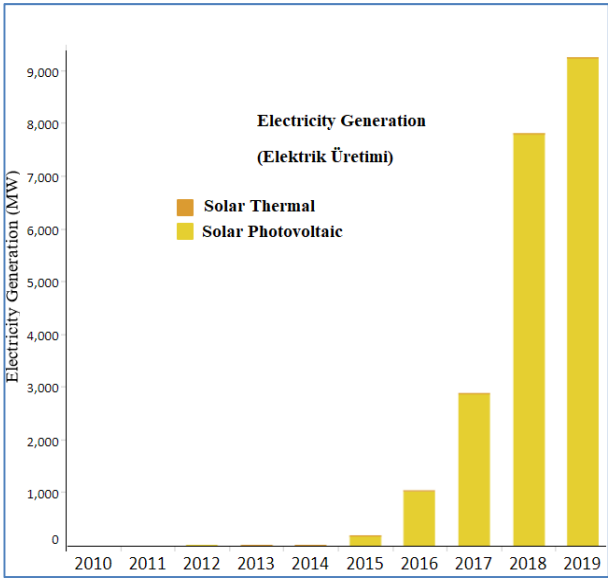
S.	Ülke	Kurulu Güç (MW) Aralık 2020
1	Çin	254.355
2	ABD	75.572
3	Japonya	67.000
4	Almanya	53.783
5	Hindistan	39.211
6	İtalya	21.600
7	Avustralya	17.627
8	Vietnam	16.504
9	Güney Kore	14.575
10	İspanya	14.089
11	Birleşik Krallık	13.563
12	Fransa	11.733
13	Hollanda	10.213
14	Brezilya	7.881
15	Türkiye	7.170
16	Güney Afrika	5.990
17	Tayvan	5.817

Türkiye mevcut coğrafi konumu itibarı ile güneş enerjisi potansiyeli bakımından çok önemli bir ülke konumundadır [22]. Yılın büyük çoğunluğunda güneş ışınlarının güçlü bir açıyla geldiği Türkiye'de güneş oldukça önemli olmasıyla birlikte temiz bir enerji kaynağıdır. Güneş enerji kurulu gücü de 2021 Temmuz ayına göre 111,1 MW artarak 7435,2 MW seviyesine yükselmiştir. Bu kurulu gücün 6682,1 MW'mı lisanssız santraller geri kalan 753,1 MW'lık gücü de serbest üretim şirketi santralleri oluşturmaktadır. Güneş enerjisi kurulu gücü Türkiye'nin toplam kurulu gücünün %7,55'ni oluşturmaktadır [23]. Şekil 3 ve 4 incelendiğinde Türkiye hem kurulu güç bakımından hem de elektrik üretimi açısından değerlendirildiğinde 2016 yılından sonra her iki alanda da çok belirgin bir artış olduğu görülmektedir. Bu da güneş enerjisinin ülkemiz ve tüm dünya için çok önemli bir enerji kaynağı olduğu göstermektedir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

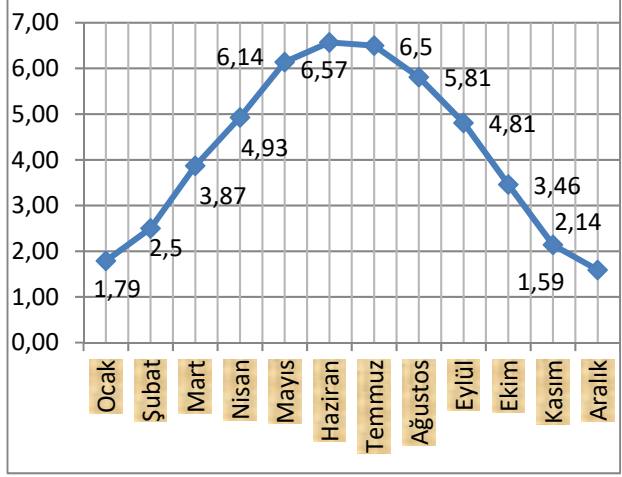


Şekil 3. Türkiye'de Güneş Enerjisi Kurulu Kapasitesi



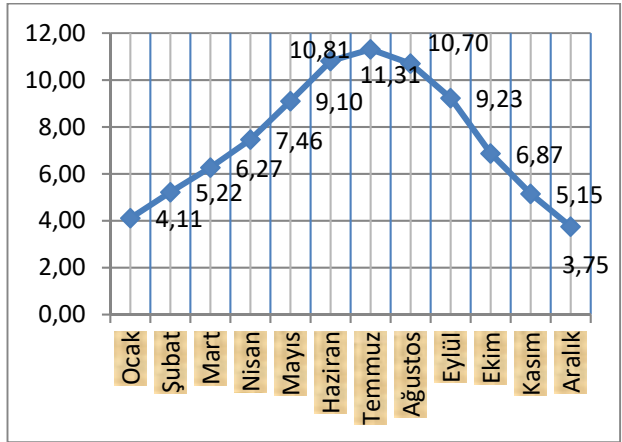
Şekil 4. Türkiye'de Güneş Enerjisinden Üretilen Elektrik Enerjisi

Ülkemiz, güneş kuşağı içinde konumlanmasına rağmen, güneş enerjisinden faydalanma istenilen miktarda değildir. Bu sebeple, yakın gelecekte enerji ihtiyacının karşılanmasında, dünyanın en önemli yenilenebilir enerji kaynağı olan güneşin etkili ve sürdürülebilir bir biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir. Şekil 5'te ülkemizin aylık bazda ortalama güneşlenme süreleri mevcuttur. Güneşlenme süresinin maksimum olduğu ay Temmuz, minimum olduğu ay Aralıktır. Türkiye'nin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süresi 7,49 saat-gün, yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi ise 2736,89 saat-yıl (7,49x365) dir.



Şekil 5. Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat) (Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneşlenme Süresi) [24].

Şekil 6'da gösterilen değerler ülkemizin aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerlerini göstermektedir. Haziran ayında global radyasyon değeri en fazladır. Türkiye'nin aylık bazda ortalama günlük ışınım şiddetinin 4,18 kWh/m²-gün, yıllık ortalama toplam global radyasyon değerinin ise 1524,18 kWh/m²-yıl (4,18x365) olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Türkiye Global Radyasyon Değerleri (kWh/m2- gün) (Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneş Radyasyonu) [24].

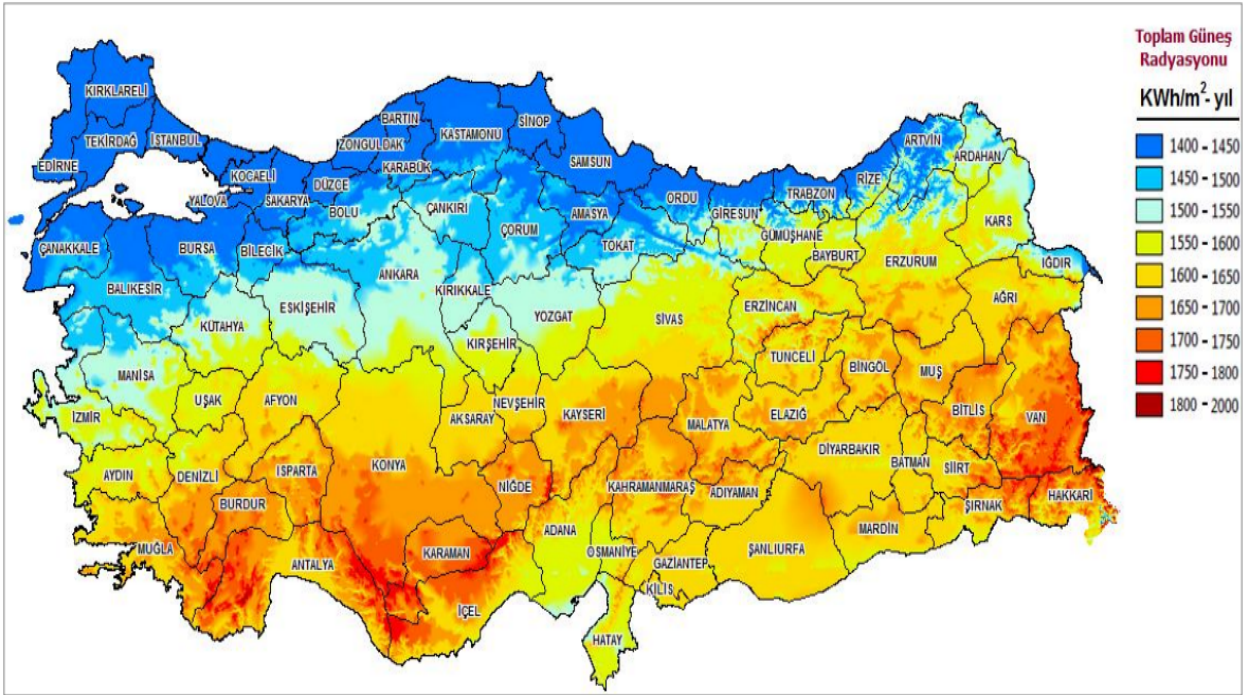
Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2741,07 saat olup ortalama yıllık toplam ışınım değeri 1527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır [25].

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Şekil 7'de GEPA'da yer alan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası verilmiştir.



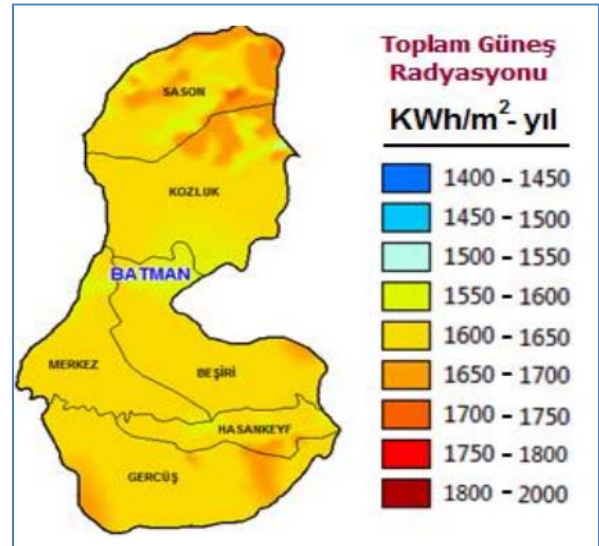
Şekil 7. Türkiye GEPA Atlası [3]

Haritada görüldüğü üzere Güney bölgelerden Kuzeye doğru gidildikçe güneşlenme potansiyeli azalmaktadır. Karadeniz Bölgesi, coğrafi konumu ve yağmurlu gün sayısının fazla olması nedeniyle en az ışınım alan bölgedir. Marmara ve Ege orta değerde ışınım alırken, İç Anadolu, Doğu Anadolu, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu yüksek değerde ışınım alan bölgelerimizdir. Bu bölgelerde güneş enerjisine yatırım yapmak daha verimli ve yatırım maliyetlerinin geri dönüş süresi diğer bölgelere göre daha kısadır [26]. Tablo 12.1'de bölgelerin ışınım değerleri verilmiştir.

5. BATMAN İLİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE KULLANIMI

Türkiye'nin en güneşli bölgesi 2993 saat ve 1460 kWh/m² yıl ile Güneydoğu Anadolu bölgesidir. Bu bölgenin güneşlenme süresinin en fazla olduğu illerden biride Batman'dır [26].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre; Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2741(saat/yıl) iken bu rakam Batman için 2873 saattir. Aynı şekilde ülkemizde ortalama yıllık toplam ışınım şiddeti 1527 kwh/m². Buna karşın Batman ili için 1576 kwh/m²'tir. Şekil 8'de Batman ili Güneş Potansiyeli Haritası gösterilmiştir. [26,27].



Şekil 8. Batman İli Güneş Potansiyeli Haritası (Anonim, 2020)

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Tablo2. Batmanda işletmedeki ve yapım aşamasındaki Güneş Enerjisi Santralleri [28]

İşletmedeki Güneş Enerji Santralleri			
Santral Adı	İlçe	Firma	Güç(MW)
Modern Tuana ve Taykar GES	Beşiri		6,00
Batman'daki diğer lisanssız GES'ler		Çeşitli Firmalar	12
ÖZET: Batman, İşletmedeki Güneş Enerji Santralleri : 2 santral, 18 MWe			

Yapım Aşamasındaki Güneş Enerji Santralleri			
Santral Adı	İlçe	Firma	Güç(MW)
TZN Mimarlık Güneş Enerjisi Santrali	Kozluk	TZN Mimarlık	1,00
ÖZET: Batman, Yapım Aşamasındaki Güneş Enerji Santralleri : 1 santral, 1,00 MWe			

Tablo 2 de görüldüğü gibi Batman da lisanslı kurulu güç 6 MW, yapım aşamasında olan 1 MW ve lisanssız 12 MW'lık GES olduğu görülmektedir. Bunların dışında Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Batman Bölge Müdürlüğü ve Tüpraş Batman Rafinerisinde de idari ve sosyal tesislerinde kullanılmak üzere ufak çaplı GES santrali bulunmaktadır.

Şekil 9. Batman-Kozluk ve Beşiri İlçelerindeki GES Santralleri



Alternatif enerji olarak güneş enerjisi ülkemizin ve Batman ilinin iklim ve coğrafyasına uygun bir kaynaktır. Türkiye güneş enerji kaynağı açısından Dünyada ki coğrafik yerinden dolayı birçok Avrupa ülkesine göre avantajlı konumda olup Batman ilide ülkedeki çoğu şehirlere göre daha avantajlı bir konumdadır. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Batman ili zengin iller arasındadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi bulunduğu konumundan dolayı bu alanda daha fazla yatırım yapılması ve bu enerjiden daha fazla yararlanması sağlanmalıdır. [28]

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

KAYNAKLAR

- [1] Ahuja D., Tatsutani M., Schaffer D., Sustainable energy for developing countries, *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society (S.A.P.I.E.N.S)* Vol. 2, ISSUE 1, 2009.
- [2] Panwar N.L., Kaushik S.C., Kothari S., Role of renewable energy sources in environmental protection: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 1513–1524, 2011.
- [3] Owusu P.A., Sarkodie S.A., A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation, *Cogent Engineering*, 3: 1167990, 2016.
- [4] Öztürk İ., Energy dependency and energy security: the role of energy efficiency and renewable energy sources, *Energy Dependency and Security The Role of Efficiency and Renewable Energy Sources*, April 2014.
- [5] Çıtak E., Kılınc Pala P.B., Yenilenebilir enerjinin enerji güvenliğine etkisi, *Journal of Suleyman Demirel University Institute of Social Sciences*, Vol. 25, 79 - 102, 2016.
- [6] Çalışkan Ş., Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılık ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı:25 2009.
- [7] Roy A., Auger F., Robin F. D., Bourguet S., Tran Q.T., Electrical Power Supply of Remote Maritime Areas: A Review of Hybrid Systems Based on Marine Renewable Energies, *Energies*, Vol.11, Issue 7, 2018.
- [8] Türkiye'nin Doğal Gaz Temin ve Tüketim Politikalarının Değerlendirilmesi Raporu, Tmmob Makina Mühendisleri Odası, Yayın No:469, *Oda Raporları*, 2008.
- [9] Zhang T., Wang R., High Efficiency Plants an Building Integrated Renewable Energy Systems *Handbook of Energy Efficiency in Buildings*, 2019.
- [10] Olanusi O.A., Aziz N., Solar cell current trends, <https://www.researchgate.net/publication/326468478>, 2018.
- [11] Fraas L.M., History of Solar Cell Development, *Low-Cost Solar Electirc Power*, Book, 2014.
- [12] <https://www.myenerjisolar.com/dunyadaki-ve-turkiye>, 2021.
- [13] Cebeci S., Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Yayın No:2911, 2017.
- [14] Seyiyoğlu S.S., Kayseri İlinde Güneş Enerjisi İle Sulama Sistemi Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 2012.
- [15] Belyakov N., Sustainable Power Generation: Current Status, Future Challenges, and Perspectives, *Book*, 2019.
- [16] Towler B.F., Solar Power, Book, 2014.
- [17] Askari M., Mirhabibi M., Abadi V.M.M., Types of Solar Cells and Application, *American Journal of Optics and Photonics*, 3(5): 94-113, 2015.
- [18] Lakatos L., Hevessy G., Kovács J., Advantages and Disadvantages of Solar Energy and Wind-Power Utilization, *World Futures*, 67: 395–408, 2011.
- [19] Sayın S., Koçgüneş İ., Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri, *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, c.26, s.3, 2011.
- [20] Sabuncu F., Çolakoğlu M., Turkey's Renewable Energy Sector from a Global Perspective 2012.
- [21] <https://www.enerjiatlasi.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html>, 2021.
- [22] Yılmaz E.A., Can Öziç H., Renewable Energy Potential and Future Aims of Turkey, *Ordu University Journal of Social Science Research*, 8(3), 525-535, November 2018.
- [23] <https://www.gensed.org/basin/Turkiyenin-Gunes-Enerjisi-Potansiyeli>, 2021.
- [24] Kan Kaynar N., Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Amasya İlindeki Potansiyeli, *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, Vol. 4, Issue: 2, 48-54, 2020.
- [25] Kallioğlu M.A., Analysis of sunshine hours and global solar radiation for mardin of Turkey, *ISITES2015 Valencia –Spain*, 2015.
- [26] Özgür E., Türkiye'de Güneş Enerjisi, *Türkiye'nin Enerji Görünümü*, 33, 715-727, 2009
- [27] Karakaya H., Avcı A.S., Ercan U., Kallioğlu M.A., Şanlıurfa ilinde yatay yüzeye gelen anlık global güneş ışınımının modellenmesi, *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 10:1, 147-155, 2019.
- [28] <https://www.enerjiatlasi.com/gunes-enerjisi-haritasi/batman>
- [29] Durmuş A., Ercan U., Avcı A.S., Kallioğlu M. A., Karakaya H. Batman İli Enerji Profiline Araştırılması, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, c.7, s.2, 2017.

PHOTOCATALYTIC AND HEAT-INDUCED BIOLOGICAL SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES AND THEIR CATALYTIC AND ANTIMICROBIAL PROPERTIES

Merve KALAYCI*, **Nihal YILMAZ****, **Nihan KOSKU PERKGÖZ***** ve **Suzan BİRAN AY******

* Eskişehir Technical University, Department of Chemical Engineering, 26555 ESKİŞEHİR
e-posta: mervekalayci@eskisehir.edu.tr

**Eskişehir Technical University, Department of Chemical Engineering, 26555 ESKİŞEHİR
e-posta: nihal_yilmaz@eskisehir.edu.tr

***Eskişehir Technical University, Department of Electrical and Electronics Engineering, 26555 ESKİŞEHİR
e-posta: nkperkgoz@eskisehir.edu.tr

****Eskişehir Technical University, Department of Chemical Engineering, 26555 ESKİŞEHİR
e-posta: suzanba@eskisehir.edu.tr

Abstract: The green synthesis of silver nanoparticles with small size and high stability paved the way to improve and protect the environment by decreasing the use of toxic chemicals and eliminating biological risks. Plant mediated synthesis of silver nanoparticles is gaining greater importance owing to its simplicity, rapid synthesis rate that does not required high-energy consumption and eco-friendliness. The aim of the present study was to produce silver nanoparticles (AgNPs) by photocatalytic and heat-induced biological synthesis. After confirmation of AgNP production, the catalytic efficiency of these nanoparticles in the degradation of a common industrial wastewater pollutant methylene blue (MB) dye and their antimicrobial activity were studied. *Momordica charantia* peel extract was used in the plant-mediated nanoparticle synthesis, where the bio-components in the extract acted as reducing and capping agents for the silver ions in the medium. The effect of individual UV- and heat- treatments and their sequential combinations on AgNP production were investigated. The highest nanoparticle formation was achieved by 15-min exposures of synthesis media to UV-light followed by heat treatment. The appearance of an intense Surface Plasmon Resonance (SPR) band at 392-492 nm in the UV-visible spectrum indicated the presence of AgNP upon synthesis. The plant-mediated catalytic activities of increasing volumes of AgNPs solution (0 – 0.225 mL) on the reduction of MB dye were examined at room conditions, under UV-light and in an ultrasonic bath with frequency of 40 kHz. The concentration of MB was monitored by measuring the change in its absorbance intensity in UV-Vis spectrum, specifically at 664 nm, after 1 h. Significant antimicrobial activity was observed in the disc-diffusion method, where approximately 8, 6 and 6.5 mm hollow zones were measured against tested bacteria *S. aureus*, *E. coli* and yeast *C. albicans*, respectively.

Anahtar Kelimeler: Green synthesis, Methylene blue, *Momordica charantia*, Photocatalytic, Silver nanoparticle, Sonocatalytic

GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİN FOTOKATALİTİK VE ISI-UYARILI BİYOLOJİK SENTEZİ VE ONLARIN KATALİTİK VE ANTİMİKROBİYAL ÖZELLİKLERİ

Özet: Yeşil sentez ile küçük boyutlu ve yüksek stabiliteye sahip gümüş nanopartiküllerin üretilmesi, katalitik uygulamalarda toksik kimyasalların kullanımını azaltarak ve biyolojik riskleri ortadan kaldırarak çevreyi iyileştirmenin ve korumanın yolunu açmıştır. Gümüş nanoparçacıkların bitki aracılı sentezi, basitliği, nanoparçacıkların yüksek enerji gerektirmeyen hızlı sentez oranı ve çevre dostu olması nedeniyle daha fazla önem kazanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, fotokatalitik ve ısı kaynaklı biyolojik sentez ile gümüş nanopartiküllerin (AgNP'ler) üretilmesidir. AgNP üretiminin teyitinden sonra, bu nanopartiküllerin yaygın bir endüstriyel kirletici olan metilen mavisi (MB) boyasının bozunmasındaki katalitik etkinliği ve antimikrobiyal aktiviteleri incelenmiştir. *Momordica charantia* kabuğu özütü,

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

bitki aracılı nanopartikül sentezinde kullanıldı, özütteki biyo-bileşenler, ortamdaki gümüş iyonları için bir indirgeme ve kaplama malzemesi olarak görev aldı. Aynı ayrı UV ve ısı işlemlerin ve bunların sıralı kombinasyonların in AgNP üretimi üzerindeki etkisi araştırıldı. En yüksek nanopartikül oluşumu, sentez ortamının 15 dakikalık UV ışığına maruz bırakılması ve ardından ısı işlem uygulanması ile elde edildi. UV-görünür spektrumda 392-492 nm'de yoğun bir Yüzey Plazmon Rezonans (SPR) bandının görünümü, sentez ile AgNP'nin varlığını gösterdi. Farklı hacimlerde kullanılan AgNP solüsyonlarının (0 – 0.225 mL) MB boyasının indirgenmesi üzerindeki bitki aracılı katalitik aktiviteleri, oda koşullarında, UV ışığı altında ve 40 kHz frekanslı bir ultrasonik banyoda incelenmiştir. MB konsantrasyonu, UV-Vis spektrumunda, özellikle 664 nm'de, 1 saat sonunda absorbans yoğunluğundaki değişiklik ölçülerek gözlemlendi. Disk difüzyon yönteminde kayda değer antimikrobiyal aktivite gözlemlendi, yaklaşık 8, 6 ve 6.5 mm' lik etki alanları sırasıyla test edilen bakteriler *S. aureus*, *E. coli* ve maya *C. albicans'* a karşı ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yeşil sentez, Metilen mavisi, *Momordica charantia*, Fotokatalitik, Gümüş nanopartikül, Sonokatalitik

1. INTRODUCTION

In the recent years, with the discovery and understanding the physical, chemical and biological properties of nano-sized materials, the scientific research has directed towards this new interesting field. Their unique functional abilities resulted in continuous investigations toward their application in various processes. It has been established that the precursor materials, as well as the synthesis methods have undeniable impact on the morphological features, physicochemical properties and function of nanoparticles [1],[8].

Numerous chemical and physical production methods are described in the literature. Although notable efficiencies and distinctive material properties were obtained, such techniques have disadvantages, such as high cost of large-scale production and expected environmental pollution. For this reason, recently, an environmentally friendly, low-cost, easy and alternative technique to other methods has been used in the synthesis of nanoparticles by using natural materials such as plants, which is called green synthesis [2],[6],[7]. It enables the synthesis and sustainable use of nanoparticles without the use of harmful compounds by using stabilizing agents obtained from plant extracts and other natural sources, which are ecological and cost-effective [9],[10].

Recently, metallic nanoparticles have attracted scientific attention due to their superior structural properties and modifiable functionality [1],[3]. Silver nanoparticles (AgNPs), one of such materials, have unique size properties that are more effective than ions. They also exhibit many interesting properties that can be further improved [5]. AgNPs have many uses in clothing, catalysis, biological sensing and labeling, food industry, paints, coatings, cosmetics, as well as medical diagnostics [2],[4]. In addition to these areas, the use of AgNPs in environmental remediation is quite common. Since the biodegradability of dyes is poor, it is important to remove dye wastes efficiently [15].

Tailoring the properties of AgNPs is influenced by the selection of biomaterials, which are used during their green synthesis [11]-[14]. In this study, AgNPs were biologically synthesized using *Momordica charantia* peel extract as a reducing and capping agent. Differently from the previous literature reports, our synthesis methods were performed in binary combinations of exposure to UV light and heat treatment. Evidence of the produced nanoparticles was obtained from the UV spectra of the synthesis solutions. Then, plant-mediated catalytic activities of synthesized AgNPs in the reduction of Methylene Blue (MB) dye under different conditions (sonication, exposure to UV light, room condition) were investigated. Finally, antimicrobial activities of synthesized nanoparticles against three microorganisms (*S. aureus*, *E. coli* ve *C. albicans*) were examined.

2. METARIALS AND METHOD

2.1. Metarials

Momordica charantia was obtained from Urla/İzmir. Silver nitrate (AgNO_3) and methylene blue were purchased from Sigma Aldrich. Distilled water was used throughout the experimental studies. All the used chemicals were of analytical grade and of highest purity.

2.2. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Momordica charantia* Peel Extract

The peel, beads and seeds of *Momordica charantia* fruit were manually separated and stored at -20°C . The peel samples were freeze dried, grinded and sieved; the peel powder with a particle size of $\leq 256 \mu\text{m}$ was stored at refrigeration temperature before use. The peel extract was prepared by immersing the peel powder (100 mg/mL) in aqueous solution for 30 min in a water bath at 97°C and filtering the resulting solution with Whatman No.1 filter paper.

20 mM aqueous AgNO_3 solution was mixed with *Momordica charantia* peel extract. The prepared mixture was initially exposed to UV light for 15 min or heat treatment for 15 min. After the single treatments, their consecutive combinations were also investigated. Intensification of solution's color from light orange to dark brown evidenced successful AgNP formation (Fig. 1).

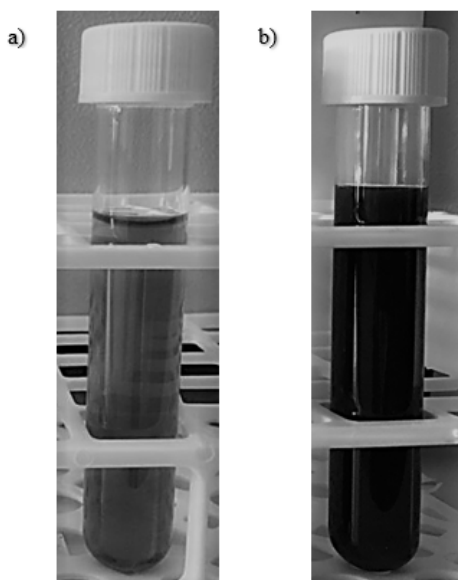


Figure 1. The effect of combined UV light exposure followed by heat treatment on solution color: a) before treatment, b) after treatment

2.3. Verification of Silver Nanoparticles Formation

Silver ions reduction was followed by taking the absorption spectra of treated samples in a range of 200 to 800 nm by double-beam UV-Vis spectrophotometer (Shimadzu UV-2600). The peak of absorbance intensity of silver nanoparticles was examined at the range of 392-492 nm.

2.4. Catalytic Activity of AgNPs on Reduction of Methylene Blue

Stock solution of MB dye was prepared as 0.1 mg/mL. Six mixtures were prepared by varying volumes of silver nanoparticles solutions (0-0.225 mL) keeping plant extract (*Momordica charantia* peel) volume (0.050 mL). In all solutions total volume was made up to 5.045 mL and concentration of MB was set as 10 ppm. The catalytic decomposition was conducted under three conditions by placing the reaction medium in room condition, in an ultrasonic bath and under UV-light for 60 min. MB reduction was analyzed by UV-Vis spectroscopy, where the decrease in

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

absorbance peak intensity of MB at 664 nm was monitored. The proportion of dye degradation was calculated according to the following formula in Eq (1):

$$\text{Degradation \%} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

C_t : concentration after time t min

C_0 : concentration at zero time

2.5. Antimicrobial Assay

The antimicrobial activity of AgNPs was performed by employing the disc diffusion method against two bacterial strains, namely gram-positive *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) and gram-negative *Escherichia coli* (ATCC 25922). For anti-yeast effect, *Candida albicans* (ATCC 10231) was used as a test microorganism. Plate count agar was poured into glass petri dish. Then, microbial cultures were spread over the hardened medium. Sterile discs (sterilized filter paper of 5 mm diameter) were placed on the surface. Then, these discs were impregnated with 15 μ L of synthesis solutions containing AgNPs. Petri dishes were incubated at 35°C for 24 h. Inhibition zones formed around the discs were measured with a calliper.

3. RESULTS

3.1. Plant Extract Mediated AgNP Synthesis

Preliminary studies showed that among various single synthesis methods, UV exposure and heat treatment resulted in relatively higher AgNP production. These two methods were also sequentially combined to increase AgNP synthesis yield. Fig. 2 displays UV–Vis spectra of aqueous solutions of plant extract and AgNO₃ and their mixtures upon various treatments. In the synthesis mixtures, formation of silver nanoparticles was detected as an intense Surface Plasmon Resonance (SPR) band at 392-492 nm in the UV-visible spectrum. The peak of absorbance intensity of silver nanoparticles was observed at a range between 415-455 nm. While single synthesis under UV light and single heat treatment were comparable, combined treatments resulted in higher absorbance peaks. The sequence of combined treatments was significant and the highest absorbance value was detected at 415 nm for the sample exposed to sequential UV light - heat treatment.

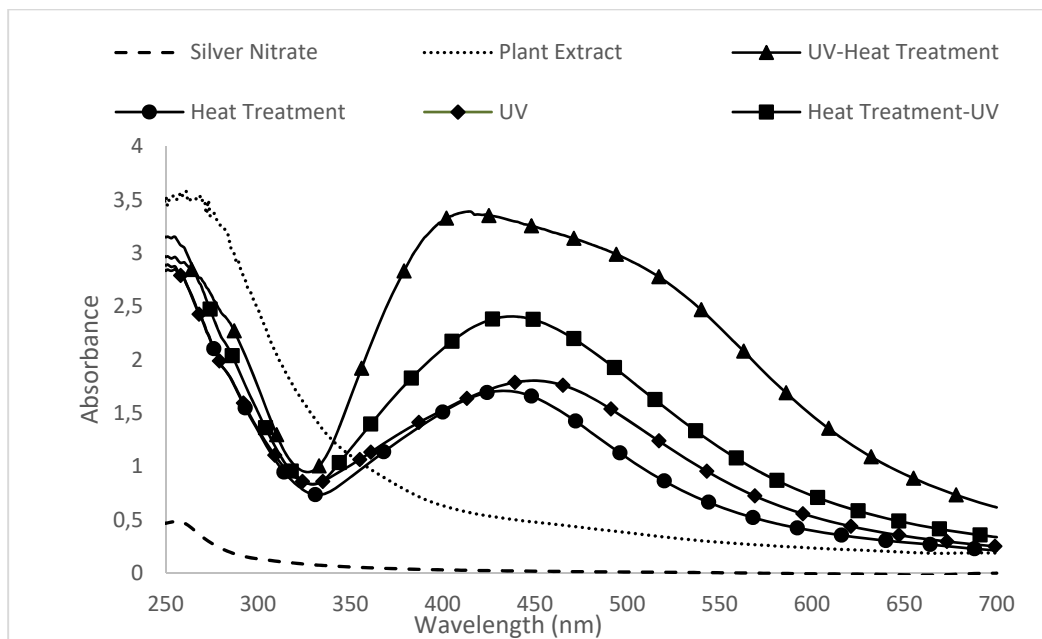


Figure 2. UV–vis spectra of aqueous solutions of raw materials and their mixtures upon various individual and combined treatments

3.2. Degradation of Methylene Blue Dye

Plant-mediated sono- and photo-catalytic degradation of MB was performed. After 60 minutes, the variation of methylene blue concentration at 664 nm in the presence of synthesized AgNPs under different conditions such as sonication, UV light and room conditions was examined. Fig. 3 shows reduction of methylene blue concentration at 664 nm in the presence of synthesized AgNPs (different concentration of UV light – Heat treatment) under UV light condition after 60 min. Among the studied conditions, the most effective dye removal was observed at UV light conditions, where 71.08% degradation was obtained in 1 hour in the presence of 0.045 mL AgNP solution. It should be noted that the study was conducted as a plant-mediated degradation, in which the presence of plant extract alone already exhibited a significant dye reduction efficiency. Addition of a very small amount of AgNPs-containing synthesis medium, further enhanced the degradation of MB.

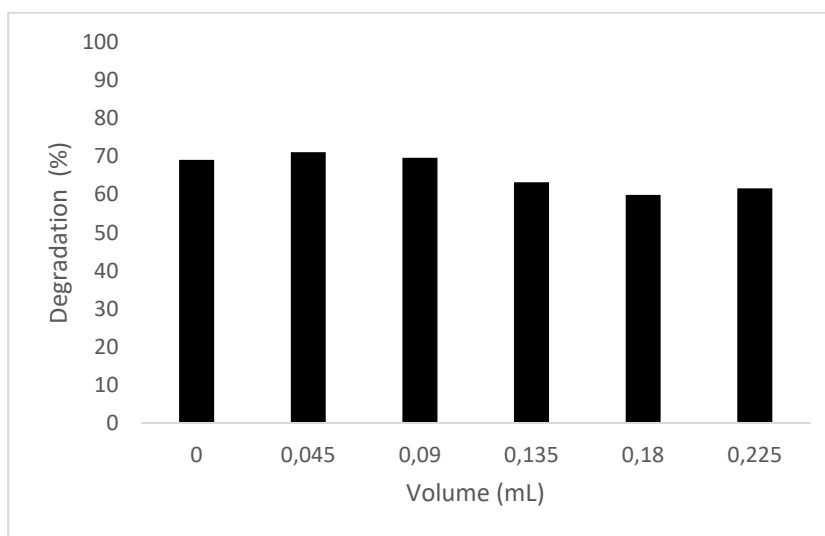


Figure 3. UV light- induced, plant extract – mediated degradation of methylene blue by different amounts of AgNPs-containing synthesis media for 1 h.

Fig. 4 shows reduction of methylene blue concentration at 664 nm in the presence of synthesized AgNPs under room condition after 60 min. At room conditions, the most effective dye removal, 70.7% degradation was obtained in the presence of 0.090 mL AgNP solution. Addition of AgNP initially increased the MB removal; however, further increase of AgNP amount decreased the degradation efficiency.

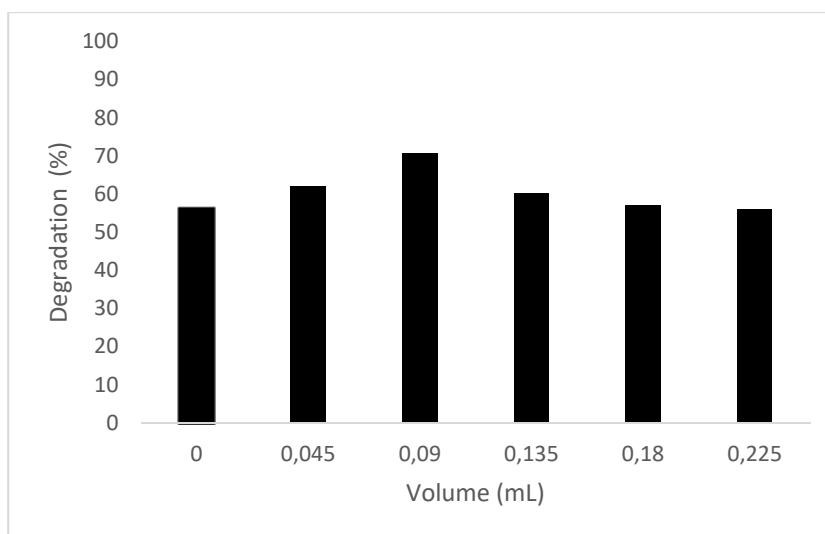


Figure 4. Plant extract – mediated degradation of methylene blue by different amounts of AgNPs-containing synthesis media for 1 h at room conditions.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Fig. 5 shows reduction of methylene blue concentration at 664 nm in the presence of synthesized AgNPs under room condition after 60 min. The results showed that sonication did not have a particular effect on MB removal; moreover, increasing the amount of AgNP did not affect their sonocatalytic performance.

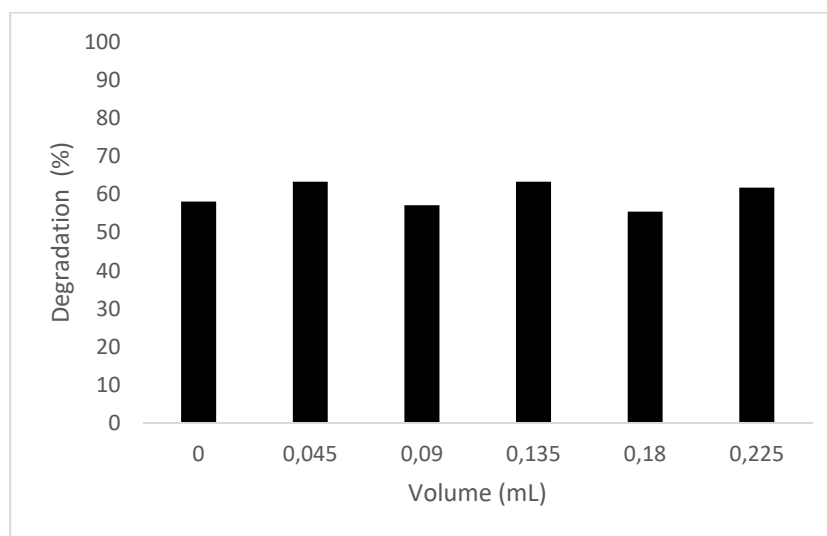


Figure 5. Sonication-assisted, plant extract – mediated degradation of methylene blue by different amounts of AgNPs-containing synthesis media for 1 h

3.3. Antimicrobial Assay

The antimicrobial activity of AgNPs synthesized by sequential UV-heat treatment against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans* was determined by disc-diffusion method. For all three microorganisms inhibition zones formed around the discs and are listed in Table 1. The highest antimicrobial activity was observed against *S.aureus* by 7.94 ± 0.27 mm, followed by *C.albicans* and *E.coli* by 6.49 ± 0.38 mm and 6.06 ± 0.56 mm, respectively.

Table 1. Antimicrobial Activity of AgNPs Synthesized by Exposure to UV Light-Heat Treatment AgNPs

Microorganisms	Inhibition zone (mm)
<i>E.coli</i>	6.06 ± 0.56
<i>S.aureus</i>	7.94 ± 0.27
<i>C.albicans</i>	6.49 ± 0.38

4. DISCUSSION

The formation of AgNPs in plant extract mediated synthesis under different conditions was observed as the initial color of synthesis media darkened and went from orange/light brown to very dark brown. Preliminary characterization was performed by taking the absorbance spectra of the samples, which can be used to obtain information about the physical state of AgNPs. Depending on the applied treatments, the peak absorbance of AgNPs was detected at various nm values, namely, 455 nm for single UV, 432 nm for single heat, 437 nm for sequential heat-UV and 415 nm for sequential UV-heat treatments. These peaks are in agreement with reported values in the literature and indicated that silver ions were reduced to AgNPs in the presence of *M. charantia* peel extract under applied synthesis conditions [16]. The position and the width of the peak directly depends on the size of nanoparticles. As the absorbance peaks broaden, the size distribution of particles widens [17]. This property will be further investigated by different characterization methods. The photo- and sonocatalytic activities of synthesized nanoparticles indicated that they are effective under the three tested conditions and a notable reduction in MB concentration was obtained in 60 min. Sonication was expected to improve the dye degradation efficiency; however, the results showed the least removal of 63.2%. Song et al. [18] studied the effect of sonication on degradation of methyl orange and demonstrated that increasing sonication frequency from 25 to 80 kHz considerably decreased the degradation rate. Probably sonication had an adverse influence on AgNPs

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

reducing their catalytic ability. This may be attributed to the large number of nanoparticles added, resulting in the interaction between the catalysts, and then lead to the decrease of the active sites [18]. Additional studies will be conducted to investigate this effect. Moreover, photocatalytic degradation of AgNPs in 1 h under room conditions (70.7%) was slightly lower compared to UV light conditions (71.08%) indicating that UV light enhances the catalytic properties of AgNPs.

Finally, significant antimicrobial effect of synthesized AgNPs was detected on the tested microorganisms, proving that the particles were small enough to penetrate cell membranes and inhibit cell growth.

5. CONCLUSION

Green synthesis of AgNPs was achieved by *M. charantia* peel extract-mediated single UV, single heat and their combined treatments. Absorption spectra results implied that different particle sizes and distribution were obtained based on the applied synthesis conditions. The considerable catalytic and antimicrobial activities of the newly synthesized AgNPs showed that they are promising candidates for further studies and can be used as functional materials for environmental remediation owing to their most prominent feature known as eco-friendliness.

ACKNOWLEDGEMENTS

This ongoing work is financially supported by Eskisehir Technical University (ESTU) research fund, project number 20ADP099 and TÜBİTAK — The Scientific and Technological Research Council of Turkey with the project no. TÜBİTAK 20AG025 under program no. TÜBİTAK 20AG001. Merve Kalaycı and Nihal Yılmaz were supported by TÜBİTAK-BİDEB 2210/C National Scholarship Program for MSc students.

REFERENCES

- [1] Oyar, P., Diş hekimliğinde kullanılan nanopartiküller, kullanım alanları ve biyoyumluluk, *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg.*, cilt 24, sayfa 125 – 133, 2014.
- [2] Algebaly, A. S., Mohammed, A. E., Abutaha, N. and Elobeid, M. M., Biogenic synthesis of silver nanoparticles: Antibacterial and cytotoxic potential, *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol. 27, pp. 1340 – 1351, May 2020.
- [3] Ahsan, A., Farooq, M. A., Bajwa, A. A. and Parveen, A., Green synthesis of silver nanoparticles using parthenium hysterophorus: optimization, characterization and in vitro therapeutic evaluation, *Molecules*, vol. 25, pp. 3324, 2020.
- [4] David, S. A., Ponvel, K. M., Fathima, M. A., Anita, S., Ashli, J. and Athilakshmi, A., Biosynthesis of silver nanoparticles by *Momordica charantia* leaf extract: Characterization and their antimicrobial activities, *J. Nat. Prod. Plant Resour.*, vol. 4, pp. 1 – 8, 2014.
- [5] Nadagouda, M. N., Speth, T. F. and Varma, R. S., Microwave-Assisted Green Synthesis of Silver Nanostructures, *Accounts of Chemical Research*, vol. 44, pp. 469 – 478, 2011.
- [6] Gurunathan, S., Raman, J., Malek, S. N. A., John, P. A. and Vikineswary, S., Green synthesis of silver nanoparticles using *Ganoderma neo-japonicum* Imazeki: a potential cytotoxic agent against breast cancer cells, *International Journal of Nanomedicine*, vol. 8, pp. 4399 – 4413, Nov. 2013.
- [7] Mohanpuria, P., Rana, N. K. and Yadav, S. K., Biosynthesis of nanoparticles: technological concepts and future applications, *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 10, pp. 507 – 517, 2008.
- [8] Rao, C.N.R., Müller, A. and Cheetham, A. K., *The Chemistry of Nanomaterials Volume 1*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim, 2005.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- [9] Saratale, R. G., Karuppusamy, I., Saratale, G. D., Pugazhendhi, A., Kumar, G., Park, Y., Ghodake, G. S., Bharagava, R. N., Banu, J. R. and Shin, H. S., A comprehensive review on green nanomaterials using biological systems: Recent perception and their future applications, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, vol. 170, pp. 20 – 35, Oct. 2018.
- [10] Soni, M., Mehta, P., Soni, A. and Goswami, G. K., Green Nanoparticles: Synthesis and Applications, *IOSR Journal of Biotechnology and Biochemistry*, vol. 4, pp. 78 – 83, June 2018.
- [11] Kaplan, Ö., Tosun, N. Ö., Özgür, A., Tayhan, S. E., Bilgin, S., Türkekul, İ. and Gökce, İ., Microwave-assisted green synthesis of silver nanoparticles using crude extracts of *Boletus edulis* and *Coriolus versicolor*: Characterization, anticancer, antimicrobial and wound healing activities, *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, vol. 64, pp. 102641, August 2021.
- [12] Carson, L., Bandara, S., Joseph, M., Green, T., Grady, T., Osuji, G., Weerasooriya, A., Ampim, P. and Woldesenbet, S., Green Synthesis of Silver Nanoparticles with Antimicrobial Properties Using *Phyllanthus niruri* Plant Extract, *Foodborne Pathogens and Disease*, vol. 17, pp. 504 – 511, August 2020.
- [13] Devi, M., Devi, S., Sharma, V., Rana, N., Bhatia, R. K. and Bhatt, A. K., Green synthesis of silver nanoparticles using methanolic fruit extract of *Aegle marmelos* and their antimicrobial potential against human bacterial pathogens, *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, vol. 10, pp. 158 – 165, March 2020.
- [14] Elgamouz, A., Idriss, H., Nassab, C., Bihi, A., Bajou, K., Hasan, K., Haija, M. A. and Patole, S. P., Green Synthesis, Characterization, Antimicrobial, Anti-Cancer, and Optimization of Colorimetric Sensing of Hydrogen Peroxide of Algae Extract Capped Silver Nanoparticles, *Nanomaterials*, vol. 19, pp. 1861, 2020.
- [15] Brown, M. A. and De Vito, S. C., Predicting azo dye toxicity, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 23, pp. 249 – 324, 1993.
- [16] Ajitha, B., Reddy, Y. A. K. and Reddy, P. S., Biosynthesis of silver nanoparticles using *Momordica charantia* leaf broth: Evaluation of their innate antimicrobial and catalytic activities, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, vol. 146, pp. 1 – 9, 2015.
- [17] Bonnia, N. N., Kamaruddin, M. S., Nawawi, M. H., Ratim, S., Azlina, H. N. and Ali, E. S., Green biosynthesis of silver nanoparticles using *Polygonum hydropiper* and study its catalytic degradation of methylene blue, *Procedia Chemistry*, vol. 19, pp. 594-602, 2016.
- [18] Song, S., Hao, C., Zhang, X., Zhang, Q. and Sun, R., Sonocatalytic degradation of methyl orange in aqueous solution using Fe-doped TiO₂ nanoparticles under mechanical agitation, *Open Chemistry*, vol. 16, pp. 1283-1296, 2018.

METAL MATRİSLİ KOMPOZİT MALZEMELER VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ HAKKINDA DERLEME

Mehmet Emin DEMİR*, **Yahya Hışman ÇELİK****, **Ali KALKANLI*****

*Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: memin.demir@batman.edu.tr

**Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: yahyahisman.celik@batman.edu.tr

***Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 72060
ANKARA
e-posta: kalkanli@metu.edu.tr

Özet: Geçtiğimiz çeyrek yüzyılda, gelişmiş uygulamalar için nitelikli malzemelere olan ihtiyaç muazzam bir şekilde artmış ve birçok geleneksel alaşım malzeme yetersiz hale gelmiştir. Bu nedenle kompozitler, geliştirilmiş mekanik, fiziksel ve termal özellikler sağlayan bir malzeme sınıfı olarak ortaya çıkmıştır. Performanslarının geliştirilmesi sayesinde monolitik malzemelerden üstün hale gelmişlerdir. Metal matrisli kompozitler (MMK'lar), fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyi olması, düşük maliyetlerle üretilmesi ve ihtiyaçlara cevap verebilmesinden ötürü birçok çeşitli uygulama alanları (havacılık, otomotiv, vs.) için tercih edilen malzemelerdir. Geleneksel monolitik mühendislik malzemeleriyle kıyaslandığında metal matrisli kompozitlere takviye ilavesi, kompozitlerin mukavemet, yorulma, sertlik, aşınma direnci, sönümlenme özelliği vb. birçok özelliklerini geliştirir. Matriste kullanılacak takviyenin doğru seçilmesi; yani matris ve takviye uyumu, elde edilecek kompozitin performansını doğrudan etkileyecektir. Ayrıca kompozit malzemelerin üretiminde kullanılan yöntem de mekanik ve fiziksel özellikleri değiştirmektedir. MMK'ların üretiminde sıkıştırma döküm ve toz metalurjisi gibi üretim yöntemleri ticari uygulamalar için ileri tekniklerdir. Sıkıştırma döküm, dökümde iyi boyutsal doğruluk ve yüzey kalitesi, gözeneklilik ve büzülmenin ortadan kaldırılması, yüksek üretim kapasitesi, iyi arayüzey ıslanabilirliği, katılaşma sırasında daha az hata ile daha iyi metalurjik özellikler gibi avantajlar sunar. Bu çalışmada metal matrisli kompozitlere genel bir bakış sunulmakla birlikte, kompozit malzemelerin sınıflandırılması, metal matrisli kompozitlerde kullanılan matris ve takviye elemanlarının çeşitleri, bu takviye ve matrislerin elde edilecek kompozit malzemelerin mekanik, aşınma, fiziksel özelliklerini nasıl etkilediği, metal matrisli kompozitlerin üretim yöntemleri, aşamaları, üretimde karşılaşılan sorunlar, her bir üretim yönteminin avantaj ve dezavantajları hakkında bilgiler içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kompozit malzemeler, kompozitlerin sınıflandırılması, metal matrisli kompozitler, kompozit malzeme üretim yöntemleri

A REVIEW ABOUT METAL MATRIX COMPOSITE MATERIALS AND PRODUCTION METHODS

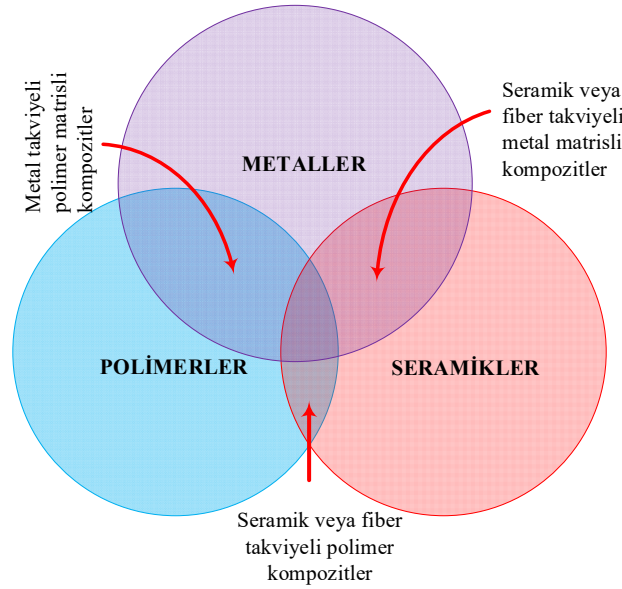
Abstract: In the past quarter century, the need for qualified materials for advanced applications has increased tremendously, and many traditional alloy materials have become inadequate. Therefore, composites have emerged as a class of materials that provide improved mechanical, physical and thermal properties. Their performance has been improved, making them superior to monolithic materials. Metal matrix composites (MMCs) are the preferred materials for many various application areas (aerospace, automotive, etc.) due to their good physical and mechanical properties, low-cost production and ability to meet the needs. Compared to conventional monolithic engineering materials, the addition of reinforcement to metal matrix composites enhances many properties of composites such as fatigue, strength, hardness, wear resistance, damping properties. Correct selection of reinforcement to be used in the matrix; that is, the compatibility of matrix and reinforcement will directly affect the performance of the composite to be obtained. In addition, the method used in the production of composite materials also changes the mechanical and physical properties. In the production of MMCs, production methods such as squeeze casting and powder metallurgy are advanced techniques for commercial applications. Squeeze casting offers advantages such as good dimensional accuracy and surface finish in casting, elimination of porosity and shrinkage, high production capacity, good interfacial wettability, better metallurgical properties with little error during solidification. In this study, along with the presentation of an overview of metal matrix composites, classification of composite materials, types of matrix and reinforcing elements used in metal matrix composites and the effect of reinforcements and matrices on the mechanical, wear and physical properties of the composite materials are examined. Moreover, this study includes information about production methods and stages of metal matrix composites, the problems encountered in production, the advantages and disadvantages of each production method.

Keywords: Composite materials, classification of composites, metal matrix composites, composite material production methods

1. Giriş

Düşük yoğunluklu, yüksek mukavemetli, sert ve darbelere dayanıklı ve yüksek aşınma dirençli özelliklerin tamamına sahip malzemeler, havacılık, sualtı ve ulaştırma uygulamaları için gereklidir. Bu nedenle, geçtiğimiz çeyrek yüzyılda, ileri uygulamalar için nitelikli malzeme gereksinimi muazzam bir şekilde artmış ve birçok geleneksel malzeme yetersiz hale gelmiştir. Çünkü, mukavemetli malzemeler genellikle yüksek yoğunlukludur, bununla birlikte mukavemet veya sertliğin artması da genellikle darbe

mukavemetinde bir azalmaya neden olur. Bu ve benzeri problemleri önlemek için birbirinden farklı özelliklere sahip iki veya daha fazla mühendislik malzemenin kombinasyonuna ihtiyaç vardır [1]. Bu nedenle, kompozitler gelişmiş mekanik, fiziksel ve termal özellikler sağlayan bir malzeme sınıfı olarak ortaya çıkmıştır. Kompozit malzemelerin elde edilmesi için Şekil 1.1'de verilen mühendislik malzemelerinden yararlanılır [2].



Şekil 1.1. Mühendislik malzemelerinin kompozitlerle olan ilişkisi [2]

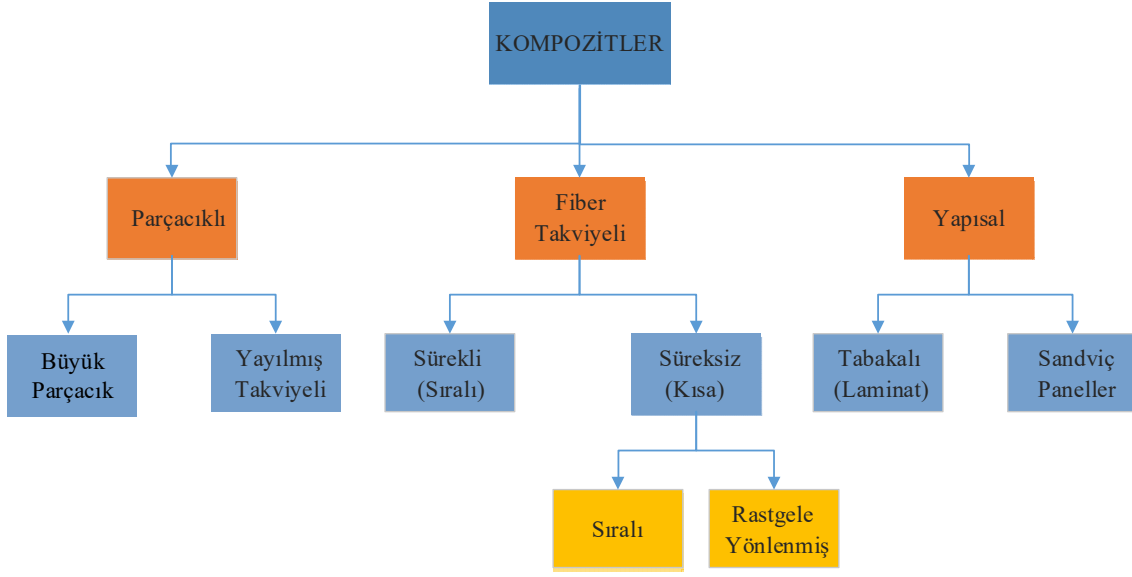
Yüksek mukavemetli, yüksek modüllü takviye elemanlarının sünek bir matris içerisine entegre edilmesiyle üretilen kompozitlerin mekanik özellikleri, matris alaşımı ile takviye elemanı arasında orta bir düzeydedir. Takviye elemanları yükü (çekme/basma) taşıyıp malzemeye mukavemet ve sertlik sağlarken, matris ise takviye elemanlarını bir arada tutar ve yüklerin taşınmasını sağlar. Matris ayrıca elyafları çevresel zararlardan korur. Bu yüzden kompozitlerin özellikleri monolitik malzemelere kıyasla daha üstündür.

Kompozit malzemeleri oluşturan bileşenlerin şekli, boyutu, bunların kompozit yapı içerisindeki düzeni, dağılımı ve her birinin göreceli miktarı, kompozit malzemenin performansına katkıda bulunur.

Kompozitlerin özelliklerini belirleyen faktörler, sistemin hacim fraksiyonu, mikroyapısı, homojenliği ve izotropisidir. Bunlar matris ve takviye elemanı çiftinin özelliklerinden ve kompozit yapı içerisindeki oranından oldukça etkilenmektedir. Kompozitler farklı şekillerde gruplandırılabilirler. Takviye elemanı olarak doğal elyafların kullanıldığı kompozitler doğal fiber takviyeli kompozitler olarak adlandırılırken, sentetik elyafların kullanıldığı kompozitler yapay fiber takviyeli ve/veya fiber/parçacık takviyeli kompozitler olarak adlandırılabilir [3,4]

Takviye elemanına göre gruplandırılan kompozitler Şekil 1.2'de gösterilmiştir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



Şekil 1.2. Kompozitlerin sınıflandırılması

Parçacık takviyeli kompozitler, mikron boyutunda farklı parçacık takviye elemanlarının matrise ilavesiyle meydana gelen bir kompozit çeşididir. Metallerin aşınma dirençlerini, sertliklerini, yüksek sıcaklıktaki mekanik özelliklerini iyileştirmek için farklı tür nitrür veya oksit karbür partiküllerinden faydalanılır [5,6]

Fiber takviyeli kompozitler, ince elyafların matris yapısında yer almasıyla meydana gelir. Elyafın matriste yer alması, kompozit malzemenin mukavemetini arttıran önemli bir olgudur. Fiber takviyeli kompozitler uzun lif veya kısa liflerden oluşabilir. Uzun elyaflar matriste birbirine paralel olarak yerleştirilir, bundan dolayı boyuna yöndeki mekanik özellikler enine yönden daha yüksektir. Kısa elyaflar matriste homojen olarak dağıtılır, bu nedenle mekanik özellikler her tarafta neredeyse eşittir [7].

Yapısal kompozitler, tabakalı ve sandviç panellerden oluşmaktadır. Metallerde uygulanan organik, metalik veya seramik kaplamalar, kâğıt

yüzeyine kaplanmış plastikler, cam/plastik/cam tabakalardan oluşan ve farklı elyaf yönlenmesine sahip tek tabakaların birleştirilmesiyle elde edilen yapılar, bu kompozitlere örnek olarak gösterilebilir. Tabakalı kompozitler en eski ve en yaygın kullanılan kompozitlerdir [8].

Matris malzemesine göre kompozitler ise polimer matrisli, seramik matrisli ve metal matrisli kompozitler olarak sınıflandırılır.

1.1. Metal Matrisli Kompozitler (MMK'lar)

Metal matrisli kompozitler (MMK), ayrı ayrı fazlardan herhangi biri ile elde edilemeyen özellikleri (tek bileşenli malzemelerden karşılanamayan ihtiyaçları) bir malzemede toplamak için en az biri Al, Ti, Mg, Cu vb. metal matris ve diğeri ise sürekli elyaf, intermetallik parçacık, bileşik, oksit, karbür, nitrür vb. takviye elemanından oluşan malzemelerdir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. MMK'ların elde edilmesi ve özellikleri (Alam, 2013)

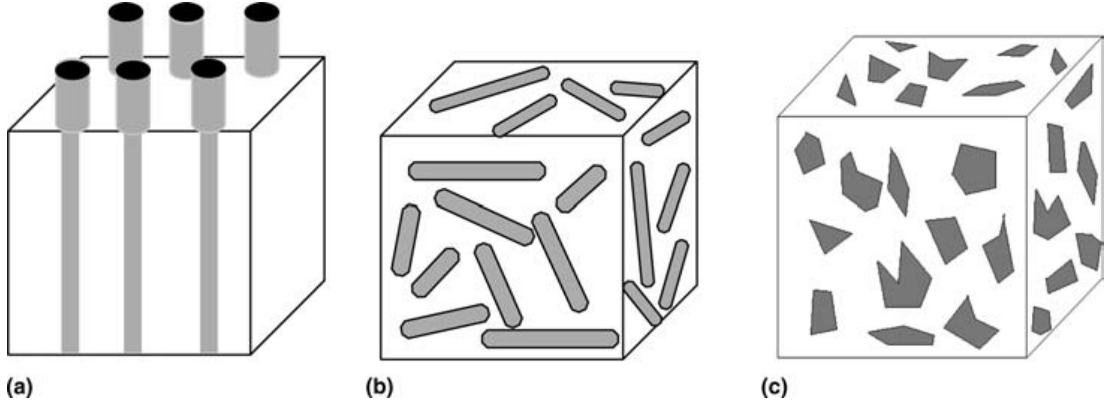
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

MMK'lar; yüksek sertlik, gerilme mukavemeti ve aşınma direnci gibi özellikleri sayesinde askeri ve ticari uçaklardan helikoptere, uzay araçlarından otomotiv, denizcilik, elektronik, spor endüstrileri ve elektrotlara kadar farklı uygulama alanlarında kullanılmaktadırlar [9,10]. Özellikle yüksek sıcaklık uygulamaları için polimer matrisli kompozitler, düşük erime noktalarından dolayı uygun değildir. Bu nedenle ya MMK'lar ya da yüksek sıcaklık şartlarında seramik matrisli kompozitler düşünülmektedir [11]. Bu doğrultuda hafif metal matrisli kompozitlerin geliştirilmesinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir.

2. MMK'LAR VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ

2.1. MMK'ların Sınıflandırılması

MMK'lar, takviye elemanının şekline göre üç geniş kategoride sınıflandırılır. Bu kategoriler şu şekilde sıralanabilir:



Şekil 2.1. Metal matrisli kompozitlerin sınıflandırılması. a) Sürekli elyaf takviyeli kompozit, b) Kısa elyaf takviyeli kompozit, c) Parçacık takviyeli kompozit (Rohatgi ve ark., 2008)

Elyaf takviyeli kompozitler, yüksek mukavemet ve özgül modül gerektiren alanlarda, parçacık takviyeli kompozitler ise aşınma özelliklerinde belirgin ve mekanik özelliklerde sınırlı bir iyileşme sağlanmak istenilen alanlarda kullanılmaktadırlar. Elyaf takviyeli MMK'ların aksine parçacık takviyeli MMK'lar, genellikle izotropiktir ve haddeleme, ekstrüzyon ve dökümden sonra dövme gibi ikincil işlem uygulamalarına daha uygundur [12].

2.2. MMK'larda Kullanılan Matris Malzemeleri

Endüstriyel uygulamalarda, genellikle yüksek mukavemet ve hafif malzemeler tercih edildiği için MMK'larda yaygın olarak kullanılan matrisler Cu, Mg, Ti, Al ve bunların alaşımlarıdır.

- Sürekli elyaf takviyeli MMK'lar
- Kesikli veya kısa takviyeli MMK'lar
- Parçacık takviyeli MMK'lar

Şekil 2.1'de üç farklı MMK'nın yapısı şematik olarak gösterilmiştir. Şekil 2.1.a'da, tek yönlü olarak hizalanmış sürekli elyaf takviyeli bir kompozit gösterilmiştir. Genel olarak boyuna elyaf takviyeli MMK'ların mukavemet ve sertlik değerleri, enine yönündekinden daha yüksektir. Şekil 2.1.b'de, kısa elyaf takviyeli bir kompozit gösterilmektedir. Kısa elyaflar, matris malzeme içerisinde düzenli veya rasgele dizilmiş olabilirler. Şekil 2.1.c'de ise matris içerisinde düzensiz şekilde dağılmış parçacık takviyeli kompozit gösterilmiştir. Bu üç tip takviye elemanının kullanıldığı kompozitlerde, matris malzemesi olarak alüminyum, bakır, titanyum veya magnezyum gibi metaller kullanılmaktadır [12].

2.2.1. Bakır ve alaşımları

Bakır ve bakır bazlı alaşımlar işlenebilirliği yönünden özellikle ideal fiziksel özellikler göstermesinden dolayı, antik zamanlardan beri çok farklı uygulama alanlarında sıklıkla kullanılmıştır. İçeriğinde alaşım elementi olmayan saf bakır çok sünek ve yumuşak olduğundan talaşlı işlenebilirliği zordur, fakat soğuk şekillendirme kabiliyeti ise mükemmeldir [13].

2.2.2. Magnezyum ve alaşımları

Yapı malzemeleri içinde magnezyumu en önemli element kılan özellik 1,7 g/cm³ gibi çok düşük bir yoğunluğa sahip olmasıdır. Bu yüzden magnezyum alaşımları hem bazı uçak parçalarında hem de hafifliğin istendiği yapı tasarım malzemelerinde dikkat çekmektedir. Magnezyum ve alaşımlarının oda

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

sıcaklığında şekillendirme kabiliyetleri düşüktür. Tavlama işlemi yapmadan çok az şekillendirilebilirler [13].

2.2.3. Titanyum ve alaşımları

Titanyumun yüksek mukavemet, düşük yoğunluk ve iyi derecede korozyon direncine sahip olması onu özel bir metal kılmaktadır. Asal bir metal olmayan titanyumun yüksek korozyon direnci, kimyasal etkilere karşı dirençli ve malzeme yüzeyine güçlü bağlanan oksit tabakasından kaynaklanmaktadır. İşlenebilirliği zor olan bir malzemedir. Genellikle düşük kesme hızlarında işlenmesi uygundur [14].

2.2.4. Alüminyum ve alaşımları

Endüstriyel uygulamalarda kullanılan malzemelerin seçiminde, malzemenin hangi ortamlarda çalışacağı, taşıyacağı yüklerin neler olduğu ve bu yükleri taşıyacak malzemenin neler olduğunu analiz etmek gerekmektedir. Bu analizler esnasında malzemenin mukavemeti, yoğunluğu, sünekliği, şekillenebilirliği, işlenebilirliği, kaynak kabiliyeti, korozyon direnci ve maliyeti göz önünde bulundurulması gerekir. Tüm bu şartlar göz önünde bulundurulduğu zaman alüminyum alaşımları endüstriyel uygulamalarda kullanılan vazgeçilmez malzemeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Döküm alüminyum alaşımları Tablo 2.1'deki gibi serilerle adlandırılır [15].

Tablo 2.1. Döküm alüminyum alaşım serileri [15]

Alaşım Serisi	Kimyasal Bileşimi
1XX.X	%99 saflıkta alüminyum
2XX.X	Cu içeren alaşım
3XX.X	Si, Cu/Mg içeren alaşım
4XX.X	Si içeren alaşım
5XX.X	Mg içeren alaşım
6XX.X	Zn içeren alaşım

Dövme alüminyum alaşımları ise haddeleme, dövme, ekstrüzyon, presleme, damgalama gibi işlemlerden geçirilen alaşımlardır. Bunlara örnek olarak haddelenmiş levhalar, folyolar ve ekstrüzyonlar

örnek gösterilebilir. Döküm alüminyum alaşımlarının gerilme mukavemeti dövme alüminyum alaşımlarından daha düşüktür. Alüminyum serilerinden bazılarının özellikleri ve kullanım alanları Tablo 2.3'te verilmiştir [15].

Tablo 2.2. Dövme alüminyum alaşım serileri (Bajaj, 2008)

Alaşım Serisi	Kimyasal Bileşimi
1XXX	%99 saflıkta alüminyum
2XXX	Cu içeren alaşım
3XXX	Mn içeren alaşım
4XXX	Si içeren alaşım
5XXX	Mg içeren alaşım
6XXX	Mg ve Si içeren alaşım
7XXX	Zn içeren alaşım
8XXX	Diğer alaşımlar

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Tablo 2.3. Bazı alüminyum alaşım serilerinin özellikleri ve kullanım alanı [15]

Alüminyum Alaşım	Alaşım Özelliği	Ortak Kullanım
1050/1200	Isıl işlem yapılamaz, korozyon direnci iyi, şekillendirilme ve kaynak edilebilmesi mümkündür.	Gıda ve kimya Sanayi
2014	Isıl işlem yapılabilir, mukavemeti yüksek, korozyon direnci düşük, kaynak edilemez.	Uçak gövdeleri
5251/5052	Isıl işlem yapılamaz, mukavemeti orta, korozyon direnci iyi, şekillendirilme ve kaynak edilebilmesi mümkündür.	Araç panelleri, deniz suyuna maruz kalan yapılar, maden kafesleri
6063	Isıl işlem yapılabilir, mukavemeti orta, korozyon direnci iyi, kaynak edilebilmesi mümkündür.	Mimari ekstrüzyonlar (iç ve dış) pencere çerçeveleri, sulama boruları.
6061/6082	Isıl işlem yapılabilir, hava ile soğutulduğu için daha az distorsiyona uğrar.	Gerilmeli yapı elemanları, köprüler, vinçler, çatı makasları, bira fiçları
7075	Isıl işlem yapılabilir, doğal yaşlandırma ile sertleşir, gerilme korozyonuna karşı hassastır.	Zırhlı araçlar, askeri köprüler, motosiklet ve bisiklet çerçeveleri

2.3. MMK'larda Kullanılan Takviye Elemanları

MMK'larda kullanılan takviyeler elyaf, whiskerler ve partiküllerdir [16]. MMK'larda, matris

malzemesine bağlı kullanılan takviye çeşidi ve malzemesi Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4. Matris malzemesine bağlı kullanılan takviyeler [11]

Matris Malzemesi	Takviye Çeşidi	Takviye Malzemesi
Alüminyum	Uzun elyaf	Al ₂ O ₃ , B ₄ C, C, SiC
	Kısa elyaf	Al ₂ O ₃
	Whisker	SiC
	Parçacık	Al ₂ O ₃ , B ₄ C, C, SiC
Magnezyum	Uzun Elyaf	Al ₂ O ₃ , Gr
	Whisker	SiC
	Parçacık	B ₄ C, SiC
Titanyum	Uzun elyaf	SiC
	Parçacık	Ti
Bakır	Uzun elyaf	SiC, C
	Parçacık	B ₄ C, SiC, TiC

Parçacık takviyeleri, elyaf ve whisker takviyelerinden daha ucuz ve daha iyi plastik şekillendirme özelliği sayesinde tribolojik uygulamalar için en çok aranan malzeme olarak ortaya çıkmışlardır. Bu takviye elemanlarından karbürler (B₄C, SiC ve TiC), nitritler (AlN, BN, Si₃N₄), oksitlerdir (Al₂O₃, SiO₂), Grafit (Gr) ve uçucu küller gibi süreksiz seramik takviye elemanları, matris malzemelerinin sertliğini, gerilme

mukavemetini, elastik modülünü ve aşınma direncini geliştirmektedir [5,6,17,18].

Seramik parçacık takviyeleri yüksek aşınma direnci sergilerler. Bu tür takviye elemanları; silindir blokları, pistonlar, piston segmanları, fren diskleri ve kumpaslarda kullanılırlar [19]. Ancak takviye edilen parçacıkların yüzdesi ve boyutuna önem gösterilmelidir [20]. Çünkü bu faktörler mekanik özellikler için oldukça önemlidir. Ayrıca seramik

parçacıklarının yapısı ve özellikleri, takviye çeşidi ve içyapısındaki bağ ile mekanik özellikler kontrol edilebilir [21].

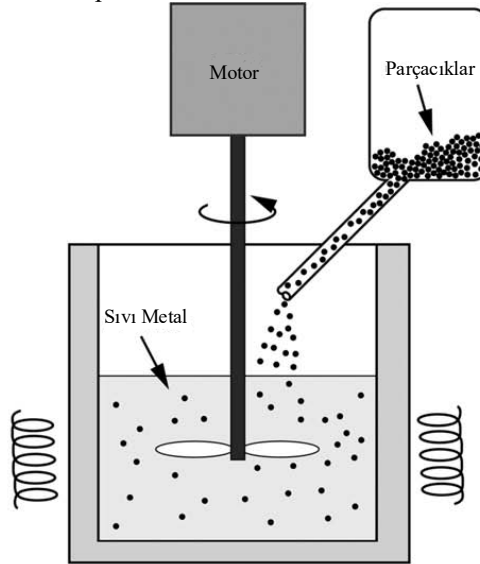
2.4. MMK'ların Üretim Yöntemleri

MMK'ların üretim işlemi, parçacıkların matrise eklenme sıcaklığı, ısıl işlem sıcaklığı ve süresi, besleme hızı, parçacık boyutu ve şekli, parçacığın matris içerisindeki hacimce yüzdesi ve eriyik içindeki gazın giderilmesi gibi değişkenleri içerir. Bu değişkenler takviye elemanlarının matris içerisindeki dağılımını, matris/takviye arayüzey uyumunu ve buna bağlı mekanik özellikleri etkiler [22]. Takviye cinsine, boyutuna, morfoloji türüne ve matris sıcaklığına göre MMK'lar;

- Sıvı faz işleme yöntemi,
- Katı hal işleme yöntemi olmak üzere 2 yöntemle üretilmektedirler [15].

2.4.1. Sıvı faz işleme yöntemi

Sıvı hal işleme yöntemi kullanılarak üretilen kompozitlerde, 1100 °C'nin altında, matris malzemesine ilave edilen seramik takviyesinin homojen dağılımı, büyük özgül yüzey alanı ve küçük boyutlu parçacıkların yetersiz ıslanmasından dolayı üretimi zorlaştırmaktadır. Sonuç olarak, bu yöntemle üretilen MMK'larda takviyelerin yığılması ve topaklanması kaçınılmazdır [24, 25]. Sıvı faz üretim yöntemi bu gibi dezavantajları olmalarına rağmen aşağıda verilen avantajlara da sahiptirler.



Şekil 2.2. Karıştırma dökümün şematik gösterimi [12]

- Büyük ölçekli işleme kabiliyeti,
- Büyük altyapı yatırımı ile mevcut dökümhanelerinde uyum kolaylığı,
- İlemede büyük değişikliklerle geleneksel metal şekillendirme tekniklerinin kullanılması,
- Daha düşük üretim maliyeti [23].

Metal matrisli kompozitlerin en fazla kullanılan sıvı faz üretim yöntemleri şunlardır:

- ✓ Karıştırma döküm
- ✓ Karıştırma ve sıkıştırma döküm
- ✓ Basıncılı infiltrasyon [15].

2.4.1.1. Karıştırma döküm

Karıştırma döküm, matrisin tamamen eritildiği ve seramik partiküllerin mekanik bir karıştırıcı kullanılarak erimiş metale eklendiği sıvı hal üretim yöntemidir. Karıştırma döküm, sadeliği, kolaylığı ve seri üretime uygulanabilirliği nedeniyle tercih edilir. Düşük işleme maliyeti ve yüksek üretim oranı nedeniyle karıştırma dökümünün kolay uyarlanabilir ve ekonomik olduğu düşünölmektedir. Karıştırma dökümde, takviye elemanları eriyik matris malzemesine eklenirken mekanik bir karıştırıcı veya yüksek yoğunluklu ultrasonik işlem ile karıştırma işlemi gerçekleştirilir. Bu sayede takviye fazı eriyik içinde dağılmış olur. Şekil 2.2'de eriyiğe batırılmış bir pervane kullanılarak yapılan karıştırma döküm işleminin şematik görüntüsü verilmiştir [12].

2.4.1.2. Karıştırma ve sıkıştırma döküm

Karıştırma döküm tekniği, kompleks parçaların üretiminde önemli kolaylıklar sunduğundan

dolayı oldukça caziptir. Bununla birlikte, karıştırma döküm yönteminde takviyelerin matris içerisinde homojen dağılmaması, düşük ıslanma, ara yüzeyde

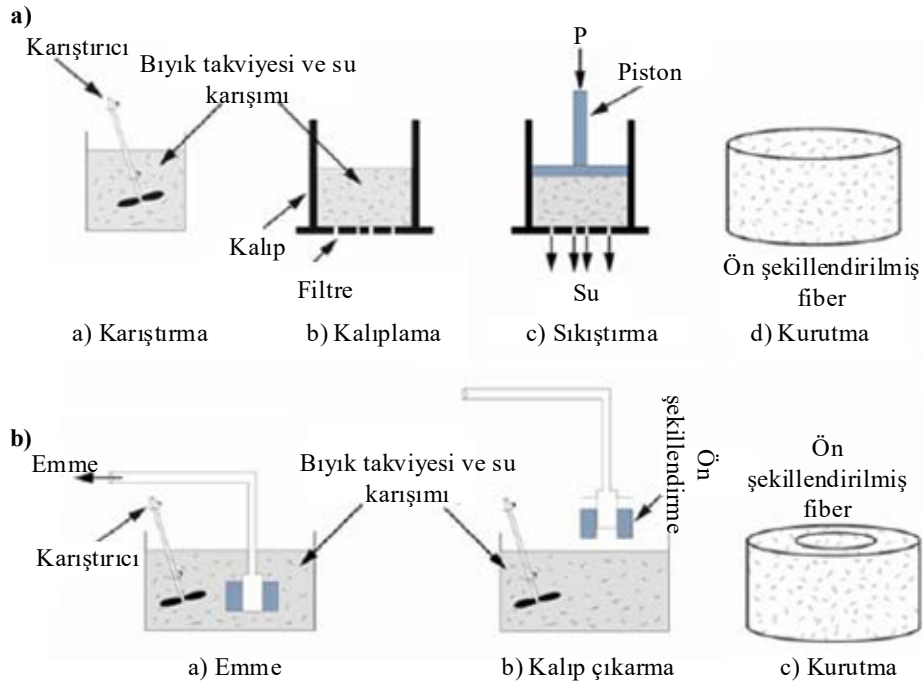
reaksiyon oluşturma ve gözeneklilik gibi kusurlarla karşılaşmaktadır. Bu gibi kusurlar kompozitlerin mekanik özelliklerini düşürmektedir. Bu problemlerin üstesinden gelmek için karıştırma ve sıkıştırma döküm yöntemi kullanılabilir. Bu yöntemde, karıştırma döküm ile elde edilen eriyik, bir kalıp içerisine yerleştirilir ve kalıba basınç uygulanarak üretim gerçekleştirilir [26]. Mevcut döküm yöntemleri arasında, sıkıştırma dökümünün başlıca avantajları şunlardır;

- (i) Erimiş metalin katılaşması sırasında uygulanan basınç, katılaşma oranını artırarak alaşımların erime noktasını değiştirir, mikro ve makroyapıyı iyileştirir ve döküm içerisindeki gaz gözeneklerini minimize eder.
- (ii) Besleyiciler veya yükselticiler gerekli olmadığından metal israfı meydana gelmez.
- (iii) Sıkıştırma döküm ile üretilen parçalar, aynı bileşime ait dövme ile üretilenler kadar iyi mekanik özelliklere sahip olabilir.

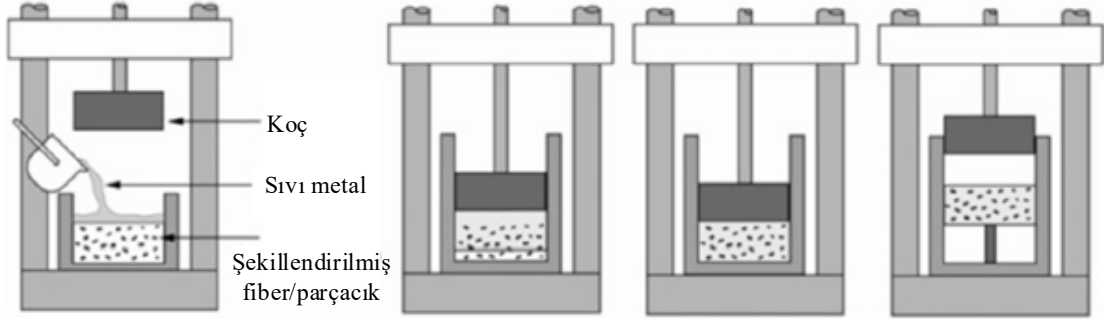
Sıkıştırma dökümde, kaliteli ürünler üretmek için minimum türbülans, yüksek basınç ve düşük kalıplama hızı kullanılır [27].

2.4.1.3. Basınçlı infiltrasyon

Bu yöntemin geleneksel dökümlere göre en önemli avantajları, daha kısa işlem süresi, karmaşık şekilli parçalar üretme kabiliyeti, uygulanan basınca bağlı minimum gözeneklilik veya büzülme boşlukları ve takviye ile matris arasındaki arayüzey reaksiyonlarının en aza indirgenmesi olarak sıralanabilir. İnfiltrasyon gerçekleşmeden önce, takviye elemanı ön şekil verme işlemine tabi tutulmalıdır. Ön şekil verme işlemi iki farklı şekilde yapılabilir. Bunlar; presle şekillendirme ve vakumla şekillendirme (Şekil 2.3). Basınçla şekillendirme işleminde, sulu bir elyaf bulamacı iyice karıştırılır ve ardından bir kalıp içine dökülür. Kalıba basınç uygulanarak ortamdaki su uzaklaştırılır. Geriye kalan şekillendirilmiş elyaf takviye elemanı kurutulur. Vakumla şekillendirme işleminde ise takviye, elyaf ve sudan oluşan iyi karıştırılmış bir karışıma vakum işlemi uygulanır. Karışım daha sonra kalıptan çıkarılır ve kurutulur [28].



Şekil 2.3. Partiküllere ön şekil verme işlemi. a) Presle şekillendirme, b) Vakumla şekillendirme [28]



Şekil 2.4. Basınçlı infiltrasyon yöntemi ile üretim [28]

Şekil 2.4'te görüldüğü gibi infiltrasyon işlemleri aşağıdaki sırayla gerçekleşir:

- Dağılık faz sabit olan alt kalıp yarısına yerleştirilir.
- Önceden belirlenmiş bir miktarda erimiş metal, alt kalıp yarısına dökülür.
- Üst hareketli kalıp yarısı/koç (ram) aşağıya doğru hareket eder ve infiltrasyon işlemini gerçekleştirmek için sıvı metali sıkıştırır.
- İnfiltrasyon edilmiş malzeme basınç altında katılaşır.
- Katılaşmış parça, ejektör pimi yardımıyla kalıptan çıkarılır [15]

İnfiltrasyon yönteminde sıvı metal, elyaf veya parçacık şeklindeki takviyeler arasındaki dar çatlaklardan geçirilmektedir. Takviye malzemelerinin eriyik içinde yüzmesinin serbest olduğu karıştırma dökümün aksine, infiltrasyon yönteminde takviyeler, serbest hareket etme kabiliyetine sahip değildirler. İnfiltrasyon süresince elyaf veya parçacıklar arasına giren sıvı metal önce soğur, daha sonra katılarak kompoziti meydana getirir. Bu yöntemde sıvı metal, soğuk elyaf ile temas ettiğinde geçici bir metal katman oluşabilir. İnfiltrasyon işlemlerinde yer alan temel faktörler

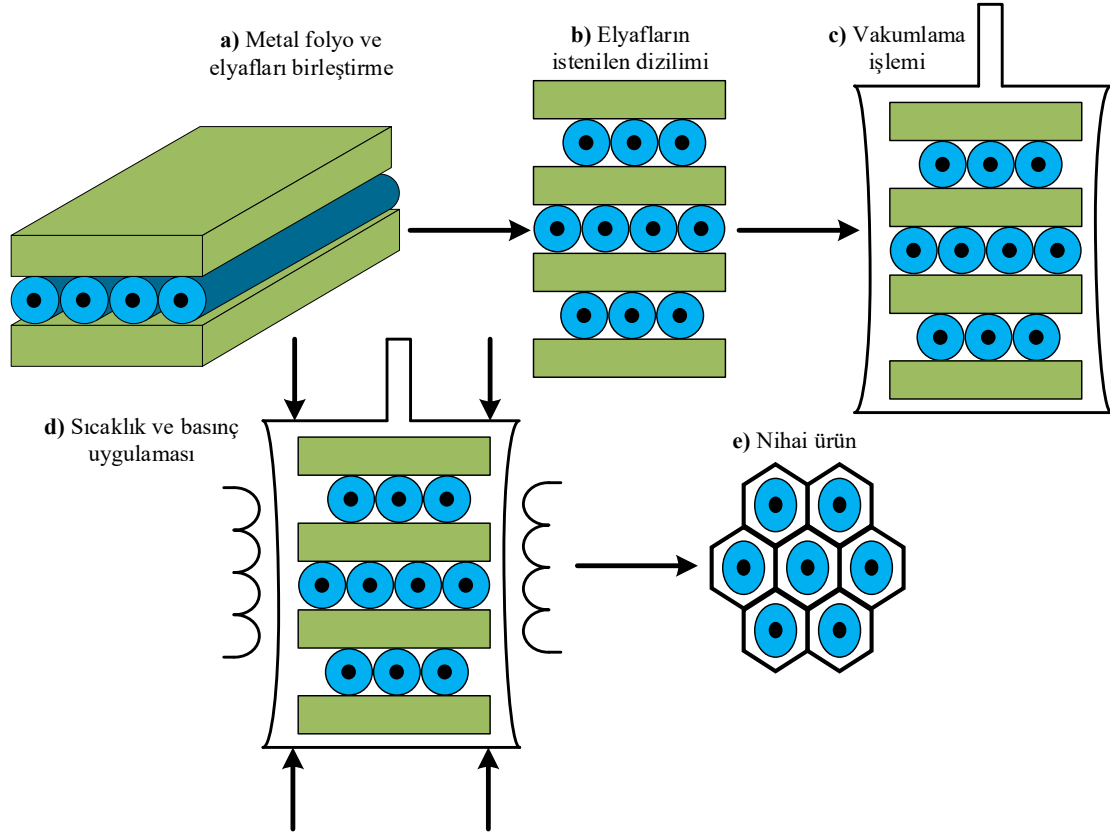
yüzey termodinamiği, yüzey kimyası, sıvı dinamiği, ısı ve çözünen taşınımıdır. Bu yöntemde mikroyapıların evrimini yöneten işlem değişkenleri şunlardır [12].

- Elyaf ön ısıtma sıcaklığı
- Metal sıcaklığı
- Elyaf arası boşluk
- İnfiltrasyon basıncı
- İnfiltrasyon hızı.

2.4.2. Katı hal işleme yöntemi

2.4.2.1. Difüzyon bağı

Difüzyon bağı, benzer veya farklı metalleri birleştirmek için kullanılan geleneksel bir katı hal işleme yöntemidir. Bu bağlar, yüksek sıcaklıkta temas eden metalik yüzeyler arasındaki atomların inter difüzyonunun bir sonucu olarak oluşur. Mevcut geliştirme aşamasındaki neredeyse bütün difüzyon bağlama yöntemleri, eş zamanlı basınç ve kademeli sıcaklık artışı uygulamasını içermektedir. Bu yöntemde, matris alaşım folyoları ve kompozit tel ve/veya tek tabakalı laminant kompozitler önceden ayarlanmış bir sıralama ile üretilir (Şekil 2.5) [29].



Şekil 2.5. Difüzyon bağı ile üretim yöntemi [30]

2.4.2.2. Deformasyon işleme

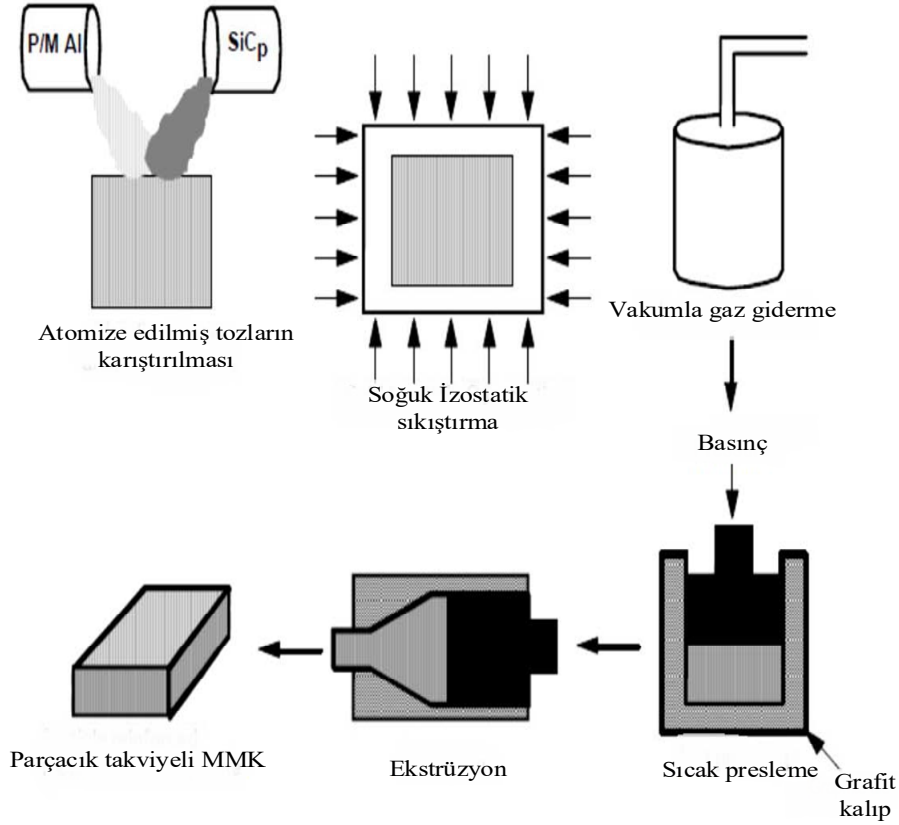
Deformasyon işleme, kompozit malzemenin şekil değiştirdiği veya yoğunlaştırıldığı bir başka katı hal plastik şekillendirme yöntemidir. Sünek iki fazlı metal-metal kompozitin mekanik işlenmesi (dövme, ekstrüzyon, çekme veya haddeleme), iki fazın birlikte deforme olmasını tetikler, fazlardan birinin diğer faz içerisinde uzamasına ve lifli hale gelmesine yol açar [31]

2.4.2.3. Sinter dövme

Sinter dövme yöntemi, aslında benzersiz ve ekonomik bir deformasyon işleme tekniğidir. Bu yöntemde, takviye ve matris toz karışımına, soğuk sıkıştırma, sinterleme ve dövme işlemleri uygulanır. Bu tekniğin en büyük avantajı ağı yakın bir şekil vermek için dövme işleminin uygulanmasıdır. Bu da işlenebilirliği ve malzeme kaybını en aza indirmektedir. Düşük maliyetli, sinterlenip dövülmüş kompozitlerin gerilme ve yorulma özellikleri, ekstrüzyonla üretilen kompozitlerle aynıdır [30].

2.4.2.4. Toz metalürjisi

MMK üretim yöntemlerinden biri de toz metalürjisidir. Bu yöntem, deformasyon işleme ile ilişkili olarak parçacıklı veya kısa elyaf takviyeli kompozitler üretmek için kullanılır. Genel olarak, bu yöntem öncelikle parçacık veya bıyık takviyeli MMK'ların üretilmesi için soğuk presleme, sinterleme veya sıcak preslemeyi içerir. Sıkıştırma ve sinterleme bu işlemin temel özelliklerinden biridir. Düzgün bir dağılım oluşturmak için, matris ve takviye tozları birlikte karıştırılır (Şekil 2.6). Bu işlemden sonra karışım kalıp içerisine yerleştirilir. Yeşil kütle olarak adlandırılan, yaklaşık %80 yoğunluklu ve basit bir şekilde işlenebilen bir yapı oluşturmak için soğuk presleme uygulanır. Parçacık yüzeylerinden emilen nemi gidermek için soğuk preslenmiş yeşil kütle kapalı bir kaptaki korunur ve nemi alınır. Son olarak sinterleme işlemi yapılarak nihai ürün elde edilir [32]



Şekil 2.6. Parçacık veya kısa elyaf takviyeli MMK'ların üretimi için toz işleme, sıcak presleme ve ekstrüzyon işlemi [30]

Tamamen yoğun bir kompozit elde etmek için, malzeme ya tek eksenli ya da izostatik olarak sıcak preslenir ve/veya ekstrüde edilir. Sert parçacıklar veya elyaflar, matrisin önemli ölçüde deforme olmasını tetikler. Ayrıca, sıcak ekstrüzyon sırasında parçacık/matris arayüzündeki dinamik yeniden kristalleşme, arayüzün yakınında rastgele yönlendirilmiş taneler ve arayüzden uzakta orta derecede dokulu taneler üretir.

Toz metalürjisi yönteminin diğer imalat yöntemlerine kıyasla avantaj ve dezavantajlarını aşağıda sıralanmıştır [33].

Avantajları;

1. İstenilen kimyasal özellikte malzemeler imal edilebilmektedir.
2. Gözenekli yapıya sahip malzemelerin kontrollü bir şekilde imal edilmesi diğer imalat yöntemlerine göre daha kolaydır.
3. Birbiri içinde çözünen ve çözünemeyen seramik, metal alaşımları ve polimer kompozitlerin üretimi sağlanabilmektedir.
4. Gözenekli malzemeler üretilebildiği için, kendinden yağlamalı yatakların imalatında en ideal tekniklerden biridir.
5. Seri üretime uygundur.

6. Gerilim altında titreşimi absorbe eden malzemeler üretilebilir.
7. Sertliği ve aşınma direnci yüksek malzemeler üretilebilir.
8. Boyut hassasiyeti ve yüzey kalitesi iyi olduğundan üretim sonrası talaşlı işleme ihtiyacı duyulmaz.
9. İmal edilen parçalar uzun ömürlü olur.

Dezavantajları;

1. Tozların oksitlenmesini engellemek amacıyla hava ile temas etmemesi ve kirlenmemesi için korunaklı ortamda saklanmalıdır.
2. Yüksek saflıkta toz üretimi maliyeti artırır.
3. Üretimde kullanılan ekipman ve takımlar pahalıdır.
4. Karmaşık şekilli parçaların üretimi zordur.
5. Gözenekli yapısından dolayı oksitlenme riski yüksektir.
6. Büyük ebatlı malzemelerin üretiminde tozlara yüksek basınç uygulanması gerekmektedir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

4. Sonuçlar

- MMK malzemelerinin imalatında kullanılan takviyelerin boyutları, şekli (uzun elyaf veya, kesik/kırpılmış elyaf), matris içindeki dağılımı (homojenite), matris ile uyumu (ıslanabilirlik), ağırlıkça veya hacimce yüzdesi, ve matris içindeki yönelimi (enine/boyuna ve rastgele/düzenli), kompozit malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerini belirlemede en etkili parametrelerdendir.
- Yüksek performans özelliklerinden dolayı endüstride en fazla kullanılan matris alaşımları bakır, magnezyum, titanium ve alüminyum alaşımlarıdır. Takviye elemanı olarak ise Al_2O_3 , B_4C , C, SiC, Gr ve uçucu küller yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.
- MMK'ların üretiminde en etkili parametreler takviye parçacık sıcaklığı, uygulanan ısı işlem sıcaklığı, eriyik matris içindeki gazın giderilmesi, parçacıkların hacimsel yüzdeleri gibi değişkenlerden oluşmaktadır.
- Sıvı faz işleme yönteminde, takviyelerin matris içinde yığılması/topaklanması gibi sorunlar olsa da, yöntemin ucuz ve kolay olması bu yöntemi cazip kılmaktadır.
- Katı faz işleme yöntemi olan sinter dövmenin en büyük avantajı işlenebilirliği kolaylaştırıp malzeme kaybını en az düşürmesidir.
- Toz metalurjisi diğer katı faz işleme yöntemlerine kıyasla daha gözenekli bir yapıya sahip, boyut hassasiyeti ve yüzey kalitesi yüksek malzemeler imal etme konusunda daha başarılıdır.

Kaynaklar

- [1] Padmavathi, K. R. and Ramakrishnan, R., (2014). Tribological behaviour of aluminium hybrid metal matrix composite, *Procedia Engineering*, 97, 660–667.
- [2] Harris, B., 1999, *Engineering Composite Materials*. The Institute of Materials, 194p, London, England.
- [3] Geçkinli, A.E., (1992). İleri teknoloji malzemeleri. İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi, Sayı: 1454, İstanbul.
- [4] Iyer, A. K., 2015, Characterization of composite dust generated during milling of uni-directional and random fiber composites. *Master of Science in Mechanical Engineering, The University of Washington, USA*.
- [5] Pugacheva, N. B., Michurov, N. S. and Bykova, T. M., (2016). Structure and properties of the Al/SiC composite material, *Physics of Metals and Metallography*, 117(6), 634–40.
- [6] Kumar, B. P. and Birru, A. K., (2017). Microstructure and mechanical properties of aluminium metal matrix composites with addition of bamboo leaf ash by stir casting method, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, 27(12), 2555–72.
- [7] Hull, D. and Clyne, T. W., (1996). An introduction to composite materials, Cambridge Solid State Science Series, Second Edition, Cambridge University Press, 172pp.
- [8] Cabioğlu, A. M., (2012). Farklı sıcaklık ortamlarında pim bağlantılı kompozit plakaların yatak dayanımlarının incelenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 87s, Isparta.
- [9] Veeresh Kumar, G. B., Rao, C. S. P. and Selvaraj, N., (2011). Mechanical and tribological behavior of particulate reinforced aluminum metal matrix composites, A review, *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, 10(1), 59–91.
- [10] Gopal Krishna, U. B., Sreenivas Rao, K. V. and Vasudeva, B., (2013). Effect of boron carbide reinforced of aluminium matrix composites, *International Journal of Metallurgical & Materials Science and Engineering*, 3(1), 41-48.
- [11] Alam, M. F., (2013). Squeeze casting as alternative fabrication process for carbon fiber reinforced aluminium matrix composites, *Master of Applied Science in Mechanical Engineering, The University of Ottawa, Canada*.
- [12] Rohatgi, P. K., Gupta, N. and Daoud, A., (2008). Synthesis and processing of cast metal-matrix composites and their applications, *ASM Handbook, Volume 15: Casting*, 1149-1164.
- [13] Bindal, C., Genel, K., Demirkol, M., Artır, R., Bakkal, M. ve Parasız, S. A., (2014). Malzeme bilimi ve mühendisliği, 8. Basımdan Çeviri (Callister, W. D. and Rethwisch, D. G., *Materials Science and Engineering*, Willey), Nobel Yayınları, İstanbul.
- [14] Aydın, M., Gavaş, M., Yaşar, M. ve Altunpark, Y., (2012). Üretim yöntemleri ve imalat teknolojileri, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- [15] Bajaj, P., (2008). Mechanical behaviour of aluminium based metal matrix composites reinforced with sic and alumina, *Master of Engineering in Production & Industrial Engineering, The University of Thapar, Patiala-147004, India*.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- [16] Miyajima, T. and Iwai, Y., (2003) Effects of reinforcements on sliding wear behavior of aluminum matrix composites, *Wear*, 255, 606–616.
- [17] Alidokht, S. A., Abdollah-zadeh, A., Soleymani, S. and Assadi, H., (2011) Microstructure and tribological performance of an aluminium alloy based hybrid composite produced by friction stir processing, *Materials and Design*, 32(5), 2727–33.
- [18] Mahdavi, S. and Akhlaghi, F., (2011). Effect of the Graphite Content on the tribological behavior of Al/Gr and Al/30SiC/Gr composites processed by in situ powder metallurgy (IPM) method, *Tribology Letters*, 44(1), 1–12.
- [19] Ceschini, L., Bosi, C., Casagrande, A. and Garagnani, G. L., (2001). Effect of thermal treatment and recycling on the tribological behaviour of an AlSiMg-SiCp composite, *Wear*, 250, 1377–1385.
- [20] Bermúdez, M. D., Martínez-Nicolás, G., Carrión, F. J., Martínez-Mateo, I., Rodríguez, J. A. and Herrera, E. J., (2001). Dry and lubricated wear
- [21] Thakur, S. K. and Dhindaw, B. K., (2001). Influence of interfacial characteristics between SiCp and Mg/Al metal matrix on wear, coefficient of friction and microhardness, *Wear*, 247, 191–201.
- [22] Restrepo, C. U., (2011). Process-dependent microstructure and severe plastic deformation in SiCp reinforced aluminum metal matrix composites, Master of Science in the Department of Mechanical, *Materials and Aerospace Engineering in the College of Engineering and Computer Science, The University of Central Florida*, Orlando.
- [23] Advesh, B., (2011). Development and property evaluation of aluminum alloy reinforced with NANO-ZrO₂ metal matrix composites (NMMCs) for automotive applications, *Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering, Dr. MGR Educational and Research Institute, The University of Deemed*, Maduravoyal, Chennai.
- [24] Toptan, F. and Kilicarslan, A., (2010). Processing and microstructural characterization of AA1070 and AA6063 matrix B₄C_p reinforced composites, *Materials & Design*, 31(1), 87-91.
- [25] Zhang, L., Shi, J., Shen, C., Zhou, X., Peng, S. and Long, X., (2017). B₄C-Al composites fabricated by the powder metallurgy process, *Applied Sciences*, 7, 1–14.
- [26] Kamaraj, M. and Ramesh, A., (2015). Effect of squeeze pressure on mechanical properties of LM6 aluminium alloy matrix hybrid composites, *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(14), 6051–6058.
- [27] Dhanashekar, M. and Senthil Kumar, V. S., (2014). Squeeze casting of aluminium metal matrix composites, An overview, *Procedia Engineering*, 97, 412–420.
- [28] Chawla, N. and Chawla, K. K., (2013). Metal Matrix Composites, 2nd Edition, Springer, New York, Heidelberg Dordrecht, London.
- [29] Kainer, K. U., (2006). Metal matrix composites: Custom-made materials for automotive and aerospace engineering, *WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA*, Weinheim.
- [30] Sahraeinejad, S., (2014). Fabrication of surface metal matrix composites using friction stir processing, *Master of Applied Science in Mechanical Engineering, The University of Waterloo*, Waterloo, Ontario, Canada.
- [31] Nourbakhsh, S., Liang, F. L. and Margolin, H., (1990). Interaction of Al₂O₃-ZrO₂ fibres with a Ti-Al matrix during pressure casting, *Metallurgical Transactions A*, 21, 213–219.
- [32] Venumbaka, S. C., (2015). Simulation and experimental studies of Al metal matrix composites reinforced with Fe₃Al intermetallics, *Master of Technology in Mechanical Engineering, National Institute of Technology*, Rourkela-769008, Odisha, India.
- [33] Summak, E. C., (2019). Toz metalurjisi ile üretilen Al-4Cu-5SiC-xGr kompozit malzemesi mekanik özelliklerine sinterleme sıcaklığının ve yaşlandırma ısıl işleminin etkileri, *Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli.

ALGLARDAN BİYOENERJİ ÜRETİMİ

Sedat ŞEN* ve Muhammed Arslan OMAR*

*Kafkas Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 36100 KARS

e-posta: sedatsen775@gmail.com, m.arslanomar@gmail.com

Özet: Artan nüfus ve gelişen sanayi ile birlikte enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Dünyanın yenilenemeyen enerji kaynaklarına bağımlılığı bilim adamlarının gündeminde ilk sıralarda yer almaktadır. Kömür, benzin, doğal gaz gibi fosil yakıtların rezervlerinin tükenmekte olduğu öngörülebiliyorken, bu yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak önemli ölçüde CO₂ emisyonlarını da azaltacaktır. Fosil kökenli enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Alternatif enerji kaynakları türlerinden birisi de biyoenerji sistemleridir. Biyoenerji, fosil yakıtlara bir alternatif sağlamak için oldukça önemli bir yere sahiptir. Biyoenerji toplam CO₂ emisyonunu da azaltacaktır, çünkü fosil yakıtlara kıyasla ekolojik olan bir enerji kaynağıdır. Biyoenerji sistemleri biyolojik organizmalardan katı, sıvı veya hatta gazlı yakıtlardan üretilebilmektedir. Bu çalışmada biyoenerji kaynağı organizma olarak alg diye adlandırılan su yosunları incelenmiştir. Alglardan elde edilen enerji özellikle biyodizel yakıtı üretiminde de kullanılmaktadır. Alglardan üretilen biyodizel yakıtının veriminin yüksek olduğu ve içten yanmalı motorlarda performansla olumlu katkı sağladığı bilinmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoenerji, Alg, Biyodizel, Alternatif enerji kaynakları.

PRODUCTION OF BIOENERGY FROM ALGAE

Abstract: With the increasing population and developing industry, the need for energy is increasing day by day. The world's dependence on non-renewable energy sources is at the top of the agenda of scientists. While it can be predicted that the reserves of fossil fuels such as coal, gasoline, and natural gas are running out, reducing the dependence on these fuels will significantly reduce CO₂ emissions. In order to reduce the dependence on fossil energy sources, the use of renewable energy sources should be expanded. One of the types of alternative energy sources is bioenergy systems. Bioenergy has a very important place to provide an alternative to fossil fuels. Bioenergy will also reduce total CO₂ emissions because it is an ecological energy source compared to fossil fuels. Bioenergy systems can be produced from biological organisms from solid, liquid, or even gaseous fuels. In this study, algae, a source of bioenergy, were investigated. The energy obtained from algae is also used in the production of biodiesel fuel. It is known that biodiesel fuel produced from algae has high efficiency and contributes positively to the performance of internal combustion engines.

Keywords: Bioenergy, Algae, Biodiesel, Alternative energy sources.

GİRİŞ

Dünyada sürekli artan nüfus, gelişen sanayi, enerjiye olan ihtiyacı gün geçtikçe artırmakta, buna karşın alışlagelmiş olan enerji kaynaklarının rezervleri tükenmek üzeredir. Doğalgaz için 60 yıl, petrol için 30-40 yıl, kömür için 200 yıl gibi ömür tahmin edilmektedir

[1]. Bu duruma hazırlıklı olmak için yenilenebilir enerji kaynaklarını verimli bir şekilde kullanmak için çalışmalar tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de devam etmektedir.

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynağı olan biyoenerji olarak adlandırılan alglerin üretimi ve alglerden üretilen biyodizel incelenmiştir. Algler, sürdürülebilir

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

ulaşım yakıtları üretmek için potansiyel bir hammaddedir. Şekil. 1'de Kıyıda biriken su yosunları gösterilmiştir.

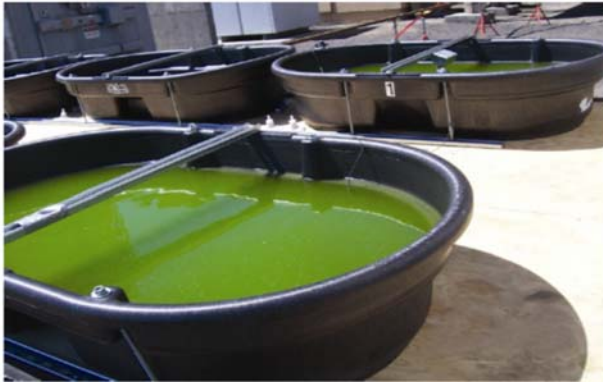


Şekil. 1 Kıyıda biriken algler [2]

Bu çalışmanın amacı kısa bir zamanda tükenen fosil yakıtlara bağımlılığı azaltarak, alg olarak adlandırılan su yosunlarını kullanarak geleceğe çevre dostu yeni bir yakıtı takdim etmektir.

ALGLER (SU YOSUNLARI)

Ekosistemin bir parçası olan algler, gelişmiş bitkilerde bulunan karmaşık hücre yapılarına sahip olmayan büyük ve çeşitli bir organizma grubudur. Çeşitli ortamlarda bulunabilirler, karada, denizde, tatlı suda zor koşullar altında yaşayabilen basit canlılardır. Şekil. 2'de plastik tanklarda alg üretimi gösterilmiştir.



Şekil. 2. Plastik tanklarda alg üretimi [3]

Algleri bitkilerden ayıran en önemli özellik fotosentez yapabilmelerine rağmen sentez ürünlerini nişasta formunda depolayamamaları ve sistemlerinde şeker ve yağ depolama özelliklerinin mevcut olmasıdır. Bu sebeple biyoyakıt üretimi için potansiyel bir hammadde olarak büyük ilgi görmektedir.

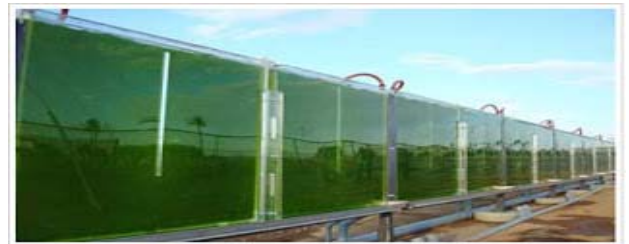
Algler geleneksel gıda mahsullerinden 50-100 kat daha hızlı büyüyor olması nedeni ile uzmanlara göre alglerden üretilen biyoyakıtlar, fosil yakıtların yerini alabilecek en iyi alternatif enerji çözümlerinden birisi olma potansiyeline sahiptir. Alglerden enerji üretmenin diğer önemli nedenlerinden biri de yosunların tek hücreli organizmalar olmasıdır, yani büyümek için tatlı su kaynaklarına ya da toprağa ihtiyaçlarının olmamasıdır.

Alglerden elde edilen biyodizel, dizel motorlarda doğrudan yakıt olarak kullanılabilir özelliğine sahiptir. Daha fazla CO₂ ve organik madde ile beslendiklerinde, elde edilen yağ miktarının %40 oranlarına kadar artırılabilir laboratuvar ortamlarında ispatlanmıştır. Özellikle biyodizel üretiminde alglerin bünyesindeki lipit, organik kökenli ve çevre dostu bir yakıt olarak değerlendirilmektedir.

Alglerden Biyoenerji (Biyoyakıt) Üretimi

Algler yapılarında çok fazla yağ barındırmakta, hatta bu yağ oranı laboratuvar ortamlarında maksimize edilebilmektedir. Yapılan çalışmalar alglerin diğer gelişmiş bitkilere göre ve tarımsal ürünlere göre gelişim sürecinin çok daha hızlı olduğunu, değişken ve zorlu ortam şartlarında dahi dayanıklı olduğunu göstermektedir.

Deniz kenarında, karada, göllerde ya da laboratuvar ortamlarında yaşayan ve üretilen algler yüksek nem içeriğine sahip oldukları için nemden arındırılır. Ardından yüksek basınç altında depoladıkları yağ çıkarılır. Daha sonra esterifikasyon yöntemi ile yağ asidi ve gliserine ayrıştırılır. Üretilen biyodizel fosil yakıtla karıştırılarak motor yakıtı ya da dizel yakıt olarak kullanılabilir. Hatta uygun mühendislik çalışmaları ile elde edilen biyodizele katkı yapılmadan tamamen yakıt olarak da kullanılabilir. Mikroalgleri biyodizele çevirmede kullanılan metotlar gazifikasyon, piroliz ve transesterifikasyon yöntemleridir. Şekil.3 düz panel fotobiyoreaktörlerde alg üretimi gösterilmiştir.



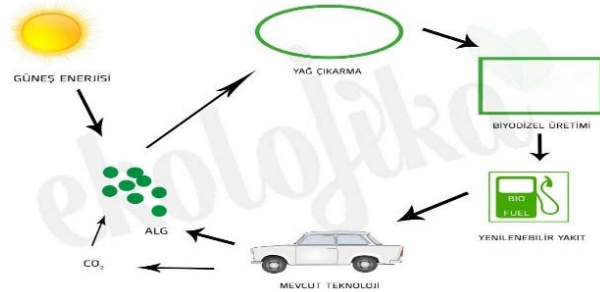
Şekil.3. Düz panel fotobiyoreaktörlerde alg üretimi [4]

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

-Gazifikasyon; gazlaştırma olarak tanımladığımız bu metot karbon içeren maddelere belirli miktarda oksijen, hava, hava-su buharı karışımı veya zenginleştirilmiş oksijen içerikli hava verilerek yanabilen gaz bileşenlerin oluşumunu sağlayan bir yöntemdir.

-Pirroliz; oksijensiz ortamda yakma işlemidir. Pirroliz prosesi ürünleri katı, sıvı veya gaz olabilir. Uygulamada organik bir atığa dışarıdan ısı enerjisi aktarılır.

-Transesterifikasyon; bir ester, baz veya asit katalizör kullanılarak, kısa zincirli bir alkol ile reaksiyonu sonucu başka bir estere dönüşümü işlemidir. Şekil.4'de biyodizel yakıt döngüsü gösterilmiştir.



Şekil.4. Biyodizel yakıt döngüsü [5]

Mikroalgler barındırdıkları yağ miktarı oranına bağlı olarak oldukça verimlidir. Bu organizmalar yapılarında yaklaşık %80'den fazla miktardan bulunan oleik asit ve palmitoleik asit gibi yağ asitleri nedeniyle yüksek enerjilidirler. Bu nedenle mikroalgleri yakıtı çevirmek oldukça verimli ve kullanışlıdır. Tablo.1'de biyoenerji üretiminde kullanılabilecek diğer kaynakların yağ miktarları bakımından karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo.1 Bazı biyoenerji kaynaklarının yağ üretim kapasitesi [3]

Ürün	Yağ Üretimi (L/Ha)
Mısır	172
Soya	446
Kanola	1190
Jatropha	1892
Hindistan Cevizi	2689
Palmiye	5950
Mikroalg (%70 Yağ İçerikli)	136900
Mikroalg (%30 Yağ İçerikli)	58700

Mikroalg Üretimi

Denizde, karada, tatlı sularda doğal şartlar altında yaşayan ve gelişen su yosunlarının yanısıra laboratuvar ortamında veya üretim tesislerinde de mikroalg üretimi mümkündür. Alternatif bir enerji kaynağı olarak bu organizmalardan faydalanmak ekosistemdeki dengeye olumlu katkı sağlayacaktır. Çünkü artan sanayileşmenin ve yakıt ihtiyacının sonsuz olduğunu kabul edersek, alglerin sonsuz sayıda olmadığını ve ek bir üretim desteğinin takviye edilmesini göz ardı etmemek gerekmektedir. Alg üretiminde aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekir.

-Alg üretiminde ışık gereksinimidir. Işığın %12-20'si kimyasal enerjiye çevrilir.

-Üretim için bol miktarda CO₂ gereklidir. Havadaki CO₂ miktarı yaklaşık %0,03 oranlarında olduğu için ortama CO₂ verilmelidir.

-Üretmek için organik karbon bileşiklerine ihtiyaç duyulmaz.

-Sıcaklık dengesi, hidrodinamik denge, kültürün devamlılığını sağlamak gibi ana etkenlerin ölçülendirilmesi gerekmektedir.

Şekil. 5'de fotobiyoreaktörlerde alg üretimi gösterilmiştir.



Şekil.5. Fotobiyoreaktörlerde üretimi [6]

SONUÇ VE TARTIŞMA

Dünyada nüfus ve tüketimin artışı ile birlikte enerjiye olan ihtiyaç da artmaktadır. Enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan fosil yakıt rezervlerinin tükenmekte olduğu çevre kirliliğine ve küresel ısınmaya neden olduğu bilinen bir gerçektir. Fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak önemli ölçüde CO₂ emisyonlarını da azaltacaktır. Fosil kökenli enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması şarttır.

Biyoenerji, fosil yakıtlara bir alternatif sağlamak için oldukça önemli bir enerji kaynağıdır. Biyoenerji toplam

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

CO₂ emisyonunu da azaltacaktır, çünkü fosil yakıtlara kıyasla ekolojik bir enerji kaynağıdır.

Bu çalışmada biyoenerji kaynağı bir organizma olan alg (su yosunu) incelenmiştir. Alglerden elde edilen enerji özellikle biyodizel yakıtı üretiminde kullanılmaktadır. Alglerden üretilen biyodizel yakıtının veriminin yüksek olduğu ve içten yanmalı motorlarda performansa olumlu katkı sağladığı bilinmektedir.

Biyodizel çevre dostu ve temiz bir yakıttır. Motor, jeneratör ve kalorifer yakıtı olarak da kullanılmaktadır. Biyodizel organik yağların bir katalizör yardımıyla baz ve alkolle reaksiyonun sonucu elde edilen, fosil yakıt olmayan ve genelde motorlarda kullanılan bir yakıttır. Bitkisel ya da hayvansal kaynaklı olabilmektedir. Eysel kızartma yağları, donmuş yağ ve balık yağlarından da üretilebilmektedir. Ayrıca kanola, soya, aspir, ayçiçek gibi yağlı tohum bitkilerinden de elde edilebilmektedir. Biyodizel yağların ya da hayvansal yağların katalizör eşliğinde metanol veya etanol gibi kısa zincirli bir alkol ile reaksiyonu sonucu üretilen bir yakıttır.

Sonuç olarak bu çalışmada bir alternatif yakıt kaynağı biyo enerji kaynağı olan alglerden biyodizelin üretimi incelenmiştir. Alglerden biyodizel üretiminin ilk maliyeti yüksek olsa da sürdürülebilir olması ve çevre dostu olması ön plana çıkmakta ve motorlarda yakıt olarak güvenle kullanılabilir.

KAYNAKLAR

[1] Yelmen, B., Çakır, M. T., Yeşil Enerji Kaynakları Ve Teknolojileri, 2011
https://www.emo.org.tr/ekler/1334053b9217604_ek.pdf

[2] Alg Nedir, 2019,
<http://fennotlari.com/haber/alg-nedir-676> (ziyaret tarihi Kasım 2021)

[3].Özdemir, N., Yosunlar ve Enerji, 2019,
<https://www.ogunhaber.com/yazarlar/necmi-ozdemir/yosunlar-ve-enerji-10088m.html> (ziyaret tarihi Kasım 2021)

[4] <http://algler.biyokimyalab.org/kultur-sistemleri/>

[5] Atacan, O., Mikroalglerden Biyodizel Üretimi,
<http://www.ekolojika.com/mikroalglerden-biyodizel-uretimi/> (ziyaret tarihi Kasım 2021)

[6] Ykkös, J., lehdessä, L., Make The World A Better Place With Circular Economy Solutions,
<https://www.redono.fi/redono-kestavan-panimon-kiertotalousmalli/> (ziyaret tarihi Kasım 2021)

TEOS YÖNTEMIYILE AEROJEL YALITIM MALZEMESI ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet Zerrakki IŞIK*, Hasan OKTAY, Mehmet KAYIR, Hasan SAYGILI, Ferhat AKKUŞ

*Batman Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN

e-posta: mehmetzerrakki.isik@batman.edu.tr

Özet: Aerojel üretimi için beş farklı sentez uygulanmış, gerekli testler yapılmış ve belirlenen veriler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre üretilen aerogellerin yoğunluklarının 0.66 ile 1.053 g/ml arasında, termal iletkenlik değerlerinin ise 0.067 ile 0.097 W/mK aralığında olduğu belirlendi. Üretim aşamasında sol-jeldeki TEOS konsantrasyonundaki artışın aerogellerin yoğunluklarında ve dolaylı olarak termal iletkenlik değerlerinin de artış gösterdiği belirlendi. Reaktörün geniş iç hacmi ve sıcaklık aşamalarının tam olarak kontrol edilememesi nedeniyle, farklı basınç-sıcaklık geçiş süreçlerinin yapısal etkileri, hedeflenen termofiziksel özelliklere yaklaşımı etkilemiştir. Kurutma işleminin 100 bar gibi yüksek basınç koşullarında gerçekleştirilmesi, hazırlama işleminin uzun ve meşakkatli olması, kullanılan kimyasalların yüksek maliyeti gibi etkenler çözüm denemelerini sınırlamıştır. Geleceğin önemli bir yalıtım malzemesi olarak görülen aerogelin yalıtım özelliğinin gerekli destekler sağlanırsa iyileştirilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Aerojel, iletim, ısı iletkenlik, Sol-jel, TEOS, yalıtım.

PRODUCTION OF AEROGEL INSULATION METERIAL BY TEOS METHOD AND DETERMINATION ITS PROPERTIES

Abstract: Five different syntheses were applied for the production of ariegel, the necessary tests were carried out and the determined data were examined. According to the results obtained, it was determined that the densities of the produced aerogels were between 0.66 and 1.053 g/ml, and the thermal conductivity values were between 0.067 and 0.097 W/mK. It was determined that the increase in the concentration of TEOS in the sol-gel during the production stage increased the densities of the aerogels and indirectly the thermal conductivity values. Due to the large internal volume of the reactor and the inability to fully control the temperature stages, the structural effects of different pressure-temperature transition processes have affected the approach to the targeted thermophysical properties. Factors such as the fact that the drying process is carried out under high pressure conditions such as 100 bar, the preparation process is long and tedious, and the high cost of the chemicals used limited the solution trials. It is thought that the insulation property of ariegel, which is seen as an important insulation material of the future, can be improved if necessary supports are provided.

Keywords: Aerogel, conduction, thermal conductivity, Sol-gel, TEOS, insulation

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Dünya nüfusu süratli bir şekilde çoğalmaya devam ederken çeşitli sıkıntıları da yanında genişletmektedir. Hayatın sürekliliği için vazgeçilmez enerji olduğu göz önüne konulursa bu sıkıntıların başında enerji gereksinimi artışının geldiğini tahmin etmek gerekir. İnsanoğlu tarafından öngörü olmaksızın şuursuzca tüketilen fosil enerji kaynakları bitmeye yüz tutmuştur. Bir diğer acı bedelde ekolojik dengenin bozulması ve beraberinde getirdiği sağlık problemleridir. Dünya genelinde enerji ihtiyacının önemli bir kısmı hâlihazırda petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil kaynaklardan tekabül edilip, nükleer ve hidrolik enerjiden de yararlanılmaktadır. Ekonomik ve toplumsal kalkınmanın en önemli işareti olan enerjiye olan ihtiyaç nüfus artışı ve teknolojik gelişmelerle paralel olarak artarak süre gelmektedir.

Düzenin korunması ve sürdürülmesi için mevcut kaynaklardan faydalanma oranının arttırılması gerekmektedir. Bu kapsamda mevcut birçok sistemde kullanılan ısı etkileşimli sistemlerde yalıtım büyük önem arz etmektedir. Yalıtımda amaç sistemi dış ortam etkisinden mümkün mertebe uzak tutarak, teorik döngü hesaplamalarına yaklaştırmaktır. Bu kullanım endüstriyel bir proses döngüsü olabileceği gibi bir yaşam alanın şartlandırılması gereği olabilir.

Gözenekli malzemeler sahip oldukları geniş yüzey alanları sayesinde pek çok alanda kullanılmaktadırlar. İçerisinde atomik, moleküler ve nanometre boyutunda boşlukların bulunması ve bunların kontrol edilebilir olması, moleküler ve kümeleşmiş boyutta ayırım yaparak reaksiyona girmelerini sağlamaları gözenekli maddeleri bilimsel ve teknolojik açıdan çok önemli bir yere taşımıştır. Gözenekli malzemeleri farklı ve özgün kılan en önemli nokta gözenek içindeki boşluktur.

Bilinen en düşük yoğunluğa sahip katı malzeme olan arojelin yapısının yaklaşık %95'lik kısmı gözeneklerden oluşmaktadır. Aerojeller düşük yoğunluk, yüksek yüzey alanı, düşük termal iletkenlik, elektrik dayanımı, optik ve akustik gibi özellikleri nedeni ile izolasyon, depolama ve taşıma ortamı, sensör, katalizör, iyon değişimi, ayırma işlemleri gibi pek çok farklı alanda aktif olarak kullanılmaktadır. Silika bazlı arojeller asidik veya bazik ortamda saf ya da atık silisyum kaynakları kullanılarak sol-jel yöntemi ile üretilmektedir. Silika bazlı arojel üretiminde genellikle kullanılan silika kaynakları tetraetil ortosilikat (TEOS), Tetrametil ortosilikat (TMOS), sodyum silikat ve su camıdır. İyi özelliklerde arojel üretimi için pahalı silisyum kaynaklarının kullanımına gerek yoktur. Bu nedenle arojel sentezlenirken çeşitli endüstriyel atıkların kullanılması ile maliyeti düşük ve çevreye duyarlı metotların geliştirilmesine ihtiyaç vardır [3].Arojel pencere uygulamaları, mimari süsleme alanları, termal ve akustik yalıtım, uzay ve havacılık prosesleri, yakıt pilleri, kimyasal sensörler gibi birçok önemli sanayi alanlarında kullanılmaktadır. Aerojeller, yalıtım panellerine yerleştirilerek de kullanım alanı bulmaktadır [5].

MATERYAL VE YÖNTEM

Silika arojeller, düşük yoğunluk, şeffaflık, yüksek yüzey alanı, yüksek gözeneklilik ve düşük ısı iletkenlik gibi benzersiz ve ilginç özelliklerinden dolayı büyük ilgi gören nanoyapılı materyallerdir. Silika arojeller çapraz bağlanmış SiO₂ ağı içeren üç boyutlu nano yapı malzemelerdir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

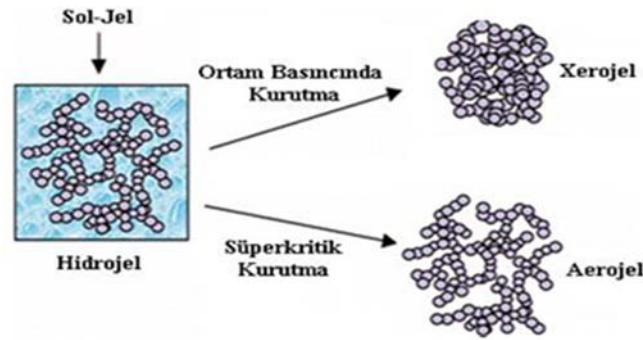
Silika aerojeller yüksek spesifik yüzey alanı, yüksek ısı izolasyon değeri, çok düşük dielektrik sabiti ve düşük kırılma katsayısı gibi normal dışı özelliklere sahiptir [24]. Çizelge 1.1."de silika aerojellerin özellikleri açıklanmıştır.

Çizelge 1.1..Silika..Aerjellerin..Genel..Özellikleri [24, 25].

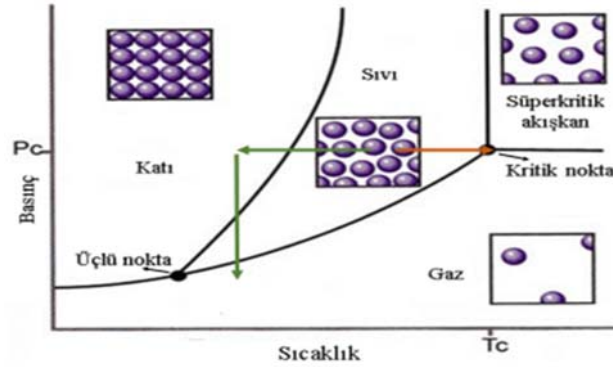
Özellik	Değeri
Yoğunluk	=0.003 g/cm ³
Yüzey Alanı	=500-1000 m ² /g
Gözeneklilik	=% 80-99.8
Gözenek Çapı	=20-150 nm
Primer parçacık çapı	=2-5 nm
Isıl İletkenlik	=0.017-0.021 W/m.K
Isıl genleşme katsayısı	=2.0-4.0×10 ⁻⁶
Ses hızı	=100 m/s
Dielektrik sabiti	= 1.1
Kırılma indeksi	=1-1.05

Silika aerojelleri, karmaşık bir kimyasal sentez prosedürü olan iki aşamalı bir sol-jel prosesi sonucunda üretilmektedir. Kurutma şekillerine göre;

- Ortam basıncında evaporatif kurutma yapılmış ise "xerogel" veya "ambigel",
- Süperkritik kurutma yapılmış ise "aerogel",
- Dondurarak kurutma yapılmış ise "cryogel" olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.1).



Süperkritik kurutma silika aerojellerin gözenekleri içerisindeki çözücüyü jele zarar vermeden uzaklaştırabilmek için en çok tercih edilen yöntemdir. Süperkritik akışkanlar tek fazlıdır ve sıvı-buhar ara yüzeyi yoktur. Bu sayede kuruma esnasında yüzey gerilim olmaz ve kapiler kuvvetler yok edilmiş olur. Silika aerogel yapısı kurutma sonrasında bu sayede korunabilmektedir. Bu yöntemde kurutma sıcaklığı ve basıncı çözücünün kritik sıcaklık ve basıncından yüksek olmalıdır [9]. Süperkritik kurutma, gözeneklerdeki faz sınırını ve dolayısıyla kılcal stresleri ortadan kaldıran en etkili ve zararsız tekniktir. Gözeneklerin içinde en yaygın olarak alkol bulunan ıslak jel, süperkritik durumda solvent ile temas ettirilir. Gözenek sıvısı, taze süper kritik akışkanın sürekli akışı ile gözeneklerden boşaltılır. Son olarak, sistemdeki basınç düşürülerek gözeneklerin içindeki jeller gaz haline dönüşür [36,37]. Nispeten toksik olmayan ve ucuz olan CO₂, süperkritik kurutma işlemlerinde alkoller için iyi çözüldürme gücüne sahip olması nedeniyle en çok kullanılan solventtir. Buna ek olarak, CO₂, 304 K kritik sıcaklık ve 74 barlık bir kritik basınç ile kolayca erişilebilen hafif kritik koşullara sahiptir (Şekil 1.2).



Deneysel Yöntem

Aerojel sentezi, gözenekleri sıvı ile dolu gözenekli bir yapıya sahip bir jelin oluşturulmasıyla başlar. Jelin ağ yapısını değiştirmeden gözeneklerdeki sıvı havayla değiştirildiğinde aerojel elde edilir. Aerojellerin mikro yapısını kontrol etmek hem de baz hidrolizini birleştirme kabiliyetinin avantajını kullanabilmek için iki aşamalı sol-jel yöntemi seçilmiştir. Deneyde TEOS kullanılarak NH₄OH baz katalizörü ve NH₄F katalizörü kullanılmıştır. Yapılan deneysel araştırmalar kapsamında aerojel sentezini etkileyen parametreler incelenmiştir.

TEOS (Si(OC₂H₅)₄): Aerojel sentezinde silikanın kaynak maddesi olarak Sigma-Aldrich Aldrich marka TEOS kullanılmıştır. Metanol (CH₃OH): Silika aerojel sentezinde yaşlandırma basamağında kullanılmaktadır. Aerojelin yapısındaki suyu uzaklaştırma amacıyla Sigma-Aldrich marka metanol kullanılmıştır. Etanol (C₂H₅OH): Silika aerojel sentezinde yaşlandırma basamağında kullanılmaktadır. Aerojelin yapısındaki suyu uzaklaştırma amacıyla Sigma-Aldrich marka etanol kullanılmıştır.

Silika Aerojel Sentezi

Çalışmada silika aerojelleri TEOS hidroliz katalizörü olarak etanol ve metanol, yoğunlaştırma katalizörü olarak NH₄OH ve NH₄F kullanılarak sentezlenmiştir. Öncelikle TEOS farklı konsantrasyonlarda etanol ve metanol ile seyreltilmiştir. Daha sonra hidrolizi başlatmak için sürekli karıştırma altında su ve alkol ilave edilmiştir. Baz katalizörün eklenmesiyle yoğunlaşma başlamış olup ve çözelti önceden hazırlanan kalıplarına (5 ml) doldurulmuştur. Reaktör içerisindeki basınç 82,7 kPa ve sıcaklık 40 °C'ye ulaşana kadar ısıtma yapılır. Reaktör ısıtılırken, basınç oldukça hızlı yükselecektir. Reaktör üzerindeki basınç kontrol valfi, yüksek basınçlara ulaşıldığı takdirde boşaltmaya geçmekte ve basıncın emniyet sınırlarında kalmasını sağlamaktadır. Daha sonra reaktör üzerindeki boşaltma valfi kullanılarak basıncın 73,9 kPa düşmesi (tercihen daha yüksek basınca) sağlanmıştır. Bu durumda reaktör içerisindeki sıcaklık 31,1 °C civarında sabit tutularak karbondioksit gazının kritik duruma ulaşması sağlanmıştır. Bu kritik durum en az 3 saat boyunca sağlanmıştır. Karbondioksit gazı reaktör içerisinden yaklaşık saatte 7 kPa basınç düşümü oranında tamamen boşaltımı sağlanmıştır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



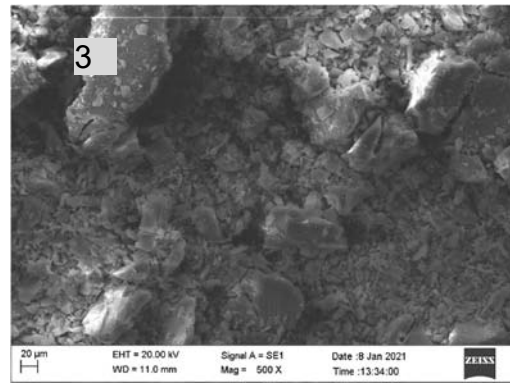
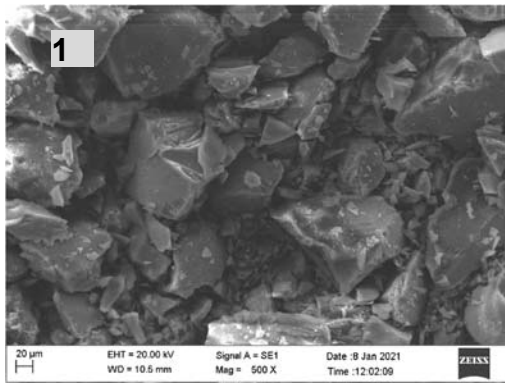
Kurutma işlemi tamamlanmış dikdörtgen şekilli TEOS aerojelleri

Kurutma işlemi sonrasında karakterizasyon testleri yapılacak numunelerde öğütme işlemi gerçekleştirilir. Jellerin gözenek yapılarının bozulmaması amacı ile kriyojenik öğütme işlemi gerçekleştirilmiş ve jeller toz haline getirilmiştir. Üretilen aerogel malzemelerinin termofiziksel ve mikro bünye özellikleri geçerli testler ile belirlenmesi yapılmıştır. Hazırlanan numunelerin termofiziksel özelliği olarak yığımsal yoğunluk ve ısı iletkenlik testleri gerçekleştirilmiş olup test sonuçları Çizelge 1.2'de gösterilmiştir. Testler yapılırken 6'şar numunenin değerleri tespit edilerek ortalamaları alınmıştır.

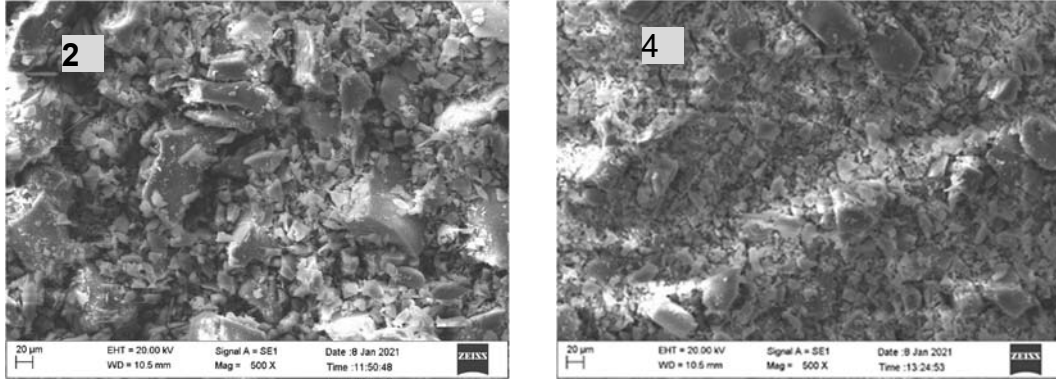
Çizelge 1.2 Üretilen sol-jel ve aero-jel numunelerin termofiziksel özellikleri

No	Yoğunluk Sol-jel (g/ml)	Yoğunluk Aero-jel (g/ml)	Isıl iletkenlik Aero-jel (W/mK)
1	0,946	0,589	0,087
2	0,990	0,620	0,091

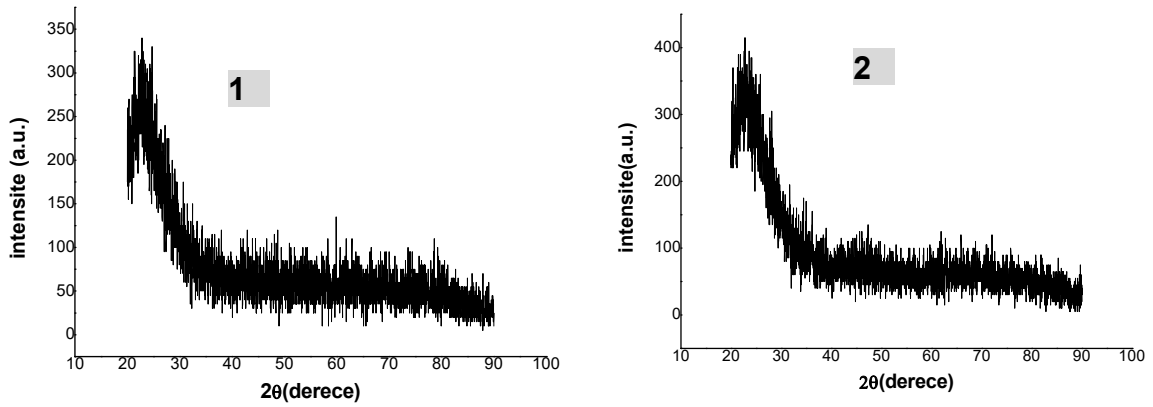
Üretilen Aerojellerin yoğunluklarının 0,66 ila 1,053 g/ml, ısı iletkenlik değerlerinin 0,067 ila 0,097 W/mK aralığında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde literatürde yapılmış Aerojellerin yoğunluk ve ısı iletkenlik değerlerine göre daha yüksek değerlerde malzemelerin oluştuğu görülmüştür.



ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



Şekil 1.4 Sentezlenen silika aerojellerin farklı büyütme ölçeklerinde (x500, x1000) SEM görüntüleri
Sem analizinden elde edilen sonuçlar aerojellerin gelişmiş mikro ve primer mezo gözeneklere sahip olduklarını göstermektedir.



Sentezlenen silika aerojellerin XRD desenleri gösterilmiştir. Difraktogramlarda $2\theta=22^\circ$ civarında görülen geniş bantlar, amorf yapıda silika malzemelerin elde edildiğini kanıtlamıştır.

Çizelge 1.4'de çalışmada sentezlenen silika aerojellerin yüzey alanı (m^2/g), gözenek boyutu (nm) ve porozitesi (%) verilmiştir.

Çizelge 1.4 Üretilen aerjel numunelerinin gözenek karakteristik değerleri

No	Ortalama gözenek çapı (nm)	Porozite (%)	Özgül yüzey (m^2/g)
1	2,84	88,85	662,08
2	3,50	86,45	653,15

Bet analizinde adsorpsiyon-desorpsiyon izoterm eğrileri incelendiğinde değerlerin ve değişimlerin birbirine çok yakın olduğu, bunun üretilen malzemelerin yapısal olarak birbirine çok yakın olduğunu göstermektedir. Üretilen aerojellerin N_2 adsorpsiyon izotermelerinin IUPAC'a göre ilan edilmiş B.D.D.T bölümlendirmesinde yer alan Tip II ve Tip IV izotermelerinin birleşimine uyduğu söylenebilir bu durum aerojellerin gelişmiş mikro ve primer mezo gözeneklere sahip olduklarını göstermektedir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada aerjel üretimi için beş farklı sentez uygulanmış, gerekli testler yapılmış ve belirlenen veriler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, üretilen Aerojellerin yoğunluklarının 0,66 ila 1,053 g/ml, ısı iletkenlik değerlerinin 0,067 ila 0,097 W/mK aralığında olduğu tespit edilmiştir. Beklenen termofiziksel hedeflere tam olarak ulaşılammış olmakla beraber, oluşan numunelerin ısı iletkenlik değerleri 0,1 W/mK değerinin altında olması nedeniyle yalıtım malzemesi olarak kullanılabilir özellikleri taşımaktadır. Reaktör iç hacminin büyük olması ve özellikle sıcaklık kademelerinin hassas olarak kontrol edilememesi nedeniyle yapılan farklı basınç-sıcaklık geçiş süreçlerinin yapısal etkileri hedeflenen termofiziksel özelliklere yaklaşımı etkilemiştir. Kurutma sürecinin 100 bar gibi yüksek basınç şartlarında gerçekleştirilmesi, hazırlık sürecinin uzun ve meşakkatli olması, kullanılan kimyasalların yüksek maliyeti gibi faktörler çözüm denemelerini kısıtlamıştır.

KAYNAKLAR

[3] Mermer NK., Silika Temelli Aerojellerin Sol-Jel Yöntemi ile Sentezi ve Yapısal Özelliklerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2018.

[5] Saraç, N. (2018). Silika esaslı doğal hammadde ve atıklardan aerjel tozu üretimi ve karakterizasyonu (Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi).

[9] Li, T., Wang T., „Preparation of Silica Aerogel from Rice Hull Ash by Drying at Atmospheric Pressure“ Materials Chemistry and Physics, 112:398-401 (2008).

[24] Sıyın, N. (2016). Yüksek Sıcaklık Isı Yalıtım Uygulamalarına Yönelik Üstün Performanslı Aerojel Şilte Sentezi ve Karakterizasyonu (Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, 2016.

[36] Ülker, Z. (2011). Preparation and characterization of silica aerogel polymer composites, (Master's Thesis). Koç University, The Institute of Engineering and Sciences, İstanbul.

[37] Henning, S. & Svensson, L. (1981). Production of silica aerogel. Physica Scripta, 23 (4), 697-702.

ÖRGÜLÜ KOMPOZİT MALZEMELERDE NANOPARTİKÜL İLAVESİNİN ÇEVİRİM SAYILARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Raşit Koray ERGÜN* ve Hamit ADİN*

*Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN

e-posta: rasitkoray.ergun@batman.edu.tr

*Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN

e-posta: hamit.adin@batman.com

Özet: Bu çalışmada, 5 çeşit katman dizilimine sahip kütlece farklı oranlarda nanopartikül takviyeli kompozitlere yorulma testleri uygulanmıştır. Yorulma testleri uygulanmadan önce, kompozit malzemelerin çekme-basma yüklerine maruz kalması ve eğilme moment kuvvetinden etkilenmemesi amacıyla uçlarına 40x25mm'lik ilave parçalar eklenmiştir. Yorulma testleri 100 kN'lik yük hücreli test cihazı kullanılarak yapılmıştır. R=-0.1 yük oranında, 6 Hz frekansında ve sinüs dalgası formunda yük uygulanarak yorulma testleri gerçekleştirilmiştir. Takviyeli kompozit malzemelerin döngü sayıları elde edilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dokuma kompozit, Nanopartikül, Çevrim sayıları, Yorulma testi.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF NANOPARTICLE REINFORCEMENT ON CYCLE NUMBERS IN WOVEN COMPOSITE MATERIALS

Abstract: In this study, fatigue tests were performed on composite materials produced with nanoparticle reinforcement in different mass ratios with 5 types of stacking sequences. Before performing the fatigue tests, 40x25mm pieces were added to the ends of the composite materials in order to expose them from bending moment force. Fatigue tests were carried out using a Shimadzu brand servo-hydraulic testing device with a 100 kN load cell. Fatigue tests were carried out by applying at a load ratio of R=-0.1, at a frequency of 6 Hz, and in the form of a sine wave. The results obtained by examining the cycle numbers of nanoparticle reinforced composite materials were interpreted.

Keywords: Woven composite, Nanoparticle, Number of cycles, Fatigue test.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞ

Dai ve Mishnaevsk, rüzgar enerjisi uygulamaları için karbon nanotüp takviyeli gelişmiş karbon/cam hibrit takviyeli kompozitlerin potansiyelini araştırmışlardır. Sonuç olarak rüzgar enerjisi uygulamalarında karbon takviyeli kompozit malzemelerin, cam takviyeli kompozitlere göre çok daha iyi yorulma ömrüne sahip olduklarını ve neme karşı daha mukavemetli olduklarını bulmuşlardır [1]. Khashaba bu çalışmada üretilen kompozit malzemelerin yorulma performanslarını iyileştirmek için yapışkan tabakaya Al_2O_3 nanopartiküller ilave etmiştir. Nanopartikül ilaveli kompozit malzemelerin sönümlenme faktörlerinde 3 kat artış gözlemlenmiştir [2]. Koricho ve arkadaşları standart numuneler üzerinde 0.1 gerilme oranına sahip yer değiştirme kontrollü yorulma testleri yapmışlar ve kompozit malzemedeki hasar gelişimini sürekli olarak izlemişlerdir. Yüzlerce yükleme döngüsünden sonra, döngü ile malzeme sertliğinin bozulmasına neden olan erken hasarlar gözlemlenmişlerdir. Ayrıca sertlik azalması miktarının da kompozitlere uygulanan yorulma yüklemeye büyüklüğünün bir fonksiyonu olduğunu bulmuşlardır [3]. Yuanjian ve Isaac bu çalışmalarında cam elyaf takviyeli polyester reçine kompozitlerin çekme-gerilme yorulma davranışlarını araştırmışlardır. $[\pm 45^\circ]_4$ ve $[0/90^\circ]_{2s}$ cam elyaflar olmak üzere iki elyaf geometrisini incelemişlerdir. $[0/90^\circ]_{2s}$ glass fiber kompozitler için kritik darbe enerjisini bulmuşlardır. Sonrasında yorulma stresini kompozitin darbe sonrası artık gerilme mukavemetine karşı normalleştirerek, her bir fiber geometrisi için hem hasarsız hem de darbeli numuneleri kapsayan tek bir S-N eğrisinin çizilebileceğini gözlemlenmişlerdir [4]. Manjunatha ve arkadaşları $R=0.1$ 'lik bir gerilim oranındaki gerilim kontrollü çekme yorulma davranışlarını, saf ve nanopartikül takviye edilmiş epoksinin yığın numuneleri için araştırmışlardır. Sonuç olarak silika nanopartikül ilavesinin, yorulma ömrünü yaklaşık üç-dört kat arttırdığını gözlemlenmişlerdir [5]. Adin ve arkadaşları bu çalışmalarında kompozit Al 5083 alüminyum levhaların yorulma davranışlarını yamalı ve yamasız şekilde üretmek sayısal olarak incelemiştir. Sonuçta en yüksek yorulma ömrüne "V" çentikli, 30° açılı ve yamalı numunelerde rastlamışlardır [6]. Adin ve arkadaşları yamalı ve yamasız alüminyum borularda yorulma davranışlarını incelemişlerdir. Sonuçta yama boyutlarının yorulma ömürlerinde önemli olduğunu kompozit yamaların yorulma mukavemetlerini arttırdığını bulmuşlardır [7].

MATERYAL VE METOD

Kompozit malzemelerin imalatında kullanılan örgülü kumaşlar SPM Kompozit isimli firmadan, nanopartikül malzemeler Nanografi isimli firmadan ve yapıştırıcı malzeme ise Arc-Marin isimli firmadan temin edilmiştir. Üretilen bütün kompozit malzemeler 12 katman olacak şekilde ayarlanmıştır. ASTM 3039 standartlarına uygun olacak şekilde 250×25 mm ölçülerinde numune kesimleri yapılmıştır. Katman dizilimleri ise Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Katman Dizilimleri

Kompozit	Katman Dizilimleri
KM1	$[110P / 163T / 195T / 200P_2 / 280T]_s$
KM2	$[163T_2 / 280T / 200P / 110P_2]_s$
KM3	$[110P_2 / 280T / 200P / 195T / 200P]_s$
KM4	$[200P_2 / 280T / 110P_3]_s$
KM5	$[110P / 195T_2 / 280T / 110P_2]_s$

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Nanopartikül takviyesiz ve farklı oranlarda Al_2O_3 takviyeli kompozitlerin yorulma davranışları

Nanopartikül takviyesiz ve farklı oranlarda Al_2O_3 nanopartikül takviyeli kompozitlerin döngü sayıları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Nanopartikül takviyesiz ve farklı oranlarda Al_2O_3 nanopartikül takviyeli kompozitlerin döngü sayıları

Yüzdellik Yükler	%40	%50	%60
Partikülsüz	20259	6595	1533
%0.5 Al_2O_3	23841	8333	2382
%1 Al_2O_3	31386	6806	2507
%3 Al_2O_3	29008	6130	2438

Tablo 2'de verilen %60, %50 ve %40'lık yüzdellik yüklerde döngü sayıları 31386, 6806 ve 2507 olmak üzere en fazla oranda artışlar %1 Al_2O_3 takviyeli kompozitlerde, en az oranda artışlar ise döngü sayıları 23841, 8333 ve 2382 olmak üzere %0.5 Al_2O_3 nanopartikül takviyeli kompozitlerde görülmüştür. Farklı oranlarda Al_2O_3 nanopartikül takviyeli kompozitlerde, yüzdesel bazda takviyesiz kompozit malzeme döngü sayılarında en fazla oranda artışlar %40 yüzdellik yükte %17, %55 ve %43 ve %60 yüzdellik yükte %55, %63 ve %59 olacak şekilde gözlemlenmiştir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Nanopartikül takviyesiz ve farklı oranlarda CuO takviyeli kompozitlerin yorulma davranışları

Nanopartikül takviyesiz ve farklı oranlarda CuO nanopartikül takviyeli kompozitlerin döngü sayıları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Nanopartikül takviyesiz ve farklı oranlarda CuO nanopartikül takviyeli kompozitlerin döngü sayıları

Yüzdellik Yükler	%40	%50	%60
Partikülsüz	20259	6595	1533
%0.5 CuO	24524	6819	1919
%1 CuO	23033	7041	2565
%3 CuO	23672	6344	2689

Tablo 3'te verilen %60, %50 ve %40'lık yüzdellik yüklerde en fazla oranda artışlar %3 ve %1 CuO takviyeli kompozitlerde gözlemlenmiştir. En az oranda artışlar ise döngü sayıları 24524, 6819 ve 1919 olmak üzere %0.5 CuO nanopartikül takviyeli kompozitlerde görülmüştür. Farklı oranlarda CuO nanopartikül takviyeli kompozitlerde, yüzdesel bazda takviyesiz kompozit malzeme döngü sayılarında en fazla oranda artışlar %40 yüzdellik yükte %21, %14 ve %17 ve %60 yüzdellik yükte %25, %67 ve %75 olacak şekilde gözlemlenmiştir.

Nanopartikül takviyesiz ve farklı oranlarda MgO takviyeli kompozitlerin yorulma davranışları

Nanopartikül takviyesiz ve farklı oranlarda MgO nanopartikül takviyeli kompozitlerin döngü sayıları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Nanopartikül takviyesiz ve farklı oranlarda MgO nanopartikül takviyeli kompozitlerin döngü sayıları

Yüzdellik Yükler	%40	%50	%60
Partikülsüz	57843	21816	12232
%0.5 MgO	128232	27015	13811
%1 MgO	64090	24320	13740
%3 MgO	104244	25282	18022

Tablo 4'te verilen %60, %50 ve %40'lık yüzdellik yüklerde döngü sayıları 128232, 27015 ve 13811 olmak üzere en fazla oranda artışlar %0.5 MgO takviyeli kompozitlerde, en az oranda artışlar ise döngü sayıları 64090, 24320 ve 13740 olmak üzere %1 MgO nanopartikül takviyeli kompozitlerde görülmüştür. Farklı oranlarda MgO nanopartikül takviyeli kompozitlerde, yüzdesel bazda takviyesiz kompozit malzeme döngü sayılarında en fazla oranda artışlar %40

yüzdellik yükte %121, %11 ve %80 ve %60 yüzdellik yükte %80, %16 ve %47 olacak şekilde gözlemlenmiştir.

Farklı katman dizilimlerinde nanopartikül takviyesiz kompozitlerde yorulma davranışları

Nanopartikül takviyesiz ve farklı katman dizilimli kompozit malzemelerde döngü sayıları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Nanopartikül takviyesiz ve farklı katman dizilimli kompozit malzemelerde döngü sayıları

Yüzdellik Yük	KM1	KM2	KM3	KM4	KM5
40	20259	28532	57843	29920	35984
50	6595	14495	21816	13607	15357
60	1533	5271	12232	6238	5756

Farklı katman dizilimlerinin döngü sayılarına etkisini belirlemek amacıyla nanopartikül takviyesiz kompozitlerin döngü sayıları aynı tabloda verilmiştir. Tablo 5'teki değerler baz alındığında %60, %50 ve %40'lık yüzdellik yüklerde en az döngü sayıları KM1 katman dizilimli takviyesiz kompozitlerde 1533, 6595 ve 20259 döngü olarak belirlenmiştir. KM5, KM4, KM3 ve KM2 katman dizilimlerine göre KM1 katman dizilimli takviyesiz kompozitlerin döngü sayılarında önemli ölçülerde azalmalar gözlemlenmiştir. %60, %50 ve %40'lık yüzdellik yüklerde en fazla döngü sayıları KM3 katman dizilimli takviyesiz kompozitlerde 12232, 21816 ve 57843 döngü olarak gözlemlenmiştir. KM2 ve KM4 katman dizilimli takviyesiz kompozitlerin döngü sayılarında yakınsaklık gözlemlenmiştir. İkinci en fazla döngü sayıları KM5 katman dizilimli takviyesiz kompozitlerde görülmüştür.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

SONUÇLAR

Çeşitli katman dizilimlerinin döngü sayılarına etkisini belirlemek amacıyla yapılan yorulma yüklemelerinde %60, %50 ve %40'lık yüzdelik yüklerde en fazla döngü sayıları KM3 katman dizilimli bütün numunelerde görülmüştür. En az döngü sayıları KM1 katman dizilimli numunelerde görülmüştür. İkinci en fazla döngü sayıları KM-5 katman dizilimli numunelerde görülmüştür. Nanopartikül takviyeli üretilmiş tüm kompozitlerde yorulma testleri yapılırken tablolarda verilen döngü sayıları baz alındığında en fazla döngü sayılarına %0.5 MgO takviyeli üretilen numunelerde ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Dai G., Mishnaevsky L., Carbon nanotube reinforced hybrid composites: Computational modeling of environmental fatigue and usability for wind blades, *Composites Part B*, 78, 349-360, 2015.

[2] Khashaba U.A., Dynamic analysis of scarf adhesive joints in CFRP composites modified with Al₂O₃ nanoparticles under fatigue loading at different temperatures, *Composites Part A*, 143, 106277, 2021.

[3] Koricho E.G., Belingardi G., Beyene A.T., Bending fatigue behavior of twill fabric E-glass/epoxy composite, *Composites Structures*, 111, 169-178, 2014.

[4] Yuanjian T., Isaac D.H., Combined impact and fatigue of glass fiber reinforced composites, *Composites Part B*, 39, 505-512, 2008.

[5] Manjunatha C.M., Taylor A.C., Kinloch A.J., Sprenger S., The tensile fatigue behaviour of a silica nanoparticle-modified glass fibre reinforced epoxy composite, *Composites Science and Technology*, 70, 193–199, 2010.

[6] Adin H., Sağlam Z., Adin M.Ş., Numerical Investigation of Fatigue Behavior of Non-patched and Patched Aluminum/Composite Plates, *European Mechanical Science*, 5, 168-176, 2021.

[7] Adin H., Yıldız B., Adin M.Ş., Numerical Investigation Of Fatigue Behaviours Of Non-Patched And Patched Aluminium Pipes, *European Journal of Technique*, 11, 1, 60-65, 2021.

ÖRGÜLÜ KOMPOZİT MALZEMELERE NANOPARTİKÜL İLAVESİNİN HİSTEREZİS EĞRİLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Raşit Koray ERGÜN* ve Hamit ADİN*

*Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: rasitkoray.ergun@batman.edu.tr

*Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: hamit.adin@batman.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, 5 değişik katman diziliminde ve farklı oranlarda nanopartikül takviyeli kompozit numuneler yorulma yüklerine maruz bırakılmıştır. Testlere başlamadan, kompozit malzemelerin eğilme momentinden etkilenmemesi için uçlarına 40x25mm boyutlarında parçalar yapıştırılmıştır. Yorulma testleri, R=-0.1 yük oranında, 6 Hz frekansında ve sinüs dalgası formunda 100 kN'lik yorulma cihazı ile yapılmıştır. Takviyeli kompozit malzemelerin histerezis eğrileri incelenmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nanopartikül, Histerezis eğrileri, Yorulma.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF NANOPARTICLE REINFORCEMENT ON HYSTERESIS LOOPS TO WOVEN COMPOSITE MATERIALS

Abstract: In this study, nanoparticle reinforced composite materials produced in 5 different layer sequences and at different nanoparticle reinforcement rates were exposed to fatigue loads. Before starting the tests, 40x25mm pieces were attached to the ends of the composite materials to prevent them from being affected by the bending moment. Fatigue tests were carried out with a Shimadzu test device with a 100 kN load cell in R=-0.1 load ratio, 6 Hz frequency, and sine waveform. The hysteresis loops of nanoparticle reinforced composite materials were examined and the results were interpreted.

Keywords: Nanoparticle, Hysteresis loops, Fatigue.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞ

Khan ve arkadaşları bu çalışmalarında, nanokil ilavesinin, yorulmadan sonra karbon fiber takviyeli kompozit malzemelerin döngüsel yorulma davranışlarına etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak nanokilin kompozit malzemelere eklenmesinin, sadece statik yüklemde kompozitin mekanik özelliklerini iyileştirmekle kalmadığını, aynı zamanda belirli bir döngüsel yük seviyesi için yorulma ömrünü arttırdığını gözlemlemişlerdir [1]. Bi ve arkadaşları bu çalışmalarında, karbon nanotüpler açısından zengin ultra ince taneli bölgeler ve karbon nanotüpsüz kaba taneli bantlardan oluşan yapılarda kompozitlerin çekme-gerilme/gerilme-basma yorulma davranışlarını araştırmıştır. Sonuç olarak histerezis eğrilerinin sık olmasına sebep olarak karbon nanotüplerin yüksek döngü yorgunluğuna hakim olmalarını ve az miktarda plastik deformasyona uğramalarını göstermişlerdir [2]. Prasad ve arkadaşları bu araştırmanın konusunu fiber metal laminatlarda nanofillerin epoksi içine gömülmesiyle yorulma ömrünün incelenmesi olarak belirlemiştir. Sonuç olarak histerezis eğrilerinin şekillerini incelediklerinde, erken aşamalarda önemsiz sertlik oluşumu, hemen ardından sertlik bozulmaları ve son olarak sertlikte hızlı azalmalar gözlemlemişlerdir [3]. Akbari ve Modarres bu çalışmalarında nano-kil ve nano-alümina ilavesinin bitümün yorulma ömrü üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak, bu çalışmada, tüm yorulma parametreleri göz önüne alındığında bitümlerin yorulma ömrünü tahmin edebilmek için başlangıçta harcanan enerjinin önemli olduğu gözlemlenmiştir [4]. Tan ve arkadaşları bu çalışmalarında nano-gümüş sinterlenmiş bindirmeli kesme bağlantılarının yüksek sıcaklık mekaniği davranışını tanımlamak için yüksek sıcaklıklarda yorulma testleri gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak yüklenme genlikleri ile histerezis döngülerinin artması, bir döngü sırasında birim hacim başına daha fazla enerji harcandığını ve bu sebeple yorulma ömürlerinin azaldığını gözlemlemişlerdir [5]. Adin ve arkadaşları kompozit yamalı ve yamasız Al 5083 alüminyum levhaların yorulma davranışlarını sayısal olarak incelemiştir. Sonuç olarak en yüksek yorulma ömrünü 30° açılı "V" çentikli ve yamalı numunede gözlemlemişlerdir [6]. Adin ve arkadaşları bu çalışmalarında yamasız ve yamalı alüminyum boruların yorulma davranışları sayısal olarak araştırmışlardır. Sayısal çalışma sonucunda yama boyutunun yorulma mukavemetinde etkili bir parametre olduğunu ve çeyrek daire ve yarım daire

kompozit yamaların yorulma ömrünü arttırdığını gözlemlemişlerdir [7].

MATERYAL VE METOD

Kompozit numune üretiminde kullandığımız örgülü kumaşlar SPM Kompozit şirketinden, nanopartiküller

Nanografi şirketinden ve yapıştırıcı malzeme de Arc-Marin şirketinden alınmıştır. Elle yatırma yöntemiyle imal edilen kompozit malzemeler 12 katman olarak dizilmiştir. ASTM 3039'a uygun olarak 250x25 mm ölçüsünde numune kesim işlemleri tamamlanmıştır. Katman dizilimleri Tablo 1'de verildiği gibidir.

Tablo 1. Katman Dizilimleri

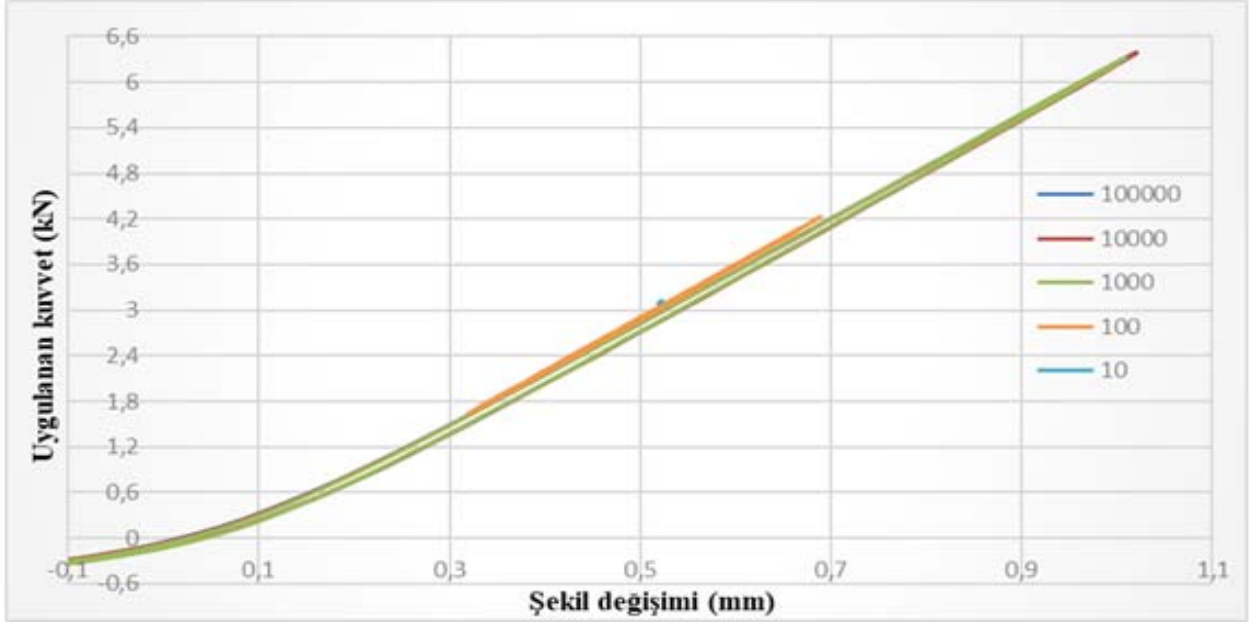
Kompozit	Katman Dizilimleri
KM1	[110P / 163T / 195T / 200P ₂ / 280T] s
KM2	[163T ₂ / 280T / 200P / 110P ₂] s
KM3	[110P ₂ / 280T / 200P / 195T / 200P] s
KM4	[200P ₂ / 280T / 110P ₃] s
KM5	[110P / 195T ₂ / 280T / 110P ₂] s

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

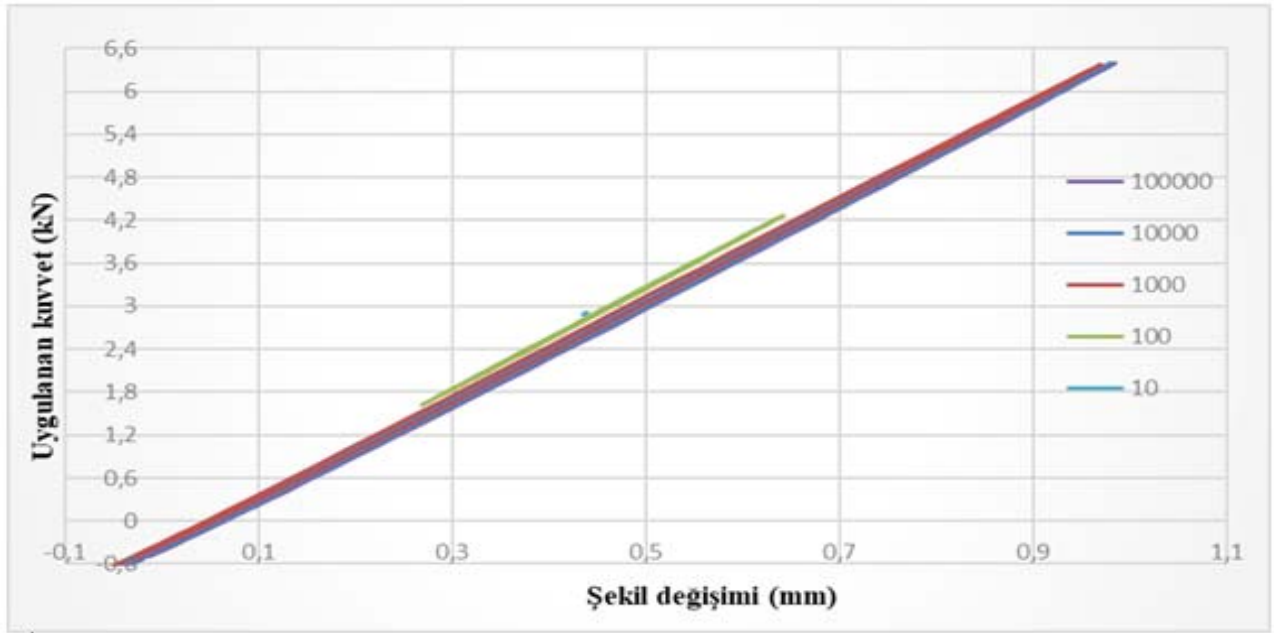
KM3 katman dizilimli ve %0.5 MgO takviyeli kompozit numunelerin histerezis eğrileri

KM3 katman dizilimli ve %0.5 MgO takviyeli kompozit numunelerin %40 yüzdelik yükte çeşitli döngü sayılarında histerezis eğrileri Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



Şekil 1. KM3 katman dizilimli %0.5 MgO takviyeli kompozit numunelerin çeşitli döngü sayılarında histerezis eğrileri



Şekil 2. KM3 katman dizilimli %0.5 MgO takviyeli kompozit numunelerin çeşitli döngü sayılarında histerezis eğrileri

%40 yüzdelerinde yapılan yorulma testlerinde çeşitli döngü sayılarında KM3 katman dizilimli %0.5 MgO takviyeli kompozit numunelerin histerezis eğrileri Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 1 ve Şekil 2'deki verilen histerezis eğrileri baz alındığında %40 yüzdelerinde yapılan yorulma testlerinde döngü sayıları arttıkça histerezis eğrileri arası alanlar artmıştır. %40 yüzdelerinde yapılan

yorulma testlerinde döngü sayıları arttıkça, histerezis eğrileri arası alan artışları KM3 katman dizilimli %0.5 MgO takviyeli kompozit numunelerin rijitliklerinde azalma olduğunu göstermektedir.

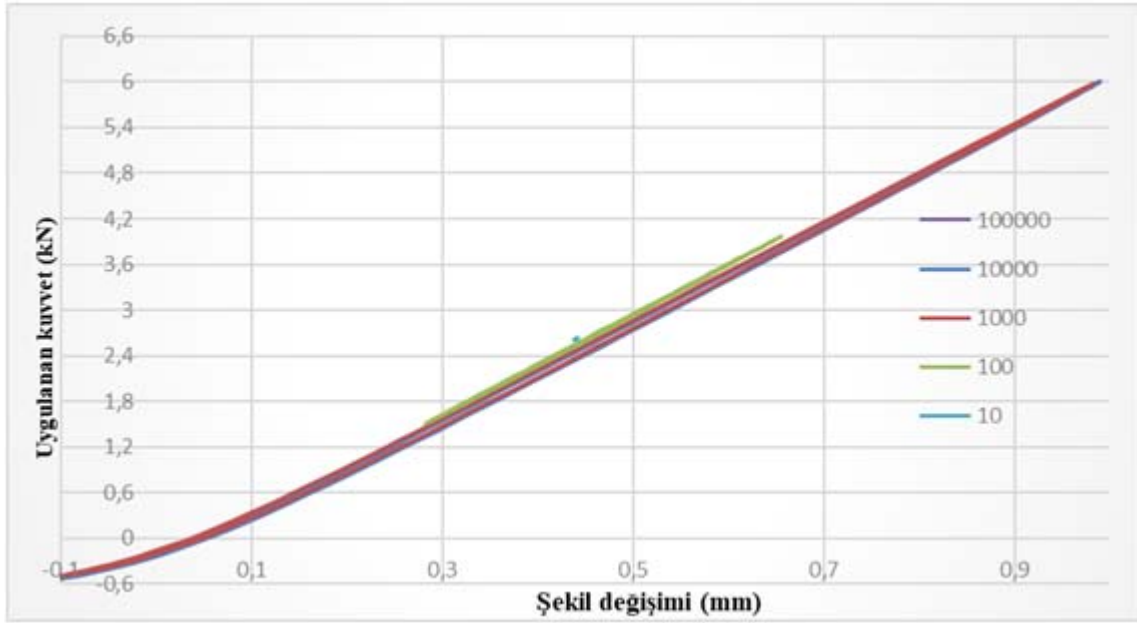
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Şekil 1 ve Şekil 2’de verildiği gibi histerezis eğrilerindeki sıklık KM3 katman dizilimli %0.5 MgO takviyeli kompozit numunelerin rijitliklerinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Sonuçta Şekil 1 ve Şekil 2’deki histerezis eğrileri baz alındığında, KM3 katman dizilimli %0.5 MgO takviyeli üretilen kompozit

numunemelerin düşük döngülerde daha az şekil değiştirdikleri görülmüştür. Döngüler artış gösterdikçe, KM3 katman dizilimli %0.5 MgO takviyeli kompozit numunelerin şekil değişimleri artmıştır.

KM3 katman dizilimli ve %3 MgO takviyeli kompozit numunelerin histerezis eğrileri

KM3 katman dizilimli ve %3 MgO takviyeli kompozit numunelerin %40 yüzdelik yükte çeşitli döngü sayılarında histerezis eğrileri Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. KM3 katman dizilimli %3 MgO takviyeli kompozit numunelerin çeşitli döngü sayılarında histerezis eğrileri

%40 yüzdelik yükte yapılan yorulma testlerinde çeşitli döngü sayılarında KM3 katman dizilimli %3 MgO takviyeli kompozit numunelerin histerezis eğrileri Şekil 3’te verilmiştir. Şekil 3’teki verilen histerezis eğrileri baz alındığında %40 yüzdelik yükte yorulma testlerinde döngü sayıları arttıkça histerezis eğrileri arası alanlar artmıştır. %40 yüzdelik yükte yorulma testlerinde döngü sayıları arttıkça, histerezis eğrileri arası alan artışları KM3 katman dizilimli %3 MgO takviyeli kompozit numunelerin rijitliklerinde azalma olduğunu göstermektedir.

Şekil 3’te verildiği gibi histerezis eğrilerindeki sıklık KM3 katman dizilimli %3 MgO takviyeli kompozit numunelerin rijitliklerinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Sonuçta Şekil 3’teki histerezis eğrileri baz

alındığında, KM3 katman dizilimli %3 MgO takviyeli üretilen kompozit numunemelerin düşük döngülerde daha az şekil değiştirdikleri görülmüştür. Döngüler artış gösterdikçe, KM3 katman dizilimli %3 MgO takviyeli kompozit numunelerin şekil değişimleri artmıştır.

Şekil 1 ve Şekil 3 beraber incelendiğinde KM3 katman dizilimli %3 MgO takviyeli kompozit numunelerin rijitliğinin KM3 katman dizilimli %0.5 MgO takviyeli kompozit numunelerden fazla olduğu görülmüştür. Bunun sebebi KM3 katman dizilimli %3 MgO takviyeli kompozit numunelerin histerezis eğrileri KM3 katman dizilimli %0.5 MgO takviyeli kompozit numunelerin histerezis eğrilerinden yoğun olmasıdır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

SONUÇLAR

Nanopartikül takviyeli kompozit numune histerezis eğrilerinde düşük döngülerde şekil değişimlerinin az olduğu gözlemlenmiştir. Döngü sayılarının artmasıyla beraber, takviyeli kompozit numunelerin şekil değişimleri artmıştır.

İncelenen histerezis eğrilerinde döngüler arttıkça histerezis eğri alanları da artış göstermiştir. Bu artışın sebebi takviyeli kompozit numunelerin yumuşaması ve iç yapılarında oluşan hasarlar olduğu tahmin edilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Khan S.U., Munir A., Hussain R., Kim J., Fatigue damage behaviors of carbon fiber-reinforced epoxy composites containing nanoclay, *Composites Science and Technology*, 70, 2077–2085, 2010.

[2] Bi S., Liu Z.Y., Xiao B.L., Xue P., Wang D., Wang Q.Z., Ni D.R., Ma Z.Y., different fatigue behavior between tension-tension and tension-compression of carbon nanotubes reinforced 7055 Al composite with bimodal structure, *Carbon*, 184, 364-374, 2021.

[3] Prasad E.V., Sivateja C., Sahu S.K., Effect of nanoalumina on fatigue characteristics of fiber metal laminates, *Polymer Testing*, 85, 106441, 2020.

[4] Akbari A., Modarres A., Evaluating the effect of nano-clay and nano-alumina on the fatigue response of bitumen using strain and time sweep tests, *International Journal of Fatigue* 114, 311-322, 2018.

[5] Tan Y., Li X., Chen X., Fatigue and dwell-fatigue behavior of nano-silver sintered lap-shear joint at elevated temperature, *Microelectronics Reliability*, 54, 648-653, 2014.

[6] Adin H., Sağlam Z., Adin M.Ş., Numerical Investigation of Fatigue Behavior of Non-patched and Patched Aluminum/Composite Plates, *European Mechanical Science*, 5, 168-176, 2021.

[7] Adin H., Yıldız B., Adin M.Ş., Numerical Investigation Of Fatigue Behaviours Of Non-Patched And Patched Aluminium Pipes, *European Journal of Technique*, 11, 1, 60-65, 2021.

GÜÇ KALİTESİNDE HARMONİK VE FİLTRELENMESİ

Rojin TEMİZ* ve Mehmet Rıda TÜR**

*Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: mrida.tur@batman.edu.tr

** Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: rojintemiz@gmail.com

Özet

Güç sistemlerinde doğrusal olmayan yüklerin, güç elektroniği elemanlarının artmasıyla birlikte güç kalitesi problemleri de ortaya çıkmaktadır. Elektrik güç kalitesinin iyileştirilmesi için, problemlerin uygun çözüm yöntemleri ile ortadan kaldırılması veya azaltılması gerekmektedir. Güç kalitesini etkileyen unsurların başında da harmonikler yer almaktadır. Bu nedenle harmoniklerin tespit edilmesi ve bastırılması son derece önemlidir. Harmonik azaltılması için birçok yöntem ve teknikler mevcuttur. Uygun filtreleme yöntemi kullanılıp çözüm sağlanmalıdır. Ayrıca, güç sistemlerinde enerji kalitesi düzenleyicilerine yönelik topolojilere ve kontrol yöntemlerine, özellikle de güç kalitesinin yeni özelliklerine göre dağıtılmış enerji santrallerinde uygulanabilir kontrol teknolojilerine odaklanmaktadır. Son olarak, akıllı şebekelerde güvenilir ve verimli çalışma için önemli olan güç kalitesi izleme teknolojisinin eğilimleri ve beklentileri sunulmuştur

Anahtar Kelimeler: harmonik, güç kalitesi, filtre

POWER QUALITY HARMONIC AND FILTERING

Abstract: With the increase of nonlinear loads and power electronics elements in power systems, power quality problems also arise. In order to improve the electrical power quality, the problems should be eliminated or reduced with appropriate solution methods. Harmonics are one of the factors that affect power quality. Therefore, it is extremely important to detect and suppress harmonics. There are many methods and techniques for harmonic reduction. Appropriate filtering method should be used and a solution should be provided. It also focuses on topologies and control methods for energy quality regulators in power systems, especially applicable control technologies in distributed power plants according to the new features of power quality. Finally, the trends and expectations of power quality monitoring technology, which are important for reliable and efficient operation in smart grids, are presented.

Keywords: harmonic, power quality, filter

GİRİŞ

Elektrik güç kalitesi, elektrik şebekesine bağlı ekipmanlarının ve son kullanıcı yüklerinin, önemli bir performans kaybı yaşamadan, verimli şekilde çalışmasını sağlayan bir dizi elektriksel parametreler ve limitler olarak tanımlanabilir.

Güç kalite problemleri, son kullanıcı yüklerinin veya elektrik şebekesine bağlı ekipmanlarının arızalanmasına veya hatalı çalışmasına sebep olan

voltaaj, akım ve frekans değişimlerinden kaynaklı güç problemleri olarak tanımlanabilir.

Güç kalite problemlerinin oluşmasına sebep olarak gösterilebilecek çok fazla unsur sayılabilir. Bunların başında, yenilenebilir enerji sistemleri kullanımının artması. Bununla beraber, elektrik üretim altyapısı dağınık bir yapı haline gelmiştir. Güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji üretim sistemlerinin değişken üretim karakteristiği, dağınık üretim yapısının getirdiği

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

karmaşıklık ile birleşince elektrik şebekelerindeki yük akışı daha öngörülemez bir hal almaktadır. Bu durum iletim ve dağıtım şebekelerinde çeşitli güç kalitesi problemlerinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Ayrıca otomatik devre kesicilerin şebekelerde oluşan kısa devre gibi sebeplerden dolayı ani açmaları, iletim hatlarında oluşan ekipman arızaları, iletim hattının dış etkenlerden dolayı kopması veya iletim hattının yıldırım darbe gerilimine maruz kalması, transformatörlerin yanlış ayar kademelerinde çalıştırılması, lineer olmayan yüklerin şebekeden çektiği temel frekans dışındaki akımlar veya transformatörlerin nüvelerinin doyuma ulaşması, iletim hattında oluşan faz-faz veya faz toprak arızaları gibi sebepler de güç kalitesi problemlerine sebep olan unsurlardır [1].

Elektrik şebekelerinde en çok karşılaşılan güç kalitesi problemlerinin başında gerilim çukuru ve tepesi ile harmonikler gelmektedir. Bunlarla beraber, elektrik şebekelerinde değişken reaktif güç akışından kaynaklanan düşük gerilim, aşırı gerilim, gerilim dalgalanması (flikler) ile hatların dengesiz yüklenmesi sebebiyle ortaya çıkan gerilim ve akım dengesizliği olayları da sıklıkla görülen güç kalitesi problemleridir. Elektrik güç kalitesi problemleri, kabloların ve transformatörlerin aşırı ısınmasına ve ömür kaybına, kapasitör banklarının arızalanmasına, koruma ekipmanlarının hata vermesine, izolasyon ekipmanlarının aşırı strese maruz kalarak arızalanmasına, şebekeye bağlı cihazların devre dışı kalmasına veya arızalanmasına ve iletişim hatlarında gürültüye yol açmaktadır. Bu etkiler, şebeke operatörleri ile tüm endüstriyel, ticari ve mesken müşterileri için ciddi seviyelere ulaşan ekonomik kayıplara yol açmaktadır [2].

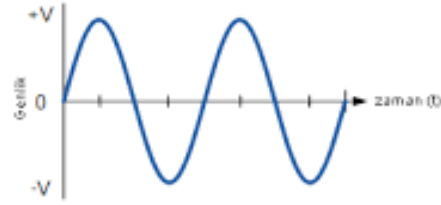
Elektrik güç kalitesinin iyileştirilmesi için, problemlerin uygun çözüm yöntemleri ile ortadan kaldırılması ve ya azaltılması gerekmektedir.

Gerilim çukuru ve tepesi problemlerinin etkilerinin azaltılması için en etkin çözüm yöntemleri kesintisiz güç kaynakları ve güç elektroniği tabanlı seri bir kompanzasyon sistemi olan dinamik gerilim iyileştiricisidir [3].

HARMONİK

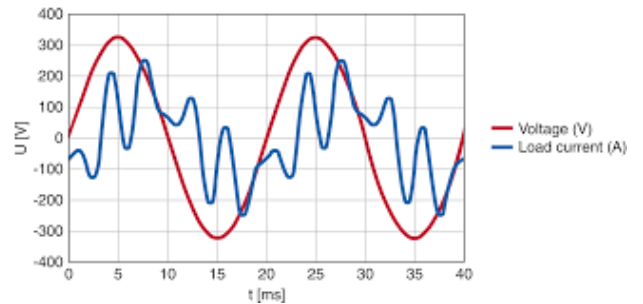
Elektrik dağıtım şebekesinde gerilim sinüs şeklindedir [4] Aynı şekilde şebekeden çekilen akımın da sinüs şeklinde olması beklenir. Ancak günümüzde elektrik şebekelerinde saf sinüs şeklindeki gerilim ve akım dalga şekilleri ile karşılaşmak çeşitli nedenler ile zorlaşmış, gerilim ve akım dalga şekilleri sinüs

şeklinden farklı bir duruma gelmeye, yani 'Harmonik' içermeye başlamıştır.



Şekil 1- saf sinüs

Harmonik kavramı, herhangi bir periyodik (kendini tekrar eden) dalga şeklini temel frekansındaki bileşen ve temel bileşenin katlarındaki frekanslardaki bileşenlerin toplamı olarak tanımlanmaktadır [5]



Şekil 2 - harmonik bozulma

Başlıca harmonik kaynakları; motorlar, doyuma giden transformatörler, ark makineleri, ups'ler, aküler, balastlı lambalar, gazlı lambalar.

Harmoniklerin Şebekeye Zararları

- Akım, gerilim düşümüne ve dalga şekillerini bozarak güç kalite sorunlarına sebep olmaktadır
- Trafo geriliminde dalga şeklinin bozulması
- Elektrik motorlarında ve taraflarda aşırı ısınmalar
- Gerilim düşümlerine neden olur.
- Sistemdeki kesicilerin hatalı çalışmasına neden olur.
- Elektrik motorlarında verimliliğinde azalmalar görülür.
- Motorların çalışmasında sarsıntılara neden olur.
- Trafolarında izolasyon sorunlarına neden olur.

Harmonik Standartları:

IEEE 519-1992 y 519-1992 ye göre THD oranları - Gerilim i rilim için max % 3 -Akım için max % 5 dir. FRANSA % 1 ALMANYA % 10 (15. Ha 10 (15. Harmoniğe kadar(%5) İSVEÇ A.G de % .G de % 4 , O.G de % 3 ABD 69 KV kadar % 5, 115 KV 5, 115 KV

üzeri %3 YENİ ZELANDA % 3 İNGİLTERE A.G de % 4 .G de % 4, O.G de % 3 [6]

Aktif kontrol teknolojisi, çoğu güç kalitesi problemini önlemek için şebeke ekipmanının empedans özelliklerini geliştirmek için kullanılır. İletim ve dağıtım şebekesi bileşenleri, birbirine bağlı ve akıllı olacağından, gelecekteki elektrikli ekipmanların, özellikle de güç elektroniği dönüştürme sisteminin neden olduğu güç kalitesi sorunları önemli ölçüde azaltılacaktır. Şu anda, güç faktörü düzeltmesi ve darbe genişlik modülasyonu teknolojisi doğrultucu cihazların güç kalitesini artırmıştır [7]. Aktif kontrol kullanan dağıtılmış üretim ve mikro şebeke invertörleri sadece dağıtılmış sistemdeki çıkış gerilimi ve akım kalitesini arttırmakla kalmaz, aynı zamanda bağlantılı şebeke için bir miktar ilave dengeleme kapasitesi sağlar [8]. Ayrıca, potansiyel katı hal transformatörü, güç tüketici tarafı ile güç dağıtım tarafı arasındaki güç kalitesi sorunlarının iletimini ve emisyonunu engelleyecektir. MSD tabanlı yüksek gerilim doğru akım (YGDA)) iletimi ve çok terminalli YGDA teknolojisi sayesinde tüm güç şebekesinin güç kalitesi seviyesi artırılacaktır. Bunların göze çarpan en önemli özellikleri, yani modülerlik ve ölçeklenebilirlik nedeniyle MTDC ve DA şebekeleri için temel yapı taşı haline gelmiştir. Bu nedenle, MSD tabanlı MTDC sistemleri, sistem performansını iyileştirmek için mevcut güç sistemine yaygın olarak yerleştirilmelidir [9]. Elektrik üretim endüstrisinin serbestleştirilmesi ve elektrik enerjisinin rekabetçi piyasalara girişi, yan hizmetlerin oluşumunu zorunlu kılmıştır. Bu hizmetlerin amacı, elektrik arz güvenilirliğini ve kalitesini korumaya yardımcı olmak ve özellikle frekans kontrolünü sağlamaktır. Bu kontrol, üretim ve tüketim arasındaki dengeyi sağlamak amacıyla aktif gücün belirli bir oranda rezerv tutulması ile sağlanır. Sağlanan bu rezerv gereksiniminin ekonomik analizinde yük alma ve yük atma faaliyetleri dikkate alınarak değerlendirilmeler yapılmaktadır [10].

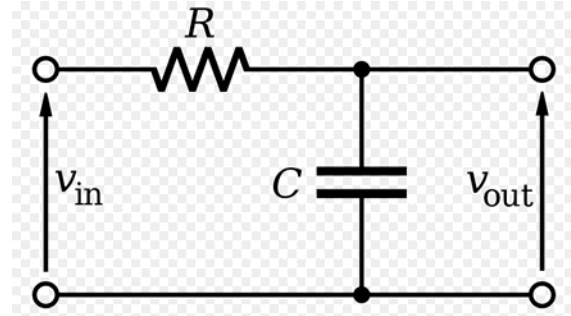
Harmonik filtreleme:

Bir sistemdeki elektriksel harmonikleri filtreleyerek sisteme verilecek zararları önlemek mümkündür. Aktif filtre ve Pasif filtre olmak üzere 2 çeşit harmonik giderme yöntemi vardır.

Aktif Filtre Sistemi

Bu filtreler lineer olmayan aktif elemanların çektikleri akım harmoniklerini karşılayarak, şebekeden sinüsoidal formunda akım çekilmesini sağlayan güç elektroniği tabanlı sistemler de kullanılan filtrelerdir.

Aktif filtreler bağlı buldukları sistemde, **harmonik akımlarını** ölçerek sisteme dengeleme akımı üretir. Bu sayede harmonik akımları ortadan kaldırarak lineer akım dalga formunu yeniden oluşturur. Aktif bir filtre mevcut harmonikleri önemli ölçüde azaltır. Aynı zamanda reaktif gücü de düzeltir ve telafi eder [11].

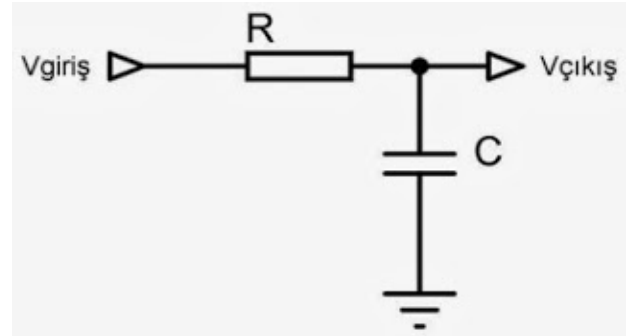


Şekil-3 Aktif Filtre Devresi

Pasif Filtre Sistemi

Kompanzasyon panolarında kondansatör ile reaktörün seri bağlanması sonucu elde edilen temel olarak rezonans durumunu engelleyen filtredir.

Pasif filtreler sisteme uygun C ve L değerlerini ayarlayarak istenmeyen harmonik akımına düşük empedans göstererek, harmonik akımının süzülmesini sağlamaktadır [12].



Şekil-4 Paralel Aktif Filtreleme

-Seri Pasif Filtreleme: Kullanım Yerleri; AC motor sürücü devrelerinde ,AC / DC İnvörtörlerde, Dezavantajı; hat akımı üzerinden geçtiği için gerilim düşümüne sebep olur.

-Paralel Pasif filtreleme:

Dezavantajı; güç sistemiyle paralel Rezonansa girme ihtimali oluşabilir.

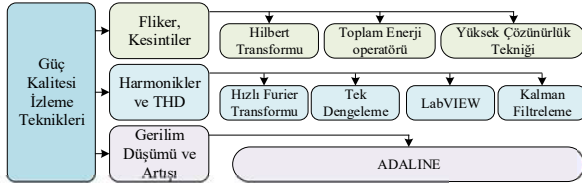
Aktif ve Pasif Filtre Karşılaştırması:

Karşılaştırma Esası	Aktif Filtre	Pasif Filtre
---------------------	--------------	--------------

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Kullanım Alanı	Op-amp, transistör vb. Aktif bileşenle	Direnç, İndüktör ve Kondansatör vb.
Devre Karmaşıklığı	Daha Karmaşık	Aktif filtreden daha az karmaşık.
Ağırlık	Zayıf	İndüktörlerin varlığı nedeniyle nispeten daha hantal.
Maliyet	Daha Pahalıdır	Düşük maliyetli

Doğrusal olmayan bir operatör olan toplam enerji operatörü algoritması, sinyalin anlık enerji içeriğini izlemek için kullanılır. Sinyali üreten mekanik işlemin ölçümü toplam enerji operatörü tarafından faydalı bir şekilde yapılabilir. Bu operatörün değeri, sinyal genliği ve frekansının çarpımının karesidir. Bozuk sinyal iki ayrı sinyale ayrılır: düzgünleştirilmiş sürüm ve ayrıntılı bir sürüm. Yüksek frekans, toplam enerji operatörü kullanılarak düzleştirilmiş versiyondan düşük frekans bozukluklarının tespit edilebildiği detaylı versiyonda tespit edilebilir. Şekil 5'de güç kalitesi izleme teknikleri özetlenmiştir.



Şekil 5: Güç kalitesi izleme teknikleri

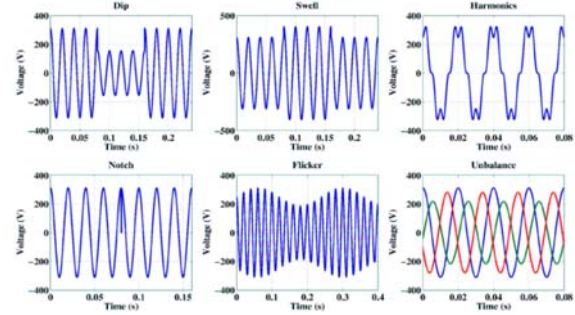
Gerilim ve akım dalga biçimleri ideal görünülerinden farklı olduğunda güç kalitesi sorunları ortaya çıkar. İdeal olarak, gerilim ve akımlar nominal değerlerine göre sabit bir genlik ve frekans ile sinüzoidal olmalıdır. Ayrıca, gerilim ve akım dalga biçimlerinin fazda olması ve üç fazlı sistemlerde dengelenmeleri gerekir. Düşük güç kalitesine yol açan temel bozukluklar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir ve sıralanabilir:

- Geçici akımlar (süre temel döngüden (20 ms) azdır); Darbeli geçişler ve salınımlı geçişler.
- Kısa süre değişimleri (süre 1 dakikadan azdır); Kesintiler (genlik, nominal değer %10'undan azdır), Düşüşler veya Sarkmalar (genlik %90 ile %10 arasında), Şişme (genlik %110- %180).
- Uzun süre değişimleri (süre 1 dakikadan fazladır); Kesintiler (karartma), Düşük

gerilimler (genlik %90'dan azdır), Aşırı gerilimler (genlik %110'dan fazladır).

- Dengesizlikler (üç fazlı sistemlerde); Dalga biçimi bozulması, Harmonikler, İnterharmonikler, Çentikler DA bileşeni, Yüksek frekanslı gürültü.
- Gerilim dalgalanmaları (titreme) ve Frekans sapmaları.

Bu bozulmalardan bazıları Şekil 6'da gösterilmektedir. Güç kalitesi günümüzde güvenlik, güvenilirlik, düşük kurulum maliyeti ve işletme gibi diğer konular kadar bir gereksinimdir. Ölçülemeyen bir şeyi geliştirmek mümkün olmadığından, güç kalitesi izleme sistemleri, metodolojileri ve düzenlemeleri gereklidir.



Şekil 6: Elektrik şebekelerinde yaşanan tipik bozukluklar

Güç kalitesi analizörlerinin tasarımındaki eğilim, yerel ölçümler için tek bir ve maliyetli bir cihazdan (bu tür ekipmanların sağladığı bilgileri anlayabilen ve yönetebilen, güç kalitesi konusunda güçlü bir arka plana sahip iyi eğitilmiş bir profesyonel bir kontrol tarafından işletilmektedir), Şebekeye yayılmış birden fazla cihaz ve güçlü iletişim özellikleri ile küresel dağıtılmış çözüm önerilmektedir. Ayrıca, tüm bilgileri işlemek için standartları baz alarak sorunların nedenlerine ve konumlarına, olumsuz eğilimlere uyum hakkında teşhis ve raporlar sağlamak için akıllı algoritmalara sahip güçlü yazılım araçları mevcuttur. Bu sistemlerde iletişimin önemi nedeniyle, güç kalitesi izleme uygulamaları için IEC 61850 gibi elektrik sistemi iletişimi için bir standartlar benimsenmiştir.

5. SONUÇLAR

Harmoniklerin hiç olmaması ideal bir durumdur. Fakat günümüzde doğrusal olmayan yüklerin kullanımının artması nedeniyle harmoniksiz bir sistemin imkansız olmaktadır. Bu nedenle harmonik filtreleri kullanarak, tesise olan zararlı etkiler önlenmeye çalışılır.

Harmonik üreten elemanların imalatı sırasında yapısının harmonik üretmeyecek veya çok az üretecek şekilde tasarlanması veya şebekeye bağlantılarının

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

uygun şekilde yapılmasıdır. Harmonik oluşmaması her zaman için tercih edilen bir husustur.

[12]<http://www.saujs.sakarya.edu.tr/tr/download/article-file/193203>

KAYNAKLAR

[1] Tur M. R., Reliability Assessment of Distribution Power System When Considering Energy Storage Configuration Technique ,(2020), IEEE Access, Vol 8. 10.1109/ACCESS.2020.2990345

[2] Hossain, E.; Tur, M. R.; Sanjeevaikumar, P.; Ay, S. and Khan, I. Analysis and Mitigation of Power Quality Issues in Distributed Generation Systems Using Custom Power Devices, IEEE Access, 2018, vol.6 pp.16816-16833,

[3] <https://www.elektriktesisatportali.com/harmonik-nedir-ve-azaltma-yontemleri-nelerdir.html>

[4]M.R. Tür, “Solution Methods and Recommendations for Power Quality Analysis in Power Systems”, Journal of Engineering and Technology 2;2 1-9, (2018)

[5] M.R. Tür et al., “Impact of Demand Side Management on Spinning Reserve Requirements Designation” International Journal of Renewable Energy Research, Vol.7, No.2, 2017

[6]http://www.emo.org.tr/ekler/61deb408cb055eb_ek.pdf

[7] M. R Tür, F. Yaprdakdal, “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Bir Sistemde Güç Kalitesi Analizi, Kontrolü ve İzlemesi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, Cilt 8, Sayı 3, 572-587, 2020

[8] Bayar, Alper Mutlu, Güç kalitesi parametreleri kullanarak otomatik anahtarlama sistemi ile şebeke seçimi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi,

[9]Ünsal,A., Tunaboşlu, S. Dumlupınar Üniversitesi Merkez Kampüsü Elektrik, Enerjisi Kalitesinin Ölçüm Sonuçları

[10]Dugan, R.C., Mcgranaghan, M.F., BEATY H.W., Santoso S., 2004. Electrical Power Systems Quality 2nd Edition. McGraw-Hill, 521s, New York.

[11] <https://bimuhendis.net/aktif-ve-pasif-filtre/>

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE HÜCRE SICAKLIĞININ PANEL VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

İsmail KAYRI* ve Sinem AYYILDIZ**

*Batman Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: ismail.kayri@batman.edu.tr

**Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği ABD, 72060 BATMAN
e-posta: sinemayildiz3@gmail.com

Özet: Fotovoltaik sistemlerin güç çıktısı; panel alanı, panel konfigürasyonu, panellerin yatay yüzeye yerleştirilme açıları, panel yüzeyine gelen ışınım şiddeti, panel karakteristikleri, hücre/ortam sıcaklığı ve rüzgâr hızı gibi birçok faktöre bağlıdır. Fotovoltaik sistemleri etkileyen en önemli faktörlerden biri sıcaklıktır. Güneşten gelen ışınımın önemli bir kısmı fotovoltaik hücre üzerinde soğurulmakta ve hücre sıcaklığı artmaktadır. Sıcaklık fotovoltaik hücre verimini olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada, fotovoltaik panel verimini artırmak için hücre sıcaklığını su ile düşürmek ve panel üzerinde soğurulan ısı enerjisini bir avantaja dönüştürmek üzere hibrit bir sistem tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistem üzerinde yapılan bir günlük ölçümler ve hesaplamalara göre, soğutma sıvısı kullanılarak soğutulan fotovoltaik panele ait elektriksel enerji üretim değerinin, eş zamanlı enerji üreten normal fotovoltaik panele göre yaklaşık % 6 oranında daha yüksek olduğu görülmüştür. Soğutma sıvısı olarak kullanılan suya panel yüzeyinden aktarılan ısı enerjisi miktarının, bu sistemin toplam enerji kazancını oldukça yükselttiği saptanmıştır. Elde edilen verilerle yapılan hesaplamalar, grafikler ve tablolar halinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik sistemler, Enerji verimliliği, PV/T hibrit sistemler, PV hücre verimi

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CELL TEMPERATURE ON PANEL EFFICIENCY IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Abstract: Power output of photovoltaic systems depends on many factors such as panel area, panel configuration, tilt angles of the panels according to the horizontal surface, radiation intensity on the panel surface, panel characteristics, cell/ambient temperature and wind speed. One of the most important factors affecting the photovoltaic systems is temperature. A significant part of the radiation coming from the sun is absorbed on the photovoltaic cells and the temperature of the cells increases. Temperature has a negative effect on photovoltaic cell yield. In this study, a hybrid system was designed and implemented to reduce the cell temperature by water to increase the efficiency of the photovoltaic panel and to convert the heat energy absorbed on the panel into an advantage. According to one-day measurements and calculations made on the implemented system, it has been observed that the electrical energy production value of the photovoltaic panel cooled by using cooling liquid is approximately 6% higher than the normal photovoltaic panel which produces energy simultaneously. It has been determined that the amount of heat energy transferred from the panel surface to the water used as the cooling liquid, considerably increases the total energy gain of this system. Calculations made with the obtained data are presented in graphs and tables.

Keywords: Photovoltaic systems, Energy efficiency, PV/T hybrid systems, PV cell efficiency

1. GİRİŞ

Enerji ihtiyacı, gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı nüfus artışı ve sanayileşme ile gün geçtikçe artmakta ve üretim tüketim arasındaki fark da gün geçtikçe açılmaktadır. Bunun başlıca nedenleri arasında nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler gösterilebilir. Halen dünyada kullanılmakta olan enerjilerin % 90'ı fosil kökenli

dönüşümsüz enerji kaynaklarıdır. Bu enerji kaynaklarının başında kömür, petrol ve doğalgaz gelmektedir. Fosil kökenli bu enerji kaynakları sonsuz değildir ve bir gün tükenecikleri kaçınılmaz bir gerçektir. Bunun yanı sıra fosil yakıt kullanımının olumsuz yönde çok etkisi bulunmaktadır. Fosil kökenli kaynakların kullanımıyla atmosfere salınan sera etkisi oluşturan emisyonlar, doğada yaşayan tüm canlıların

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

sağlığını direkt veya indirekt etkilemektedir. Bu etkilenme genellikle, küresel iklim bozuklukları, suların ve toprağın kirlenmesi, bitki örtüsünün zarar görmesi, biyolojik çeşitlikte azalmalar, asit yağmurları, çölleşme şeklinde hissedilmektedir. Bu olumsuzluklara karşı, çevre sorunlarına neden olmayan, canlıların yaşamlarını tehdit etmeyen, temiz, güvenilir ve sürdürülebilir nitelikteki yenilenebilir enerjiler, insanoğlunun geleceği için büyük önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerjilerin üretimi ve yaygınlaşması, birincil enerji kaynaklarının temini için diğer ülkelere olan bağımlılığın ortadan kaldırılmasında da önemli bir yere sahiptir [1, 2].

Bu sebeplerden dolayı bilim dünyası bu kaynaklara alternatif olabilecek yeni enerji kaynakları arayışına gitmişlerdir. Böylelikle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim ivme kazanmıştır. Başta Avrupa ülkeleri olmak üzere birçok ülkenin yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgisi, birçok araştırma kurumunun hazırladıkları raporlara göre 2060 yılında dünya enerji ihtiyacının yaklaşık %60'ının yenilenebilir kaynaklardan karşılanacağına dair öngörülerin oluşmasını sağlamıştır [3].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının başlıcaları, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik enerjisi, güneş enerjisi, hidrojen enerjisi, dalga enerjisi ve biyo-kütle enerjisidir. Yenilenebilir enerji kaynakları; olabildiğince uzun sayılabilecek bir zaman boyunca tükenmeyecek, temelde varlığı doğadaki fenomenlere bağlı olan sürdürülebilir kaynakları ifade etmektedir. Tükenme tehlikesi olan birincil enerji kaynaklarının zararlı etkilerinden korunmak üzere daha planlı bir şekilde kullanılmalarını sağlamak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artması için çalışmalar yürütmek gerekmektedir.

Yukarıda belirtilen sorunların ortaya çıkmasıyla başlayan alternatif enerji kaynakları arayışı, bu alandaki çalışmaların, güvenilir ve çevre dostu, neredeyse limitsiz bir enerjiye sahip yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi üzerinde toplanmasını sağlamıştır. Güneş enerjisi çevre kirlenmeye etki oluşturmayan enerji üretim seçeneklerinin başında gelmektedir [4-8].

Türkiye konum itibarıyla güneşlenme süresinin fazla olmasından dolayı güneş enerjisi bakımından zengin bir ülkedir. Ülkemizde bu nedenle güneş enerjisi santralleri için yapılan yatırımlar oldukça fazladır. Aynı zamanda yapılan yatırımlar gün geçtikçe artmaktadır. Güneş panelleri önceki dönemlerde dışarıdan döviz karşılığı alınırken 2019 yılında ülkemizde üretilmeye başlanmasıyla GES tesislerinin ülkemiz için önemi daha da artmıştır. Güneş enerjisine yapılan yatırımlar hızla artmasına karşın, bu sistemlerde verimin artması için gerekli fizibilite çalışmalarının yeterli olmadığı görülmektedir. Güneş enerji santrallerinde yüksek güç üretimi ve panellerin yüksek verimle çalışması için PV hücre enerji dönüştürme oranlarının iyileştirilmesinin yanında, verimin indirekt artmasını sağlayacak çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Güneş enerjisi kullanarak elektrik enerjisi elde edilmesine ilişkin kullanılan yöntemler arasında, parabolik aynalar kullanarak ışının belli bir noktada yoğunlaştırılmasıyla çeşitli eriyiklerin yüksek sıcaklıklara ulaştırılması, yine benzer şekilde ışının yoğunlaştırılarak Stirling motora giriş sıcaklığı temini gibi yöntemler kullanılmaktadır. Ancak PV hücre üretim pazarlarının genişlemesi, sistem kurulumu yapan firma sayısının artmasıyla oluşan rekabet ortamı gibi avantajlar dolayısıyla en çok tercih edilen yöntem yarı iletken teknolojisine dayalı PV panellerle elektrik enerjisi üretimi yöntemidir. Temel çalışma ilkesi, güneşten gelen foton enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek olan PV hücreler, kullanılan yarı iletken teknolojisine göre çeşitlenmektedirler. Bunların başlıcaları mono-kristal silikon (m-Si), poli-kristal silikon (p-Si), kadmiyum tellürid (CdTe), amorf silikon (a-Si), bakır indiyum diselenid (CuInSe₂) ve bakır indiyum galyum diselenid (CuInGaSe₂) hücre teknolojileriyken, son yıllarda üzerinde çalışmaların yoğunlaştığı organik hücrelerin de PV pazarlarında yerini alacağı düşünülmektedir. Kullanılan bu teknolojilerin tümü, birbirine göre verimlilik, uygulamadaki zorluklar, üretimlerinden kaynaklanan zorluklar ve üretim maliyetleri açısından avantaj ve dezavantajlara sahiptirler [4, 9].

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir konuma sahip fotovoltaik teknolojisi yaygınlaşmasına rağmen, bu yöntem ile elektrik üretimi tesis ve işletme maliyetleri açısından geleneksel enerji üretim sistemleri ile rekabet edebilecek kadar iyi değildir. Fotovoltaik sistemlerde güç çıktısı; panel konfigürasyonu, panel alanı, panellerin yatay yüzeye yerleştirilme açıları, rüzgâr hızı, panel karakteristikleri, panel yüzeyine gelen ışınım şiddeti, panel ve çevre sıcaklığı gibi faktöre bağlıdır.

Hücre sıcaklığı, fotovoltaik sistemlerin enerji dönüştürme oranını olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bundan dolayı, fotovoltaik sistemlerin verimini artırmaya yönelik maksimum güç noktası izleyici (MPPT), tek eksen ve iki eksenli güneş izleyici sistemlerin yanında son yıllarda panel yüzeylerinin soğutulması ile ilgili verim artırma çalışmaları da yaygınlaşmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalarda, kullanılan su veya çeşitli nano akışkanların aktif veya pasif soğutma sistemleri ile beraber kullanılmalarının verim üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Bununla beraber önerilen modellerin maliyetlerinin kabul edilebilir bir düzeyde olması gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında, özellikle su ile yapılan aktif soğutma tekniklerinde, sistemi terk eden sıcak suyun evsel ve/veya endüstriyel amaçla kullanılmasını ön gören hibrit modellerin bu sistemlerin toplam verimine önemli katkılar sağladığı belirtilmektedir.

Hücre sıcaklığının panel verimi üzerindeki etkileri üzerine yapılmış bazı bilimsel çalışmalar aşağıda verilmiştir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Kumar ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada, panel sıcaklığındaki 1°C'lik artışın panel verimini % 0,5 düşürdüğünü gözlemlemişlerdir [10].

Alzaabi ve arkadaşları yaptıkları bir PV/T çalışmasında, kullandıkları poli-kristal PV paneli arka kısmına yerleştirdikleri metal profillerden su sirkülasyonu sağlayarak paneli % 15-20 civarında soğutmuşlardır. Bu değerdeki bir soğutma işlemine karşılık, soğutulan panelin normal panele göre % 15-20 civarında daha yüksek güç çıkışı sağladığı belirtilmiştir. Gerçekleştirilen sistemde % 60-70 civarında termal verim sağlandığı belirtilmiştir [11].

Krauter, panel ön yüzeyinde yaptığı soğutma işlemiyle panel sıcaklığını 60 °C'den 38 °C'ye düşürmüştür. Çalışmada, PV panel yüzey sıcaklığındaki 22 °C düşüşe karşılık günlük enerji üretiminde % 10,3 bir artış sağlandığı belirtilmiştir [12].

Mohan ve arkadaşları, panel sıcaklığının büyük seviyelere çıkabildiği ışınım yoğunlaştırılmış PV (CPV: Consantrated PV) sistemlerinin su ile soğutulmasının verime olan etkilerini araştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. Elde ettikleri bulgulara göre, soğutmalı CPV panelin normal panele göre 4,7 ila 5,2 kat daha büyük çıkış gücü sağladığını tespit etmişlerse de, bu büyük farkın ışınımın yoğunlaştırılmasından kaynaklandığını, soğutma işleminin elektriksel verim artışına katkısının % 9'un altında olduğunu belirtmişlerdir [13].

Aktif su soğutma sistemiyle soğutulmuş paneller kullanılarak yapılan deneysel çalışmada Mohammed, % 9 civarında enerji dönüşümü sağlayan bir panelin yüzey sıcaklığının 4 °C düşürülmesi halinde enerji dönüşüm değerinin % 12'ye kadar artabildiğini belirtmiştir [14].

Huang ve arkadaşları poli-kristal panellerle gerçekleştirdikleri bir PV/T çalışmasında, panele giren ve panelden çıkan suyun sıcaklığını ölçerek suya aktarılan ısı enerjisini ve buna karşılık su sirkülasyonundan kaynaklanan soğutma işleminin PV enerji dönüştürme oranına etkisini incelemişlerdir. Sıcak su depolama tankı sıcaklığının 40 °C'nin üzerine çıkabildiği görülmüştür. Termal verim % 35,33~47,21 arasında değişirken elektriksel verimin % 12,77~14,46 arasında değiştiği kaydedilmiştir [15].

Demir ve Özkan yaptıkları çalışmada [16], temel olarak bir soğutucu radyatör üzerinde soğutulan suyun panel arka yüzeyindeki alüminyum kanallı soğutucu içinden geçmesine dayanan bir sistem kurmuşlardır. Bölgenin enlem derecesine bağlı olarak panelin yatayla yaptığı açının mevsimlik 15° artırılması ve eksiltilmesi esasına dayanan ikinci bir sistemin birlikte ve ayrı ayrı kullanılarak verimlilik üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kullanılan soğutma sistemi sadece iki paneli kapsamaktadır. Soğutma sistemi olan bir panelde mevsimlik açı ayarı bulunmakta diğeri ise sadece

soğutma sistemi bulunmaktadır. Panel arka yüzeyinde bulunan ince soğutucu kanallar panellerle tam temas ederek ısı transferini gerçekleştirilmiştir. Mevsimlik açı ayarı yapılan paneller ve soğutulan panellerin çıkışlarına bağlanan bir adet DC wattmetre ile günlük üretilen enerjiler ölçülmüş ve not edilmiştir. Yapılan çalışmada, zenit açısının tek başına % 7,49 sıcaklığın ise % 11,17 oranında çıkış gücüne etkisi olduğu görülmüştür. Panel üzerinde yapılan soğutma işlemi ile beraber yapılan zenit açı ayarı çıkış gücünü % 17,47 oranında arttırmıştır. Fotovoltaik panellerde verimliliği etkileyen iki önemli faktör olan soğutma ve zenit açı ayarı birlikte uygulandığında, panel verimlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Fotovoltaik panellere uygulanan soğutma işlemlerinin çıkış gücünü önemli seviyelerde arttırdığı görülmektedir. Özellikle de PV/T çalışmalarında sağlanan termal enerji kazancının sistemin toplam verimini çok artırdığı görülmektedir. Fakat yapılan bu çalışmalarda genellikle panellerin soğutulmasının verime olan etkileri üzerine odaklanılmış olup, soğutma sistemlerinde kullanılan teçhizatın harcadığı enerji değerleri ihmal edilmiştir. Büyük güçlerde kurulacak bir santral için yapılacak soğutma işlemlerinin maliyeti görece düşük olacağından artan üretimle, kurulan sistemin geri dönüş süresi kısalarak uygulamanın kârlılığı artacaktır. Şehir yakınlığında kurulu olan santrallerin soğutulması için gereken soğuk su, şebeke suyundan alınarak santraldeki soğutma peteklerinden geçirilerek sistem soğutulabilir ve verimlilik artırılabilir. Bu sayede su sirkülasyonu için gerekli enerji değeri ve ısınan suyun soğutulması problemi ortadan kaldırılmış ve ısıtılmış suyun evsel veya endüstriyel ihtiyaçları karşılayacak şekilde organize edilmesi halinde sistemin veriminde büyük artışlar sağlanmış olacaktır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Deneysel setinin tanıtımı

Çalışmada, hücre sıcaklığının panel verimi üzerindeki etkisini gözlemleyebilmek için, biri normal işletme şartlarında diğeri ise soğutulmuş elektrik enerjisi üreten iki panel karşılaştırılmıştır. Deneyler çalışmalar, karasal iklimde yaz aylarının oldukça sıcak geçtiği Batman ilinde, 37°54'12" Kuzey ve 41°07'47" Doğu koordinatlarında bulunan Batman Üniversitesi Merkez Kampüsünde, yakın ve uzak gölgeleme unsurlarından etkilenmeyecek şekilde bir binanın çatı katında kurulan deney seti üzerinde gerçekleştirilmiştir. Batman Türkiye'nin güneydoğu bölgesinde yer almakta olup, yıllık 2873 saat güneşlenme süresi ve 1576 kWh/m² ışınım enerjisi değeri ile güneş enerjisinden çok faydalanılabilecek iller arasında gösterilmektedir. Test verileri, güneşlenme süresi ve ortam sıcaklığının uygun olduğu tarihler arasında elde edilmiştir. Soğutma işleminde kullanılan suyun hava sıcaklığından asgari düzeyde etkilenmesi için strafor köpükten yapılmış bir kutu kullanılmıştır. Bu kutunun hacmi yaklaşık 60

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

litredir. Düşük su sıcaklıklarına ait verilerin de elde edilebilmesi için, testlerden önce suya buz ilavesi yapılmıştır.

Deneysel çalışmada, Şekil 1’de gösterilen 22 Wp gücünde 2 adet poli-kristal silikon panel kullanılmıştır. Paneller güney yönüne bakacak şekilde 32° eğim açısıyla konumlandırılmıştır.



Şekil 1. Deneysel çalışma için gerçekleştirilen düzenek

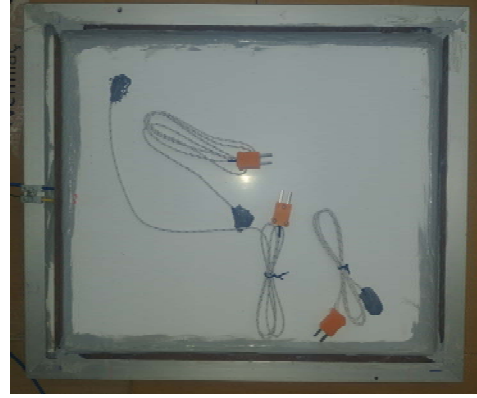
PV panellerin en önemli karakteristik özellikleri, panelin üreteceği maksimum güç (P_{max}), kısa devre akımı (I_{sc}), açık devre gerilimi (V_{oc}), optimum yük değeri altında üretilen gerilim (V_{mp}) ve akım (I_{mp}) değerleridir. Bu değerler STC’de (STC: Standard Test Conditions) elde edilen değerler olup PV panellerin etiket değerleri olarak sunulmaktadır. Deneysel çalışmada kullanılan PV panellere ait karakteristik özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan PV panellere ait karakteristik özellikler

Maksimum güç (P_{max})	22 W
Güç toleransı	Sadece pozitif
Optimum işletme akımı (I_{mp})	1,25 A
Optimum işletme gerilimi (V_{mp})	18.2 V
Kısa devre akımı (I_{sc})	1,31 A
Açık devre gerilimi (V_{oc})	22,58 V
Ağırlık	2,00 kg
Ebat	360x420x20 mm
Maksimum sistem voltajı	600 V
AM= 1.5 E=1000 W/m ² T _c =25 °C	

Soğutma işleminde akışkan olarak su kullanılmıştır. Soğutma sıvısının panel yüzeyine püskürtülmesi şeklinde gerçekleştirilen soğutma sistemleri uygulamada kolaylıklar sağlasa da, oluşan nemli panel yüzeyinin tozlanmaya ve çamurlaşmaya elverişli bir yüzey haline gelmesi ve panel yüzeyinde oluşan su damlacıklarının mercekle etkisi yaparak hücre malzemesine zarar vermesi, bu sistemleri uzun vadede ekonomik olmaktan uzaklaştırmaktadır. Bundan dolayı PV panel, arka EVA

(EVA: Ethylene - vinyl acetate) tabakası kısmından soğutulmuştur. Şekil 2’de soğutma işlemi uygulanan PV panelin pleksi levha ile havuz haline getirilmiş ve yüzey sıcaklığının ölçülmesi için farklı noktalarına tespit edilmiş termokupullar gösterilmiştir.



Şekil 2. Soğutulan panel arka görüntüsü

Kapalı bir ortam oluşturulmak üzere, panelin arka kısmı 2 mm kalınlığında alüminyum levha ile kapatılmıştır. Soğutma suyunun panelin alt kısmında girip üst kısmından çıkabileceği şekilde bir yapı oluşturulmuştur. Suyun sıcaklığı ölçülmek üzere, giriş ve çıkış noktalarına da 2 adet termokupl tespit edilmiştir. Panelin alt, orta ve üst kısımlarında bulunan hücre sıcaklığını ölçmek üzere kullanılan 3 adet, suyun giriş – çıkış sıcaklığını ölçmek üzere kullanılan 2 adet olmak üzere toplam 5 adet termokupl panel iç havzasından dışarı çıkarılmıştır. Şekil 3’te soğutulan panelin tamamlanmış arka kısım görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3. Soğutulan panelin tamamlanmış arka görüntüsü

Deney düzeneğinde bulunan PV panellerin iki görevi bulunmaktadır; birincisi, panelin soğutulması ile verimi artırılmış elektriksel enerji dönüşümü iken, ikincisi panel üzerinde soğurulan ışınının ısı etkisiyle elde edilen sıcaklığı artırılmış su elde etmektir. Bu şekilde iki kazanç elde edilen hibrit bir yapı sağlanmış olmaktadır. Deney düzeneğinde bulunan büyüklüklerin hassas bir şekilde ölçülmesi ve kaydedilmesi gerekmektedir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

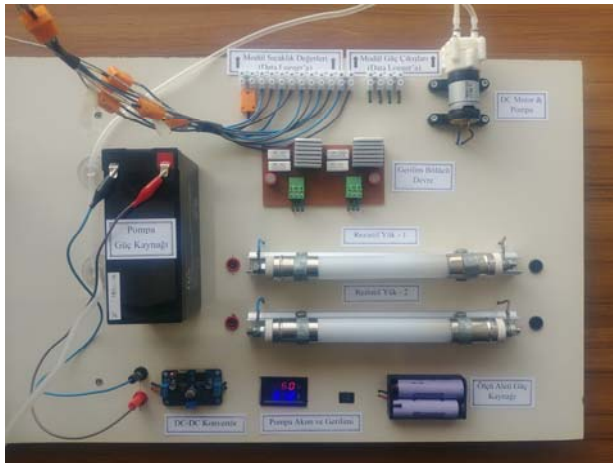
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Farklı şartlar altındaki PV panellerin ürettikleri enerji miktarlarının karşılaştırılmasına yönelik çalışmalarda en çok tercih edilen yöntemlerden biri de panellerin değeri bilinen rezistif karakterli bir yük ile yüklenmesidir. Bu yaklaşım, PV hücre modellerine dayanarak elde edilen lineer olmayan sıcaklık katsayılarına ihtiyaç duymayan, tamamen somut sonuçlara dayalı hesaplar içerdiğinden, deneysel çalışmanın özüne daha uygundur. Kullanılan her iki panelin de STC'de ürettikleri güç değerinde rezistif yüklerle yüklenmesi sağlanmıştır. Bunun için iki adet rezistif yük tasarlanmış ve üretilmiştir. Rezistif yükler krom nikel CN80 (%80 Ni, %20 Cr) malzemesinden üretilmiştir.

Bu yükleri besleyen panellerin gerilim değerinin sık ve periyodik bir şekilde ölçülmesi sağlanmıştır. Bunun için data-logger cihazı kullanılmıştır. Ancak data-loggerlar genel olarak maksimum 5 V gerilim ölçecek şekilde tasarlanmaktadır. Panellerin yük altında ürettikleri gerilim değeri ise çoğu zaman 5 V'un üzerindedir. Bu gerilim değerinin ölçülebilmesi için gerilim bölücü bir devre tasarlanmıştır.

Suyun sirkülasyonunun sağlanması için 3 ila 12 volt arasında çalışabilen bir DC motorun çalıştırdığı pompa kullanılmıştır. DC motor için gerekli enerji, 12 Volt 9 Ah kapasitesinde kurşun asit bir akünün beslediği DC-DC konverter devresi ile sağlanmıştır. DC motorların en önemli avantajlarından biri devir hızının gerilim ile çok basit bir şekilde ayarlanabilir olmasıdır.

Deneysel çalışmada kullanılan, rezistif yükler, DC motor & pompa, gerilim bölücü devre ve DC-DC konverter devresi Şekil 4'te gösterilen bir yapı üzerine monte edilmiştir. Termokupullar ve gerilim bölücü devreden gelen verilerin data logger ile bağlantısı sıra klemensler ile sağlanmıştır.



Şekil 4. Deneysel seti bileşenleri

Deneysel boyunca PV panellerin ürettiği güç değerleriyle beraber, global radyasyon miktarı ve hava sıcaklığı değerleri de ölçülmüş ve data logger ile kaydedilmiştir. Çalışmada Cambell Scientific firmasının CR1000 model data-loggeri kullanılmıştır. Hava sıcaklığını ölçmek üzere Cambell Scientific firması tarafından üretilen

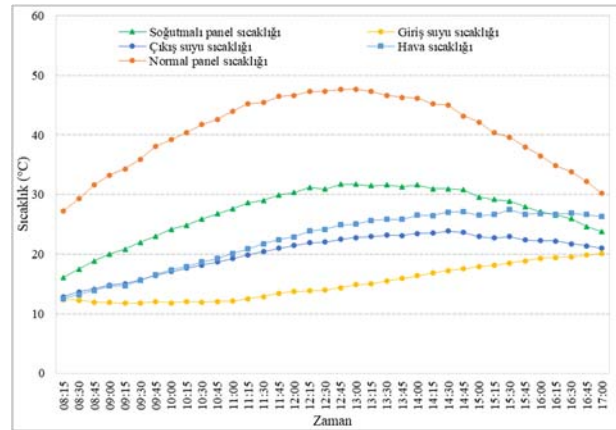
HC2S3 probu kullanılmıştır. Ürünün ısı sensörü -40 ile +60 °C aralığında ölçüm yapabilmektedir. Şekil 5'te kullanılan data logger'a ait fiziksel bağlantılar gösterilmiştir.



Şekil 5. Data logger ve bağlantıları

3. BULGULAR

Yukarıda tanıtımı yapılan deney seti bir gün boyunca DC motor gerilim değeri 5 Volt olacak şekilde çalıştırılmıştır. Bu durumda suyun debisi 0,4 l/dk'dır. DC motor 0,25 A akım çekerek 1,25 W güç tüketmektedir. Soğutulan ve normal PV panelin ürettiği enerji değerleri, global radyasyon miktarı ve hava sıcaklığı değeri 5 dakikalık periyotlarla 5 saniyede bir alınan verilerin ortalaması olarak kaydedilmiştir. Ancak grafiklerin daha okunaklı olması için grafikler 15'er dakikalık periyotları kapsayacak şekilde çizilmiştir. Şekil 6'da bir gün boyunca ölçülen hava sıcaklığı, normal panel sıcaklığı, soğutmalı panel sıcaklığı, giriş suyu sıcaklığı ve çıkış suyu sıcaklığı grafik olarak sunulmuştur.

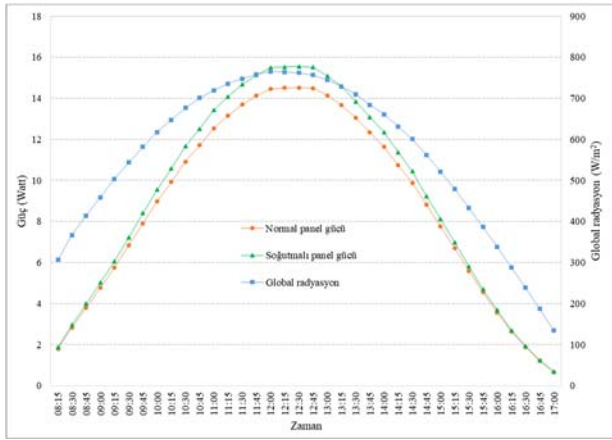


Şekil 6. Sıcaklık değerlerinin gün boyunca değişimi

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Şekil 6'ya göre giriş suyu ve çıkış suyu sıcaklığı, su deposunda bulunan suyun gün boyunca sirkülasyonu sonucu panel yüzeyinden suya transfer edilen ısı nedeniyle arttığı görülmektedir. Yaklaşık 12,5 °C ile başlayan hava sıcaklığının saat 14:30 dolaylarında 27 °C'ye ulaştığı ve deney sonuna kadar bu değerde seyrettiği görülmektedir. Sabah ve akşama doğru, soğutmalı ve normal panele ait yüzey sıcaklığı farkının, global radyasyon değerinin görece yüksek olduğu saatlere göre azaldığı tespit edilmiştir. Normal panel yüzey sıcaklığının en yüksek değeri saat 13:00'da 47,66 °C, soğutmalı panel yüzey sıcaklığı ise yine bu saate yakın bir anda 31,71 °C olarak ölçülmüştür.

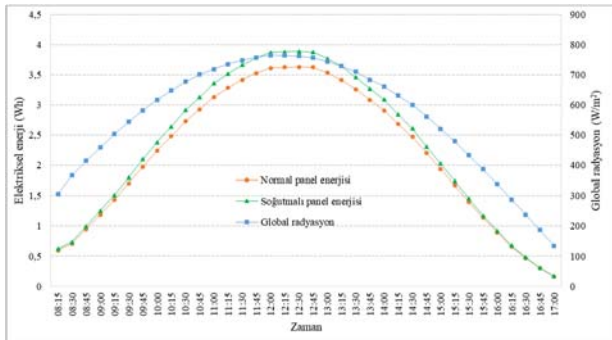
Şekil 7'de bir gün boyunca global radyasyon miktarı ile normal ve soğutmalı panelin ürettiği güç değerleri grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 7. Panellerin ürettiği güç değerleri

Şekil 7'deki grafiğe göre, normal ve soğutmalı panellerin ürettiği güç değerleri arasındaki farkın global radyasyon miktarı ile yakından bir ilişki içinde olduğu görülmektedir. Güç değerleri arasındaki farkın en yüksek olduğu 1,04 Watt değeri saat 12:00'da ölçülmüştür. Bu saatte normal panel gücü 14,46 W iken, soğutmalı paneli ürettiği güç 15,5 W değerindedir. Buna göre soğutma işlemi bu anda panel verimini % 7,19 oranında artırmıştır. Bu saatte panel sıcaklıkları arasındaki fark yaklaşık 16 °C'dir.

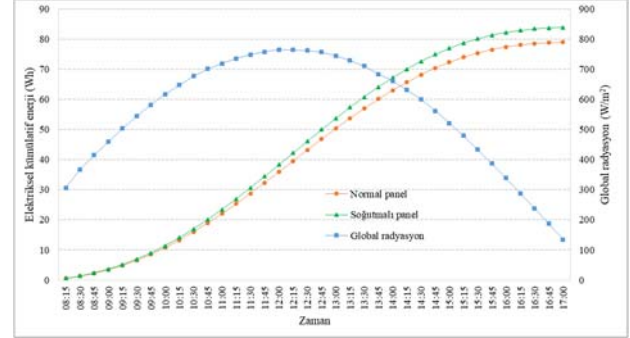
Şekil 8'de bir gün boyunca global radyasyon miktarı ile normal ve soğutmalı panelin ürettiği enerji değerleri grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 8. Panellerin ürettiği enerji miktarları

Enerji değeri, güç değerinin zamana bağlı bir fonksiyonu olduğundan Şekil 8'deki grafiğin formu Şekil 7'deki grafiğin formuna benzer çıkmıştır. Panellerin ürettiği kısmî enerji değerleri arasındaki en büyük fark saat 12:00'da 0,26 Wh olarak ölçülmüştür. Bu saatte normal panelin ürettiği enerji 3,613 Wh iken, soğutmalı paneli ürettiği enerji değeri 3,873 Wh'tir.

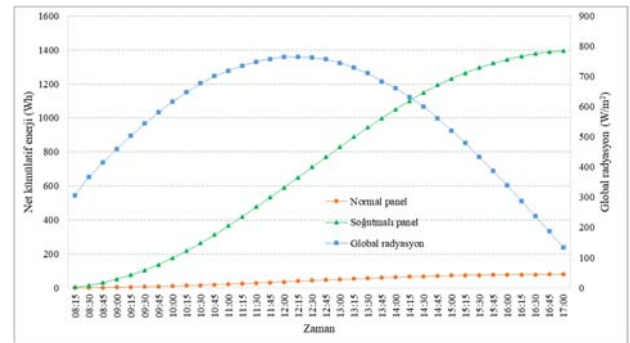
Şekil 9'da bir gün boyunca global radyasyon miktarı ile normal ve soğutmalı panelin ürettiği enerji değerleri kümülatif olarak gösterilmiştir.



Şekil 9. Panellerin ürettiği kümülatif enerji miktarları

Şekil 9'daki grafiğe göre, hem normal hem de soğutmalı panellerin ürettiği enerjilerin kümülatif değerleri, global radyasyon değerinin yüksek olduğu bölgelerde daha hızlı artan bir eğilim göstermektedir. Gün sonundaki değerlere göre, normal panelin ürettiği toplam enerji değeri 79,025 Wh iken, soğutmalı panelin ürettiği toplam enerji 83,887 Wh'tir. Bu sonuçlara göre soğutma işlemi, normal panele göre % 6,15 civarında verim artışı sağlamıştır.

Şekil 10'da bir gün boyunca global radyasyon miktarı ile normal ve soğutmalı panelin ürettiği net enerji değerlerine ait kümülatif gösterim grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 10. Panellerin ürettiği net kümülatif enerji miktarları

Şekil 10'daki grafikte soğutmalı panelin enerjisi; $E_T = E_e + E_t - E_p$ olarak elde edilmiştir. Burada E_T toplam enerjisi, E_e elektriksel enerjisi, E_t termal enerjisi ve E_p pompanın tükettiği enerjisi ifade etmektedir. Gün sonundaki değerlere göre, normal panelin ürettiği toplam enerji değeri 79,025 Wh iken, elektriksel ve termal olmak üzere soğutmalı panelin ürettiği toplam enerji değeri 1395,33 Wh'tir. Bu sonuçlara göre, soğutmalı

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

panelin hibrit bir PV/T modeli olarak işletilmesi halinde, normal panelin yaklaşık 17,65 katı kadar bir enerji ürettiği görülmektedir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada fotovoltaik sistemlerdeki panel sıcaklığının panel verimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Su kullanılarak aktif bir soğutma işlemi uygulanan bir PV panel ile normal işletme şartlarında çalıştırılan bir PV panel; güç, enerji, kümülatif enerji değerlerine göre verimlilik açısından karşılaştırılmıştır. 1 gün boyunca panellerin ürettiği enerji değerlerinin yanında, eş zamanlı olarak hava sıcaklığı, global radyasyon değeri, panel hücre sıcaklıkları, soğutma suyunun giriş ve çıkış sıcaklıkları 5'er dakikalık periyotlarla ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Elde edilen veriler üzerinde hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar grafik şeklinde sunulmuş yorumlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, soğutma işleminin günlük elektriksel enerji üretimini % 6,15 oranında artırdığı görülmüştür. Çalışmada ayrıca, panel yüzeyinden suya aktarılan termal enerji değeri de ölçüm sonuçlarına göre hesaplanmış ve normal panele göre enerji kazancı tespit edilmiştir. Uygulamanın hibrit bir model olarak çalıştırılması halinde soğutma işleminin sağladığı elektriksel verim ve termal kazanç bir arada düşünüldüğünde, normal panelin 17,65 katı kadar büyük oranda bir enerji üretimi sağlandığı görülmüştür. Çalışma, küçük boyutlu elektriksel ve mekanik teçhizatla gerçekleştirilmiş olsa da, elde edilen sonuçların büyük kurulu güçlere sahip sistemlere ışık tutacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. 2009. Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi, ISBN: 978-605-89548-2-3. DEKTMK Yayın No: 0011/2009, EKC Form Ofset, Ankara.

[2] Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. 2015. "Meteoroloji Laboratuvarı/Yenilenebilir Enerjiler/Güneş Enerjisi"

[3] Görez, A. ve Alkan, A., 2005. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları ve hidroelektrik enerji potansiyeli, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Antalya, Türkiye, Ekim 2005, s. 21-22.

[4] Kayri, İ. (2017). Güneş panelleri ile üretilen enerjinin ortam bilgileri kullanılarak yapay sinir ağlarıyla tahmini, *Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.

[5] Borhanazad, H., Mekhilef, S., Saidur, R. and Boroumandjazi, G., 2013. Potential application of

renewable energy for rural electrification in Malaysia, *Renewable Energy*, 59, 210-219.

[6] Juswanto, W. and Ali, Z., 2016. Renewable Energy and Sustainable Development in Pacific Island Countries, *Adbi Institute*, 5, 1-6.

[7] Goldemberg, J. and Bioethanol, S.B., 2003. Energy and sustainable development, in *Worlds Apart: Globalization and the Environment*, pp. 53-65, Ed. Speth, J.G., Island Press, Washington.

[8] Kaya, M.N., Aksoy, M.H. and Kose, F., 2017. Renewable energy in Turkey: potential, current status and future aspects, *Ann Faculty Eng Hunedoara*, 15, 65.

[9] Varınca, K. B., & Gönüllü, M. T. (2006). Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma. *Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 21-23.

[10] K. Kumar, S.D. Sharma, L. Jain, R. Al Khaimah, Standalone Photovoltaic (PV) Module Outdoor Testing Facility For UAE Climate, *Submitted To CSEM-UAE Innovation Center LLC*, (2007)

[11] Alzaabi, A. A., Badawiyeh, N. K., Hantoush, H. O., & Hamid, A. K. (2014). Electrical/thermal performance of hybrid PV/T system in Sharjah, UAE. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, 3(4), 385-389.

[12] S. Krauter, Increased Electrical Yield Via Water Flow Over The Front of Photovoltaic Panels. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 82(1-2) (2004) 131–137. Doi:10.1016/j.solmat.2004.01.011

[13] M. Kolbe, D. Bin, E. Hu, Water Cooled Concentrated Photovoltaic System. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, 2(2) (2013), 159–163. Doi: 10.12720/sgce.2.2.159-163

[14] M.M. Musthafa, Enhancing The Photoelectric Conversion Efficiency of Solar Panel by Water Cooling, *Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications*, 5(4) (2015), 166. Doi: 10.4172/2090-4541.1000166

[15] C.Y. Huang, H.C. Sung, K.L. Yen, Experimental Study of Photovoltaic/Thermal (PV/T) Hybrid System, *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, 2(2) (2013), 148–151. Doi: 10.12720/sgce.2.2.148- 151

[16] H.B. Demir, A.O. Özkan, Fotovoltaik Panellerde Sıcaklık ve Zenit Açısının Panel Güç Üretimine Etkisi, *Necmettin Erbakan University Journal of Science and Engineering*, v.1, n.1, (2019), 1-9

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ
GIDA ÇALIŞMALARI NASIL BİR AKADEMİK SAHADIR?

Arş. Gör. Samuray Hakan BULUT*

*Atatürk Üniversitesi Turizm Fakültesi Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, 25240 ERZURUM
e-posta: samuraybulut@atauni.edu.tr

Özet: Bu çalışma gıda çalışmaları adlı nispeten yeni bir akademik çalışma sahası hakkında genel kavramsal bilgiler vermeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda ilgili literatür taranmış, alanın sorunsalları, disiplinler türü, temel yaklaşımları, baskın düşünce sistemi gibi alanın iç dinamikleri hakkında bilgi veren çalışmalar okunmuş ve özetlenerek derlenmiştir. Gıda çalışmaları kısaca, yemeğin; sembolleştirildiği ve beslenme değerlerinin ötesinde kavramsallaştırılarak toplumu ve sorunlarını anlama aracı olarak kullanıldığı, eleştirel ve disiplinlerarası bir alanı ifade eder. Gıda çalışmaları alanının ancak 1980'li yıllarda bugünkü anlamıyla akademikleşmeye başladığı belirtilmektedir. Bu tarihten önceki çalışmalar alanın bugününü etkilemiş olsa da konu seçimleri ve yaklaşımlar açısından belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin gıdaya dair ilk modern çalışmalar ağırlıklı olarak bireysel gözlemleri, tek bir disipline bağlı çalışma yöntemlerini ve kültürel anektodları içeren antropolojik çalışmalarken; günümüzde ise gıda çalışmaları disiplinlerarası niteliğini güçlendirmiş, daha çok toplumsal problem çözmeye odaklanmış ve eleştirel yaklaşımla sıkı sıkıya bağlanmış bir alan olarak literatürünü hızla geliştirmekte ve ilişkili disiplinlere yeni perspektifler sunmaktadır. Çalışma üç alt başlıkta alanın sorunsalları, disiplinlerarasılık ve eleştirel yaklaşım hakkında alanın içinden yapılan tanımlamaları içermektedir. Çalışmanın diğer disiplinlerarası nitelikte doğan ancak bir türlü doğru problemleri, uygun yaklaşımları ve düşünce biçimini tespit ederek gelişimini hızlandıramayan çalışma sahaları (gastronomi gibi) için de bir yol haritası sunması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gıda çalışmaları, akademik gelişim, eleştirel yaklaşım, disiplinlerarasılık.

WHAT KIND OF ACADEMIC FIELD IS FOOD STUDIES?

Abstract: This study aims to give some general information about food studies which is a new academic field in comparison with the other modern social sciences. For this reason the related literature has been scanned in order to compile some texts about the field's problematics, type of disciplinary, basic approaches and dominant way of thinking. In summary, interdisciplinary food studies field means usage of food as a symbol rather than a nutrition object to understand society and the society's problems. It is seen that the field of food studies became academic in current sense only in the 1980s. There were some studies about food before this date and these studies had largely effects on the field but these studies and current studies quite different in terms of approaches and topics. For instance first modern academic studies about food has heavily included subjective observations, cultural anectodes and has used methods from one discipline. On the other hand, today's food studies are strengthening its interdisciplinary qualification, focus mainly on problem solving and using critical approach as a fundamental method. Therefore, the literature of the field is developing and provide new perspectives to the related disciplines. The study includes definitions made from within the field about the problematics of the field, interdisciplinarity and critical approach under three sub-titles. It is assumed that this study is important in terms of creating a map for other interdisciplinary fields (like gastronomy) which can not identify the right problems.

Keywords: Food studies, academic development, critical approach, interdisciplinarity.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞ

Günümüzde gıda çalışmaları alanında çalışan birçok bilim insanı, alanın kesin çizgilerle tanımlanamayacağını sıklıkla vurgulasalar da, genel hatlarla yaptıkları tanımlarda alana dair üç temel güncel kavramdan ve bir ortak amaçtan bahsediler. Toplumun gıdayla ve gıda sistemleriyle ilişkili problemlerini tespit etmek ve çözmek bahsi geçen ortak amaçtır. Temel güncel kavramlar noktasında ise sembolleştirme/kavramsallaştırma, disiplinlerarasılık ve eleştirel yaklaşım öne çıkar. Örneğin Koç, Sumner ve Anthony (2016)'nin çalışması yemeğin sadece yemek olmadığı ön kabulüyle başlar [1]. Yemeği kavramsallaştırır. Sembolleştirir. İnsanın bedenine aldığı bileşenler olmaktan çıkarıp bir aktivite ve çevresindeki her şey haline getirir. İnsan aktivitelerinin sınırı, insan zihninin hayal kurma kapasitesi kadardır. Bu nedenle *food studies* adı verilen yepyeni ve eleştirel bir çalışma alanının, daha en baştan, sonsuz bir kuramsal manevra alanına oturtulması kaçınılmazdır ve çalışma diğer disiplinlerin yemeği/gıdayı dikine ilerlemeci anlayışla ve ardında ister istemez adeta bir problemler enkazı bırakarak, mutlak bir çerçeve içerisinde çalıştığından bahseder. Tarım ekonomisinin gıda üretimini arttırmakla ilgilenirken tarım arazisi krizlerine ya da obeziteye sırtını dönmeye; beslenme çalışmalarının insan sağlığından bahsederken sefaleti ve açlığı es geçmesi ise bu tanımları detaylandırır. Bir başka tanımda, Koç, Bancherz ve Speakman (2017) alanın gıdaya ilişkin çeşitli sosyal problemleri incelediğini, üzerinde en çok yoğunlaşılan genel konu başlıklarından bazılarının ise açlık, yoksulluk, beslenme odaklı rahatsızlıklar ve çevreci/çevresel problemler olduğunu belirtirler [2]. Bu problemlerin ise geleneksel tarım çalışmalarındaki, beslenme/diyetetikteki ve insan bilimlerindeki ilgi artışıyla, akademik düzlemde paralel ilerlediği belirtilir. Ancak bu paralellik ortak metodolojiyi, yaklaşımları içerebilse de problemler ortak değil, bir alandan diğerine kalanlardır. Bu nedenle gıda çalışmaları sosyal ya da insan bilimlerinden korunması gereken ayrı bir disiplinlerarası çalışma sahası; kesin bir tanımla bilinmesi zor olan şemsiye bir kavramdır. Buradaki şemsiye kavram altına alıp korudukları kadar üstünden gelenleri de içeriye almama durumunun altını çizer. Bu tanımlar günceldir ve bugünün çalışma anlayışını, alanın bugüne dair temel problemlerini ve alanın bugünkü akademik niteliğini ele alır. Diğer yandan disiplinlerarası nitelikte doğan ve eleştirel yaklaşımı benimseyen bilim insanlarınınca problem odaklı çalışmaya başlanılan gıda çalışmaları adlı akademik sahanın hangi çalışmaların etkisiyle bugünlere geldiği de hem sosyal değişimleri anlamak hem de belirli bir alanda akademik kimliğin nasıl kazanıldığını öğrenmek açısından önemlidir [3]. Bu noktada Yenil (1996), Murcott (1983)'dan yaptığı alıntıyla gıda çalışmalarının nasıl başladığına dair ipucu verirken, başlangıçtaki çalışmalarda yemeğe dair soruların toplum ilişkilerinin gözlemlenmesiyle cevaplandırıldığından ancak zamanla anlayışın tersine dönerek topluma dair sorunların yeme-içme örüntüleriyle çözümlenmeye çalışıldığından bahseder [4]. Bu tespit alanın akademik gelişimini özetlemek ve başlangıç ile bugün olmak üzere iki uç noktayı göstermek açısından oldukça değerlidir. Bu iki uç noktanın arasında ise sırasıyla antropologların çalışmaları, sosyologların önceki çalışmalardan etkilenerek, onları eleştirerek gelişimi başlatıp farklı yaklaşımları benimseyerek detaylandırmaları bulunmaktadır. Kısaca, alanın modern akademik gelişimi ve iç yapısı şu şekildedir: Antropologların çalışmaları ile temelleri atılan alan, sosyologların önceki mikro düzeyde yapılan karşılaştırmaz gözlemlerin sonucu olarak ortaya çıkan kuramları eleştirmesiyle gelişmiş, çalışılan kavramın (gıda) doğuştan disiplinlerarasılığı sayesinde detaylanmış ve güncelle yaklaşıtkça keyfilikten problem çözmeye evrilmiştir.

Gıda Çalışmaları Alanının Konuları, Sorunsalları ve Temel Yaklaşımlar

Gıda çalışmalarının akademik gelişimi sorunsallara kesin geçişten önce daha tematik ve bağlamsal olmuştur. Alanın konularının ve sorunsallarının seçimi noktasında tarihsel inceleme yapan birden fazla bilim insanı vardır. Örneğin Koç vd. (2017)'nin çalışmasında tarihsel gelişim sürecinde alan, üç temel literatürden beslenen gıda merkezli çalışmalarla tanımlanır [5]. Birincisi Levi-Strauss'un başını çektiği [6], Roland Barthes [7], Mary Douglas [8] ve Arjun Appadurai'nin [9] de folklor, etnisite, kimlik ve benzeri konulardaki antropolojik çalışmalardır. Bu çalışmaların en belirgin özelliği, kültürel anektodlar ve bireysel izlenimlerin egemenliğidir.

İkinci literatürün konu yoğunluğunu politik ekonomi yaklaşımı oluşturur. Marx eleştirilerinin ekonomik düzeni şiddetle değiştirdiği bir dönemde globalleşme, gıda rejimleri ve benzeri konuların çeşitli bilim insanları tarafından hararetle ağırlıklı üretim odaklı işlendiği belirtilir. Pierre Bourdieu [10] gibi bazı düşünürlerin ise gıdayı tüketim merkezine alarak aynı literatüre katkı verdikleri görülür.

Üçüncü literatür olarak disiplinlerarası perspektiflerin çalışmalarından söz edilir. Kültürel çalışmalar, kadın çalışmaları ve çevresel/çevreci çalışmalar örnek olarak verilir. Kültürel çalışmalarda postmodernist ve postyapısalcı yaklaşımın baskın ve etkili olduğu, kadın çalışmalarında feminist yaklaşımın klasik literatüre meydan okuduğu ve çevresel/çevreci çalışmalarda alternatif gıda sistemlerinin heyecan verici olduğu görülür.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Bir diğer çalışmada Yenel (1996); gıda çalışmalarına ilham veren ilk denemeler (antropolojik/kültürel çalışmalar), sosyal imgesel tüketim (Pierre Bourdieu ve Jean Baudrillard tarafından hazırlanan başlıca çalışmalar), tarihsel taşınma ve dönüşüm (Sidney Mintz ve Massimo Montanari'nin başlıca çalışmaları), sınıfsal katmanlaşma (Pierre Bourdieu, Stephen Mennell ve Jack Goody'nin başlıca çalışmaları) olmak üzere literatürde işlenen konuları dört başlık altında değerlendirir [11]. Alanın sorunsallarından bir kısmı kısaca; yemeğin sınıfsallaşması (rafine mutfağın doğuşu, üst ve alt kültürler, habituslar ve habitusların alt sınıfları arasındaki yeme-içme kültürünün farklılaşması vb.), gıda güvencesi/güvencesizliği (adil gıda, gıda çölleri, lüks gıda vb.), ekolojik gıda sistemleri (permakültür, yavaş yemek ve benzeri ideolojik temelli çevreci gıda sistemi önerileri), beslenme kaynaklı bozukluklar/rahatsızlıklar (anoreksiya nervoza, ortoreksiya nervoza, bulimia nervoza, binge eating) olarak sıralanabilir.

Alanın temel yaklaşımları için ise Beardsworth ve Keil (2011) tarafından hazırlanan çalışma ayrıntılı bilgi verir [12]. Bahsi geçen yaklaşımlar işlevselcilik, yapısalcılık ve gelişimsel yaklaşımdır.

İşlevsel yaklaşım toplumu ve toplumsal tüm sistemleri canlı bir organizma ya da bir makine olarak düşünmektir. Canlı sistem sürekli değiştiği, makinelerin ise sürekli eskidiği bilindiğine göre sadece tanımdaki analogiden bile işlevselciliğin ne kadar eleştiriye açık olduğu görülebilir. Yine de işlevselciliğin egemen olmasa da birçok olguyu ve olayı anlamak için faydalı bir yaklaşım olduğu düşünülebilir. İşlevselci yaklaşımın gıdayla bağına dair üç soru sorulur. Bunlardan birincisinde gıdaya ait iki ana sürecin, üretim ve tüketimin, hali hazırda işleyen sosyal sistemin neresinde ve ne büyüklükte ve ne hızda bir çark olduğunu düşünmek istenir. Bu hem işlevselciliğin kuramsal zeminini tanımaya hem de eleştirel gıda çalışmalarında ele alınabilecek onlarca probleme işaret eder. İkinci soruda gıda temininin ve tüketim biçimlerinin işlevi, farklılıklardan; sınıflardan, beslenerek sorgulanır. Üçüncü soru işlevsel olmayan süreçleri sorgular. Buradaki işlev dışılık sosyal sisteme hizmet etmemek mi yoksa edememek midir? İşlevselci yaklaşımla hazırlanmış birçok örnekten bahsedilir. Örneğin tarlada beraber çalışmak sosyal bağlılığın katalizörüdür.

Yapısalcı yaklaşım dildir. İşlevselcilerin makineyi parçalarına ayırıp bakma yaklaşımlarının yerine yapısalcılar en küçük dişlinin çıltz sesini duymak için makineye kulaklarını dayarlar. Bir kez bu sesi duyabilirlerse sadece parçayı değil tüm mekanizmayı da tanımış olurlar. Gıdaya dair en önemli kavramsallaştırmalarından birisi gusteme (gustatory ve phoneme) de bir yapısalcı olan Strauss tarafından yapılır. Tatbirim olarak Türkçeleştirilir. Bu birim üzerinden birçok yapının çözümlenebileceği görüşü, insanın mutfak uygulamalarına bilincini yansıttığını varsaymaktan ileri gelir. Yapısalcıların çalışmalarının en bilinenlerinden birisi, yine Strauss tarafından oluşturulan ve geliştirilen mutfak üçgenidir. Çiğ olan doğaldır ya da bozular. Pişmiş olan kültürel ama bozulabilir. İlerleyen süreçte mutfak üçgeni sosyologlar tarafından (örneğin karşılaştırmalı sosyoloji adını verdiği bir yöntemle çalışan Jack Goody tarafından) hem hayranlıkla karşılanacak hem de sosyal gelişimi ve değişimi hesaba katmadığı için-örneğin steak tartare gibi çiğ yenilen lüks gıdaları ve bu gıdaların toplumsal göstergesini düşünmediği için, eleştirilecektir. Yapısalcıların ilgi çekici çalışmalarıyla tanınan diğer bilim insanlarına Mary Douglas ve Roland Barthes örnek olarak gösterilebilir.

Alanın üçüncü yaklaşımı gelişimsel yaklaşımdır. Bu yaklaşımın yapısalcı yaklaşımı yoğun eleştirilere tabi tutan bilim insanları (Stephen Mennell) ortaya çıkarıldığı söylenebilir. Temel olarak gelişimsel yaklaşım iki hususa dikkat çeker. Birincisi yapısalcılar düşünce biçimlerini statik tutmuş, sosyal değişimleri, damak tadındaki geçmişten bugüne oluşan farklılaşmayı dikkate almamışlardır. Bu nedenle çalışmaları yetersizdir. İkinci önemli nokta ise statik düşünmemek ve değişimi/gelişimi gözden kaçırmamak için incelenecek olay, olgu ya da topluluklar mutlaka geçmişleriyle birlikte ele alınmalıdır.

Gıda Çalışmalarının Disipliner Türü: Disiplinlerarasılık

Disiplinlerin belirgin sorulara cevap aramaları, belirgin yöntemler ve yaklaşımlar kullanmaları ve ilgili kuruluşlar ve yayıncılarla kendilerine ait bir düşünce sahası oluşturmaları beklenir [13]. Disiplin olmanın temel şartları budur. Disiplinlerarasılık ise çalışılacak problemleri ve düşünce sahası kendisine ait olmak kaydıyla, diğer tüm disiplinlerden yöntem ve yaklaşım tedarik edebilen bir disiplin türüdür. Gıda çalışmalarının disiplinler özelliğini/türünü anlamak için yine Koç vd. (2017)'nin çalışması ayrıntılı çıkarımlar sunar [14]. Çalışmada 19 ve 20.yy'da kendi bölgelerini oluşturup işaretleyen birçok disiplin olduğu anlatılır. Disiplinlerarasılık ise doğurulan ya da oluşturulan olarak değil doğan/ortaya çıkan bir kavram olarak tanımlanır. Bu noktada gıda çalışmalarının da bir disiplin olarak doğmasının ilanının erken olduğu, disiplinlerarasılık durumunun devam ettiği söylenir. Kimileri için disiplinlerarası olmak kutsanası bir özgürlük ve güç alanı iken, kimileri için açık ve net analitik düşünceden uzak, zayıf bir kavramdır. Çalışmada yapılan bir tanım gıda çalışmaları için ele alınırken de düşünce sisteminden ziyade konu başlıkları öne çıkarılır ve alan hakkında disiplin olmaktan farklı ya da disiplinlerin toplamı denir. Önceleri gıda çalışmalarının gıda endüstrisinin gelişimi için yapıldığı ve böyle devam edildikçe bir disiplin olarak hali hazırda

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

görülebileceği belirtilir. Bu diğer sosyal bilimlerden verilen bir rüşvettir. Ancak hali hazırda çalışma problemlerini belirlemiş olan alan, günümüzde çok sayıda organizasyon, dergi ve diğer materyallerin de varlığıyla hem disiplinlerarası hem de çoklu disiplinler özelliğini, başka disiplinlerin boyunduruğuna girmek zorunda kalmadan, kazanmıştır.

Gıda Çalışmalarının Baskın Yaklaşımı: Eleştirel Düşünce

Alanda kavramsal tarih, politik ekonomi, kültürel antropoloji, karşılaştırmalı sosyoloji, dilbilim ve analogi de çalışılsa ya da alanda çalışanlar farklı yaklaşım ve düşünce biçimleri hakkında iç kontrol çalışmaları da yapsa baskın düşünce sistemi gözle görülür biçimde tektir ve bu düşünce biçimine eleştirel düşünce/yaklaşım adı verilir. Gıda çalışmalarında eleştirel düşünce her konu, yaklaşım ya da metodun zeminini oluşturur. Bir kez daha Koç vd. (2017)'nin çalışmasına bakılacak olursa, eleştirel düşünce hakkında ayrıntılı bilgi elde edilebilir [15]. Çalışmada geçen bilgilere göre, günlük kullanımda eleştiri kavramının açık bulmak anlamında kullanıldığından, bilimsel anlamda ise dört temel soruya dayanan bir düşünce sistemi oluşundan bahsedilir. İlk soru şudur: argüman kanıt mı yoksa ön yargıya mı dayalıdır? Saha çalışmaları ve deneysellik bu açıdan önemlidir. Gerçekten sadece ekolojik tarım yaparak açlık bitirilebilir mi? İkinci sorgulama gündelik normal kabullendiren baskın ideolojinin arka planları hakkındadır. Bir kent rutini olan sabah kahvesinin kahve plantasyonunda çalışan işçiden ayrı düşünülmesi mümkün müdür? Üçüncü sorgulama güç ve dinamikleri üzerinedir. Gıdaya erişimi engelleyen gücü kim nasıl elde etmiş, nasıl kullanmaktadır ve bu güç el değiştirebilir mi? Dördüncü sorgulama araştırmacının yaptıktan sonra yaptırmaya da çalıştığı öncelikle içsel bir sorgulamadır: Sosyal değişim mümkün müdür? Eleştirel gıda çalışmalarının bu sorgulamaları yaparken sadece olgunlaşan bir literatürü şişirmede ve gündelik insan problemlerinin yakasından sıkı sıkı tuttuğu açıkça görülebilir. Diğer yandan alanın birden çok yaklaşıma sahip olarak çeşitlenmesini sağlayan da eleştirel düşüncedir. Örneğin Jack Goody [16] ve Stephen Mennell [17] yapısalcılarının çalışmalarına birçok soru yönelterek karşılaştırmalı sosyoloji ve gelişimsel yaklaşım adını verdikleri, daha güvenilir ve geçerli olduğunu öne sürdükleri, yaklaşımlar geliştirmiştir.

SONUÇ YERİNE

Bu çalışmada okuyucuya gıda çalışmaları olarak adlandırılan bir sosyal bilim alanının tarihsel gelişimi hakkında ve alanın iç dinamikleri olarak kabul edilebilecek disiplinler özellik, temel yaklaşımlar, baskın düşünce sistemi ve konular/sorunsallar alt başlıklarında genel kavramsal bilgi verilmeye ve bir akademik çalışma alanı tanıtılmaya çalışılmıştır. Bu doğrultuda çalışmada alanın belli başlı araştırmacılarından, onların yaklaşımlarından ve çalışma konularından kısaca bahsedilmiştir.

Gıda çalışmaları alanına genel bakışta disiplinlerarası nitelik ve eleştirel düşünce göze çarpar. Toplumun gıda sistemleri içerisindeki tüm sorunları alanın çalışma sorunsallarını oluşturur. Gıda/yemek/içecek maddeleri, bu alan özelinde, bir madde olmaktan çıkarılır ve kavramsallaştırılarak toplumun tanınmasının, sorunlarının tespit edilmesinin ve çözülmesinin birer göstergesi, yardımcı kaynağı haline gelir.

Alanın literatürü antropolojik/kültürel mikro çalışmalarla oluşmaya başlamıştır. Bu çalışmalar ileride sosyologlar tarafından statik kalmakla, kişisel görüş ağırlıklı olmakla ve toplumsal bütünlüğü geçmiş ve bugün arasında bağ kurmadan incelemekle eleştirilmiş; literatürdeki yapısal ve işlevselci yaklaşımın yerini gelişimsel, karşılaştırmalı ve eleştirel çalışmaların almasını sağlamıştır.

Alanın eksik noktası olarak düşünülen ve gelecek çalışmalar için bir öneri olabilecek konu ise şudur: Gıda çalışmaları Avrupa ağırlıklı bir literatüre sahiptir ve bu coğrafya olabildiğince genişletilerek çalışma alanının sınırlarının genişletilmesi gerekmektedir [18].

KAYNAKLAR

[1] Koç, M., Sumner, J. ve Anthony, W., *Critical Perspectives in Food Studies*, Introduction: The Significance of Food and Food Studies, Don Mills, Oxford University Press, 2016.

[2-5-14-15] Koç, M., Bancarz, M. ve Speakman, K., *Critical Perspectives in Food Studies*, Introduction: The Interdisciplinary Field of Food Studies, Don Mills, Oxford University Press, 2017

[3-17] Özgören Kınılı, İ., Stephen Mennell'in Yemek Sosyolojisine Katkıları, *İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Dergisi*, 40(1): 419-441, 2020.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- [4-11-18] Yenal, N.Z., Bir Araştırma Alanı Olarak Yeme-İçmenin Tarihi ve Sosyolojisi, *Toplum ve Bilim*, 71, 195-225, 1996.
- [6] Levi-Strauss, C., *The Origin of Table Manners*, Introduction to a Science of Mythology: 3, London, Jonathan Cape, 1978.
- [7] Barthes, R., *Çağdaş Söylenler*, (Çev. Tahsin Yücel), İstanbul, Hürriyet Vakfı Yayınları, 1990.
- [8] Douglas, M., *Mary Douglas Collected Works, Constructive Drinking: Perspectives on Drink from Anthropology*, New York, Routledge, 2003.
- [9] Appadurai, A. How to Make a National Cuisine: Cookbooks in Contemporary India, *Society for Comparative Study of Society and History*, 1988.
- [10] Bourdieu, P. *Ayrim: Beğeni Yargısının Toplumsal Eleştirisi*, (Çev. Derya Fırat, Günce Berkkurt), Ankara, Heretik, 2015.
- [12] Beardsworth, A., Keil, T., *Yemek Sosyolojisi*, (Çev. Abdülbaki Dede), Ankara, Phoenix, 2011.
- [13] Seyitoğlu, F., Çalışkan, O., Akademik Disiplin Olarak Gastronomi: Kavramsal Bir Çalışma, *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 15 (3), 523-537, 2018.
- [16] Goody, J., *Yemek, Mutfak, Sınıf: Karşılaştırmalı Sosyoloji Çalışması*, (Çev. Müge Günay Güran), İstanbul, Pinhan Yayıncılık, 2013.

ÜÇ EKSENLİ ENDÜSTRİYEL BİR ROBOT KOL İÇİN MODAL ANALİZİ VE HARMONİK TİTREŞİM ANALİZİNİN İNCELENMESİ

Savaş KOÇ* ve İdris ŞANI**

*Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN

e-posta: savas.koc@batman.edu.tr

** Mardin AFAD İl Müdürlüğü, 47100 MARDİN

e-posta: idrissani1986@gmail.com

Özet: Robot kollarda esas hareketi gerçekleştirerek ağırlığı taşıyan eksenlerden oluşan üç eksenli bir endüstriyel robot kolun katı modellemesi tasarlanmıştır. Tasarlanan modelin analiz sonuçlarının elde edilmesi için robot kolun katı modellemesi ANSYS analiz programına taşınmıştır. Analiz programı üzerinde modal analiz ve harmonik titreşim analizleri gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan robot kolun farklı iki şekilde tahrik edilmesi ile çalıştırılmaktadır. Lineer aktüatör hareketini oluşturan vidalı mil tahrik sistemi ile robot kolun dönme noktalarına tork oluşturacak şekilde tahrik edilmesi sonucunda tahrik sistemi belirlenmiştir. Bu tahrik sistemiyle çalışan robot kolun ayrı ayrı analizleri gerçekleştirilerek sonuçlar elde edilmiştir. Robot kolun bu şekilde tahrik edilmesiyle model üzerinde oluşan deformasyonlar incelenmiştir. Bu analizlerin yapılmasıyla robot kolun yapısal açıdan incelenmesi imkanı sağlanmıştır. Bu tahrik yöntemi için yapılan zorlanmış harmonik analizlerde farklı dış kuvvetlere maruz bırakılan sistemin rezonans durumu incelenerek belli kritik frekanslarda genliğe bağlı deformasyon ile stres değerleri elde edilmiştir. Stress değerleri, farklı modlardaki frekans değerleri baz alınarak kritik frekanslardaki genliklerde oluşan deformasyon ve stress değerleri için analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde robot kolun rezonansa kalmadığı ve yapısal olarak çalışmasının önünde bir engel olmadığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel robot kol, Modal analiz, Vidalı mil Aktüatör,.

INVESTIGATION OF MODAL ANALYSIS AND HARMONIC VIBRATION ANALYSIS FOR A THREE-AXIS INDUSTRIAL ROBOT ARM

Abstract: A solid model of a three-axis industrial robot arm, which consists of axes carrying the weight by performing the main movement in the robot arms, is designed. In order to obtain the analysis results of the designed model, the analysis conditions were obtained by transferring it to the ANSYS analysis program. Modal analysis and harmonic vibration analysis were performed on the analysis program. The drive system was determined as a result of creating torque to the rotational points of the robot arm with the ball screw drive system, which creates the linear actuator movement. The results were obtained by performing separate analyzes of the robot arm working with this driven system. The deformations that occur on the models by driving the robot arm in this way were examined. By making these analyzes, it was possible to examine the robot arm from a structural point of view. In the forced harmonic analyzes made for this drive method, the resonance state of the system exposed to different external forces was examined and stress values with amplitude-dependent deformation at certain critical frequencies were obtained. Stress values were analyzed for deformation and stress values occurring at amplitudes at critical frequencies based on frequency values in different modes. When the analysis results were examined, it was determined that the robot arm did not stay in resonance and there was no obstacle in front of its working structurally.

Keywords: Ball screw actuator, Industrial robot arm, Modal analysis.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

1. GİRİŞ

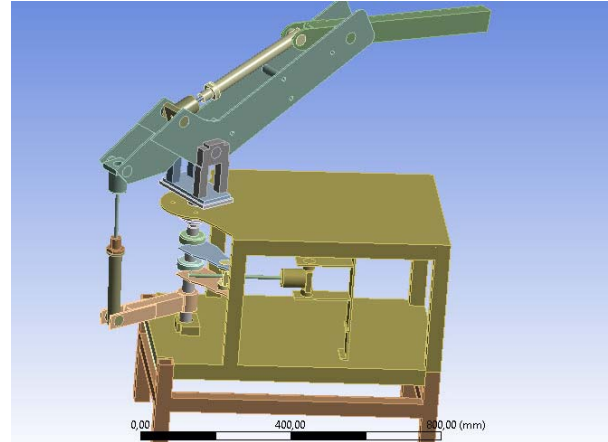
Endüstriyel robotik kollar yaptıkları hareketlerde fazla yüke maruz kalırlar. Robotik kollardaki mafsalların ani yön değiştirmedeki momentleri, kol ağırlığından kaynaklı atalet momentleri ve aniden yük bindirilmesi veya yük azaltılması sonucundaki hareketler robotik kolun çalışması sırasında istenmeyen titreşimlere sebebiyet verebilir. Bunun yanı sıra tahrik elemanın kendisi de titreşimlere neden olabilmektedir [1]. Robot kollarda oluşan bu titreşimlerin önlenmesi amacıyla farklı çalışmalar yapılmaktadır. Hareketin olduğu her sistemde olduğu gibi robot kollarda da titreşimlerin gerçekleşmesi söz konusu olabilir. Buna rağmen bilimin bu yöndeki çalışmaları robot kollarda oluşan titreşimleri tamamen ortadan kaldırmanın mümkün olmadığı düşünülse bile bu durumu iyileştirme çalışmaları sürekli olarak devam etmektedir. Genellikle titreşim kontrolü yöntemleriyle bu titreşimler olabildiğince minimum seviyeye getirmek istenmektedir. Bunun en az seviyeye indirgenerek iş kalitesini yükseltmek ve istenilen işin daha hassas bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Robot manipülatörlerin bir noktadan diğer bir noktaya hareketi ile ani olarak durması sonucunda doğal titreşimler meydana gelmektedir. Doğal frekansı yüksek olması beklenen robot manipülatörlerde rijit yapıya sahip olmalarından dolayı düşük seviyede kalmaktadır[2] (Kant, 2009). Bu amaçla yapılan çalışmalarda genellikle esnek uzuvların kullanılması tercih edilmektedir. Esnek, ince ve uzun uzuvların ağırlıkları azaltıldığında ataletlerinden kaynaklanan titreşimler azaltılırken esnekliğinden kaynaklanan titreşimler ise artmaktadır. Diğer alanlarda olduğu gibi endüstri açısından da bakıldığında zaman robot manipülatörlerin artık titreşimleri istenmeyen durumlardır. Manipülatörlerin modellemeleri yapıldığında istenilen hareketlerin yapılmasında kullanılacak hareket profilleri seçiminden sonra uygun titreşim kontrolcü tasarlanmalıdır[3] (Malgaca ve ark., 2013). katı modeli oluşturulan robotik bir manipülatöre 1000 N'luk kuvvet X, Y ve Z eksenlerinde sırasıyla uygulanmıştır. Katı model, sonlu elemanlar yöntemi ile önce mesh işlemi gerçekleştirilmiş, daha sonra modal analiz ile 11 mod şeklinde incelendikten sonra FFR (forced frequency) analizi, stress analizi, yer değiştirme (deflection) analizi ve en son olarak yapının rezonans durumu incelenmiştir. Katı model üzerinde gerçekleştirilen FFR analizleri neticesinde rezonans durumu incelenmeye çalışılmış ve yapının herhangi bir rezonansa maruz kalmadığı tespit edilmiştir [4](Armağan ve ark.).

Bileşen yüksek oranda üç boyutlu bir şekle sahip olduğunda deneysel mod analizi zordur, çünkü doğru

konumlandırma ile çok sayıda ölçüm noktasına ihtiyaç duyulur. Yapısal dinamiklerin robotların performansı üzerinde önemli bir etkisi olabilir. Modal Analiz, bir yapının dinamik davranışını analiz etmek için kullanılan köklü bir anahtar araçtır[5]bayraktar. Bir robot manipülatörü, mafsallar ve dişliler arasındaki gövde bağlantıları gibi mekanik yapılardan ve motorlar ve bunların kontrol sistemi gibi mekatronik bileşenlerden oluşur. Robot kolunu oluşturan tüm alt bileşenlerin dinamik davranışı ayrı ayrı iyi anlaşılmalıdır. Bununla birlikte, tüm robot sisteminin dinamik davranışı üzerindeki etkileri hala bir araştırma konusudur[5-6].

2. MATERYAL ve METOD

Endüstriyel robot kollarda esas hareketi gerçekleştiren ve ağırlığının çoğunu taşıyan eksenler ilk üç eksen olarak tanımlanmaktadır. Bu eksenlerden birinci eksen robot kolun kendi etrafında dönmesini gerçekleştirirken ikinci ve üçüncü eksenlerde root kolun aşağı ve yukarı doğru hareketlerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada analiz için kullanılan robot kolun modellemesi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. endüstriyel robot modeli

Object Name	Analysis Settings
State	Fully Defined
Options	
Max Modes to Find	6
Limit Search to Range	No
Solver Controls	
Damped	No
Solver Type	Program Controlled
Rotordynamics Controls	
Coriolis Effect	Off
Campbell Diagram	Off
Advanced	
Contact Split (DMP)	Off
Output Controls	
Stress	Yes
Surface Stress	No
Back Stress	No
Strain	Yes
Contact Data	No
Nodal Forces	Constrained Nodes
Volume and Energy	No
Euler Angles	No
Calculate Reactions	Yes
Store Modal Results	Program Controlled
General Miscellaneous	No
Result File Compression	Program Controlled

Şekil 2. Modal analiz ayarları

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

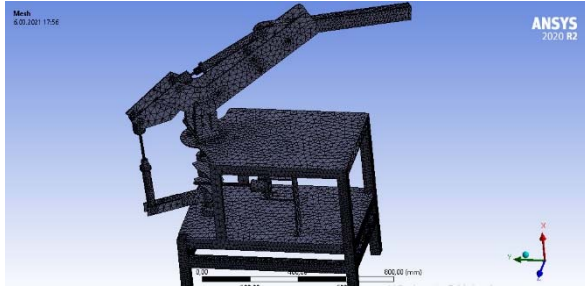
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Modal analizde yapının deformasyonu açısından 6 mod şeklinde incelenmiştir. Modal analiz yapılması amacıyla Şekil 2'de gösterilen ayarlar kullanılmıştır. Modal analizde esas hedeflenen yapı üzerinde herhangi bir dış kuvvet olmaksızın yapının doğal titreşim analizi elde edilmeye çalışılmaktadır. Böylece sisteme ait titreşim karakteristik özelliklerini deneysel olarak elde edilmiştir.

2.1. Mesh İşlemi

Mesh işlemi, analiz sonuçlarının tutarlı bir şekilde elde edilebilmesi için önemli faktörlerden birisi olduğu söylenebilir. Mesh işlemi bir nevi analiz için kontrol edilecek yapının sayısal değer cinsinden incelenmeye ortam hazırlamaktadır. Bu sayede yapı küçük elemanlara bölünerek incelenmesi gerçekleştirilir.



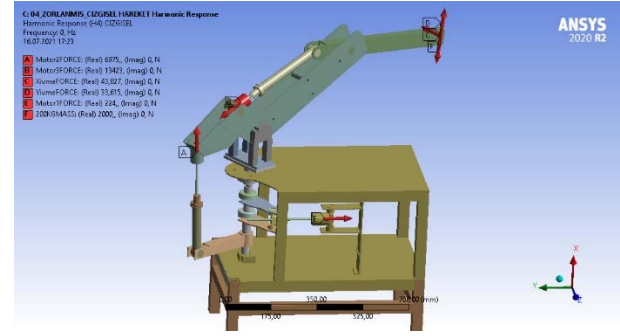
Şekil 3. Mesh İşlemi yapılan model

Analizi yapılan robot manipülatöre mesh işlemi, workbench ara yüzündeki mesh bölümünde bulunan sizing mesh türü default ayarında uygulanmıştır. Yapılan sizing mesh sonucunda, robot manipülatörün gövdesi ve tüm eklemeleri üzerinde toplam olarak 193754 nokta oluştuğu ve 85831 elemana ayrıldığı görülmüştür. Elemanlar arasındaki mesafe ise 15 mm olarak belirlenmiştir.

2.3. Modal Analizi

Bu analiz için linear contact grubu seçilerek uygulanmıştır. Robot kolun alt taraftan yer ile teması olacak şekilde her dört ayağından sabitlenmiştir. Sistemde incelenmek istenilen en kritik bölge olarak görülen robot kolun en uç bölgesidir. Sistemin serbestlik derecesi sayısı kadar farklı tipte titreşim modu bulunmaktadır. Her bir moda ait bir doğal frekans oluşmaktadır. İncelenen robot kol, üç serbestlik derecesine sahip bir sistem olması sebebiyle sistemde üç ayrı step motor yerleştirilmiştir. Bu motorların her birinin dönme hızı 500 dv/dk'dır. Bu dönme hızını frekans değeri ise 8,33 Hz olarak hesaplanmıştır.

2.4. Harmonik Titreşim Analizi



Şekil 4. Harmonik titreşim için kullanılan model

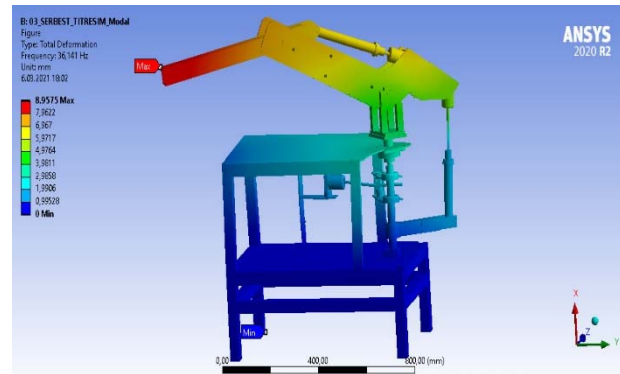
Robot kolun hareketi esnasındaki ivme değerlerinin tespiti sonrasında harmonik titreşim hız analizi için Şekil 4'de gösterilen model üzerindeki değerler kullanılmıştır. Dış kuvvet olarak gösterilecek olan kuvvetleri, robot kolu uç kısmına ne kadar yük bindirileceği tespit edilmiştir. Bu yükler harmonik titreşim çizgisel hız analizi için bir dış etki şeklinde remote force olarak sınır şartları belirlenmiştir.

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Modal analiz yapılırken toplam 6 mod şeklinde değerler verilerek analiz yapılmıştır. Tablo 1'de 6 mod için kullanılan frekans değerleri verilmiştir.

Tablo 1. Deformasyon için kullanılan Modlar

Mod	Frekans (Hz)
1. Mod	36,141
2. Mod	51,197
3. Mod	78,295
4. Mod	89,014
5. Mod	100,86
6. Mod	115,56



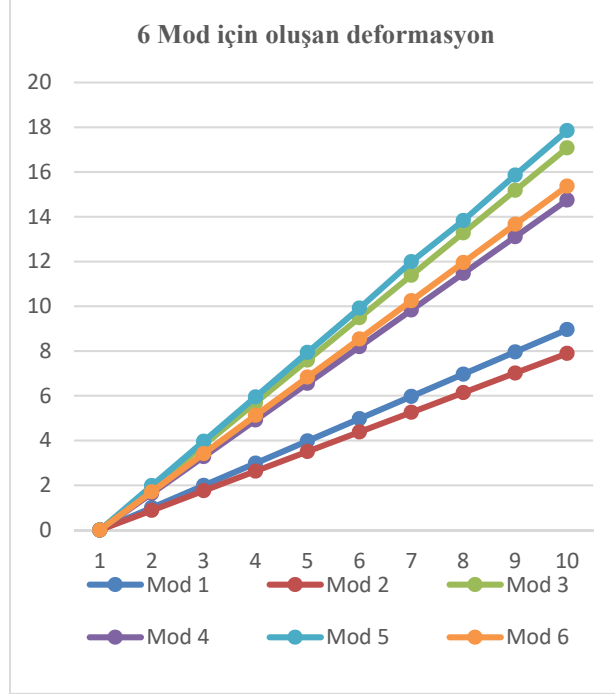
Şekil 4. Modal analiz sonucu

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Uygulanan modal analizde toplam deformasyon yoğunluğunun robot kolun uç kısmında oluştuğu gözlemlenebilmektedir. Bu sonuç robot kol sisteminin iskelet yapısı durumu göz önüne alındığında bu beklenen bir durumdur.



Şekil 5. 6 modda oluşan deformasyon

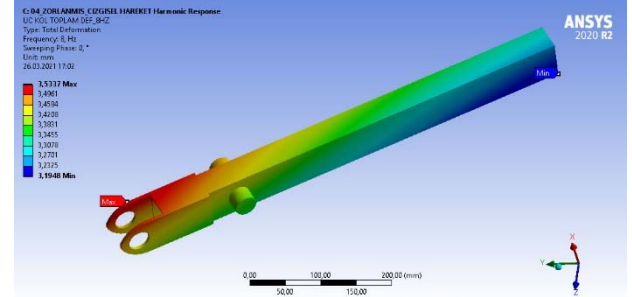
Şekil 5'de gösterilen grafikte Robot kol 1. mod değeri olan 36,141 frekansta yaklaşık 9 mm maksimum uzamaya neden olmuştur. 6. mod değeri olan 115,56 frekansta ise maksimum uzama değeri 15 mm yi aştığı görülmektedir. Bu değerler bizlere bu sistemde meydana gelen serbest titreşim sonucunu hem sayısal değer hemde görsel olarak sunmaktadır. Daha önce elde edilen motorların oluşturduğu titreşim frekansı oranı olan 8 Hz ile modal analizin sonucunda oluşan frekans değerleri içerisinde en yakın frekans değeri 36,141 elde edilmiştir. Bu değerlerin birbirinden uzak olduğu ve rezonans durumunun gerçekleşmesi ihtimalinin oluşmayacağı değerlendirilebilir.

3.1. 3. Eksende Toplam Deformasyon ve Stress

Harmonik analiz olarak gerçekleştirilen çizgisel ve açılmalı hareket analizler, robot kolun uç kısmında bu analizler sonucunda 8 Hz frekansında deformasyona ve stresse bağlı oluşan genlikler incelenmiştir.

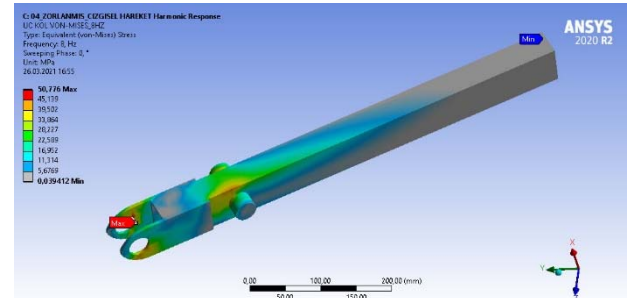
Şekil 6'da gösterilen 3. Eksene ait harmonik analizi sonucunda 8 Hz frekansta uç kolda meydana gelen toplam deformasyonu gösterilmiştir.

analizi sonucunda maksimum deformasyon oranı 3,53 mm olarak ölçülmüştür. Analiz sonucunda kolun mile bağlı olduğu kısımda maksimum değer oluşurken minimum değer olarak da kolun uç kısmında ölçülmüştür.



Şekil 6. 3. eksende oluşan deformasyon

Von mises stress türü, sisteme etkiye bulunan bir kuvvet sonucunda sistemde oluşabilecek plastik şekil değişiminin tespiti yapılması amacıyla elde edilen bir değerdir. Şekil 7'de 3. eksene ait zorlanmış hareket analizinin 8 Hz frekansta uç kolda meydana gelen stress (Von-mises) gösterilmiştir. Analiz sonucunda oluşan maksimum değer 50,776 MPa olarak ölçülmüştür.

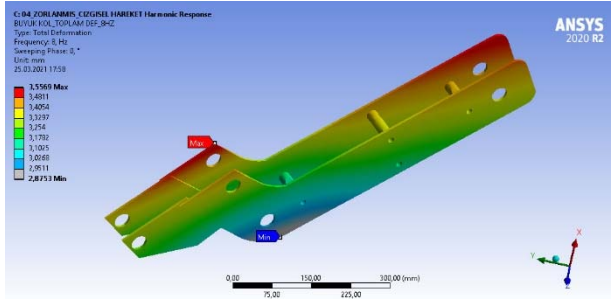


Şekil 7. 3. eksende oluşan toplam stress

3.1. 2. Eksende Toplam Deformasyon ve Stress

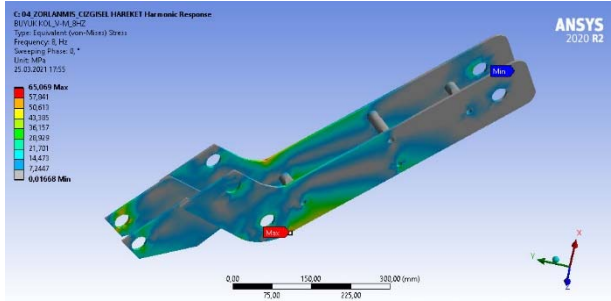
Şekil 8'de robot kolun orta kısmında bulunan ikinci eksende zorlanmış hareket analizinde 8 Hz frekansta oluşan maksimum toplam deformasyon genlik oranları görülmektedir. Analiz sonucunda oluşan yüksek deformasyon kolun uç tarafında da yoğunluk göstermesi ile beraber maksimum değeri kolun alt kısmında kendini göstermiştir. Deformasyon açısından hareket sonucunda maksimum değer 3,5569 mm olarak ölçülmüştür.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



Şekil 8. 2. ekseninde oluşan toplam deformasyon

Şekil 9'da 8 Hz frekansta stress'e bağlı maksimum stress değerleri gösterilmiştir. Hareket analizinde toplam stress oranı 65,069 Mpa olarak ölçülmüştür.



Şekil 9. 2. Ekseninde oluşan toplam stress

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Endüstriyel robotlar gibi rijit cisimlerin yapısının incelenmesi amacıyla analiz programları kullanılmaktadır. Analiz programlarına eklemek amacıyla katı modelleme programlarında mekanizma veya robot tasarlanmaktadır. Çalışma şartları, sınırların belirlenmesi ve bindirilecek tahmini yükün tanımlanması için analiz programındaki uzuvların ve jointlerin özellikleri tanımlanmaktadır. Bu hareketlerin belirlenmesiyle program üzerinde sonuçlar alınarak grafikler oluşturulmaktadır. Bu çalışmada yapılan modal analiz ve harmonik titreşim analizi sonuçlarını incelediğimizde daha çok gerilmenin yük bindirildiğinde dönme eksenini oluşturan mafsallarda olduğu gözlemlenmiştir. Yaklaşık 8 Hz frekans baz alınarak 6 farklı modda analiz sonuçları alınmıştır. Analiz sonuçlarını incelediğimizde en fazla deformasyonun mod 5 için yapılan analiz sonucunda ölçülen 18 mm olduğu gözlemlenirken en az deformasyonun ise mod 2 için yapılan analiz sonucunda ölçülen 8 mm olarak bulunmuştur. Yapılan analizlerde yapının frekansının doğal frekanstan uzak olduğu ve bu değerlerden yola çıkarak bu robot kol mekanizmasının rezonansa kalmadığı gözlemlenmiştir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Şani, İ., Endüstriyel bir robotun farklı tahriklerde oluşan titreşimlerin ölçülmesi ve karşılaştırılması. Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Batman, 2021
- [2] Kant, Y., Bir robot manipulatörün bilgisayar destekli mühendislik araçları ile çalışma uzayı analizi, Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 2009.
- [3] Malgaca, L., Akdağ, M., Karagülle, H., Yavuz, Ş., Üç Eksenli Seri Esnek Manipulatörün Titreşim Analizi. 16. Ulusal Makine Teorisi Sempozyumu UMTS 2013, Erzurum, 282-287, 2013
- [4] Armağan, E., Ayhan, O., Yannier, S., Erbatur, K., Yeşilyurt, S., Göktuğ, G., İki Eksenli Scara Robotun Modellenmesi ve Statik, Dinamik, Titreşim Analizleri – 2, *Türkiye'de ve Dünya'da Otomasyon*, 120-125, 2004.
- [5] Gürgöze, G. ve Türkoğlu, İ., Kullanım Alanlarına Göre Robot Sistemlerinin Sınıflandırılması . *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* , 31 (1) , 53-66, 2019.
- [6] Bayraktar, A. , Türker, T. , Altunışık, A. C. , Sevim, B. , Şahin, A. , Şahin, A., Özcan, D. M., Binaların Dinamik Parametrelerinin Operasyonel Modal Analiz Yöntemiyle Belirlenmesi . *Teknik Dergi* , 21 (104) , 5185-5205, 2010

VİDALI MİL TAHRİKLİ 3 EKSENLİ ENDÜSTRİYEL BİR ROBOT KOL İÇİN HAREKET ANALİZİNİN İNCELENMESİ

Savaş KOÇ* ve İdris ŞANİ**

*Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN

e-posta: savas.koc@batman.edu.tr

** Mardin AFAD İl Müdürlüğü, 47100 MARDİN

e-posta: idrissani1986@gmail.com

Özet: Robot kollarda esas hareketi gerçekleştirerek ağırlığı taşıyan eksenlerden oluşan üç eksenli bir endüstriyel robot kolun katı modeli tasarlanmış ve hareket analizini gerçekleştirmek için robot kol ANSYS programına taşınmıştır. Hareket analizini gerçekleştirmek amacıyla robot kolun uç noktasına 200 kg ağırlık yerleştirilmiştir. Vidalı milli aktüatörler, lineer aktüatörlerin hareketine benzer hareketler yaparak döndürme noktalarında tork oluşturacak şekilde montajı gerçekleştirilmiştir. Öteleme hareketi yapacak şekilde tahrik oluşturan vidalı millerin uygulandığı noktalara kuvvetler yerleştirilmiştir. Robot kolun hareket yaparak istenilen noktaya gidebilmesi için eksenlerin kaç derece dönmesi gerektiği tahmin edilmiştir. Eksenleri oluşturan kolların dönmesini gerçekleştirecek vidalı milin ne kadar ilerleme yapması gerektiği hesaplanmıştır. Analiz programı üzerinde hareket anında üç eksenli tahrik eden ve kuvvet noktalarında oluşan öteleme kuvvetindeki değişimi belirleyen grafikler elde edilmiştir. Ayrıca robot kolun uç noktasında oluşan ivme grafikleri çizdirilmiştir. Elde edilen bu değerlerden yola çıkılarak vidalı mil tahrikli bir robot kolun diğer robot kollara göre avantajları ve dezavantajları belirlenerek yorumlanmıştır. Öteleme hareketi gerçekleştiren vidalı mil tahrikli aktüatörlerin diğer tahrik sistemlerine göre daha az motor torkuna ihtiyaç duyduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel robot kol, Hareket analizi, Vidalı mil Aktüatör.

INVESTIGATION OF MOTION ANALYSIS FOR 3 AXIS INDUSTRIAL ROBOT ARM WITH BALL SCREW DRIVEN

Abstract: A solid model of a three-axis industrial robot arm consisting of axes carrying the weight by performing the main movement in the robot arms was designed and the robot arm was transferred to the ANSYS program to perform the motion analysis. In order to perform the motion analysis, a weight of 200 kg was placed at the end of the robot arm. Screw shaft actuators are assembled in a way that creates torque at the turning points by making movements similar to the movement of linear actuators. Forces are placed at the points where the screw shafts that act as a translational movement are applied. It is estimated how many degrees the axes should rotate in order for the robot arm to move to the desired point. It has been calculated how much advance the ball screw, which will realize the rotation of the arms forming the axes, must make. On the analysis program, graphs that drive the three axes at the time of motion and determine the change in the translational force at the force points are obtained. In addition, acceleration graphs formed at the end of the robot arm were drawn. Based on these values, the advantages and disadvantages of a screw shaft driven robot arm compared to other robot arms were determined and interpreted. It has been determined that ball screw driven actuators that perform translational movement require less motor torque than other drive systems.

Keywords: Ball screw actuator, Industrial robot arm, Motion analysis.

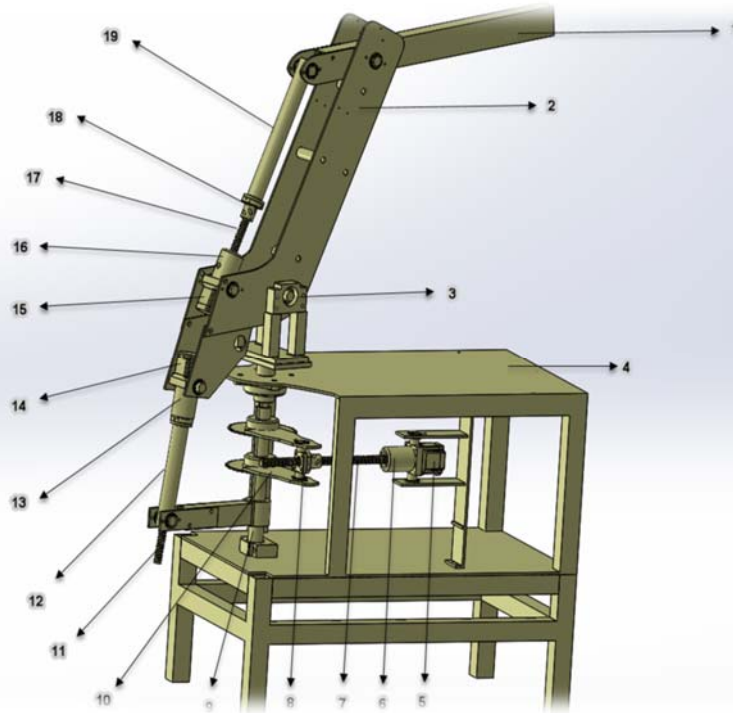
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

1. GİRİŞ

Dünya teknolojilerinin öncü alanlarından biri olan robot sanayii; Metalürji, Otomotiv, Elektrik-Elektronik, Gıda, Porselen ve Sağlık gibi sektör kollarında oldukça yaygın ve hızlı bir şekilde gelişmeye devam etmektedir [1]. Robotların üç temel görevi olduğunu dile getiren robotik bilimene göre, robotların etrafındaki materyallere hassasiyeti olup farkındalık oluşturabilmeleri, aktarılan bilimsel bilgiyi zamana yayıp değerlendirebilmeleri ve kendi uzuvlarını kendi kararlarıyla hareket ettirebilme kabiliyetleri kullanılarak bazı fonksiyonların (istekleri) yerine getirebilmeleri gibi görevler olarak sıralanabilir [2]. Robotlar, yakın zamanda gelişen teknoloji ile beraber daha akıllı ve esnek olmakla beraber spesifik görevlerde yer alabilecek seviyeye gelmek için günümüzde uygun ortam şartlarına sahip hale gelmiştir [3]. Robotik ekonomisinin fazla gelişmesi ile beraber bazı insan gücüne dayalı işlerin büyük bölümü ortadan kalkacaktır [4]. Manipülâtör sistemler yani başka bir deyişle robot kol sistemleri tasarım sınıfları açısından hibrit, paralel ve seri olarak ele alınmaktadır [5]. Endüstriyel robotik sistemlerinde kullanılan manipülâtör, uç etkileyici, kontrol sistemi, slider ve pozisyoner gibi alt sistemlerdeki gelişmeler sayesinde endüstriyel robotların yeni nesli olarak adlandırılan işbirlikçi robotlar daha yoğunlukla kullanılmaya başlanmıştır.

Katı modeli oluşturulan robotik bir manipülâtöre 1000 N'luk kuvvet X, Y ve Z eksenlerinde sırasıyla uygulanmıştır. Katı model, sonlu elemanlar yöntemi ile önce mesh işlemi gerçekleştirilmiş, daha sonra modal analiz ile 11 mod şeklinde incelendikten sonra FFR (forced frequency) analizi, stress analizi, yer değiştirme (deflection) analizi ve en son olarak yapının rezonans durumu incelenmiştir [6]. oluşturulan katı cisim bilgisayar destekli hareket kontrol sisteminin kablosuz şeklinde titreşim ölçümünü sonlu elemanlar yöntemi ile gerçekleştirmiştir. Abaqus programı yardımı ile modelinin ve üç eksene sahip çelik uzuvlu robotik kolun birinci uzvu rijit olarak ikinci uzvu ise esnek olarak seçilmiştir. CATIA V5 Programı yardımı ile tasarlanıp oluşturulan iki serbestlik dereceli bir rijit robotik kolu, sonlu elemanlar yöntemi ile ansys workbench uygulamasında modal analizleri gerçekleştirmiştir. Robot hareketi, konveyör bandının hızı, parçanın ve robotun konumu dikkate alınarak konveyör takibi için analiz edilir ve planlanır. Robotun eklem hızı, ivme ve sarsıntı limitleri ile birlikte eklem tork limiti de hareket analizi ve planlamasında dikkate alınır. Robot kol dinamiklerini dahil etmek için problem, parametrik bir fonksiyon kullanılarak ikinci dereceden durum denklemleri olarak formüle edilmiştir [7].

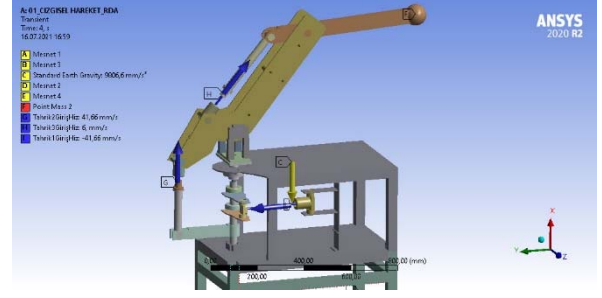
2. MATERYAL ve METOD



Şekil 1. Katı modellemesi yapılan robot kol parçaları

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Endüstriyel robot kollarda esas hareketi gerçekleştiren ve ağırlığının çoğunu taşıyan eksenler ilk üç eksen olarak tanımlanmaktadır. Bu eksenlerden birinci eksen robot kolun kendi etrafında dönmesini gerçekleştirirken ikinci ve üçüncü eksenlerde root kolun aşağı ve yukarı doğru hareketlerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada analiz için kullanılan robot kolun modellenmesi Şekil 1’de ve model üzerinde gösterilen parça numarası ve isimlerini de Tablo 1’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Tahrik motorlarının tanımlanması

Tablo 1. Model parçaları

Parça No	Parça Adı
1	1. robot kol
2	2. robot kol
3	2. kol yuvası
4	Robot kol iş sehpası
5	Nema 23 motor 1
6	Vidalı mil döndürücüsü
7	Vidalı mil
8	Vidalı mil tutucusu
9	Motor 1 döndürme mili
10	Döndürme mili tutucusu
11	Vidalı mil
12	Piston kılıfı
13	Vidalı mil döndürücüsü
14	Nema 23 motor 2
15	Nema 23 motor 3
16	Vidalı mil döndürücüsü
17	Vidalı mil
18	Vidalı mil tutucusu
19	Piston kılıfı

Rijit dinamik analizinde sistemler üzerinde ve sistemin hareket kabiliyeti oranında değişik hareket analizleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu hareketler sonrasında sistem üzerinde gerçekleşen belli hareket bölgelerinde oluşan kuvvet, ivme ve moment gibi değerler okunabilmektedir. Rigid dinamik analizinde tahrik sistemini oluşturan yerlerde motorların kuvvetini belirlemek amacıyla eksen yerleştirilmektedir. Şekil 2’de gösterilen model üzerinde üç eksen oluşturan tahrik sistemlerinin bulunduğu noktalara yerleştirilen eksenler üzerine motor tanımlanarak bu noktalarda oluşan kuvvetleri belirlenmektedir.

Eksenlerin yerleştirildiği noktalara tanımlı olan tahrik elemanının hızları tanımlanarak istenilen hareketi yapması sağlanmaktadır. Böylece hareket esnasında her bir motor üzerine düşen kuvvetler ölçülerek değişimler belirlenmektedir. Modelin yük altında çalışmasını sağlamak amacıyla motorun uç noktasına 200 kg’lık ağırlık ve ivme değerlerini ölçmek amacıyla eksen yerleştirilmiştir. 1. eksen oluşturan tahrik sistemine tanımlanan motorun hız değerleri Tablo 2, 2. eksen oluşturan eksene tanımlanan motorun hız değerleri Tablo 3 ve 3. eksene tanımlanan motorun hız değerleri de Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 2. Motor 1 giriş verisi

Adımlar	Zaman(s)	Hız(mm/s)
1	0	0
1	1	-41,66
2	2	-41,66
3	3	-41,66
4	4	-41,66
5	5	-41,66
6	6	-41,66
7	7	-41,66
Motor 1		

Tablo 3. Motor 2 giriş verisi

Adımlar	Zaman(s)	Hız(mm/s)
1	0	0
1	1	0
2	2	41,68
3	3	41,66
4	4	41,66
5	5	41,66
6	6	41,66
7	7	41,66
Motor 2		

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

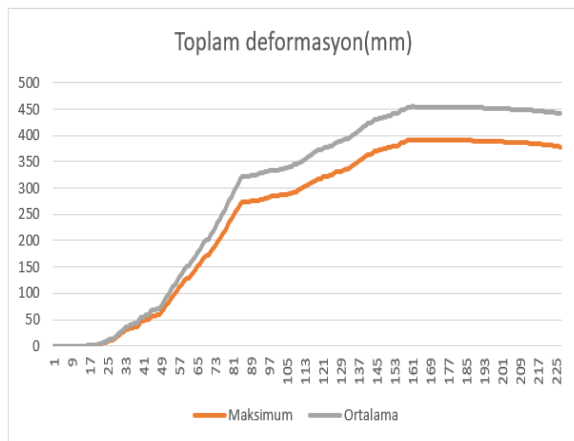
Tablo 4. Motor 3 giriş verisi

Adımlar	Zaman(s)	Hız(mm/s)
1	0	0
1	1	0
2	2	2
3	3	4
4	4	6
5	5	8
6	6	10
7	7	20
Motor 3		

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

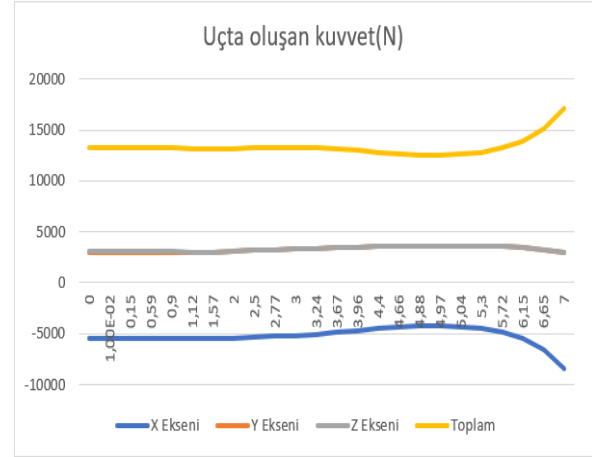
Bir robot kolun hareket analizini yapmak amacıyla öncelikle robot kolun modelinin tasarlanması gerekir. Tasarlanan model ANSYS programına eklenerek tahrik elemanları ve tahrik sonucu ölçümü yapılacak motor ve ivme eksenleri sistem üzerinde tanımlanmaktadır. Motor tahrikleri için oluşturulan tahrik elemanlarının istenilen hareketi gerçekleştirmeleri için mesafe veya açı girilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada motor tahriklerini oluşturacak jointlere hızlar tanımlanarak istenilen hareketi gerçekleştirme imkanı sunmaktadır.

Bu çalışmada programda gerekli olan düzenlemeler yapıldıktan sonra toplam deformasyon, motorlar üzerine düşen kuvveti ve robot kol ucunda oluşan ivmeleri ölçmek için eksenler yerleştirilmiştir. Sonuçları elde etmek için sistem çalıştırılmaktadır. Çalışma sonucunda robot kolda oluşan toplam deformasyon grafiği Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu grafiğe göre ortalama ve maksimum deformasyon değerleri 0-450 mm olarak değişmektedir.



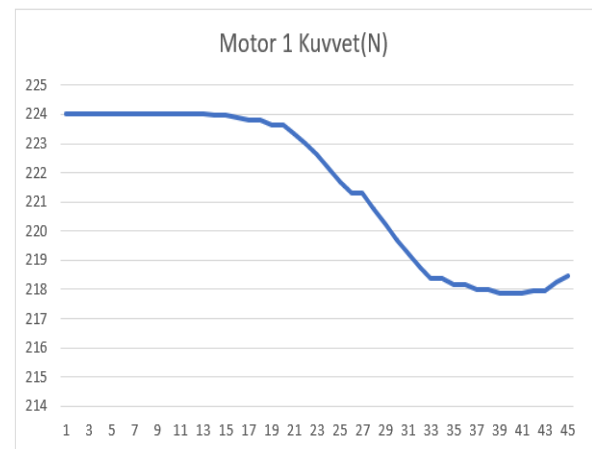
Şekil 2. Robottaki toplam deformasyon

Robot kolun ucunda oluşan toplam kuvvet değeri ve X, Y ve Z eksenlerinde oluşan kuvvetler Şekil 3'de gösterilmiştir. Bu grafiğe göre robot kol ucunda X ekseninde ortalama 5000 N, Y ekseninde 3000 N, Z ekseninde 3000 n ve toplamda da 15000 N kuvvet ölçülmüştür.



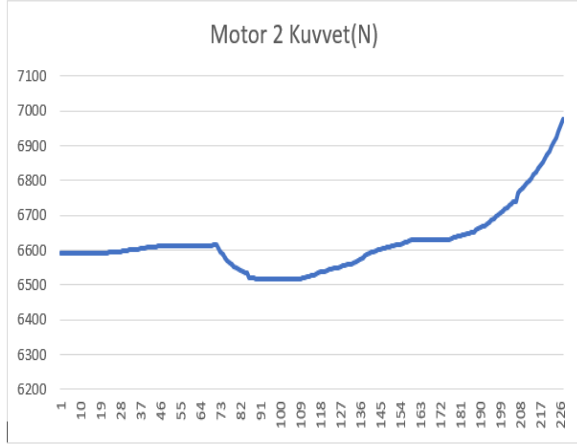
Şekil 3. Robot kol ucundaki toplam kuvvet

Sistemde tahrik noktalarına yerleştirilen motorlar için ölçülen değerler Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Sistemi incelediğimizde motor 1 üzerine düşen kuvvetin az olması beklenmektedir. Çünkü 1. motorun döndürdüğü eksen, eksen mili iki rulman üzerine montaj edildiğinden dolayı oluşan kuvvet 217-225 N arasında ölçülmüştür. Diğer taraftan motor 1 ve motor 2 üzerine düşen kuvvetler ise birinci eksene göre ölçülen kuvvetlerde çok büyük değerler elde edilmiştir. Bu grafikleri incelediğimizde 2. motorun üzerine düşen kuvvet 6500-7000 N iken 3. motor üzerine düşen kuvvet ise 8000-13000 N arasında değişmektedir.

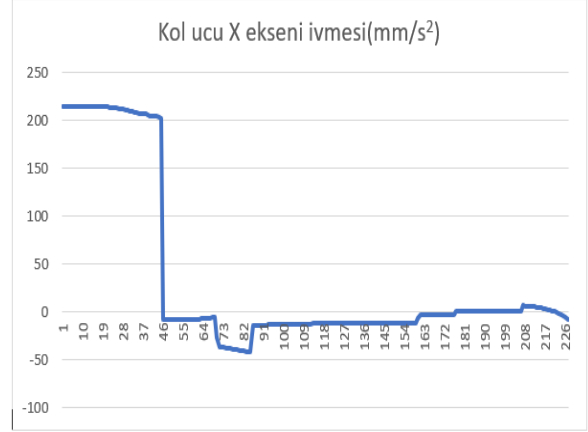


Şekil 4. 1. Motor üzerine düşen kuvvet

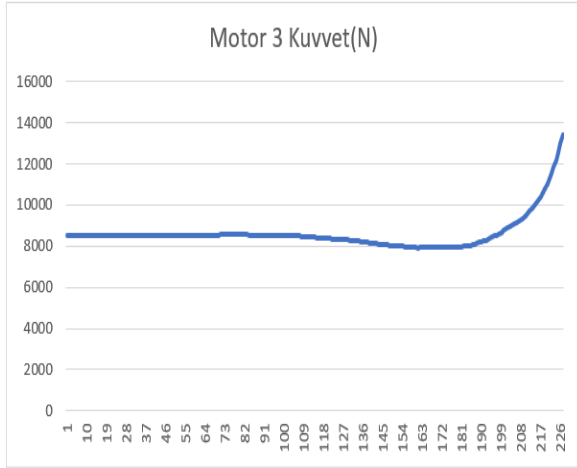
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



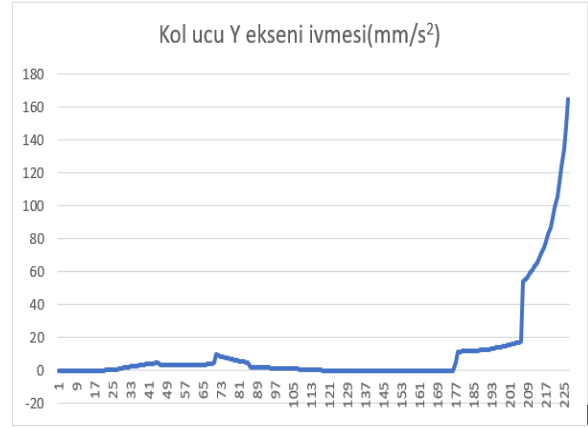
Şekil 5. 2. Motor üzerine düşen kuvvet



Şekil 7. Robot ucu X eksenindeki ivme

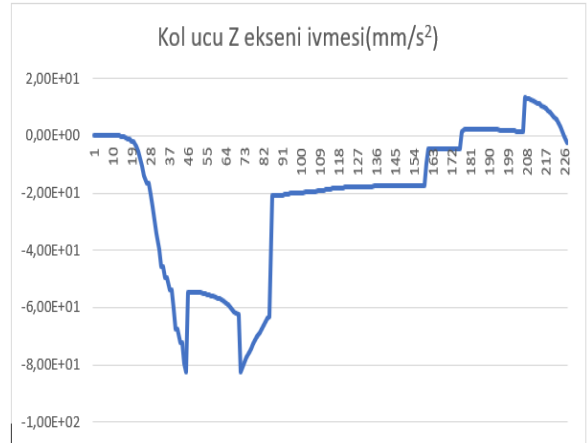


Şekil 6. 3. Motor üzerine düşen kuvvet



Şekil 8. Robot ucu Y eksenindeki ivme

Robot kolların uç noktalarında oluşan titreşimlerin ölçülmesi amacıyla uç noktanın üzerine eksen yerleştirilmiştir. Bu eksenler üzerinde oluşan noktalardan her bir eksen için ivme değerleri alınmaktadır. Sistemi çalıştırdığımızda uç noktaya yerleştirilen eksenlerde oluşan ivmeler ise X ekseninde ölçülen ivme değerine ait grafik Şekil 7, Y ekseninde ölçülen ivme değerine ait grafik Şekil 8 ve Z ekseninde ölçülen ivme değerine ait grafik ise Şekil 9'da gösterilmiştir. Grafikleri incelediğimizde X ve Y ekseninde oluşan ivmeler Z ekseninde oluşan ivmelerden daha az olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca Z ekseninde oluşan ivmenin çok değişim gösterdiği görülmüştür.



Şekil 9. Robot ucu Z eksenindeki ivme

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Endüstriyel robotların kullanılmasındaki en önemli etkenlerin başında tahrik için kullanılan motorların büyüklüğüdür. Motor ne kadar az kuvvetle çalışıyorsa o kadar robot kol üzerine az ağırlık bindiği kabul edilmektedir. Çünkü endüstriyel robotların kullanımında 1. eksen sonraki eksenlerin tümünü taşıyor ve aynı şekilde her bir eksen kendisinden sonra gelen tüm eksenlerin motorlarını taşımaktadır. Bu amaçla motorların kullanılırken mümkün oldukça küçük güçlü olması istenmektedir. Bu çalışmada uç eksenli bir robot kol için hareket analizi yapılarak her bir motor üzerine düşen kuvvetleri taşıyacak şekilde motorlar kullanılarak tasarım yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada eksenleri tahrik eden vidalı mil sisteminin lineer aktüatör şeklinde kullanılmasıyla her bir motor üzerine düşen kuvvetler hesaplanmıştır.

Bu analiz sonucunda birinci eksen kontrol eden vidalı milli aktüatörün üzerine düşen kuvvetin çok az olduğu görülmüştür. Bunun başlıca sebebi birinci tahrik aktüatörünün döndürdüğü milin iki rulman üzerine montaj edilmesinden kaynaklanmaktadır. İki rulman üzerinde serbest bir şekilde dönen mili kontrol etmek az bir tork gerektirmektedir. Böylece birinci eksen kontrol eden motorun küçük güçlü bir motor olarak seçilebileceğini göstermiştir. Ayrıca robot kolun uç kısmında oluşan titreşimlerin ölçülmesi için uç noktasına yerleştirilen jointin X, Y ve Z eksenleri yönünde oluşan ivmeler ölçülerek grafik şeklinde tanımlanmıştır. Bu grafikleri incelediğimizde öncelikle X eksen yönünde ivme oluşurken çalışmanın ortalarında Y ve Z eksenlerinde ivmelerde artışlar tespit edilmiştir. Robot kolların uç noktasında oluşan titreşimlerin azaltılması için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Tahrik elemanının lineer aktüatör şeklinde çalışmasından dolayı titreşimlerin azaltılacağı beklenmektedir. İvmelerin oluştuğu süreler özellikle tahrik elemanının ilerleme olduğunda uzuvların ağırlığından dolayı atalet etkisinden kaynaklı ivmeler oluşmaktadır.

Sonuç olarak tahrik elemanı olarak çalışan aktüatörlerin ittiği veya çektiği kuvvetin az olmasıyla ve bu itme ve çekme kuvvetlerinin lineer aktüatör mekanizmasında motora uyguladığı torkun az olmasından dolayı daha küçük güçlü motorlar kullanılarak hem enerjiden tasarruf elde edilirken hemde her bir eksen üzerine düşen kuvvet azaltmakta ve motorun uygulaması gereken tork miktarı azalmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Yetkin, S. ve Koca, G.O., Esnek Robotların Tasarım, Kontrol ve İmalat Çalışmaları. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 13 (1), 74-86, 2021.
- [2] Wildhaber, I., Die Roboter kommen – Konsequenzen für Arbeit und Arbeitsrecht. *Zeitschrift für Schweizerisches Recht. Band 135 I, Heft 4*, 315-351, 2016.
- [3] Kurt, D. ve Bozoklu, Ü., Robot Ekonomisinin Yükselişi. *Sosyal Bilimler Metinleri*, 2019(1), 25-47, 2019.
- [4] Ivanov, S. H., Robonomics-principles, benefits, challenges, solutions, *Yearbook of Varna University of Management*, 10, 283-293, 2017.
- [5] Öztürk, P., 3 Boyutlu yazıcıların tasarımcı-kullanıcı kapsamında değerlendirilmesi ve endüstriyel ürünlerin kişiselleştirilmesine Etkisi, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2019.
- [6] Armağan, E., Ayhan, O., Yannier, S., Erbatur, K., Yeşilyurt, S. ve Göktuğ, G., İki Eksenli Scara Robotun Modellenmesi ve Statik, Dinamik, Titreşim Analizleri – 2, *Türkiye’de ve Dünya’da Otomasyon*, 120-125, 2004.
- [7] Şani, İ., Endüstriyel bir robotun farklı tahriklerde oluşan titreşimlerin ölçülmesi ve karşılaştırılması. *Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Batman, 2021

GEVAŞ OFİYOLİTİ (VAN, TÜRKİYE) KAYAÇLARININ MİNERALOJİK ÖZELLİKLERİ

Sema TETİKER* ve Hasan TAŞ**

*Batman Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 72060 BATMAN

e-posta: sema.tetiker@batman.edu.tr

** Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 72060 BATMAN

e-posta: hasantas.88@gmail.com

Özet: Bu çalışma Doğu Anadolu Bölgesi Bitlis Kenet Kuşağı içerisinde yer alan Van-Gevaş yöresinde yüzeyleyen Gevaş Ofiyoliti kayaçlarının litolojik ve mineralojik özelliklerinin incelenmesini kapsamaktadır. Çalışma kapsamında Gevaş Ofiyolitinden olmak üzere 1:100.000 ölçekli L-49-L50 paftalarında yapılan arazi çalışması ile 60 adet kayaç örneği alınmıştır. Kayaç örnekleri üzerinde optik mikroskop incelemeleri (OM), taramalı elektron mikroskobu (SEM), X ışınları difraksiyonu-tümkayaç (XRD-TK) ve -kil fraksiyonu (XRD-KF) çalışmaları yapılmıştır. OM incelemelerinde; serpantin olarak tanımlanan kayaçlar bol miktarda olivin ve piroksen kalıntıları içerdikleri tümüyle elek/ağ dokulu oldukları belirlenmiştir. İnceleme alanında metamorfizma etkisi az olduğu için olivinlerin kenar ve çatlaklarında dik olarak gelişen krizotil oluşumları belirgindir. Serpantinleşme sonucu kayaçlarda ağ ve kafes dokusu gelişmiştir. Gabro ve diyabazlar; intersertal/glomeroporfirik dokulu olup bol miktarda mikrolitik plajiyoklaz ve piroksen mineralleri içermektedir. Piroksen minerallerinde yaygın olarak uralitleşme ve bastitleşme türü bozunmalar gözlenmektedir. Tanesel (holokristalin hipidiyomorf) dokulu horblendit ve piroksenit olarak tanımlanan kayaçlarda amfibol, klinopiroksen (ojit) ve plajiyoklaz mineralleri bulunmaktadır. Ofikireçtaşı olarak tanımlanan kayaçlar tanesal dokulu olup, bol miktarda kalsit, buna eşlik eden kuvars ve serpantin mineralleri bulunmaktadır. Radyolaritler tanesal grift dokulu olup oldukça ince taneli kuvars mineralleri ile temsil edilmekte olup, çatlaklar mikritik ve spartik kalsit dolguludur. SEM incelemeleri 5 adet örnekte yapılmış olup; serpantin mineralleri ince levhamsı serpantin bukletleri ve lifsel biçiminde dizilim göstermektedir. XRD incelemelerinde; feldispat (plajiyoklaz), piroksen (ojit), amfibol (hornblend), bozuşma ürünü mineraller; karbonat (dolomit, kalsit, manyezit), Fe-oksit/hidroksit (hematit, götit, pirit), silika (kuvars), fillosilikat (serpantin, illit, klorit, talk, vermikülit, klorit-vermikülit/C-V) bulunmuştur. Serpantinleşme evresinin başlıca minerali olan serpantinler klinokrizotil-2M₁ ve lizardit-1T yapısal grupları içerisinde yer alan iki farklı politipi ile temsil edilmektedir. Ultramafik tektonitler hidrotermal koşullar altında ve CO₂ içeren suyun etkisiyle serpantinleşmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Serpantin, Krizotil, ultramafik, SEM, XRD

MINERALOGICAL PROPERTIES OF GEVAŞ OPHIOLITE ROCKS (VAN, TURKEY)

Abstract: This study covers the lithological and mineralogical features of the Gevaş Ophiolite Nappe rocks surfacing in the Van-Gevaş region of the Bitlis Suture Zone in the Eastern Anatolia Region, Turkey. Within the scope of the study, 60 rock samples were taken through a field study conducted on the L49–L50 plots with a scale of 1:100,000, from the Gevaş Ophiolite Nappe. Optical microscopies (OM), scanning electron microscopies (SEM), X-ray diffraction- whole-rock (XRD-WR) and clay fraction (XRD-CF) studies were carried out on the rock samples. In the OM examinations, the rocks belonging to Gevaş Ophiolite, which was determined that the rocks identified as serpentinite had a sieve/mesh texture containing olivine and pyroxene residues in abundance. In the rocks, a mesh and lath texture developed based on serpentinization. Gabbros and diabases had an intersertal/glomeroporphyritic texture, abundant microlitic plagioclase and pyroxene minerals. The pyroxene minerals were commonly observed to have uralitization- and bastitization-type alterations. The rocks identified as granular (holocrystalline-hypidiomorph) textured horblendite and pyroxenite had amphibole, clinopyroxene (augite) and plagioclase minerals. Biotite and

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

chromite minerals accompanied paragenesis. The rocks identified as ophicalcite had a granular intraclastic texture and were abundant in calcite accompanied by quartz and serpentine minerals. The radiolarites were represented by fine grained quartz minerals with granular intricate texture, and cracks were filled with micritic and sparitic calcite. SEM studies were performed on 5 specimens. The serpentine minerals were arranged in the form of thin plate-like serpentine boucles and fibrous. In the XRD studies, feldspar (plagioclase), pyroxene (augite), and amphibole (hornblende) were found in addition to the minerals that were products of alteration: carbonate (dolomite, calcite, magnesite), Fe-oxide/hydroxide (hematite, goethite, pyrite), silica (quartz), and phyllosilicate (serpentine, illite, chlorite, talc, vermiculite, chlorite-vermiculite/C-V). The serpentines, which are the main minerals of the serpentinization process, were represented by two different polytypes in the clinochrysotile-2M1 and lizardite-1T structural groups. Since the effect of metamorphism is low in the study area, chrysotile formations that developed vertically at the edges and cracks of olivines were evident. The ultramafic tectonites were serpentinized under hydrothermal conditions and under the effect of CO₂-containing water.

Keywords: Serpentine, chrysotile, ultramafic, SEM, XRD

GİRİŞ

İnceleme alanı Van ili Gevaş ilçesinin batısında bulunan Dilmetaş, Dokuzağaç ve İkizler köyleri sınırları içerisinde yer almakta olup, kuzeyinde Van Gölü ve güneyinde Bitlis Kenet Kuşağına ait kayaçlar bulunmaktadır. Çalışma alanı 1/100.000 ölçekli L49 ve L50 paftalarını kapsamaktadır (Şekil 1). Doğu Anadolu'daki neotektonik rejimin, yaklaşık 12 milyon yıl önce Avrasya ile Arap plakalarının çarpışması sonucu Neotetis okyanus tabanının tamamen yok olması ile geliştiği belirtilmektedir. Çarpışmayı takiben gelişen yeni bir tektonik rejim ile eşzamanlı olarak magmatik aktivite de başlamıştır. Doğu Anadolu'da neotektonik dönem boyunca, bölgesel bir yayılım gösteren batı-doğu doğrultulu kıvrımlar, bindirmeler ve eşlenik doğrultu atımlı faylar etkin olmaya başlamıştır [1]. Ayrıca volkanların çıkışlarını denetleyen K-G yönlü açılma çatlakları da gelişmiştir. Çarpışma sonrası kıta-kıta birleşmesini takip eden bu dönemdeki etkin deformasyon, kabuk kısılması ve kalınlaşması, dolayısıyla da bölgenin yükselmesine neden olmuş [2, 3]. (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Yılmaz vd., 1987). Çarpışmaya bağlı olarak bölgede etkin olan K-G yönlü kısılma ile kalınlaşan kabuk, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu transform faylarının oluşmasına, sonrasında ise D-B açılmalarla sıkışma tektoniğine uyum sağlamıştır [3].

Alp-Himalaya orojenik kuşağı içerisinde jeolojik olarak önemli bir yere sahip olan Türkiye, yaklaşık doğu-batı uzanımına sahip Paleotetis ve Neotetis okyanusuna ait tektonik birlikleri içermektedir. Neotetis okyanusu, Paleotetis okyanusunun Paleozoyik-Erken Mesozoyikte kapanması esnasında, güneyde Afrika-Arap ve kuzeyde Avrasya plakaları arasında Mesozoyikte açılan bir

okyanusal basen olarak gelişmiştir. Neotetis kuzey ve güney kol olmak üzere iki adet okyanusal basenden oluşmaktadır [4]. (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Bu çalışmada Van – Gevaş ofiyolitine ait kayaçlarda meydana gelen serpantinleşme ve buna eşlik eden diğer mineral oluşumlarının dağılımları, kökeni, evrimi, parajenez ilişkileri ve mineralojik özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası (Mülkü Harita ve Google Earth Uydu görüntüsü)

STRATİGRAFİ VE LİTOLOJİ

Bu ofiyolitik istif Van gölü güneyinde Gevaş ilçesinin batı kesimlerinde incelenmiş olup geniş bir yayılıma sahiptir. İnceleme alanı içerisinde Gevaş ofiyolitine ait serpantinler, diyabazlar, radyolaritler, spilitik bazalt, çörtler ve örtü sedimanları konumunda pelajik çökeller incelenmiştir (Şekil 2). İnceleme alanı içerisinde Bitlis

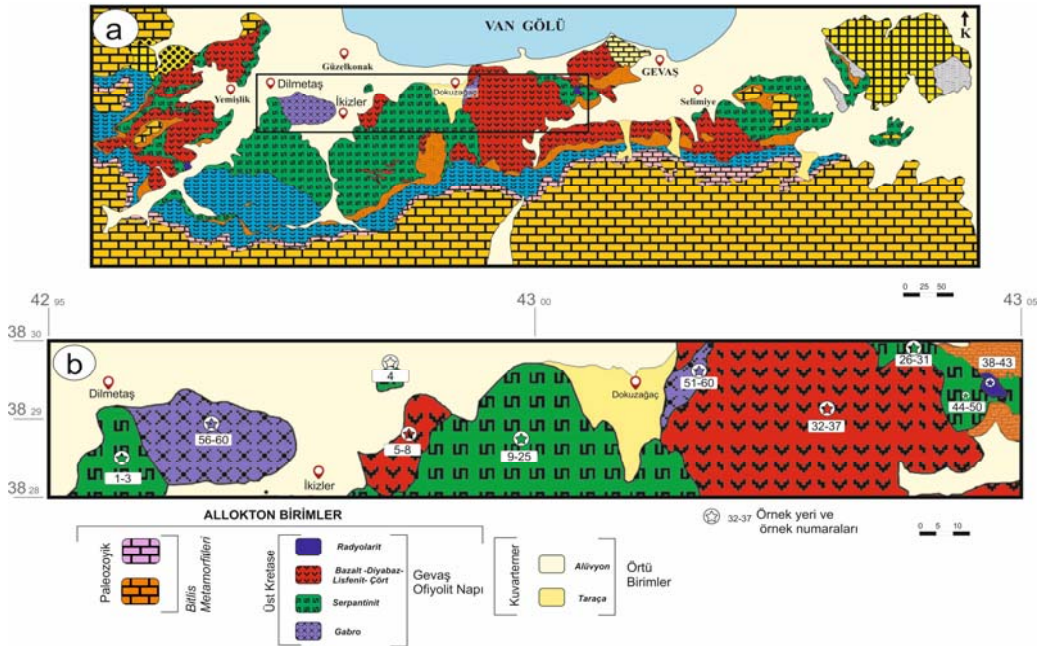
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

metamorfitlerine ait temel kayaçlar, Bitlis masifinin dış zonunu oluşturan mermerler yer almaktadır. [5] tarafından, Bitlis Metamorfitleri ‘alt birlik ve üst birlik olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Devoniyen-Kretase yaşlı birimin alt birliği muskovitşist, granatşist, gnays, ve siyah-yeşil renkli amfibolit türü kayaçlardan oluşmaktadır. Üst birlik; açık sarı renkli şist, kuvarsit, mermer, kristalize kireçtaşı, metatüf ve kalkışist türü kayaçlardan oluşmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan çalışmada kullanılan materyal ile uygulanan yöntemler; arazi ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere başlıca iki aşamada gerçekleştirilmiştir: Arazi çalışmaları; 1/25.000 ölçekli L49-b3 ve L50-a4 paftalarının kesiştiği kesimlerde yoğunlaştırılmış, noktasal ve genellikle ölçülü kesitler boyunca ofiyolitik birimden olmak üzere toplam 60 kayaç ve/veya mineral örneği alınmıştır. Laboratuvar çalışmalarında, alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop ve taramalı elektron mikroskop (SEM) ve X-ışınları difraktometresi (XRD) cihazlarına dayalı incelemeler yapılmıştır. Bunlar sırasıyla ince kesitlerden itibaren optik mikroskopi (OM), X-ışınları difraksiyonu (XRD) tümkayaç (TK) ve

kil fraksiyonu (KF) incelemeleri yapılmıştır. Bunlardan mineralojik-petrografik incelemeler bütünüyle Batman Üniversitesi (BTU) Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarları’nda yapılmıştır. Taramalı Elektron Mikroskop incelemeleri MTA-Ankara Mineraloji-Petrografi laboratuvarlar’ında yapılmıştır. OM incelemeleri; Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı’nda hazırlanan lam preparatlar (ince kesit) üzerinde LEICA marka LEICA-DM750P model alttan aydınlatmalı trinoküler polarizan mikroskopunda yapılmıştır. Bu yöntem ile kayacı oluşturan bileşenler ve bunların dokusal özellikleri tanımlanarak kayaçların adlandırılmalarının yanı sıra; bozuşma ve bozunma türlerini aydınlatılmaya çalışılmıştır. XRD çözümlenmeleri Rigaku marka Miniflex II model X-ışınları difraktometresinde (Anot=Cu ($CuK_{\alpha}=1.541871\text{Å}$), Filtre=Ni, Gerilim=35 kV, Akım=15 mA, Gonyometre hızı=2°/dak., Kağıt hızı=2cm/dak., Zaman sabiti=1 sn, Yarıklar =1°0.15 mm 1°0.30 mm, Kağıt aralığı=2 θ =5-35°) yapılmıştır.

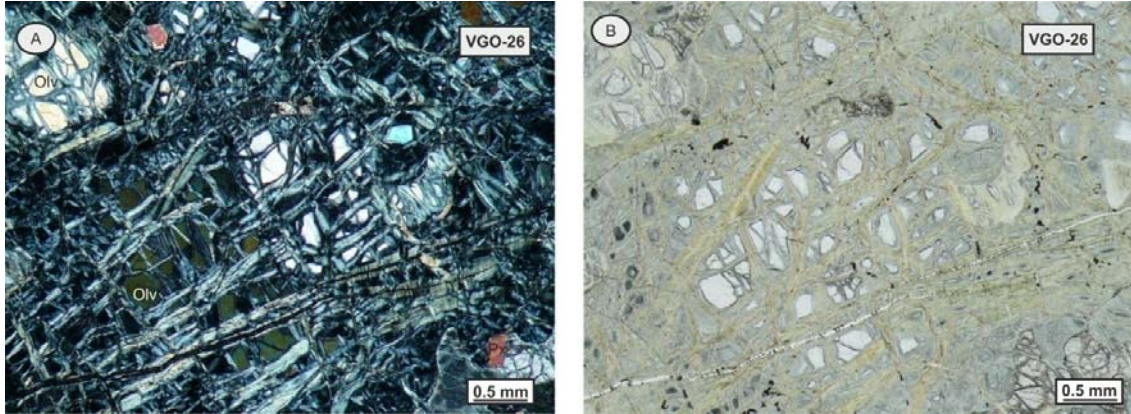


Şekil 2. Çalışma alanının jeolojik haritası a) 1: 250.000, b) 1:50.000 ölçekli jeoloji haritaları

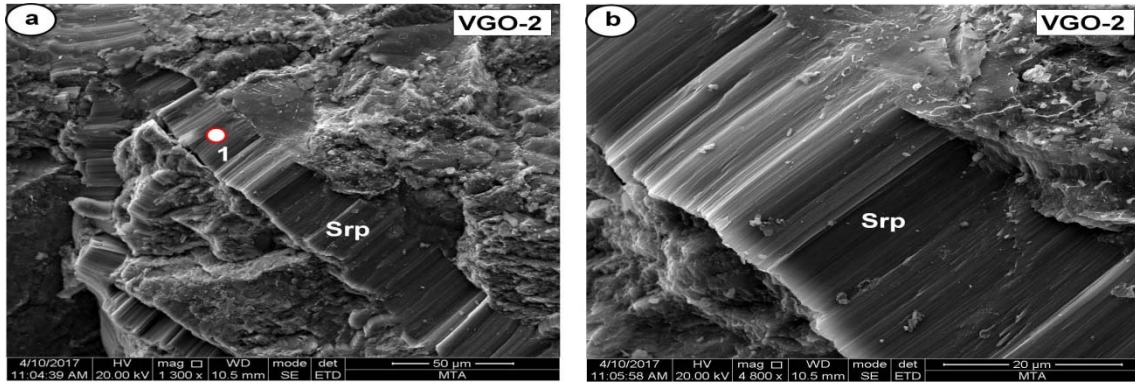
MİNERALOJİ – PETROGRAFİ

Yapılan incelemelerde; kayaç dokusu, mineralojik bileşim, minerallerin kristalografik özellikleri ve bozunma türlerinin belirlenmesi ile kayaç / mineral adlandırılmaları yapılmıştır. Ofiyolite ait peridotitlerin tümü serpantinleşme göstermektedir. Özellikle İvizler köyünün doğusuna doğru serpantinleşme oldukça fazladır. Serpantinit olarak adlandırılan kayaçlarda köken kayaca ait kalıntı olivin mineralleri gözlenmektedir. Yaygın olarak bozunmuş görünümdeki olivin mineralleri optik engebeleri oldukça yüksek, tek nikelde renksiz olup, canlı girişim renkleri ile ayırt edilmektedir. Olivinlerde bozuşma ile oluşan serpantin mineralleri mikroskop altında yeşil renkli olup, yeşilimsi ve kahve girişim renkleri göstermektedir (Şekil 3). Kırık ve çatlaklarda serpantinleşmeyle beraber ikincil kalsit oluşumları da gözlenmiştir. İnceleme alanı içerisinde çatlaklı ve kırıklı kayaçların adlandırılmaları [6] çalışmasında belirtilen diyagramlarına göre, mineral adların kısaltılması ise [7]'a göre yapılmıştır. Peridotların optik mikroskop incelemelerinde, kırık ve çatlaklarda iğnemsî ve levhamsı talk mineralleri gözlenmiştir. Holokristalin/hipidiyomorf tanesîl dokulu

piroksenitler; klinopiroksen, plajiyoklaz ve amfibol mineralleri içermektedir. Klinopiroksenler (ojit), levhamsı olup çift yönlü dilinim göstermekle birlikte eğik sönmeye sahiptir. Bu mineraller kenarlarından itibaren uralitleşme sonucu iğnemsî tremolit/aktinolit mineralleri gözlenmektedir. Tanesel / holokristalin dokulu hornblendit olarak tanımlanan örneklerde bol miktarda hornblend minerallerine piroksen, biyotit ve plajiyoklaz mineralleri eşlik etmektedir. İntersertal dokulu diyabazlar; büyük oranda plajiyoklaz ve piroksen mikrolitleri içermektedir. Plajiyoklaz mikrolitleri çubuksu ve polisentetik ikizlenme gösterirler. Plajiyoklazlarda serizit türü killeşme yaygındır. Ofitik/intersertal dokulu ve daha küçük taneli gabrolarda bol miktarda plajiyoklaz ve klinopiroksen mineralleri bulunmaktadır. Gevaş Ofiyolit Napı'na ait serpantinit olarak tanımlanan kayaç örneğinde (VGO-2) yapılan SEM incelemesinde tanımlanan serpantin mineralleri tipik ince lifler biçiminde gözlenmektedir (Şekil 4). Serpantin lifleri 20 µm uzunluğunda ince demetler biçiminde bulunmaktadır.



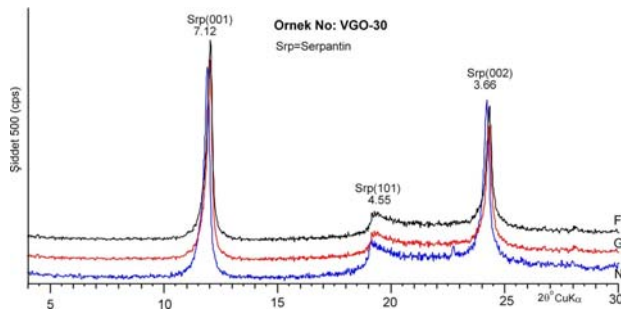
Şekil 3. Serpantinit kayacında kalıntı olivin mineralleri ve serpantinleşme sonucu gelişen ağ/elek dokusu



Şekil 4. Gevaş Ofiyolit Napı serpantin kayacının SEM mikrofotografaları, a) ince levhamsı serpantin oluşumları, b) serpantin liflerinin yakın görünümü (Srp=serpantin, 1=EDS Spot noktası)

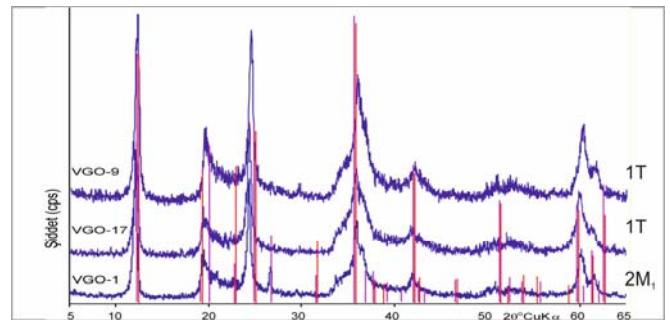
X-ŞINI DİFRAKSİYONU İNCELEMELERİ

Van-Gevaş yöresinde Gevaş Ofiyolit Napı'nı oluşturan magmatik(gabro, diyabaz), ultramafik (piroksenit, horblendit, serpantin), karbonat (ofikalsit) ve silisli (radyolarit) olmak üzere toplam 60 adet örnek üzerinde yapılan XRD-TK ve KF çözümlenmeleri yapılmıştır. Birimin yaygın litolojisini oluşturan ultramafik (piroksenit, horblendit) ve mafik (diyabaz, gabro) kayalarda magmatik (feldispat, ojit, amfibol, kromit), metasomatik (fillosilikatlar) ve kimyasal (kalsit, dolomit, kuvars, hematit, götit, manyezit) mineraller gözlenmektedir. En yaygın gözlenen fillosilikat+ feldispat + piroksen + parajenezine bazı kayaç seviyelerinde amfibol, kuvars, kalsit, dolomit, hematit, manyezit, kromit ve götit mineralleri de eşlik etmektedir. Fillosilikat mineralojisini ise serpantin, klorit, illit, talk, vermikülit ve karışık tabakalı C-V oluşturmaktadır. Serpantin olarak tanımlanan birçok kayaç bütünüyle serpantin minerallerinden oluşmaktadır. Serpantin mineralleri (001), (002) ve (101) yüzey/düzlemlerine ait sırasıyla 7.27, 4.55 ve 3.66 Å pikleri ile kolaylıkla ayırt edilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Gevaş Ofiyoliti serpantin minerallerine ait KF incelemeleri

Makroskopik-mikroskopik gözlemlerde, şekil ve biçimleri dikkate alınarak birbirinden farklılık gösteren üç farklı serpantin (levhamsı, çubuksu ve iğnemsilifsi) mineral gurubundan saf ya da safaya yakın 42 adet örnek belirlenmiş ve bu örneklerde politipi incelemeleri yapılmıştır. Levhamsı serpantin minerallerinden oluşan örneklerde 1T, çubuksu serpantin minerallerinden oluşan (pikrolit=yalancı asbest) 2M₁ politipine sahip oldukları belirlenmiştir [8, 9]. Serpantin minerallerinden bazıları (VGO-9 ve VGO-17 nolu örnekler) levhamsı serpantin mineralleri olan 1T politipine sahip lizarditler ile temsil edilirken, bazı örnekler ise VGO-1 nolu örnekte olduğu gibi sert çubuksu serpantin minerallerini oluşturan 2M₁ politipine sahip klinokrizotil mineralleri ile temsil edildiği belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Serpantin minerallerinin politiplerine ait difraktogramları

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

SONUÇLAR

Üst Kretase Gevaş Ofiyoliti bölgede stratigrafik konum olarak Bitlis Metamorfiti'ne ait birimlerin üstünde tektonik dokanakla ve Yüksekova Karmaşığı içerisinde yer almaktadır. Gevaş Ofiyoliti; ultramafik serpantinleşmiş tektonitler (harzburjit, dünit, piroksenit, hornblendit), ultramafik-mafik olarak sil ve dayk saptanmamıştır. Gevaş ofiyolitinin oluşum yaşı Üst Kretase, yerleşim yaşı ise Paleosen – Eosen olarak belirlenmiştir [10]. Gevaş Ofiyoliti içerisinde gözlenen peridotitlerin tümü serpantinleşme eğilimi göstermektedir. Serpantinit olarak adlandırılan kayaçlarda köken kayaca ait kalıntı olivin mineralleri gözlenmektedir. Yaygın olarak bozunmuş olivin mineralleri optik engeleri oldukça yüksek, tek nikelde renksiz olup, canlı girişim renkleri ile ayırt edilmektedir. Serpantinleşme nedeniyle ilksel özellikleri kaybolmuş mineral içerisinde ağsı ve elek dokusu gelişmiştir. Ultramafik tektonitler hidrotermal eriyiklerin etkisiyle çatlak ve kırıklardan iğnemi ve levhamsı hidrotalsit mineraller oluşumları gözlenmiştir. Holokristalin/hipidiyomorf taneser dokulu piroksenitler; klinopiroksen, plajiyoklaz ve amfibol içerir. Taneser/holokristalin dokulu hornblendit; piroksen, hornblend, biyotit ve plajiyoklaz içerir. İntersertal dokulu diyabazlar; büyük oranda plajiyoklaz ve piroksen içerirler. Diyabazlarda bulunan piroksenlerin kenarlarından, çatlak ve kırıklarından itibaren bastılaşmaya uğradıkları belirlenmiştir. Plajiyoklazlar

şeklinde diyabazlar ve gabro oluşumları, ve en üstte sedimanter olarak radyolaritlerden oluşmaktadır. Gevaş ofiyolitine ait bu birimler düzenli olarak yerleşmesine karşın tam bir ofiyolitik seri gelişimi gerçekleşmemiştir. Özellikle ofiyolitik serinin üst birimlerinde olması gereken yastık lavlar bu ofiyolit birimi içerisinde serizitleşme türü bozunmaya maruz kalmıştır. Ofitik/İntersertal dokulu ince taneli gabrolar; büyük oranda plajiyoklaz ve klinopiroksen içerirler. Plajiyoklazlar yer yer ışınal kümelenmiş, polisentetik ikizlenmeli, killeşmeyle bozunmuşlardır. Ayrıca gabrolarda mavi girişim renkli klorit oluşumları gözlenmiştir. Taneser/intraklastik dokulu ofikalsitik kayaçlar; kalsit, kuvars ve az oranda serpantin içerirler. Kalsitler, genellikle öz şekilli, çift yönde dilinim verip, renksizdirler. Kuvars, dalgalı sönme gösterip, beyaz renklidir. Serpantinler; levhamsı, kayaç içerisinde çok az olup, ilksel mineralin çatlak ve kırıklarında gelişmişlerdir. Taneser/Grift doku gösteren radyolaritler; büyük oranda kuvars, çatlak ve kırıklarda mikritik ve mikrosparitik ikincil kalsit sokulumları gözlenmiştir. Ayrıca radyolaritlerde milonitik doku gelişmiş olup, bu kayaç içerisinde az oranda feldispat mineralleri, kırık ve çatlaklarda kalsit oluşumları gözlenmiştir. Gevaş Ofiyoliti'nde tanımlanmış kayaç türleri ve mineralojik değişimler dikkate alındığında tam olarak olgunlaşmamış bir okyanusal kabuğu temsil ettiği biçiminde değerlendirme yapılmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Ketin, İ., Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış; *İ.T.Ü.Kütüphanesi Sayı: 1259* İstanbul 1983.

[2]. Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Doğu Anadolu'da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrim ve Havza Modelleri, *MTA Dergisi*, Sayı: 107, 1986.

[3] Yılmaz Y., Şaroğlu F., Güner Y., Initiation of the Neomagmatism in East Anatolia. *Tectonophysics*, 134, 177-199, 1987.

[4] Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241, 1981.

[5] Savcı, H., Yöndem, F., Hizan-Bitlis-Mutki-Meydan dolayı jeoloji incelemesi ve petrol olanaklarının araştırılması, *TPAO Arama Grubu, Rapor No: 1356* Ankara, 33 s, 1979.

[6] Streckeisen, A., Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Recommendations and Suggestions. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 31, 1-14, 1978.

[7] Whitney, D.L., Evans, B.W., Abbreviations for Names of Rock-Forming Minerals. *American Mineralogist* 95(1), 185-187, 2010.

[8] Whittaker, E.J.W., Zussman, J., The characterization of serpentine minerals by X-ray diffraction. *Mineralogical Magazine*, 31, 107-126, 1956.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

[9] Bailey, S.W., X-ray diffraction identification of the polytypes of mica, serpentine, and chlorite. *Clays and Clay Minerals*, 36, 193-213, 1988.

[10] Yılmaz, Y., Gevaş (Van) dolayında Bitlis Masifi/Ofiyolit ilişkisi. *Türkiye Petrol Kongresi Bildirileri*, 83-93, 1978.

ARAMİD/EPOKSİ KOMPOZİT MALZEMELERİN OPTİMUM ÜRETİM ŞARTLARININ BELİRLENMESİ İÇİN BİR ÇALIŞMA

Serkan BATI*, Zülal ARCA BATI** ve Yahya Hışman ÇELİK***

Batman Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN

*e-posta: serkan.bati@batman.edu.tr

**e-posta: zulal.arca@batman.edu.tr

***e-posta: yahyahisman.celik@batman.edu.tr

Özet: Aramid takviyeli kompozitler, özellikle yüksek hızda darbeye maruz kalan otomotiv, uçak ve balistik koruyucu malzeme endüstrisinde çok fazla uygulama alanına sahiptir. Bu çalışmada, özellikle balistik koruyucu malzemelerde kullanılan üstün mekanik özelliklere sahip aramid/epoksi kompozitlerin elle yatırma yöntemiyle üretiminde en uygun üretim koşullarının elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, öncelikle iki farklı yöntemle üretim yapılmış olup daha sonrasında malzemelere ikincil bir kürlenme işlemi yapılmıştır. Çekme deneyi sonucunda numunelerin tokluk ve elastisite modülleri hesaplanmış ve en uygun üretim şekli belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aramid, epoksi, mekanik özellikler, tokluk, elastisite modülü.

A STUDY FOR DETERMINING THE OPTIMUM PRODUCTION CONDITIONS OF ARAMID/EPOXY COMPOSITE MATERIALS

Abstract: Aramid reinforced composites offer a wide range of applications, requiring high speed impact resistance, particularly in the automotive, aerospace, and ballistic protective material industries. In this study, it is aimed to obtain the most suitable production conditions in the production of aramid/epoxy composites, which are used especially in ballistic protective materials, by hand lay-up method with superior mechanical properties. For this purpose, firstly, two different methods were produced and then a secondary curing process was applied to the materials. As a result of the tensile test, the toughness and elasticity modules of the samples were calculated, and the most suitable production method was determined.

Keywords: Aramid, epoxy, mechanical properties, toughness, modulus of elasticity.

1. GİRİŞ

Fiber takviyeli polimer kompozitler (FTPK), düşük ağırlıklarının yanında yüksek elastisite modülü ve yüksek mukavemet özelliklerinden dolayı son yıllarda çok geniş kullanım alanlarına sahip olmaya başlamışlardır [1-3]. FTPK'lerde fiberler malzemeye yüksek mekanik özellikler sağlarken matrisi oluşturan malzeme ise liflerin doğru bir arada kalmasını sağlamanın yanında çevresel etkilere karşı fiberleri korur [4]. Aramid fiberler yüksek sıcaklık direncinin yanı sıra düşük yoğunluklu olması, yüksek mukavemet ve yüksek elastisite modülü gibi mükemmel mekanik özelliklere sahip olmalarından dolayı polimer kompozitlere takviye malzemesi olarak çok fazla kullanılan bir malzeme haline gelmiştir. Aramid fiber ile takviye edilen polimer matrisli kompozitlerde matris malzemesi ve takviye arasındaki arayüzey bağları, yüksek performans için kilit

önem taşımaktadır. Bu yüzden iki malzeme arasındaki bu bağ yapısının sağlam olması kompozitlerin sağlamlığı ve kullanım ömrü ile doğrudan ilişkili bir durumdur [1].

Özellikle kurşun geçirmez yelek ve kurşun geçirmez başlık gibi yüksek tokluk gerektiren uygulamalarda çok fazla kullanıma sahip olan aramid fiber takviyeli kompozitlerin en uygun üretim koşullarında üretilmesi, yüksek hızlı darbelere karşı dayanım için hayati önem taşımaktadır. Genel olarak incelediğimizde, malzemenin daha iyi bir bağ yapısı oluşturabilmesi ve kürlenme işleminin daha kontrollü olması için bir çok araştırmada ikincil kürlenme işleminin standart bir prosedür olarak karşımıza çıktığı görülmektedir [5-10]. Yapılan deneyler ikincil kürlenme işleminin termosetlerde mukaveti, camsı geçiş sıcaklığını yükseltmesinin yanı sıra artık gerilmeleri önlediği ve gaz çıkışını azalttığını göstermektedir [11].

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Isı kontrollü kürlenme işlemi ise standart oda sıcaklığında kürlenme işleminin aksine kürlenme işleminin çabuk olması sebebiyle seri üretime daha uygun bir yöntemdir. Ayrıca üretim şartları için değişken oda koşullarının aksine daha standart bir üretim koşulu vaad etmektedir. Ancak bu durum üretim maliyetini artırmaktadır.

Bu çalışmada, aramid fiber takviyeli kompozitlerin üretiminde ısı kontrollü üretim yönteminin ve ikincil kürleme işleminin malzemenin mekanik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Kompozitler 12 katmanlı olacak şekilde üretilmiştir. Takviye elemanı olarak 200 gr/m² plain tipi aramid kumaş Dost Kimya adlı firmadan ticari olarak temin edilmiş olup yüksek mukavemet özellikleri sergilemektedir. ARC 152 laminasyon tipi çok amaçlı şeffaf epoksi ARC marin şirketinden temin edilmiş olup matris malzemesi olarak kullanılmıştır. Epoksi/sertleştirici oranı ağırlıkça 4:1 oranında kullanılmıştır. Dört farklı üretim koşulu denenmiş olup Tablo 1'de üretim koşulları verilmiştir. Burada temel amaç en az maliyetle ve en yüksek tokluğun elde edilmesidir.

Tablo 1. Üretim koşulları ve ikincil kürleme işlemi

Numune No	Üretim yöntemi	Kürlenme süresi	İkincil kürleme işlemi
1	70°C'de ısı kontrollü	1 saat	70°C
2	70°C'de ısı kontrollü	1 saat	yapılmadı
3	elle yatırma	24 saat	70°C
4	elle yatırma	24 saat	yapılmadı

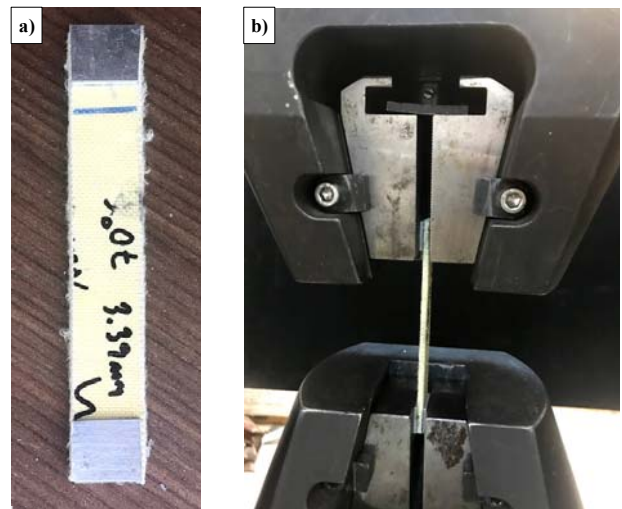
Tüm üretim yöntemlerinde malzemeler elle yatırma işlemi ile üretilmiş ancak 1 ve 2 numaralı malzemeler 70°C ısı kontrollü bir üniteye 0,1 MPa yük altında 1 saat üretilmiştir (Şekil 1 c). 3 ve 4 numaralı numuneler 0,1 MPa yük altında oda sıcaklığında 24 saat kürlenme süresinde üretilmiştir. Daha sonra 1 ve 3 numaralı numuneler 70°C ısı altında ikincil bir kürlenme işlemine tabi tutulmuştur. Her üretim yönteminden su jeti ile

kesim yapılarak 3 farklı çekme numunesi çıkarılmıştır (Şekil 1 d).



Şekil 1. a) ve b) epoksi reçinenin aramid katmanlarına elle yatırma işlemiyle sürülmesi, c) ısı kontrollü üretim, d) numunelerin su jeti ile kesimi.

Elde edilen numunelere alüminyum pabuçlar takılmış (Şekil 2 a) Shimadzu marka AG-IC tipi universal test cihazında 1 mm/dak hızda her üretim yönteminden üçer adet olacak şekilde çekme deneyi uygulanmıştır (Şekil 2 b). Çekme deneyi sonucunda elde edilen verilerle numunelerin elastisite modülleri ve kırılma toklukları hesaplanmıştır.

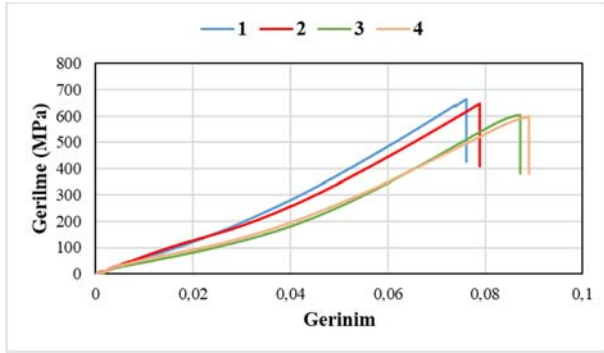


Şekil 2. Çekme numunesi örneği ve çekme testinin uygulanışı.

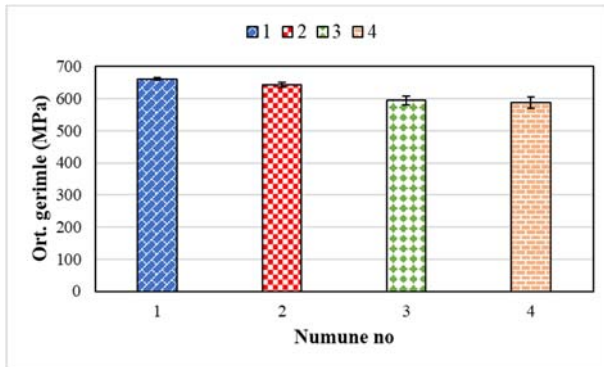
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çekme deneyi sonuçları incelendiğinde (Şekil 3) en yüksek mukavemetin 664,28 MPa ile 70°C ısı kontrollü ünite de üretilen ve 1 saat ikincil kürlenme işlemine tabi tutulan numuneden elde edildiği görülmektedir. En düşük çekme mukavemeti ise 599,46 MPa ile elle yatırma işlemi ile üretilen ve ikincil kürlenme işlemi yapılmayan 4 numaralı numuneden elde edilmiştir. Gerinim sonuçları incelendiğinde ise çekme deneyinin tam tersine en büyük uzamanın %10,13 ile 4 numaralı numuneden elde edildiği, en az uzamanın ise %7,61 ile 1 numaralı numuneden elde edildiği görülmektedir. Ayrıca ortalama gerilme değerleri ve standart sapma değerleri deney sonuçlarının tutarlılığını göstermektedir (Şekil 4).



Şekil 3. Gerilme-gerinim grafiği.



Şekil 4. Ortalama gerilme mukavemeti ve hata çubukları.

Numunelerin çekme grafiğinden elde edilen elastisite modülleri ve tokluk değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Bu verileri incelediğimizde standart elle yatırma yöntemine kıyasla diğer yöntemlerle üretilen numunelerin elastisite modülünün ciddi oranda (%47,54-%6,77) yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu durum, epoksi malzeme ile aramid

malzeme arasında oluşan bağ yapısının ısı kontrollü üretim yöntemi ve ikincil kürlenme işlemiyle arttığını göstermektedir. Genel olarak incelendiğinde ise ısı kontrollü üretim yönteminin ikincil kürlenmeye oranla elastisite modülü üzerinde çok daha etkin olduğu açıkça görülmektedir. İkincil kürlenme işlemi elastisite modülü üzerinde her iki yöntemde de %6,21 ve %6,77 oranlarında gelişim göstermiştir. Ancak ısı kontrollü üretim yönteminin elastisite modülü üzerindeki etkisi %38,91 ile çok daha fazla olmuştur.

Elastisite modülünün aksine geleneksel elle yatırma yönteminde tokluğun diğer üretim yöntemlerine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak elastisite modülünde olduğu gibi ciddi bir değişim söz konusu değildir. Tokluğun %3,61 ile %6,11 oranları arasında düştüğü görülmüştür. Bu durum bize ikincil kürlenme ve ısı kontrollü üretimin malzemenin bağ yapısını geliştirse de çekme deneyinde kopmadan absorbe edebileceği maksimum enerjiyi çok fazla değiştirmedeğini göstermektedir.

Tablo 3 ve Şekil 3’e baktığımızda, ısı kontrollü üretim ve ikincil kürlenme işlemlerinin malzemenin çekme gerilmesini %0,80 ile %10,81 arasında artırdığı görülse de gerinim değerlerini %5,53 ile %24,84 arasında düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Elastisite modülü ve tokluk değerlerinin değişimi

Numune No	Elastisite modülü (GPa)	Elastisite modülü değişimi (%)	Tokluk (kJ/m ³)	Tokluk değişimi (%)
1	8,72	+47,54	220,32	-4,68
2	8,21	+38,91	222,79	-3,61
3	6,31	+6,77	217,02	-6,11
4	5,91	-	231,15	-

Tablo 3. Çekme gerilmesi ve gerinim değişimi

Numune No	Çekme gerilmesi (MPa)	Gerilme değişimi (%)	Gerinim	Gerinim değişimi (%)
1	664,28	+10,81	0,076	-24,84
2	648,03	+8,10	0,078	-22,10
3	604,28	+0,80	0,095	-5,53
4	599,46	-	0,101	-

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

4. SONUÇLAR

Sonuçlar değerlendirildiğinde, ısı kontrolü altında üretim yapıldığında ve üretim sonrasında ikincil küreme işlemi yapıldığında malzemenin mukavemet değerlerinin arttığı görülmüştür. Ancak birim uzama değerlerinde düşüş görülmüştür ve böylelikle malzemenin elastisite modülünü artırmıştır. Bu durum, özellikle yüksek mukavemet gerektiren uygulamalarda ısı kontrollü üretim yönteminin yanı sıra gerekirse ikincil küreme işleminin daha uygun olduğunu göstermektedir. Gerilme-gerinim grafiği incelendiğinde ise malzemenin tokluğunda ısı kontrollü üretim ve ikincil küreme işlemi sonrasında bir düşüş gözlemlenirken bu düşüşün çok büyük miktarda olmadığı görülmüştür. Bu durum, özellikle tokluk gerektiren uygulamalarda elle yatırma işleminin hem az maliyetli olmasından dolayı hemde tokluk değerlerinin yüksek olmasından dolayı tercih edilebileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Zhang, B., Jia, L., Tian, M., Ning, N., Zhang, L., & Wang, W. (2021). Surface and interface modification of aramid fiber and its reinforcement for polymer composites: A review. *European Polymer Journal*, 147, 110352..
- [2] Qi, G., Zhang, B., & Du, S. (2018). Assessment of F-III and F-12 aramid fiber/epoxy interfacial adhesions based on fiber bundle specimens. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 112, 549-557.
- [3] Wagih, A., Sebaey, T. A., Yudhanto, A., & Lubineau, G. (2020). Post-impact flexural behavior of carbon-aramid/epoxy hybrid composites. *Composite Structures*, 239, 112022.
- [4] Khandelwal, S., & Rhee, K. Y. (2020). Recent advances in basalt-fiber-reinforced composites: Tailoring the fiber-matrix interface. *Composites Part B: Engineering*, 192, 108011.
- [5] Kumar, D. S., Shukla, M. J., Mahato, K. K., Rathore, D. K., Prusty, R. K., & Ray, B. C. (2015, February). Effect of post-curing on thermal and mechanical behavior of GFRP composites. *In IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 75, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.
- [6] Kang, Y. A., Oh, S. H., & Park, J. S. (2015). Properties of UHMWPE fabric reinforced epoxy composite prepared by vacuum-assisted resin transfer molding. *Fibers and Polymers*, 16(6), 1343-1348.
- [7] Ma, H. L., Jia, Z., Lau, K. T., Leng, J., & Hui, D. (2016). Impact properties of glass fiber/epoxy composites at cryogenic environment. *Composites Part B: Engineering*, 92, 210-217.
- [8] Fulmali, A. O., Kattaguri, R., Mahato, K. K., Prusty, R. K., & Ray, B. C. (2018, March). Effect of CNT addition on cure kinetics of glass fiber/epoxy composite. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 338, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
- [9] Vryonis, O., Virtanen, S. T. H., Andritsch, T., Vaughan, A. S., & Lewin, P. L. (2019). Understanding the cross-linking reactions in highly oxidized graphene/epoxy nanocomposite systems. *Journal of Materials Science*, 54(4), 3035-3051.
- [10] Umarfarooq, M. A., Gouda, P. S., Banapurmath, N. R., & Edacherian, A. (2019). Impact of process induced residual stresses on interlaminar fracture toughness in carbon epoxy composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 127, 105652.
- [11] Moller, J. C., Berry, R. J., & Foster, H. A. (2020). On the nature of epoxy resin post-curing. *Polymers*, 12(2), 466.

GÜÇ KALİTESİ OLAYLARINDA MAKİNE ÖĞRENMESİ

Süleyman DAL*, Necmettin Sezgin** ve Mehmet Rıda TÜR***

* Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: suleymanndal@gmail.com.tr

**Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: necmettin.sezgin@batman.edu.tr

***Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: mrida.tur@batman.edu.tr

Özet: Güç kalitesi günümüz dünyasında giderek artan enerji talebi ile beraber hayati bir konu haline gelmiştir. Güç kalitesi sürekli ve verimli enerjiyi sağlamak için bozulmalara neden olan parametrelerin belirlenmesi ve ileri teknolojik metotlar ile incelenmesi çözüme ulaşmaktaki hızı ve güvenilirliği artırmaktadır. Güç kalitesi çeşitli parametrelere bağlı olarak değişkenlik gösterir bunlar şebekedeki gerilim, akım ve frekans ölçümleridir. Teknolojideki ilerlemeler ile daha karmaşık cihazların günlük hayata entegrasyonu, yüksek hassasiyetli ve pahalı elektronik cihazlardan kaynaklı yük artışı birçok güç kalitesi problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ortaya çıkan bu problemler ülkelerin verimli ve nitelikli enerjiye olan ihtiyacını karşılayabilmek için güç kalitesine olan arge payını artırmışlardır. Bu çalışmada güç kalitesi sorunları, nedenleri ve buna bağlı parametreleri ile makine öğrenmesi metotlarının kullanımı hakkında ayrıntılı bir araştırma sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Güç kalitesi, Makine öğrenmesi, Kesintisiz enerji.

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENGINEERING, NATURAL AND SOCIAL SCIENCES

Abstract: Power quality has become a vital issue with the increasing energy demand in today's world. Determining the parameters that cause deterioration and examining them with advanced technological methods in order to provide continuous and efficient energy in power quality increases the speed and reliability in reaching the solution. Power quality varies depending on various parameters, these are voltage, current and frequency measurements in the network. With the advances in technology, the integration of more complex devices into daily life, the increase in the load due to high precision and expensive electronic devices have caused many power quality problems. These emerging problems have increased the share of R&D in power quality in order to meet the needs of countries for efficient and qualified energy. In this study, a detailed research on power quality problems, their causes and related parameters and the use of machine learning methods is presented.

Keywords: Power quality, Machine learning, Continuous energy,

GİRİŞ

Güç kalitesi (GK), doğru ve nitelikli enerjiyi elde etmek olarak tanımlanabilir. GK çeşitli parametrelere bağlı olarak değişkenlik gösterir bunlar şebekedeki gerilim,

akım ve frekans ölçümleridir. Teknolojideki ilerlemeler ile daha karmaşık cihazların günlük hayata entegrasyonu, yüksek hassasiyetli ve pahalı elektronik cihazlardan kaynaklı yük artışı birçok güç kalitesi problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ortaya çıkan bu problemler ülkelerin verimli ve nitelikli enerjiye olan

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

ihtiyacını karşılayabilmek için GK'ne olan ar-ge payını artırmışlardır. Elektrik santrallerinde üretilen enerji tüketicieye ulaşana kadar çeşitli faktörlerin etkisi ile genellikle aynı kalitede olmaz.

Şebekenin daha sağlıklı çalışması için akıllı şebekeler ve arızayı önceden tahmin eden ve uyarı sistemlerinin geliştirilmesi güç kalitesini izleme ile sağlanabilir. Güç kalitesi parametrelerinin hesaplanması uluslararası standartlarda belirlenmiştir. Bu standartların en çok kullanılanı ise IEC 61000-4-30'dur [1].

Şebekede oluşan nonlineer yüklerin etkisi ya da anormal durumlar ve aksaklıklar gibi durumlar ile karşılaşıldığında gerilimin dalga şekli sinüs formundan uzaklaşır. Bundan dolayı şebekede bozulmalar kaçınılmaz olur. Güç kalitesinin artırılması ve buna bağlı çözüm önerileri için anlamlı verileri kullanarak bozulmaya sebep olan nedenler doğru bir şekilde saptanmalıdır [2-3]. GK günümüz dünyasında çalışılması gereken önemli konulardan birisi olması ölçütünde son zamanlarda GK ile alakalı yapılan çalışmalar artmıştır bu artışın sebepleri kısaca şu şekilde özetlenebilir;

- Süreklilik esaslı çalışan sektörlerde kaliteli ürün ortaya çıkarmak istendiğinden dolayı elektriksel cihazların niteliği ve verimliliği GK arızalarından dolayı negatif yönde etkilenir bunun sonucunda üreticiden tüketicieye kadar ürün aksaklıkları ve ekonomik açıdan problemler ortaya çıkarmaktadır,
- Gelişen teknoloji ile beraber harmonik üreten cihazlar artması ve duyarlı yüklerin artışı ile entegre sistemlerde gerilim dalga formundaki bozulmalar,
- Enterkonnekte sistemden dolayı şebekedeki belirli bir noktada oluşan GK arızalarının tüm elektrik şebekesini etkilemesi,
- Yenilenebilir enerji ile elektrik üretimindeki yükselen trend GK bozulmalarına neden olmuştur. Rüzgar enerji santrallerinde şebeke ile olan entegre probleminden dolayı gerilimde ani iniş-çıkışlar oluşması güç kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir [4-7].
- Enerji üretimi ve dağıtımındaki rekabetçi yaklaşımların sonucunda bireysel bazda tüketicilerinde kendi enerjilerini üretmedeki artış güç kalitesini etkileyen önemli problemlerden birisidir.

Güç kalitesinde meydana gelen bozulmalar özellikle ağır sanayi (demir-çelik, kömür ocakları vs.) fabrikalarında ekonomik açıdan önemli kayıplar vermektedir. İtalya'da

yapılan bir çalışmaya göre bir grup işletmenin GK bozulmalarında mali anlamda ne kadar etkilendiği incelenmiştir. Araştırma sonucunda 90.000-300.000 USD arasında ekonomik kayıplar olduğu görülmüştür [8]. ERGEG ve arkadaşlarının Norveç'te imalat endüstrisine bağlı işletmeleri kapsayan bir çalışmaya göre arıza kaynaklı kısa elektrik kesintilerinde yaklaşık olarak 47,5M€-66,3M€ arasında mali zarar oluşmuş, bu durum hem ülke ekonomisini hem de üretimde ki devamlılığı ciddi olarak etkilemektedir [9].

Güç kalitesi bozulmaları ülkemizde 'Güç Kalitesi Milli Projesi' isminde TEİAŞ, TÜBİTAK, OTDÜ, Dokuz Eylül Üniversitesi, Yıldız teknik Üniversitesi ve Hacettepe Üniversitesi iş birliğinde 2006 yılında geniş bir şekilde araştırılmıştır. Proje kapsamında elde edilen sonuçlara göre enerji nakil hatlarında oluşan basit arızaların Ankara ve çevresinde elektrik kesintilerine neden olmuştur. Bu tarz kesintilerin mali faturasının yanı sıra üretimde aksaklıklar ve günlük yaşamı da olumsuz etkilemiştir. Güneydoğu Anadolu bölgesinde 1999-2003 yılları arasında güç kalitesinde yaşanan bozulmalar bir çimento fabrikasına 6.2M\$ mali zarara uğratmıştır [10].

Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında güç kalitesindeki bozulmaların olumsuz etkileri en aza indirmek için güncel teknoloji ile tasarlanan sistemlerin geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur. Günümüzde kullanılan Güç Sistemleri İzleme Cihazları ile şebekeye yerleştirilen bu sayede toplanan veriler ile güç kalitesinde meydana gelen bozulmaları ve analizi edilmesi önem arz etmektedir [11].

Bu önem doğrultusunda GK izleme sistemlerinde en önemli unsurlar güç kalitesi olaylarının tespiti, anlamlandırılması ve sınıflandırılmasıdır [12]. Bu doğrultuda şebekeden anlamlı verilerin optimize edilip detaylı bir şekilde analiz edilmesi ve makine öğrenmesi metotları ile sınıflandırılmasını içeren nitelikli enerji kullanımını artıracaktır.

Günümüz teknolojileri ile güç kalitesi bozulmalarının yorumlanması gelişmiş bilgisayarlar kullanarak yapılan modellemeler ile hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılmaktadır. Geleneksel sistemlerin en büyük dezavantajı analiz sürecinde yaşanan zamansal problemlerdir [13]. Bu yaşanan zaman kaybını önlemek adına ileri işaret işleme metotlarını kullanarak yapay sinir ağları, derin öğrenme gibi makine öğrenmesi metotlarının geliştirilmesi süreci önemli ölçüde hızlandırmaktadır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İlk olarak 1970’li yıllarda elektrik enerjisinin sürekli sunulması olarak ortaya atılan güç kalitesi kavramı bu yıllarda çalışılmaya başlanmıştır. Güç kalitesi bozulmaları sınıflandırmak için 1990’lı yılların başlarında basit seviyede işaret işleme metotları kullanılmıştır. Akıllı şebekelerin de sisteme dâhil edilmesiyle beraber 2000 ‘li yılların başında ileri seviye işaret işleme metotları ile sınıflandırma yöntemleri güç kalitesi izleme sistemlerine entegre edilmiştir [14].

Zhangı ve arkadaşları güç kalitesi belirlenen parametrelerin sınıflandırılmasına Dijital sinyal işleme tabanlı bir sınıflandırma sistemi geliştirmiştir [15].

Styvaktakis ve arkadaşları tarafında yapılan bir çalışmada güç kalitesi bozulmaları sınıflandırma ve detaylı analiz etmek için uzaman bir sistem geliştirmişlerdir. Kullanılan bu sistemde kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir [16].

Gerilim çukuru oluşumlarını sınıflandıran Styvaktakis ve arkadaşları Kalman filtre yöntemi ile modelleyerek başarılı bir şekilde sınıflandırmıştır [17].

Güç kalitesi için güç kalite cihazı ile PEGASYS yazılımı kullanılarak çok kanallı ve web tabanlı takip sistemi önerilmiştir. Hong-Kong’ta birbirinden farklı 75 noktaya yerleştirdikleri bu takip sistemi ile farklı sayılarda güç kalitesi ölçüm seviyelerini elde ederek yapılmıştır. Daha sonra takip sisteminin gelişmesiyle nokta sayısı 75’ten en az 300 noktaya yerleştirilmiştir [18].

Güç kalitesinin güç şebekelerindeki bozulmalarının belirlenmesine yönelik bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntemde, veri seti için sağlanan parametreler laboratuvar ortamında hazırlanmıştır. laboratuvar ortamında elde edilen bu deneysel enerji dağıtım seti LabVIEW yazılımı vasıtasıyla inceleme işlemi bilgisayar bilgisayar kullanılarak yapılmıştır. [19].

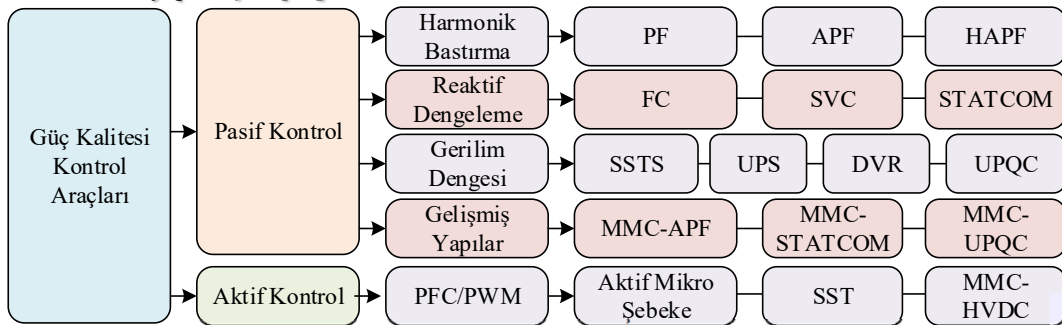
Güç kalitesinin takibi ve ölçümlerinin elede edilmesine yönelik yapılan başka bir çalışmada FPGA kullanılarak bu sistemin prototip uygulaması yapılmıştır (Femine ve ark., 2009)[20].

Kahramanmaraş il merkezinde yapılan bir çalışmada, dokuz adet trafo köşkü seçilmiş ve 3 - 15 gün değişen bir süre zarfında güç kalitesi ölçüm seviyeleri alınmıştır. Elde edilen ölçüm seviyelerinde, güç analizörleri vasıtasıyla; akım ve gerilim analizleri, harmonik ve dalga formu analizi, görünür güç aktif güç vb. analizleri flicker kayıtları üzerinden yapılmıştır[21].

Arızalı hatların akıllı şebekelerdeki işlemlerine yönelik yapılan bir çalışmada gerçek zammalı ile makine öğrenmesi tabanlı bir sistem önerilmiştir. Bu akıllı sistemde elde edilen veriler hatlarda oluşabilecek arızalardan sonra ölçülen etkin değerleri kapsamaktadır. Elde edilen bu veriler işlendikten sonra SVM sınıflandırma metodunun giriş elemanları olarak kullanılmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışmanın başarımlı seviyesi kapsamlı olarak test edilmiştir[22].

GÜÇ KALİTESİ Dengeleyicilerinin Sınıflandırılması

Güç kalite kontrol teknolojilerinden yararlanılarak, tüketici tarafında güç kalitesinin iyileştirilmesi oldukça önemlidir. Güç kalite kontrolünün temel ilkesi, kalite uyumu ve optimum verimlilik gereksinimini karşılamak üzere elektrik enerjisini kontrol etmek ve dönüşümünü sağlamaktır. Söz konusu kontrol ve dönüştürmeyi gerçekleştirmek için kullanılan anahtar unsurlar, çeşitli güç elektroniği cihazları ve ilişkili kontrol devreleridir. Güç dengeleyicilerin farklı kalite problemleri açısından sınıflandırılması Şekil 1’de gösterilmektedir. Güç kalite kontrol teknolojisi, temelde aktif kontrol teknolojisi ve pasif kontrol teknolojisi olarak ikiye ayrılabilir.



Şekil 1: Güç kalitesi dengeleyicilerinin sınıflandırma diyagramı

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Pasif kontrol teknolojisi, mevcut güç kalitesi sorunlarının etkisini ortadan kaldırmak veya hafifletmek için ekstra cihazlar eklenmesi ile karakterize edilmektedir. Günümüzde harmonikleri azaltma teknikleri esas olarak pasif güç filtresi (PGF) [23], aktif güç filtresi (AGF) ve hibrid aktif güç filtresi (HAGF) tekniklerini içermektedir. [24] 'da belirtildiği gibi, HAGF tek rezonans enjeksiyon hibrid aktif güç filtresi, çift rezonans enjeksiyon hibrid aktif güç filtresi ve çok dallı enjeksiyon hibrid aktif güç filtresi olarak sınıflandırılabilir. HAGF, PGF ve AGF'nin avantajlarını birleştirerek, entegre filtre sisteminde tatmin edici performanstan ödün vermeden aktif kontrolün nominal kapasitesini ve gerilimini etkili bir şekilde azaltır. Gerilimin dağıtım şebekesinde harmonik akımları bastırması, reaktif gücü dengelemesi için etkili bir yöntemdir. Reaktif güç dengeleyici ise, gerilim dalgalanması ve titremeyi baskılayabilir. Dağıtım şebekesinde kullanıma hazır değişken dengeleyicileri arasında sabit kapasitör (SK), statik değişken dengeleyiciler (SDD) ve statik senkron dengeleyiciler (STATCOM) bulunur. Bu cihazlar arasında STATCOM, şebeke gerilimi dalgalanması bastırma ve dengesiz yük dengeleme gibi çoklu fonksiyonlara sahip olduğu için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu eğilim, yüksek kararlılık, güvenilirlik ve güç yoğunluğu nedeniyle modüler harmonik bastırma ve VAR telafi sistemleri geliştirmeye yönelik olmuştur. Geçici güç kalitesi problemleri arasında gerilim düşmesi ve kısa süreli kesinti en yaygın ve zararlı formlar olarak algılanmaktadır. Katı hal transfer anahtarı (KHTA) gerilim düşüşünün derinliğini ve süresini etkili bir şekilde azaltabilir [25]. Kesintisiz güç kaynağı (UPS), dağıtım şebekesindeki düşük güçlü cihazlar için gerilim dalgalanmalarını sınırlamak için en etkili araçtır [38,39]. Dinamik gerilim regülatörü (DGR) anlık gerilim düşüşünü ve yükselmesini doğrudan ve hızlı bir şekilde telafi edebilir. APF ve APF serilerinden oluşan birleşik güç kalitesi kontrolörü (UPQC) şebeke için gerilim ve akımın kapsamlı telafisini yapabilir [26]. Modüler çok seviyeli dönüştürücüye (MSD) dayalı kademeli güç dönüştürücüler bilimsel araştırmalarda ve mühendislik uygulamalarında yaygın olarak incelenmiştir. Aynı modül yapısı nedeniyle MSD, yüksek ve orta gerilim dönüştürücülerin üretim zorluklarını ve maliyetini büyük ölçüde azaltır. Geleneksel güç kalitesi dengeleyicileri ile karşılaştırıldığında, MSD bazlı dengeleyiciler standardizasyon, genişletilebilirlik, yedeklik, hata geçişi, gerilim seviyesi ve filtreleme gereksinimi gibi özel avantajları vardır [27]. Bir yandan, modüler güç kalitesi dengeleyici, alt modüldeki güç anahtarının ve enerji depolama elemanının nominal gerilimini etkili bir

şekilde azaltabilir, bu da düşük maliyetli anahtarlama cihazlarının kullanımına izin verir. Diğer taraftan, kademeli yapı, orta ve yüksek gerilim iletim sistemlerinde çeşitlendirilmiş güç kalitesi dengeleyicisinin uygulamasını doğrudan genişletir. Halen MSD'ye dayalı AGF, STATCOM, UPQC başlangıç düzeyinde tartışılmaktadır. Yeni topolojiler nedeniyle, geleneksel güç dönüştürücülerinden farklı birçok yeni sorunun ele alınması gerekmektedir. Daha doğrusu, çok seviyeli yapı kaçınılmaz olarak karmaşık bir kontrol sistemi gerektirir, çünkü büyük miktarlarda veri kısa sürede işlenmelidir. Bu, güç kalitesi kontrolü alanında MSD'nin mühendislik uygulamasını ve geliştirilmesini sınırlar.

Aktif kontrol teknolojisi, çoğu güç kalitesi problemini önlemek için şebeke ekipmanının empedans özelliklerini geliştirmek için kullanılır. İletim ve dağıtım şebekesi bileşenleri, birbirine bağlı ve akıllı olacağından, gelecekteki elektrikli ekipmanların, özellikle de güç elektroniği dönüştürme sisteminin neden olduğu güç kalitesi sorunları önemli ölçüde azaltılacaktır. Şu anda, güç faktörü düzeltilmesi ve darbe genişlik modülasyonu teknolojisi doğrultucu cihazların güç kalitesini artırmıştır. Aktif kontrol kullanan dağıtılmış üretim ve mikro şebeke invertörleri sadece dağıtılmış sistemdeki çıkış gerilimi ve akım kalitesini arttırmakla kalmaz, aynı zamanda bağlantılı şebeke için bir miktar ilave dengeleme kapasitesi sağlar. Ayrıca, potansiyel katı hal transformatörü, güç tüketici tarafı ile güç dağıtım tarafı arasındaki güç kalitesi sorunlarının iletimini ve emisyonunu engelleyecektir. MSD tabanlı yüksek gerilim doğru akım (YGDA) iletimi ve çok terminalli YGDA teknolojisi sayesinde tüm güç şebekesinin güç kalitesi seviyesi artırılacaktır. Bunların göze çarpan en önemli özellikleri, yani modülerlik ve ölçeklenebilirlik nedeniyle MTDC ve DA şebekeleri için temel yapı taşı haline gelmiştir. Bu nedenle, MSD tabanlı MTDC sistemleri, sistem performansını iyileştirmek için mevcut güç sistemine yaygın olarak yerleştirilmelidir. Elektrik üretim endüstrisinin serbestleştirilmesi ve elektrik enerjisinin rekabetçi piyasalara girişi, yan hizmetlerin oluşumunu zorunlu kılmıştır. Bu hizmetlerin amacı, elektrik arz güvenilirliğini ve kalitesini korumaya yardımcı olmak ve özellikle frekans kontrolünü sağlamaktır. Bu kontrol, üretim ve tüketim arasındaki dengeyi sağlamak amacıyla aktif gücün belirli bir oranda rezerv tutulması ile sağlanır. Sağlanan bu rezerv gereksiniminin ekonomik analizinde yük alma ve yük atma faaliyetleri dikkate alınarak değerlendirilmeler yapılmaktadır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

SONUÇ ve TARTIŞMA

Güç kalitesi problemi çalışılması ve bu alanda geniş çapta incelemelerin yapılması gereken önemli bir konudur. Şebekede oluşan arızaları güç sistemleri izleme yöntemleriyle izlemek, tespit etmek ayrıca elde edilen bozulma verilerini hızlı ve güvenilir bir şekilde çözüm önerileri sunmak hayattır.

Günümüz dünyasında ülkelerin küresel çaptaki gelişmelere ayak uydurabilmesi, kendi öz kaynaklarını verimli ve süreklilik esaslı kullanımı için kesintisiz ve nitelikli enerjiye ihtiyaç vardır. Güç kalitesi problemlerine anlamlı bilgiler ve çözüm önerileri sağlamak için toplanan verileri tasarlanan modellemeler ile makine öğrenmesi metotlarını kullanarak işlenmelidir. Bu çalışmada güç kalitesi problemlerinde makine öğrenmesi hakkında bir araştırma sunulmuştur.

Elektrik enerjisinin sürekliliği ile ilgili çalışmalar ülkeler açısından incelendiğinde ortaya çok ciddi mali faturalar çıkmaktadır. Öngörülemez küçük çaplı arızaların geniş çaplı elektrik kesintilerine ve endüstri sektöründe hem mali hem de üretimdeki gecikmelere neden olmaktadır. Güç kalitesi bozulma olaylarının parametre verilerinin uygun makine öğrenmesi metotlarıyla işaretlerin sınıflandırılması işlemi bu alanda yapılacak çalışmalara katkı sağlayacağı kaçınılmazdır.

KAYNAKLAR

- [1] IEC Standard 61000-4-30, Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and Measurement Techniques – Power Quality Measurement Methods, 2008.
- [2] Bollen, M. H. J., Gu, I. Y., Signal Processing of Power Quality Disturbances (Editörler: El-Hawary, M.E., Akay, M., Croda, T. G., Newman, M.S.), IEEE press, USA. 89s, 2006.
- [3] Dugan, R.C., McGranaghan, M. F., Santoso, S., Beaty, H. W., Electrical Power Systems Quality, Second Edition. McGraw-Hill Press. USA. 525s, 2004.
- [4] Ribeiro, P.F., Duque, C.A., Ribeiro, P.M. ve Cerqueira, A.S. "Power Systems Signal Processing for Smart Grids". Wiley, 2013.
- [5] Bollen, M. ve Gu, I, "Signal processing of power quality disturbances". Wiley, 2006.

- [6] Colak, I., Bayindir, R., Fulli, G., Tekin, I., Demirtas, K. ve Covrig, C.F. "Smart grid opportunities and applications in Turkey". Renewable and Sustainable Energy Reviews, 33, 344–52, 2014.
- [7] Tür, M. R., & Yaprakdal, F. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Bir Sistemde Güç Kalitesi Analizi, Kontrolü ve İzlemesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 8(3), 572-587, 2020.
- [8] Lamedica, R., Esposito, G., Tironi, E., Zaninelli, D., Prudenzi, A., A Survey on Power Quality Cost in Industrial Customers. 2001 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, 28 January – 1 February 2001, Columbus, Ohio, USA. 938 – 943, 2001.
- [9] ERGEG, European Regulators Group for Electricity and Gas (ERGEG). Towards Voltage Quality Regulation in Europe. ERGEG Public Consultation Paper, 2006.
- [10] GKMP, <http://www.guckalitesi.gen.tr>, Güç Kalitesi Milli Projesi. (Erişim tarihi: 01.12.2017).
- [11] McGranaghan, M. F., Santoso, S., Challenges and Trends in Analyses of Electric Power Quality Measurement Data. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, Article ID:57985, 1-5, 2007.
- [12] Ribeiro, E., Dias, G., Barbosa, B. and Ferreira, D., 2016. Real-time system for automatic classification of power quality disturbances, IEEE, Proceedings of International Conference on Harmonics and Quality of Power, ICHQP, 908–913, 2016.
- [13] Alpaydın, E., Yapay öğrenme, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi. Erişti, H. and Demir, Y., 2010. A new algorithm for automatic classification of power quality events based on wavelet transform and SVM, Expert Systems with Applications, 37(6), 4094–4102, 2011.
- [14] Uyar, M., Güç kalitesindeki bozulma türlerinin akıllı örüntü tanıma yaklaşımları ile belirlenmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 2008.
- [15] Zhang, M., Li, K., DSP – FPGA Based Real – Time Power Quality Disturbances Classifier, IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, 19 – 22 April 2010, New Orleans, Louisiana, USA. 1 – 6, 2010.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- [16] Styvaktakis, E., Bollen, M. and Gu, I., Expert system for classification and analysis of power system events, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 17(2), 423–428, 2002.
- [17] Styvaktakis, E., Bollen, M. and Gu, I., Expert system for voltage dip classification and analysis, in 2001 Power Engineering Society Summer Meeting. Conference Proceedings, *EEE*, 671–676, vol.1, 2001.
- [18] Lee, R. P. K., LAi, L. L., Tse, N., A Web-Based Multi – Channel Power Quality Monitoring System for a Large Network. Fifth International Conference on Power System Management and Control. 17 – 19 April 2002, London, United Kingdom, 112 – 117, 2002.
- [19] Ağalar, Ş., Alçak Gerilim Güç Sistemlerinde Enerji Kalitesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Eskişehir, 83s, 2003.
- [20] Hossain, E.; Tur, M. R.; Sanjeevaikumar, P.; Ay, S. and Khan, I. Analysis and Mitigation of Power Quality Issues in Distributed Generation Systems Using Custom Power Devices, *IEEE Access*, 2018, vol.6 pp.16816-16833, DOI:10.1109/ACCESS.2018.2814981
- [21] Femine, A.D., Gallo, D., Landi, C., Luiso, M., Power-Quality Monitoring Instrument With FPGA Transducer Compensation. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 58(9) : 3149 – 3158, 2009.
- [22] M.R. Tür, “Solution Methods and Recommendations for Power Quality Analysis in Power Systems”, *Journal of Engineering and Technology* 2;2 1-9, (2018)
- [23] Özalp, A., Kahramanmaraş Gökusu EDAŞ Kök Hücresinde Güç Kalitesinin Gerçek Zamanda İzlenmesi ve Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. 65s, 2011.
- [24] Tur M. R., Reliability Assessment of Distribution Power System When Considering Energy Storage Configuration Technique ,(2020), *IEEE Access*, Vol 8.
- [25] M.R. Tür et al., “Impact of Demand Side Management on Spinning Reserve Requirements Designation” *International Journal of Renewable Energy Research*, Vol.7, No.2, 2017
- [26] M. R TÜR, F. YAPRDAKDAL, “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Bir Sistemde Güç Kalitesi Analizi, Kontrolü ve İzlemesi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, Cilt 8, Sayı 3, 572-587, 2020
- [27] Livani, H., Evrenosoglu, C.Y. and Centeno, V.A., A machine learning-based faulty line identification for smart distribution network, in 2013 North American Power Symposium (NAPS), *IEEE*, 1–5, 2013.

BAZI İSTATİSTİK – OLASILIK ANALİZLERİNE DAYALI YAPI MALİYETİ ÖN TAHMİN YÖNTEMLERİNİN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Latif Onur Uğur

Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fak., İnşaat Müh. Böl., Konuralp Kampüsü, 81620 DÜZCE

e-posta: latifugur@duzce.edu.tr

Özet: Ön maliyet tahmini bir inşaat projesinin fizibilite, ön tasarım aşamasında gerçekleştirilen konsept maliyet tahminidir. Maliyet tahmini metotları, tasarım değişkenleri, yapım metotları, yapım işlemlerinin zamanlaması ve yapıya ilişkin çeşitli özelliklerin göz önünde bulundurulmasıyla oluşturulmuş yöntemlerdir. İnşaat projelerinin tasarım aşamasında gerekli olan ön maliyet tahmini değerleri, yatırımın gerçekleştirilebilmesi ile ilgili çok önemli bir rol oynamaktadır. Henüz detaylı çizimler yokken; sınırlı sayıda maliyet bileşenlerinin esas alındığı ve hata sınırlarının geniş olduğu bir aralıkta maliyet kestirme çalışmaları yapılması gerekmektedir. Bu aşamada sıklıkla kullanılan yöntemler arasında; Hacim Yöntemi, Birim Alan Yöntemi ve Kat Kabuğu Yöntemi bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı; anılan bu yöntemlerin okul ve hastane yapılarındaki performanslarının karşılaştırılmasıdır. Bu amaçlarla beş adet okul ve beş adet hastane yapısının metraj ve keşifleri çıkarılarak (2021 yılı rayiçleriyle) Birim Fiyat Yöntemine göre gerçek maliyetleri bulunmuştur. Aynı yapıların maliyetleri, bu kez anılan ön maliyet tahmin yöntemleri ile hesaplanarak gerçek maliyetlerden sapma oranları araştırılmıştır. Edinilen verilere göre Alan Yöntemi okul yapılarında %113, hastane yapılarında %101 hata ile maliyet tahmini yaparken Hacim Yöntemi aynı sıra ile %121 ve %107 hata ile tahminde bulunmaktadır. Kat Kabuğu Yönteminin hata oranı ise %158 ve %132 düzeylerinde gerçekleşmiştir. Gerek yatırımcı kurumların gerekse inşaat firmalarının; yapıların ön tasarım aşamasında kullandıkları ön tahmin yöntemlerinin hata oranlarını bilerek, yaklaşık yapı maliyeti tahmini gerçekleştirmelerinin proje gerçekleştirilebilmesi konusunda katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapı Maliyeti, Ön Maliyet Yöntemleri, Alan Yöntemi, Hacim Yöntemi, Kat Kabuğu Yöntemi

COMPARISON OF PERFORMANCE OF PREDICTION METHODS OF CONSTRUCTION COST BASED ON SOME STATISTICS - PROBABILITY ANALYSIS

Abstract: Preliminary cost estimation is the concept cost estimation performed during the feasibility, preliminary design phase of a construction project. Cost estimation methods are methods created by considering design variables, construction methods, timing of construction processes and various features of the structure. The preliminary cost estimation values required during the design phase of construction projects play a very important role in the realization of the investment. While there are no detailed drawings yet; It is necessary to make cost estimation studies in a range where a limited number of cost components are based and error limits are wide. Among the methods frequently used at this stage are; There are Volume Method, Unit Area Method and Layer Shell Method. The aim of this study; The purpose of this study is to compare the performance of these methods in school and hospital buildings. For these purposes, the quantities and estimates of five schools and five hospital buildings were extracted (in their market value in 2021) and their actual costs were found according to the Unit Price Method. The costs of the same buildings were calculated with the aforementioned preliminary cost estimation methods, and the deviation rates from the actual costs were investigated. According to the data obtained, the Area Method estimates costs with an error of 113% for school buildings and 101% for hospital buildings, while the Volume Method estimates with an error of 121% and 107%, respectively. The error rate of the Storey Enclosure

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Method was 158% and 132%. Both investor institutions and construction companies; Knowing the error rates of the preliminary estimation methods used in the preliminary design phase of the buildings, it is thought that the approximate construction cost estimation will contribute to the realization of the project.

Keywords: Building Cost, Preliminary Cost Methods, Area Method, Volume Method, Storey Enclosure Method

1.GİRİŞ

İnşaat sektöründe maliyet tahmini, maliyet planlaması ve bütçeleme için esastır ve proje geliştirmenin tüm aşamalarında yer alır. Proje, tasarımın ilk aşamalarından inşaat aşamasına kadar geliştikçe, maliyet tahmini yöntemleri değişir. Prensip olarak, proje geliştikçe, daha fazla bilgi elde edilebilir hale gelir, dolayısıyla daha doğru tahmin olabilir ve daha kesin tahmin yöntemleri olabilir. Buna göre uluslararası platformda tahmin yöntemleri şu şekilde gruplandırılabilir (beklenen kesinlik parantez içinde belirtilmiştir):

- Başlangıç aşamasındaki tahmin yöntemleri (%30 ila %50)
- Tasarım aşaması tahmin yöntemleri (%15 ila %30)
- İnşaat aşaması tahmin yöntemleri (%5 ila %15).

İlk iki sınıfa dahil edilen yöntemler ile yukarıdaki son sınıfa dahil edilenler arasındaki temel fark, birincisinin güvenilir tarihsel maliyet verilerine bağlı olması, ikincisinin ise projenin tamamlanması için gereken kaynakların maliyetlerine dayalı analitik bir yaklaşım izlemesidir. Ayrıca, tasarım ekibi tarafından proje hakkında daha fazla bilgi yayınlandıkça tasarım aşamasında tahminin doğruluğu artar.

Herhangi bir inşaat işinin maliyet tahmini çeşitli yöntemlerle yapılır. Maliyet tahmin yöntemlerini kullanarak tahminin yaklaşık değeri elde edilir. Tahminde hesaplanan miktar, projenin yürütülmesine göre neredeyse kesindir. Bu yöntemlerin kullanımı temel olarak tahmin edilen yapının tasarım türüne ve şekline bağlıdır, yani dairesel, dikdörtgen, çerçeve vb. [1].

Ön maliyet tahmini bir inşaat projesinin fizibilite, ön tasarım aşamasında gerçekleştirilen konsept maliyet tahminidir. Gerçekleştirilen literatür araştırmasında daha çok inşaat maliyetini içermekte fakat bazı çalışmalarda ilk yatırım maliyeti olarak değerlendirilmektedir. Ön maliyet tahmini için gerekli en önemli dört ana eleman geçmiş projelerden oluşan bir veritabanı; geçmiş maliyet değerlerini güncellemeyi sağlayan maliyet indeksleri, güncel üretkenlik oranları, spesifik saha koşulları vb. gibi bilgileri içeren güncel veri tabanı; tahmin algoritmalarını içeren bir tahmin metodolojisi, yöntemi ve tüm bunları organize eden tahmincidir[2].

Yeni proje nitelikleri maliyet tahmini metodolojisine bağlı olarak gerektiği şekilde belirtilir. Geçmiş projelere ait veri tabanında da gerçekleştirilmiş projelerle ilgili maliyet bilgileri, üretkenlik değerleri vb. gibi bilgiler bulunur. Güncelleme veri tabanı da maliyet indeksleri ile güncel üretkenlik verilerinden oluşmaktadır. Maliyet tahmini metotları, tasarım değişkenleri, yapım metotları, yapım işlemlerinin zamanlaması ve yapıya ilişkin çeşitli özelliklerin göz önünde bulundurulmasıyla oluşturulmuş yöntemlerdir [3].

Bu çalışmada birinci derecede incelenen ön maliyet yöntemleri , bu yöntemlerin avantajları ve dezavantajları aşağıda açıklanmıştır.

1.1.Hacim Yöntemi

Yapının maliyetinin hacmine dayanarak hesaplandığı bir yöntemdir. Bu yöntem özellikle İkinci Dünya Savaşı sırasında yaygın olarak kullanılmıştır [4]. Bu yöntemde yapı maliyetinin yapı hacmine oranı olarak tanımlanan metreküp maliyet, yükseklik faktörünü de dikkate almak istediğinden doğmuştur. Yöntemin uygulandığı ülkelerde tahmin büroları ellerinde bir küp kitabı bulundurmakta ve bir proje için sözleşme imzalandığında kabul edilen teklifin değerini bina hacmine bölerek bu kitaba işlemekteydi [4]. Bu yöntem, maliyetleri karşılaştırılan binalar çok büyük benzerlikler taşımadıkça fazla kullanışlı olmamaktadır. Kat adedindeki farklılıklar bile maliyetlerde büyük sapmalara ve hesap hatalarına neden olabilmektedir.

İlave bir kat, birçok imalat miktarını artırır ve maliyete önemli ölçüde yansır. Tüm bu eksiklikler çoğu tip projelerin tahmininde hacim yönteminin terk edilmesine sebep olmuştur. Bina maliyetinin hacimden çok, döşeme alanı ile sıkı bir ilişki içinde olduğunun anlaşılmasından itibaren bu maliyet tahmin yöntemi bugün de çoğu proje tipinde pek kullanılmamaktadır. Genellikle Devlet Su İşleri kurumunun bazı projelerinde kullanılabilmektedir [5]. Bu yöntem belli bir hacme sahip bina tipi yapılarla yani depolar, kapalı spor salonları, büro binası vb. yapılarla uygulanabilir. Bu yöntem aşağıdaki aşamalar doğrultusunda maliyet tahmini ve hesaplamalarında uygulanmaktadır: 1) Bu yöntemde yapılacak ilk iş proje tipi seçilir. (hastane, tiyatro binası vb.) 2) Belirli kıstaslar göz önüne alınarak benzer projeler veritabanından süzülür. 3) Bu aşamada benzer projelerin hacmi hesaplanır. RIBA (Royal Institute of British Architects) tarafından temel işlemsel kuralları konulmuş binanın her bir parçasının, en, boy ve yüksekliğinin (dış ölçüler) çarpımıyla binanın m³ hacim miktarı elde edilir [6].

Avantajı: Bu yöntemin tek avantajı kolaylığıdır [4].

Dezavantajları:

- Yapı sahibini faydalı alan hakkında bilgilendirmeme,
- Plan formu, kat sayısı gibi faktörleri dikkate almaması [6].
- Ayrıca binanın özelliklerine bağlı olarak m³ birim belirlenmesi de oldukça zordur.

Aynı yapı hacmine sahip binaların maliyetini eşit veren yöntem ile avan proje aşamasında hesap yapılabilmesine karşın, gerçekte farklı maliyete sahip olan alternatif projeler arasında seçim yapılamaz [7].

1.2.Birim Alan Yöntemi

Taban alanı yöntemi, basitliği nedeniyle birçok Avrupa ülkesinde çok popülerdir. Ayrıca ön tahmin için de yeterlidir, ancak açıkçası yukarıda açıklanan birim başına maliyet yönteminden daha fazla proje bilgisine ihtiyaç duyar. Projenin toplam maliyeti şu şekilde verilecektir:

Toplam maliyet = metrekare başına maliyet x toplam proje alanı.

Birim alan yöntemi, plan alanı ilişkisiyle maliyeti belirleyen ve uygulamada en çok kullanılan bir yöntemdir. Planın biçimsel yönden özellik göstermediği ve kat yükseklikleri arasındaki farklılaşmaların az olduğu durumlarda kullanılabilmektedir. Bu yöntemde kullanılacak projeler

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

% 100 tamamlanmış olmalıdır [8]. Bu model konut, fabrika, depo, hastane, okul, kule vb. inşaat projelerinde uygulanabilir.

Yöntemin kullanılabilmesi için yapının öncelikle her kat seviyesinde iç boyutları ölçülmelidir. İç duvarlar, kanallar, asansörler veya merdiven kasaları için herhangi bir kesinti yapılmaz. Önceki benzer binaların maliyetleri, yukarıdaki ifade kullanılarak toplam proje maliyetinin hesaplanmasında kullanılacak metrekare başına sağlam bir maliyet oluşturmak için kullanılır. Konum ve enflasyon için geçmiş verilerde ayarlamalar yapılabilir.

Avantajları:

- Hacim ve birim yöntemlerine göre daha hassastır.
- Maliyetin döşeme alanı ile olan ilişkisi hacmi ile ilişkisinden daha fazladır [4].
- Bu yöntem bina planının biçimsel açıdan farklılık göstermediği ve kat yüksekliklerinin arasındaki değişiklikler büyük değilse kullanılabilir.
- Plan şeması, büyüklük vb. gibi faktörler, göz önüne alındığından bu yöntem sonucu elde edilen tahmin güvenilir olmaktadır [6].

Dezavantajları:

- Bu yöntemde üçüncü boyuta ait özellikler yoktur. Bu da bina kabuğunda oluşan ve farklı malzeme girdilerinden dolayı denetlenemeyen bir takım maliyet sapmalarının oluşmasına neden olmaktadır [7].
- Plan şeklindeki değişiklikleri ve toplam bina yüksekliğini doğrudan hesaba almaz [7].
- İnşaat yeri ve koşulları, inşaat yöntemleri, malzemeler, dış yüzey kalitesi, tesisat özellikleri ve kalitesi gibi birçok değişkene dağıtım yapılması gerektiğinden dolayı mevcut binaların bilinen fiyatlarının değerlendirilerek m² birim fiyatının tespit edilmesi zordur.
- Avan proje evresinde maliyet hesabı yapılacak aynı alana sahip iki binanın bu yöntem sonucu maliyeti aynı olmasına rağmen gerçekte farklı olmasından dolayı projeler arasında seçim yapılamaz [7].
- Kat yüksekliği, plan biçimi, büyüklüğü, inşaatların kalite sınıfları arasındaki farklar gibi etkenler gözönüne alınmadığı için sonuçlar yeteri kadar hassas değildir [9].
- Alan yöntemi, bina kat yüksekliği çok fazla ise güvenilir değildir [4].
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı m² maliyet verileri bir yıl için belirlenmekte bu nedenle bu bilgiler tahminin gerçekleştirileceği gün için güncel nitelik taşımamaktadır.

1.3.Kat Kabuğu Yöntemi

Kat kabuğu yöntemi, yapının dış duvarları, kat döşemeleri ve çatı döşemesi alanlarının hesaplanarak bu alanların da her birinin belirli katsayılarla çarpılması sonucu elde edilen değerlerin toplamı sonucunda —kat kabuğul olarak adlandırılan değer ile yapının maliyeti arasında kurulan ilişkiye dayanmaktadır [7]. Bu model depolar, büro binası vb. gibi inşaat projelerinde uygulanabilir. Bu modeldeki parametreler bina tipi, inşaatın yapıldığı yer, (kat

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

döşeme alanları, çatı alanı ve dış duvarların alanıdır). Bu model aşağıdaki aşamalar doğrultusunda uygulanır:

- 1) Proje tipi seçilir. (otel, apartman, hastane vb.)
- 2) Belirli kıstaslar göz önüne alınarak benzer projeler proje veri tabanından süzülür.
- 3) Seçilen projelerin kat kabuğu değeri hesaplanır.

Avantajları:

- Binanın plan şemasına daha fazla önem verdiği için diğer metotlardan daha hassas sonuçlar verir [7].
- Yöntem plan biçimini, kat yüksekliklerini ve yapının tüm yüksekliğini hesaba kattığından diğer modellerden daha başarılı bulunmaktadır. Dezavantajları:
- Veriler kolay elde edilememekte bu da yöntemin kullanımını engellemektedir [6].
- Tüm duvar, döşeme ve çatının tek tek alanları ölçüldükten sonra ayrı katsayılarla çarpılması yöntemin eleştirilmesine sebep olmuştur.
- Bu yöntem de binanın fiziksel formunu gözönüne almamaktadır [4].

Bu yöntem önerildiğinde, diğer tek oranlı tahmin yöntemlerinde tespit edilen sorunların plan şekli ve kat yüksekliğindeki değişimler dikkate alınarak aşılması hedeflenmiştir. Ne yazık ki, diğer tek oranlı yöntemlerden çok daha fazla hesaplama gerektirdiğinden ve ihtiyaç duyulan oranlar doğrudan geçmiş verilerden çıkarılamadığından, yöntem inşaat uzmanları tarafından tam olarak benimsenmedi.

Diğer birçok faktör bir tahminin doğruluğunu etkiler. Yanlış fiyatlandırma kullanımı, fiyat bilgilerinin kullanılabilirliği ve uygun fiyatlandırma yöntemleri gibi tahmin prosedürü sırasında hatalar meydana gelir. Hatalı atlanan öğeler veya yanlış boyutlar gibi tasarım değişiklikleri ve eksik veriler de çıktıyı etkiler. Tahmincinin belirli maliyet kalemlerini gözden kaçırmak veya atık parçaları planlamamak gibi kötü yargıları, doğruluğu etkileyen insan hatasının bir parçasıdır. Hava durumuna bağlı belirsizlikler, inşaatteki gecikmeler, denetim politikaları, farklı inşaat yöntemleri, ekonomik ve siyasi konular, değişen inşaat teknolojisi, ekipman ve malzemelerin mevcudiyeti ve işgücü verimliliğindeki farklılıklar maliyet tahminlerinin doğruluğunu etkileyebilecek dış etkilerden bazılarıdır [10].

Kuruoğlu ve arkadaşları inşaat sektöründe kullanılan ön maliyet tahmin yöntemlerini; ülkemizdeki bilinirlikleri ve kullanım oranları açısından değerlendirilmiştir. Çalışmada, ülkemizde en çok bilenen yöntemlerin benzer proje ile karşılaştırmaya dayalı yöntemler olduğu görülmektedir. Kullanım oranları açısından ise en fazla ortalama birim alan maliyetine dayalı ön tahmin yönteminin ve ikinci olarak ortalama fonksiyonel birim maliyetine dayalı ön tahmin yönteminin tercih edildiği görülmüştür. Bu yöntemleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın m² tahmin yöntemi ve benzer projelerin maliyet verilerinin güncelleştirilmesine dayalı tahmin yöntemi izlemiştir [11].

Uğur ve Akdık'ın 2019'da yaptıkları bir araştırmaya göre; Aydın ilinde yapımı gerçekleştirilen "zemin + 4 katlı, 20 daireli" bir konut yapısının Birim Fiyat Yöntemi ile hesaplanan maliyetiyle;

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Birim Alan Yöntemi, Kat Kabuğu Yöntemi ve Hacim Yöntemi ile hesaplanan maliyetler arasında sırasıyla; %128, %156 ve %86 düzeylerinde farklar bulunduğu tespit edilmiştir [12].

2.AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Rayiçleri esası ile maliyeti hesaplanan okul ve hastane yapılarının ön maliyetleri; Alan, Hacim ve Kat Kabuğu Yöntemleri ile yeniden hesaplanarak aradaki oransal maliyet farkları karşılaştırılmıştır. Bunun için 2020 yılında inşaatları tamamlanmış; Düzce ili dahilinde Milli Eğitim Bakanlığı bünyesinde yapısı tamamlanan 5 okul projesi ve Bursa, Düzce, Çanakkale, Diyarbakır ve Isparta illerinde Sağlık Bakanlığınca yaptırılan 5 hastane projesi esas alınmıştır. Her projenin farklı yöntemlerle hesaplanan maliyet değerleri; Birim Fiyat Yöntemi maliyetleri ile karşılaştırılarak hata oranları belirlenmiştir. Edinilen bulgular tablolar yardımı ile anlamlandırılmış ve karşılaştırılmıştır. Hesaplamalarda 2020 yılı maliyetleri esas alınmıştır.

3.BULGULAR

Düzce ilinde yapımı tamamlanan 5 okul yapısına ait farklı yöntemlerle hesaplanan maliyetler ve bu maliyet değerlerinin Birim Fiyat Yöntemi bulguları ile karşılaştırıldığı veriler Tablo 1.'de sunulmuştur.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Tablo 1. Okul Maliyetlerinin farklı yöntemlere göre değerleri ve Hata ortalamaları

	OKUL BİNALARI				
	Düzce Gümüşova Ortaokulu	Merkez Anaokulu	Fatih İlkokulu	Bolu Kültür Ortaokulu	Yığılca ÇPL
Derslik Sayısı (Adet)	16	6	12	32	6
Öğrenci Sayısı (Adet)	320	200	210	750	240
Kat Sayısı (Adet)	5	2	3	5	2
Taban Alanı (m ²)	3920	660	3398	2200	512,7
Yapı Alanı (m ²)	23520	1320	13592	11200	1025,4
Hacim (m ³)	12844	2178	12234,06	45702	4030,9
Bodrum Sayısı	1	0	1	1	0
Kat Kabuğu Değeri (m ²)	9950,75	1713	7750,07	30790	3159,72
Kat Kabuğu Birim Maliyeti (₺)	894,00	894,00	894,00	894,00	894,00
Alan Birim maliyeti (₺/m ²)	2.034,81	646,80	1.971,23	1.310,32	730,98
Hacim Birim Maliyeti (₺/m ³)	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Birim Fiyata Göre maliyet (₺)	7.101.499,27	565.711,00	6.698.928,60	14.675.575,00	2.707.307,00
	100%	100%	100%	100%	100%
Ortalama:	100%				
Alan Yöntemi Maliyet(₺)	47.858.731,20	853.776,00	26.792.958,16	14.675.584,00	749.548,94
Birim M. / Alan M. Oranı	15%	66%	25%	100%	361%
Ortalama:	113%				
Hacim Yöntemi Maliyet(₺)	6422000	1089000	6117030	22851000	2015450
Birim M. / Hacim M. Oranı	90%	193%	91%	156%	74%
Ortalama:	121%				
Kat Kabuğu Yönt. Maliyet (₺)	8.895.970,50	1.531.422,00	6.928.562,58	27.526.260,00	2.824.789,68
K.Kabuğu M. / Hacim M. Oranı	125%	271%	103%	188%	104%
Ortalama:	158%				

Bu verilere göre gerçek okul maliyet değerleri olarak kabul edilen Birim Fiyat esaslı maliyet değerleri ile Alan Yöntemi ile gerçekleştirilen maliyet değerleri arasında ortalama %113 fark bulunduğu anlaşılmıştır. Aynı karşılaştırma sonucunda Hacim Yöntemi hata ortalaması %121 ve Kat Kabuğu Yöntemi hata ortalaması %158 düzeylerinde gerçekleşmiştir.

Bursa, Düzce, Çanakkale, Diyarbakır ve Isparta illerinde yapımı tamamlanan 5 hastane yapısına ait farklı yöntemlerle hesaplanan maliyetler ve bu maliyet değerlerinin Birim Fiyat Yöntemi bulguları ile karşılaştırıldığı veriler Tablo 2.'de sunulmuştur.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Tablo 2. Hastane Maliyetlerinin farklı yöntemlere göre değerleri ve Hata ortalamaları

	HASTANE BİNALARI				
	Ali Osman Sönmez Devlet Hastanesi	Çilimli Devlet Hastanesi	Çanakale Devlet Hastanesi	Silvan Devlet Hastanesi	Isparta Eğridir Devlet Hastanesi
Yatak Sayısı (Adet)	750	10	75	150	75
Kat Sayısı (Adet)	11	3	5	3	6
Taban Alanı (m ²)	19913	1051	4962	5449	4166
Yapı Alanı (m ²)	258864	3143,03	29773	27246	29164
Hacim (m ³)	507177	10.000	96853,5	41440	90548
Bodrum Sayısı	2	1	1	2	1
Kat Kabuğu Değeri (m ²)	850719,5	14849,87	15.000,00	12803,73	15.000,00
Kat Kabuğu Birim Maliyeti (₺)	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Alan maliyeti (₺/ m ²)	1.219,76	2.136,16	1.635,75	1.537,92	2.907,61
Hacim Birim Maliyeti (₺/ m ³)	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00
Birim Fiyata Göre maliyet (₺)	296.774.621,00	6.714.006,00	69.957.888,00	41.987.592,00	57.470.000,00
	100%	100%	100%	100%	100%
Ortalama:	100%				
Alan Yöntemi Maliyet(₺)	315.751.952,64	6.714.014,96	48.701.184,75	41.902.168,32	84.797.440,02
Birim M. / Alan M. Oranı	94%	100%	144%	100%	68%
Ortalama:	101%				
Hacim Yöntemi Maliyet(₺)	380382750	7500000	72640125	31080000	67911000
Birim M. / Hacim M. Oranı	128%	112%	104%	74%	118%
Ortalama:	107%				
Kat Kabuğu Yönt. Maliyet (₺)	680.575.600,00	11.879.896,00	75.392.463,60	10.242.984,00	69.897.964,32
K.Kabuğu M. / Hacim M. Oranı	229%	177%	108%	24%	122%
Ortalama:	132%				

Bu verilere göre gerçek hastane maliyet değerleri olarak kabul edilen Birim Fiyat esaslı maliyet değerleri ile Alan Yöntemi ile gerçekleştirilen maliyet değerleri arasında ortalama %101 fark bulunduğu anlaşılmıştır. Aynı karşılaştırma sonucunda Hacim Yöntemi hata ortalaması %107 ve Kat Kabuğu Yöntemi hata ortalaması %132 düzeylerinde gerçekleşmiştir.

4.SONUÇ

Yatırım projelerinin daha fikir aşamasındayken maliyetlerinin en düşük hata oranları ile tahmin edilmesi; gerek alternatifler arasında seçim yapılması, gerek yatırım kararının alınması, gerekse kaynak temini, bütçeleme, maliyet kontrolü gibi alanlarda birincil derecede önem arz etmektedir. Dünyada ve Türkiye’de kullanılan ön maliyet tahmin yöntemlerinden üç tanesinin gerçek maliyet değerlerine göre hangi oranlarda hata düzeylerine sahip tahminler yapabildiği; değerlendirme yapan ve karar verecek kimseler tarafından önceden bilinmesi gereken bir önemli konudur.

Bu çalışmada 2020 yılında kamu tarafından yapımları tamamlanan 5 okul ve 5 hastane yapısının farklı ön maliyet yöntemleri ile maliyet tahmini hesaplamaları yapılmıştır. Her iki yapı tipi için

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

de Kat Kabuğu Yöntemi ile yapılan tahminlerin hata oranları en fazla düzeyde olmuştur. Uygulanan yöntemlerden Alan Yönteminin hata oranı ise en düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Her iki tip yapı için de Hacim Yöntemi, diğer iki yöntemim arasında hata düzeyine sahiptir.

Çalışmanın önemli bulgularından birisi; daha başlangıç aşamasında, detaylı projeler yokken Türkiye şartlarında yapılan maliyet tahmini hesaplarının hata oranlarının tamamının %100 değerinden fazla olduğudur. Bu değer, uluslararası kabul gören hata oranlarının (%30 - %50) önemli derecede üzerinde bulunmaktadır. Örnek sayısı az olmakla birlikte, bu konuda Türkiye yada uluslararası platformlardaki yapı maliyetleri hesaplama yaklaşımlarının ve maliyet unsurlarının önemli derecede farklılıklar taşıdığı fikri akla gelmektedir.

Hata oranları, okul yapıları ile hastane yapılarında farklılıklar göstermektedir. Literatür kısmında; bir apartman/konut yapısı için benzer yöntemlerin karşılaştırıldığı çalışmada da farklı oranların bulgulandığı görülmüştür. Dolayısı ile Türkiye’de örnekleme yapılan yapılar için yapı tiplerine göre hata oranlarının da değiştiği çıkarımı yapılabilir.

Yurdumuzda farklı yapı maliyeti hesaplama yöntemlerine göre düzenlenmiş veri bankalarının bulunmaması; daha az ve sınırlı örneklemelerle ve daha az güvenilebilir betimlemeler yapılması mecburiyetini getirmektedir. Örnek sayısının artırılarak yapılacağı çalışmalarla; edinilecek bulguların güvenilirliği de daha yüksek olacaktır.

Kaynaklar

- [1]. Rajendra Singh, Cost Estimation Methods in Construction, 2019 <https://civilpanel.com/cost-estimation-methods-construction/>
- [2]. Çelik L. Y., Türkiye’de İnşaat Sektöründe Kullanılan Ön Maliyet Tahmini Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, S.29, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006
- [3]. Saner, C., 1993. 4-8 Katlı Konut Yapılarında Taşıyıcı Sistem Maliyetini Tahmine Yönelik Bir Yaklaşım Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [4]. Topçu, G., 1989. Yapı Üretim Sürecinde Maliyet İlişkin İşlemler: Tahmin, Planlama, Kontrol, Yüksek Lisans Tezi, Ğ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5]. Usta, S.H., 1994. Avan Proje Evresinde, Bina Maliyetinin Bina Elemanlarına Dayalı Olarak Hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, Ğ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6]. Seyyar, B., 2000, Bina Tasarım Sürecinde Bilgisayar Destekli Maliyet Tahmin Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, Ğ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7]. Eski, O., 1993. Avan (Ön) Proje Evresinde Bina Maliyetinin İnşaat İmalatlarına Dayalı Olarak Hesaplanmasına Yönelik Bir Model, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8]. Roney S.F., 1992. Square Foot Type Estimating for Construction, AACE Internal Transactions, 1, E.7.1-E.7.8.
- [9]. Erdem, A. E., 1996. Konut Projelerinde, Ön Tasarım Aşamasında, Fonksiyonel Elemanlara Dayalı Maliyet Tahmini İçin Bir Model Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10]. Cynthia Gaffney, Unit Method of Cost Planning, <https://smallbusiness.chron.com/unit-method-cost-planning-14497.html> (Son erişim 17.11.2021)

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

[11]. Kuruoğlu M., Topkaya E. Çelik L. Y., Erkan Yönez E., İnşaat Sektöründe Kullanılan Ön Maliyet Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması, 6. İnşaat Yönetimi Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, S. 140-141, 25-26-27 Kasım 2011, Bursa

[12]. Uğur L. O., Akdık M. M., İnşaat Sektöründe Maliyet Hesaplamalarında Kullanılan Birim Fiyat Analizlerinin Piyasa Fiyatlarıyla Karşılaştırılması, Yapı İşletmesi Araştırmaları, S. 196-207, Alter Yayınları, 2017, Ankara

KONUT YAPILARININ ÖN MALİYET TAHMİNİNDE BİRİM YÖNTEMİNİN BİR UNSURU OLARAK ODA MALİYETİNİN KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Latif Onur Uğur

Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fak., İnşaat Müh. Böl., Konuralp Kampüsü, 81620 DÜZCE

e-posta: latifugur@duzce.edu.tr

Özet: İnşaatta doğru maliyet tahmin tekniklerini kullanmak, bir projenin maliyetini ne kadar doğru tahmin edebileceğinizi etkileyecektir. Genel olarak, ne kadar çok bilgiyle çalışmanız gerekiyorsa, Yaklaşık Miktarlar yaklaşımı gibi daha karmaşık tahmin yöntemleri kullanmak o kadar iyidir. Bununla birlikte, bir projede çok erken aşamada bulunuluyor ise, Birim Maliyet veya Kare Çekim Prosedürleri gibi maliyet tahmin teknikleri iyiden iyiye ön maliyet tahminleri sağlayabilir. Birim Yapı Maliyeti Yöntemi, esas olarak büyük binalar için kullanılır ve sadece ön incelemeler için uygun çok sert bir rehber olarak kabul edilmelidir. Birim yöntemi, çarpan görevi görür tek bir fonksiyonel ünitenin kullanılmasını içerir. Önceki, benzer inşaat projelerinden elde edilen geçmiş veriler, yeni bir birim için inşaat maliyetlerinin maliyet modelini oluşturmak için kullanılır. Bu birim daha sonra genel bir maliyet tahmini sağlayan projeyi tamamlamak için gereken birim sayısı ile çarpılır. Konut yapılarında birim olarak oda maliyetlerinin tercih edilmesinde genel olarak bir tereddüt bulunmaktadır. Bunun birincil sebebi yapılacak maliyet tahmininden gelebilecek hata oranının yüksek olacağı beklentisidir. Bu çalışmada konut projelerinde birim maliyete esas olarak oda maliyetinin kullanıldığı durumlarda oluşan hata oranı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bunun için 23 adet betonarme dubleks villa yapısı ve 10 adet betonarme çok katlı apartman yapısının projelerinden istifade edilmiştir. Her yapının Birim Fiyat Yöntemi ile güncel maliyet değerleri hesaplandıktan sonra; örnekleme düzlemi içinde bulunan yapıların oda sayıları esas alınarak villa ve konut yapıları için Oda Birim Maliyetleri hesaplanmıştır. Buna göre Villalarda oda başı maliyet 9.449 USD/Oda ve apartman dairelerinde oda başı maliyet 6.819 USD/Oda olarak belirlenmiştir. Oda sayıları ve oda birim maliyetleri esas alınarak yapılan toplam maliyet hesaplamalarında villa yapıları için ortalama %28,3 ve apartman yapıları için ortalama %62,2 düzeyinde hata oranları tespit edilmiştir. Türkiye şartlarında kullanılan alternatif ön maliyet tahmin yöntemlerinden Kat Kabuğu yaklaşımında; Okul yapılarında %158 ve hastane yapılarında %132 düzeyinde hata oranları gerçekleştiği ve Hacim Yönteminde okul yapılarında %121 ve hastane yapılarında %107 hata ile tahmin yapılabildiği örnekler literatürde bulunmaktadır. Alan Yöntemi ile yapılan ön maliyet tahminlerindeki hata oranları ise okul yapılarında %113 ve hastane yapılarında %101 düzeyindedir. Bu değerlere göre önemli derecede daha az hata oranı taşıyan Oda Birim Maliyetleri esaslı yapı ön maliyet yaklaşımının; ön maliyet tahmini aşamasında daha yaygın bir şekilde kullanılabilir bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapı Maliyeti, İnşaat Maliyet Tahmini, Ön Maliyet Yöntemleri, Birim Yöntem

EVALUATION OF THE USE OF ROOM COST AS AN ELEMENT OF THE UNIT METHOD FOR PRELIMINARY COST ESTIMATION OF RESIDENTIAL BUILDINGS

Abstract: Using accurate cost estimation techniques in construction will affect how accurately you can estimate the cost of a project. In general, the more information you need to work with, the better it is to use more complex estimation methods, such as the Approximate Quantities approach. However, if a project is at a very early stage,

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

cost estimation techniques such as Unit Cost or Square Shooting Procedures can provide good preliminary cost estimates. The Unit Building Cost Method is mainly used for large buildings and should be regarded as a very rigid guide suitable for preliminary investigations only. The unit method involves using a single functional unit that acts as a multiplier. Historical data from previous, similar construction projects is used to build a cost model of construction costs for a new unit. This unit is then multiplied by the number of units needed to complete the project, which provides an overall cost estimate. There is a general hesitation in choosing room costs as a unit in residential buildings. The primary reason for this is the expectation that the error rate from the cost estimation will be high. In this study, it has been tried to determine the error rate that occurs when the room cost is used as the basis for the unit cost in housing projects. For this, the projects of 23 reinforced concrete duplex villa structures and 10 reinforced concrete multi-storey apartment buildings were utilized. After calculating the current cost values of each building with the Unit Price Method; Room Unit Fees were calculated for villas and residential buildings based on the room numbers of the buildings in the sampling plane. Accordingly, the cost per room in Villas is 9,449 USD/room and in apartments, the cost per room is determined as 6.819 USD/Room. In the total cost calculations based on the number of rooms and room unit costs, an average of 28.3% error rates for villa structures and 62.2% for apartment buildings were determined. In the Kat Shell approach, which is one of the alternative preliminary cost estimation methods used in Turkish conditions; There are examples in the literature where error rates of 158% in school buildings and 132% in hospital buildings, and in the Volume Method, estimations can be made with an error of 121% in school buildings and 107% in hospital buildings. The error rates in the preliminary cost estimations made by the Field Method are 113% in school buildings and 101% in hospital buildings. Room Unit Costs based building preliminary cost approach, which has a significantly less error rate compared to these values; It is thought that it is a method that can be used more widely in the preliminary cost estimation phase.

Keywords: Construction Cost, Construction Cost Estimation, Preliminary Cost Methods, Unit Method

1.GİRİŞ

Herhangi bir projenin ilk aşamalarında etkin maliyet tahmini esastır. İyi bir tahmin, projenin bir işverene/müşteriye ne kadara mal olacağı konusunda önemli bilgileri bütçenize ve iletmenize yardımcı olacaktır. Farklı maliyet tahmin yöntemleri farklı durumlar için en iyi şekilde çalışır. Proje boyunca ne kadar bilgiye sahip olduğunuza ve müşterinizden ne kadar bilgiye sahip olduğunuza bağlı olarak, belirli maliyet tahmin yöntemleri diğerlerinden daha üstün olabilir. İnşaatta doğru maliyet tahmin tekniklerini kullanmak, bir projenin maliyetini ne kadar doğru tahmin edebileceğinizi etkileyecektir. Genel olarak, ne kadar çok bilgiyle çalışmanız gerekiyorsa, yaklaşık miktarlar yaklaşımı gibi daha karmaşık tahmin yöntemleri kullanmak o kadar iyidir. Bununla birlikte, bir projede çok erkenseniz, birim maliyet veya kare çekim prosedürleri gibi maliyet tahmin teknikleri iyiden iyiye tahminler sağlayabilir [1].

Hızlı bir şekilde doğru inşaat tahminleri üretmek için, inşaat projelerinizi tahmin etmek için bir birim maliyet yöntemi geliştirmeniz gerekir. Hızlı ve doğru inşaat tahminleri üretmek istiyorsanız, inşaat projelerinizi tahmin etmek için bir birim maliyet yöntemi geliştirmeniz gerekir. Birim maliyet yöntemini doğru tahmin yazılımıyla birleştirmek, işletmeniz için inşaat tahminleri üretmenin en hızlı, en doğru ve uygun maliyetli yoludur [2].

Birim maliyet yöntemi kullanmadan önce, tahminci aynı alanda veya komşu alanlarda tamamlanan önceki benzer sözleşmelerden bilgi toplamak zorundadır. Bu yöntem esas olarak büyük binalar için kullanılır ve sadece ön incelemeler için uygun çok sert bir rehber olarak kabul edilmelidir [3].

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Birim yöntemi, çarpan görevi görür tek bir fonksiyonel ünitenin kullanılmasını içerir. Önceki, benzer inşaat projelerinden elde edilen geçmiş veriler, yeni bir birim için inşaat maliyetlerinin maliyet modelini oluşturmak için kullanılır. Bu birim daha sonra genel bir maliyet tahmini sağlayan projeyi tamamlamak için gereken birim sayısı ile çarpılır. İşlevsel bir birim bir otelde yatak odası, bir okul için öğrenci başına maliyet veya hastaneler için yatak başına maliyet olabilir. Bazı proje maliyet modelleri, diğer projelerin geçmiş maliyetlerine bağlı olarak metrekare başına bir maliyet kullanabilir [4].

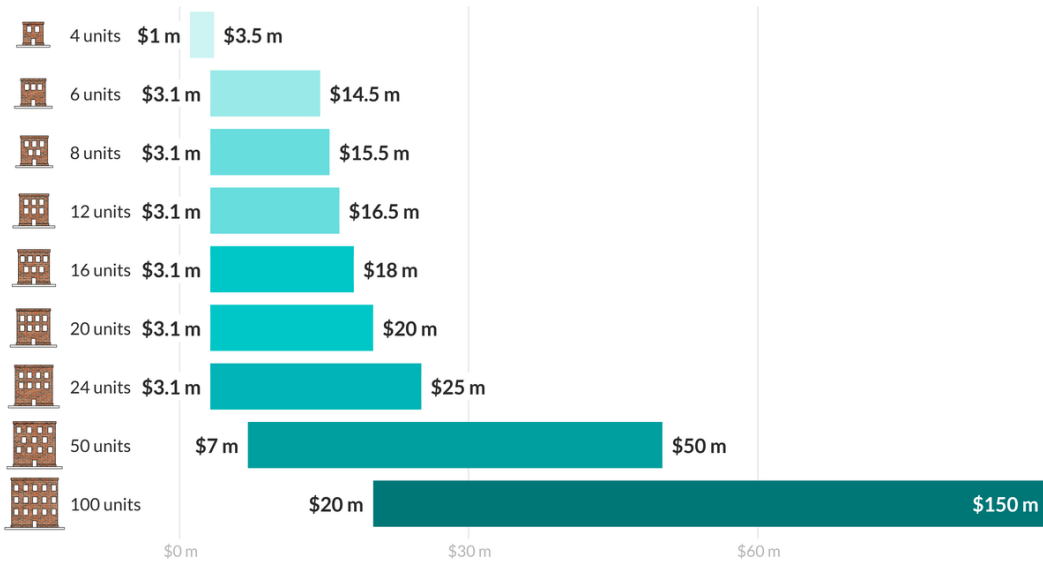
Bir apartman inşa etmenin nihai maliyetini çok sayıda faktör etkiler. Bunlar, birim boyutları, birim sayısı, genel yapı boyutu, kullanılan malzemeler ve birçok ek faktörü içerir.

Konum, bu ek faktörlerden biridir. Şehirler ve kentsel alanlar tipik olarak diğer alanlardan daha yüksek inşaat maliyetlerine sahiptir ve bu da metrekare başına toplam maliyeti etkiler. Ayrıca binanın yerleşim planı veya kat planı da proje maliyetini etkiler. Kat planı ne kadar ayrıntılı olursa, maliyetler o kadar yüksek olur.

Apartment binaları, büyüklük ve ölçek olarak değişen çok çeşitli birimlere sahip olabilir. Bir binada farklı büyüklüklerde stüdyo, tek yatak odalı ve iki yatak odalı dairelerin bir arada bulunması yaygındır. Bu nedenle, birim sayısı genellikle bir apartmanın toplam maliyetinin yetersiz bir ölçümü olabilir. Büyük bir bina, tamamı iki yatak odalı olan daha az lüks daireye sahip olabilir ve stüdyo ve orta sınıf bitişli tek yatak odalı birimlerin karışımı olan aynı sayıda üniteye sahip çok daha küçük bir binadan çok daha pahalıya mal olabilir. Bu nedenle, bir binadaki birim sayısı başına maliyet aralığı çok büyük olabilir.

Aşağıda ünitelere göre apartmanlar için ortalama aralık verilmiştir (Bkz. Şekil 1.). Bu çok geniş bir aralıktır, dolayısıyla bunu daraltmak için daha fazla parametreye ihtiyacınız vardır [5].

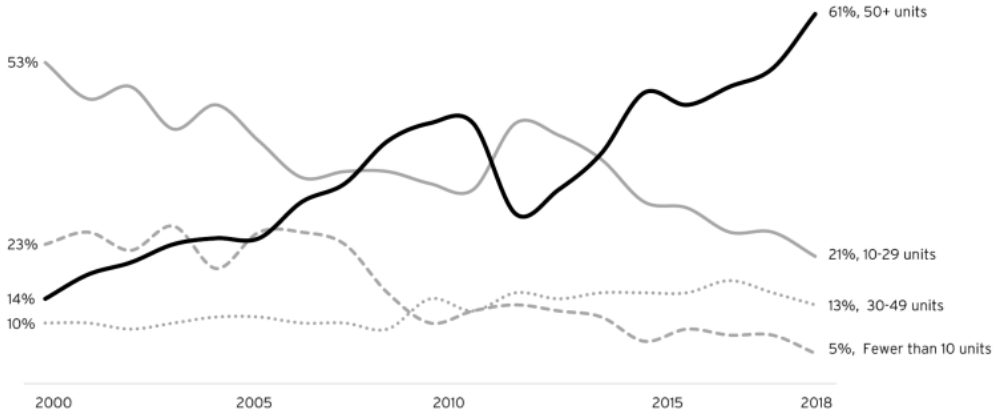
Şekil 1. Birim sayısına göre ortalama m² maliyet (milyon USD)



Arz tarafında ise apartmanlar büyüyordu (Bkz. Şekil 2.). 2018'de tamamlanan yeni çok aileli birimlerin %60'ından fazlası 50'den fazla birimden oluşan binalardayken, yalnızca %5'i 10'dan az birimden oluşan binalardaydı.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Şekil 2. Bina büyüklüğüne göre tamamlanan çok aileli birimlerin payı, 2000-2018 (Kaynak: US Census Bureau, Residential Construction Survey)



Daha büyük binalar, çok aileli inşaatta ölçek ekonomilerini yansıtır. Arsa maliyetleri arttıkça, müteahhitlerin tek bir arazi parseline daha fazla konut sığdırması gerekiyor. Tasarım, düzenleme ve operasyon maliyetleri bina boyutuna göre çok fazla değişmez, bu nedenle daha büyük binalar geliştiricilerin bu sabit maliyetleri daha fazla daireye yaymasına olanak tanır. Bugüne kadar, konut maliyetlerine ilişkin çoğu tasarım ve inşaat araştırması, bireysel inşaat tekniklerine (şantiye dışı inşaat gibi) veya belirli bina türlerine (mikro birimler gibi) odaklanmaktadır. Proje ekiplerinin, yüksek kaliteli konut üretirken çok aileli tasarım ve inşaatın verimliliğini ve öngörülebilirliğini artırmak için bir dizi yerleşik ve deneysel stratejiyi birleştirmesi gerekecektir [6].

2.AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada konut projelerinde birim maliyete esas olarak oda maliyetinin kullanıldığı durumlarda oluşan hata oranı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bunun için 23 adet betonarme dubleks villa yapısı ve 10 adet betonarme çok katlı apartman yapısının projelerinden istifade edilmiştir. Her yapının Birim Fiyat Yöntemi ile güncel maliyet değerleri hesaplandıktan sonra; örnekleme düzlemi içinde bulunan yapıların oda sayıları esas alınarak villa ve konut yapıları için Oda Birim Maliyetleri hesaplanmıştır.

Ardından her bir yapı tipi için (villa ve apartman) oda sayısı ile toplam maliyet arasında tekli doğrusal regresyon analizleri yapılmıştır. Ayrıca her yapının karakteristik maliyet bileşenleri ile toplam maliyetleri arasında çoklu doğrusal regresyon modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan Regresyon denklemlerine ait istatistiksel veriler paylaşılarak yapılan modellemelerin anlamlılığı belirtilmiştir.

3.BULGULAR

3.1.Villa Yapılarının Oda Maliyetleri

23 adet dubleks villanın; Birim Fiyat Yöntemine göre Gerçek Maliyet (Metraj ve Keşif) ÇŞB 2021 yılı maliyetleri, Birim Yönteme göre maliyet esaslı oda maliyeti: (ÇŞB 2021 yılı gerçek Maliyeti / Oda sayısı), Hacim (m³) maliyetleri, Alan Yöntemi ile maliyetleri ve Kat Kabuğu Yöntem ile birim kat kabuğu maliyetleri hesaplanarak farklı yöntemlere göre oda maliyetleri

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

2021 yılı rayiçlerine göre TL olarak hesaplanmıştır. 1 Nisan 2021 günü TL/USD paritesi değeri olan 8,282 TL = 1 USD ile çarpılarak, aynı gün için bir odanın USD cinsinden maliyeti hesaplanmıştır (Bkz. Tablo 1.).

Tablo 1. Hacim ve Kat Kabuğu Yöntemlerine göre villa yapılarında oda maliyeti

Dubleks Villa			
	Hacim m3 Maliyeti	Birim Kat Kabuğu m2 maliyeti	Oda Maliyeti
TL	590,1864545	429,3032636	78254,9338
USD	71,26134443	51,83569955	9448,796643

Buna göre villalarda oda başı maliyet 9.449 USD/Oda düzeyindedir. Bu hesap esaslı tahminlerin ortalama hata oranlarının hesabı aşağıdaki Tablo 2.'de verilmiştir.

Tablo 2. Villa yapılarında oda maliyeti esaslı maliyet tahmininin diğer yöntemlerin tahminleri ile hata oranı karşılaştırması

Oda sayısı:	Oda sayısı esaslı toplam maliyet	Birim Fiyat Yöntemine göre Gerçek Maliyet (Metraj ve Keşif) ÇŞB 2021 yılı maliyeti:	Hata	Hata farkları	Mutlak Hata
5	391274,7	430650	110,0633	10,063339	4,65
15	1173824,1	1117912	95,23672	-4,7632835	10,06
4	313019,76	300520	96,00672	-3,9932814	4,76
4	313019,76	235069,2	75,09723	-24,902767	3,99
6	469529,64	20720,71	4,413078	-95,586922	24,9
8	626039,52	641532	102,4747	2,4746808	95,59
4	313019,76	366630,1	117,1268	17,126815	2,47
5	391274,7	569744,5	145,6124	45,612407	17,13
15	1173824,1	1607872	136,9773	36,977263	45,61
5	391274,7	373789,1	95,53111	-4,4688936	36,98
8	626039,52	516000	82,42291	-17,577088	4,47
4	313019,76	376272,3	120,2072	20,207213	17,58
4	313019,76	140633,4	44,92797	-55,072031	20,21
5	391274,7	630700,3	161,1912	61,191178	55,07
5	391274,7	640501,1	163,696	63,696028	61,19
5	391274,7	475286,6	121,4713	21,471324	63,7
4	313019,76	371144	118,5689	18,568872	21,47
7	547784,58	755652	137,9469	37,946928	18,57
10	782549,4	683589,6	87,35418	-12,645819	37,95
4	313019,76	422964,1	135,1238	35,123776	12,65
4	313019,76	321295,3	102,6438	2,643782	35,12
5	391274,7	232840	59,50806	-40,491936	2,64
3	234764,82	435217,9	185,3846	85,384633	40,5
10	782549,4	1107106	141,4743	41,474302	41,47
				Toplam	678,73
				Ort. Hata	28,2804

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

3.2. Apartman Yapılarının Oda Maliyetleri

10 adet apartman yapısının; Birim Fiyat Yöntemine göre Gerçek Maliyet (Metraj ve Keşif) ÇŞB 2021 yılı maliyetleri, Birim Yönteme göre maliyet esaslı oda maliyeti: (ÇŞB 2021 yılı gerçek Maliyeti / Oda sayısı), Hacim (m³) maliyetleri, Alan Yöntemi ile maliyetleri ve Kat Kabuğu Yöntem ile birim kat kabuğu maliyetleri hesaplanarak farklı yöntemlere göre oda maliyetleri 2021 yılı rayiçlerine göre TL olarak hesaplanmıştır. 1 Nisan 2021 günü TL/USD paritesi değeri olan 8,282 TL = 1 USD ile çarpılarak, aynı gün için bir odanın USD cinsinden maliyeti hesaplanmıştır (Bkz. Tablo 3.).

Tablo 3. Hacim ve Kat Kabuğu Yöntemlerine göre apartman binalarda oda maliyeti

	Apartman		
	Hacim m3 Maliyeti	Birim Kat Kabuğu m2 maliyeti	Oda Maliyeti
TL	442,66	607,29	56475,14
USD	53,44844241	73,32649119	6819,021975

Bu verilere göre apartman dairelerinde oda başı maliyet 6.819 USD/Oda olarak belirlenmiştir. Bu hesap esaslı tahminlerin ortalama hata oranlarının hesabı aşağıdaki Tablo 4.'te verilmiştir.

Tablo 4. Apartman yapılarında oda maliyeti esaslı maliyet tahmininin diğer yöntemlerin tahminleri ile hata oranı karşılaştırması

Oda sayısı:	Oda sayısı esaslı toplam maliyet	Birim Fiyat Yöntemine göre Gerçek Maliyet (Metraj ve Keşif) ÇŞB 2021 yılı maliyeti:	Hata	Hata farkları	Mutlak Hata
44	2484906	4797386	193,0611	93,061052	93,05
30	1694254	467796,6	27,61077	-72,38923	72,39
23	1298928	1733720,6	133,4732	33,473165	33,47
76	4292111	5547719	129,2539	29,253868	29,25
95	5365138	6472338,6	120,6369	20,636939	20,63
36	2033105	574277,39	28,24632	-71,75368	71,75
38	2146055	4240000	197,5718	97,571794	97,57
57	3219083	4623,099	0,143615	-99,85638	99,85
47	2654332	3967803,6	149,4841	49,484098	49,48
36	2033105	3149925,7	154,9318	54,931775	54,93
				Toplam	622,37
				Ort. Hata	62,237

3.3. Villa Yapılarında Oda Maliyeti Esaslı Maliyet Modeli ve Toplam Maliyet Modeli

Birim Fiyat Yöntemine göre elde bulunan 23 dubleks yapının maliyetleri önce yalnızca oda maliyetinin bir fonksiyonu olarak modellenmiştir. Ardından 15 farklı maliyet bileşeninin (oda

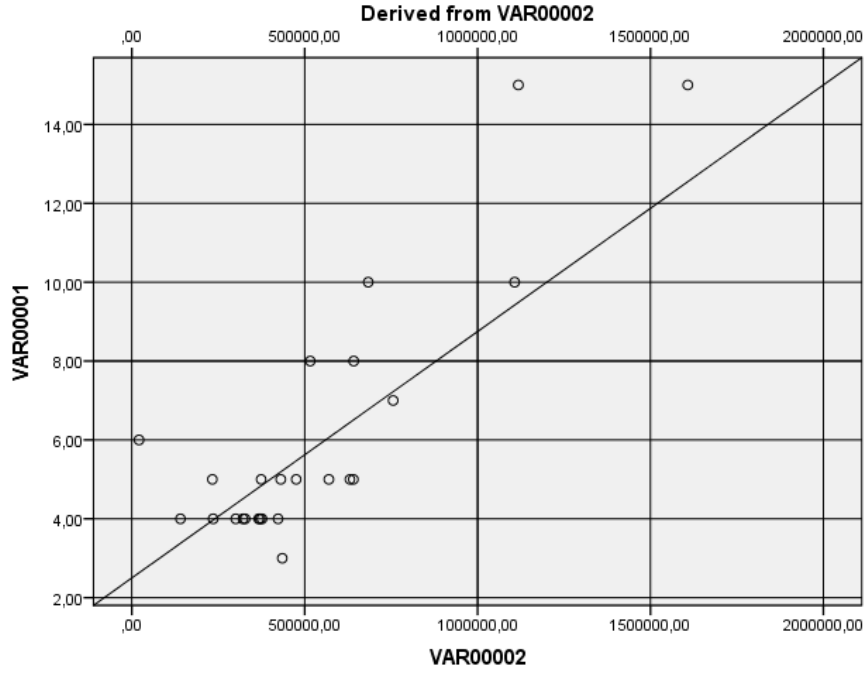
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

maliyeti de bu bileşenlerden biri olmak üzere) dahil edildiği çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Maliyet modelleri ve bu modellere ait istatistiki veriler aşağıda sunulmuştur.

3.3.1. Villalar için tekli doğrusal regresyon analizi sonuçları

Villa yapıları için oda maliyeti/Toplam maliyet ilişkisinin modellenmesi için yapılan serpm diyagramı Şekil 3. 'te verilmiştir.

Şekil 3. Villa Yapıları İçin Serpme Grafiği ve Regresyon Doğrusu



Buna göre regresyon denklemi;

$$Y = 1,862 + 8,125E-6 X$$

$$\text{Toplam Maliyet} = 1,862 + 8,125E-6 \text{ Oda Sayısı}$$

Yordalayıcı değişkenle yordalanan arasındaki ilişkinin düzeyi;

$$R = 0,853$$

$$R^2 = 0,728$$

Bu değerler yapılan modellemenin gerçek olayı %73 düzeyinde ifade ettiğini belirtmektedir.

İstatistiksel anlamlılık;

$$\text{Standart Hata} = 1,73593$$

$$F = 61,501$$

$$\text{Beta} = 0,853$$

Regresyon katsayısının anlamlılığına ilişkin t-testi sonucu;

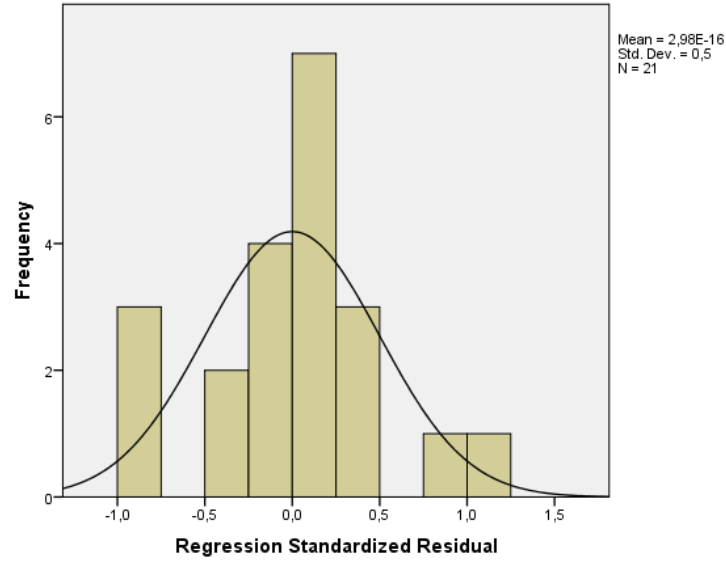
$$t_{\text{Oda sayısı}} = 2,889$$

t Maliyet = 7,842

3.3.2. Villalar için çoklu doğrusal regresyon analizi ile maliyet modeli

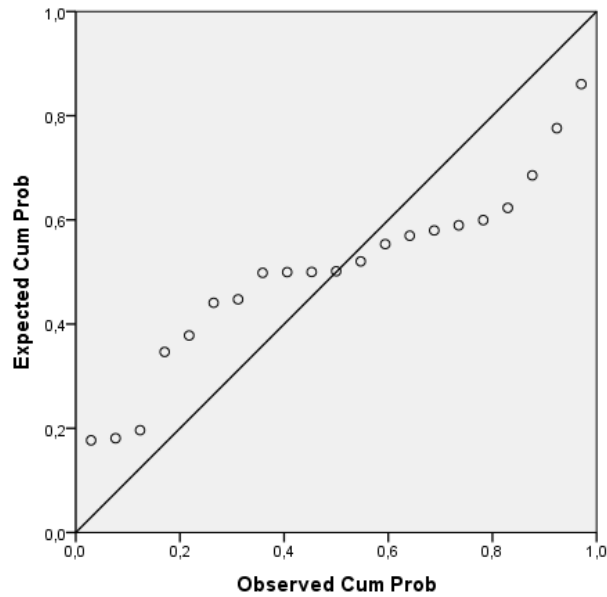
Toplam Maliyet'in; Bodrum kat alanı, Zemin kat alanı, Birinci kat alanı, Bina toplam alanı, Bina yüksekliği, Dış cephe alanı, Dış cephe boşluk alanı, Banyo sayısı, WC sayısı, Mutfak sayısı, Toplam ıslak mahal alanı, Balkon sayısı, Toplam balkon alanı, Oda sayısı ve Salon sayısı ile nasıl değiştiğini belirlemek için yapılan Çoklu Doğrusal Regresyon Analizinin verileri aşağıda sunulmuştur (Bkz. Şekil 4. ve 5.)

Şekil 4. Villa yapıları için histogram



Standardize edilmiş yordanan değerler için oluşturulan histogram ve normal dağılım eğrileri normale yaklaşık bir dağılım göstermektedir.

Şekil 5. Villa yapıları için serpmeye diyagramı ve regresyon doğrusu



ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Grafik incelendiğinde standardize edilmiş artık değerler ile standardize edilmiş yordanan değerler için oluşturulan saçılma diyagramının doğrusal bir ilişkiyi tanımladığı, noktaların bir eksen etrafında toplanma eğilimi olduğu ifade edilebilir.

Regresyon denklemi aşağıdaki gibidir;

$$Y = 30263,704 + 8282,058 X_1 + 1757,234 X_2 - 7685,427 X_3 - 1306,355 X_4 + 608,532 X_5 - 1623,774 X_6 + 2510,568 X_7 + 203005,039 X_8 - 305834,190 X_9 + 282372,151 X_{10} + 757,501 X_{11} + 71671,336 X_{12} + 3285,656 X_{13} + 167467,044 X_{14} + 14091,476 X_{15}$$

Maliyet parametreleri yerlerine konduğunda denklemin son hali;

$$\text{Toplam Maliyet} = 30263,704 + 8282,058 \text{ Bodrum kat alanı} + 1757,234 \text{ Zemin kat alanı} - 7685,427 \text{ Birinci kat alanı} - 1306,355 \text{ Bina toplam alanı} + 608,532 \text{ Bina yüksekliği} - 1623,774 \text{ Dış cephe alanı} + 2510,568 \text{ Dış cephe boşluk alanı} + 203005,039 \text{ Banyo sayısı} - 305834,190 \text{ WC sayısı} + 282372,151 \text{ Mutfak sayısı} + 757,501 \text{ Toplam ıslak mahal alanı} + 71671,336 \text{ Balkon sayısı} + 3285,656 \text{ Toplam balkon alanı} + 167467,044 \text{ Oda sayısı} + 14091,476 \text{ Salon sayısı}$$

Şeklindedir. Yordalayıcı değişkenlerle yordalanan arasındaki ilişkinin düzeyi;

$R = 0,976$ ve $R^2 = 0,952$ 'dir. Bu değerler yapılan modellemenin gerçek olayı %95 düzeyinde ifade ettiğini belirtmektedir.

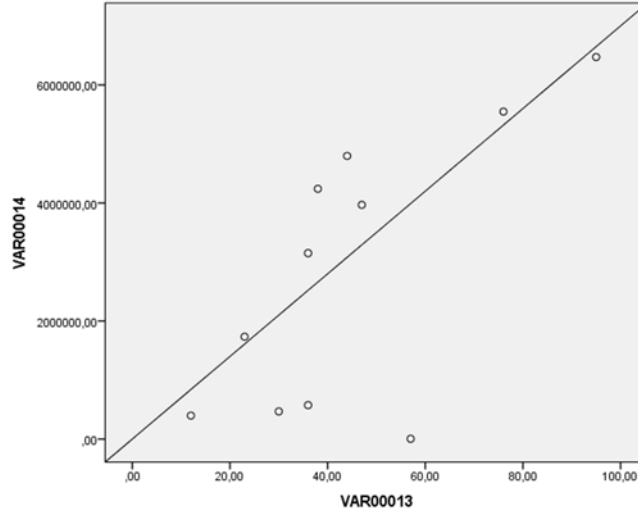
3.4. Apartman Yapılarında Oda Maliyeti Esaslı Maliyet Modeli ve Toplam Maliyet Modeli

Birim Fiyat Yöntemine göre elde bulunan 10 apartman yapısının maliyetleri önce yalnızca oda maliyetinin bir fonksiyonu olarak (tekli doğrusal regresyon) modellenmiştir. Ardından 10 farklı maliyet bileşeninin (oda maliyeti de bu bileşenlerden biri olmak üzere) dahil edildiği çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Maliyet modelleri ve bu modellere ait istatistikî veriler aşağıda sunulmuştur.

3.4.1. Apartmanlar için tekli doğrusal regresyon analizi sonuçları

Apartman yapıları için oda maliyeti/Toplam maliyet ilişkisinin modellenmesi için yapılan serpm diyagramı Şekil 6. 'da verilmiştir.

Şekil 6. Apartman yapıları için serpm diyagramı ve regresyon doğrusu



Regresyon denklemi;

$$Y = -188209,201 + 8,125E-6 X$$

$$\text{Toplam Maliyet} = 1,862 + 67658,599 \text{ Oda Sayısı}$$

Yordalayıcı değişkenle yordalanan arasındaki ilişkinin düzeyi;

$$R = 0,692$$

$$R^2 = 0,479$$

Bu değerler yapılan modellemenin gerçek olayı %48 düzeyinde ifade ettiğini belirtmektedir.

İstatistiksel anlamlılık;

$$\text{Standart Hata} = 1762331,24848$$

$$F = 8,282$$

$$\text{Beta} = 0,692$$

Regresyon katsayısının anlamlılığına ilişkin t-testi sonucu;

$$t \text{ Oda sayısı} = 2,878$$

$$t \text{ Maliyet} = - 0,159$$

3.4.2. Apartmanlar İçin Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları

Analiz sonucunda; X_2 = Tip kat alanı, X_9 = Balkon alanları toplamı ve X_{11} = Yapı yüksekliği parametreleri model denklemine dahil edilmemiştir.

Regresyon denklemi aşağıdaki gibidir;

$$Y = 11744714,999 - 143043,132 X_1 + 1696,366 X_3 + 327582,767 X_4 + 35943,027 X_5 + 429,244 X_6 + 4773,271 X_7 + 557,099 X_8 - 3562354,633 X_{10}$$

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Maliyet parametreleri yerlerine konduğunda denklemin son hali;

Toplam Maliyet = 11744714,999 -143043,132 Toplam oda sayısı + 1696,366 Toplam alan + 327582,767 Kat sayısı + 35943,027 Kat yüksekliği + 429,244 Dış cephe alanı+ 4773,271 Dış cephe boşluk alanı + 557,099 Islak mahal alanları -3562354,633 Tıp kat yüksekliği

Yordalayıcı değişkenlerle yordalanan arasındaki ilişkinin düzeyi;

R = 1,000 ve R² = 1, 000 'dir. Bu değerler yapılan modellemenin gerçek olayı %100 düzeyinde ifade ettiğini belirtmektedir.

4.SONUÇ

Bu çalışmada konut projelerinde birim maliyete esas olarak oda maliyetinin kullanıldığı durumlarda oluşan hata oranı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bunun için 26 adet betonarme dubleks villa yapısı ve 12 adet betonarme çok katlı apartman yapısının projelerinden istifade edilmiştir. Her yapının Birim Fiyat Yöntemi ile güncel maliyet değerleri hesaplandıktan sonra; örnekleme düzlemi içinde bulunan yapıların oda sayıları esas alınarak villa ve konut yapıları için Oda Birim Maliyetleri hesaplanmıştır. Buna göre Villalarda oda başı maliyet 9.449 USD/Oda ve apartman dairelerinde oda başı maliyet 6.819 USD/Oda olarak belirlenmiştir. Oda sayıları ve oda birim maliyetleri esas alınarak yapılan toplam maliyet hesaplamalarında villa yapıları için ortalama %28,3 ve apartman yapıları için ortalama %62,2 düzeyinde hata oranları tespit edilmiştir. Türkiye şartlarında kullanılan alternatif ön maliyet tahmin yöntemlerinden Kat Kabuğu yaklaşımında; Okul yapılarında %158 ve hastane yapılarında %132 düzeyinde hata oranları gerçekleştiği ve Hacim Yönteminde okul yapılarında %121 ve hastane yapılarında %107 hata ile tahmin yapılabildiği örnekler literatürde bulunmaktadır. Alan Yöntemi ile yapılan ön maliyet tahminlerindeki hata oranları ise okul yapılarında %113 ve hastane yapılarında %101 düzeyindedir. Bu değerlere göre önemli derecede daha az hata oranı taşıyan Oda Birim Maliyetleri esaslı yapı ön maliyet yaklaşımının; ön maliyet tahmini aşamasında daha yaygın bir şekilde kullanılabilir bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

Örnek sayılarının artırılması ile daha nitelikli tahmin yapabilecek modeller kurulması mümkün olabilecektir.

Kaynaklar

[1].Rose Morrison, Cost Estimation Techniques in Construction Projects, Renovated, 2020
<https://renovated.com/cost-estimation-techniques-in-construction-projects/>

[2].Shawn Van Dyke, Fast, Accurate Techniques for Estimating Construction Costs,
<https://www.finehomebuilding.com/2017/08/09/estimating-construction-costs> (Son erişim 17.11.2021)

[3].Nuwan, Cost Estimating Methods in Building Construction, 2018

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

<https://quantitysurveyor4u.blogspot.com/2018/12/cost-estimating-method-in-building.html>
(Son erişim 17.11.2021)

[4].Cynthia Gaffney, Unit Method of Cost Planning,
<https://smallbusiness.chron.com/unit-method-cost-planning-14497.html> (Son erişim
17.11.2021)

[5].Adam Graham, How Much Does It Cost to Build an Apartment Building?,
<https://www.fixr.com/costs/build-apartment> (Son erişim: 19.11.2021)

[6].Hyot H., Schuetz J., Making Apartments More Affordable Starts With Understanding The
Costs Of Building Them, 2020

Harvard'ın Ortak Konut Çalışmaları Merkezi ve NeighborWorks America tarafından
yayınlanan Hannah Hoyt tarafından yazılan bir rapordan elde edilen bulgulardan.

[https://www.brookings.edu/research/making-apartments-more-affordable-starts-with-
understanding-the-costs-of-building-them/](https://www.brookings.edu/research/making-apartments-more-affordable-starts-with-understanding-the-costs-of-building-them/)

SPOR GİYİMİNDE KUMAŞ YAPISININ UZAMA-GERİLİM DAVRANIŞI ÜZERİNE ETKİSİ

Sertaç GÜNEY*

*Selçuk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi El Sanatları Bölümü, 42130 KONYA
e-posta: sertac.guney@selcuk.edu.tr

Özet: Günümüzde spor giyimin artık günlük yaşamın bir parçası haline gelmesi modern tüketicilerin giysi ihtiyaçlarını daha dinamik ve rahat olan yeni tasarımları tercih etmesine neden olmaktadır. Bu tür giysi tasarımlarında malzeme seçimi büyük önem arz etmektedir. Seçilen kumaşın mekanik özellikleri ve giysinin vücuda oturma durumu konfor düzeyini etkiler [1]. Hareketli insan vücudu ve giysi arasındaki dinamik etkileşim sonucu ortaya çıkan çok yönlü ve rastgele kuvvetler konfor algısını etkilemektedir [2]. Giysinin, oluşan bu dinamik etkileşime uyum sağlayacak bir yapıda olması gerekmektedir. Vücudun hareket istemine karşı giysinin gösterdiği direnci azaltmak, kalıplarda kumaş bolluğunu artırarak veya esnek kumaşlar kullanarak sağlanabilir. Dirsek ve dizleri eğmek gibi basit hareketlerde deri ve buna temas eden giysi %50 kadar uzamaktadır [3]. Bu çalışmada, spor giysilerde tercih edilen kumaşların farklı uzamalar altındaki uzama-gerilim davranışları ve kumaş yapısının bu davranışa etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Spor giyim, uzama-gerilim davranışı, konfor

EFFECT OF FABRIC STRUCTURE ON STRAIN-STRESS BEHAVIOR IN SPORTSWEAR

Abstract: Nowadays, the fact that sportswear has become a part of daily life, causes modern consumers to prefer new designs that are more dynamic and comfortable for their clothing needs. Material selection is of great importance in this type of clothing design. The mechanical properties of the selected fabric and the fit of the garment affect the comfort level [1]. The multidirectional and random forces that arise as a result of the dynamic interaction between the moving human body and the clothing affect the perception of comfort [2]. The garment should be in a structure that will adapt to this dynamic interaction. Reducing the resistance of the garment against the body's movement can be achieved by increasing the fabric allowance in the patterns or by using flexible fabrics. Like bending elbows and knees in simple movements, the skin and garment around it elongates up to 50% [3]. In this study, the strain-stress behavior of the fabrics preferred in sportswear under different elongations and the effects of fabric structure on this behavior were investigated.

Keywords: Sportswear, strain-stress behavior, comfort

1. GİRİŞ

Spor tekstilleri; spor ve serbest zaman giysileri ile spor ekipman ve aletlerini kapsayan bir uygulama alanıdır [4]. Günümüzde, pandemi ve genç nüfus artışı gibi

etkenlerden dolayı spor tekstillerinin, serbest zaman giysilerindeki payı çok daha artış göstermiştir. Bu pay artışının diğer önemli bir sebebi ise spor giysilerinin günlük yaşamda kullanıcılara sunduğu hareket kolaylığıdır. Bir giysinin rahatlığı, vücuda oturduğu, kumaşların ne dereceye

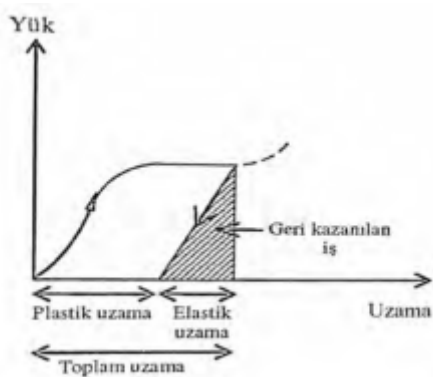
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

kadar uzayacağı ve uzamadan sonra ne dereceye kadar eski haline döneceği ile alakalıdır [5]. Hareketli insan vücudu ve giysi arasındaki dinamik etkileşim sonucu ortaya çıkan çok yönlü ve rastgele kuvvetler konfor algısını etkilemektedir [2]. Vücudun hareket istemine karşı giysinin gösterdiği direnci azaltmak, kalıplarda kumaş bolluğunu artırarak veya esnek kumaşlar kullanarak sağlanabilir. Dirsek ve dizleri eğmek gibi basit hareketlerde deri %50 kadar uzamaktadır. Vücut üzerindeki bazı bölümlerindeki derinin yüzde uzamaları Şekil 1' de gösterilmiştir. Derinin elastikiyeti ve konvansiyonel kumaşlardaki elastikiyetsizlik arasındaki fark, kullanıcının hareketinin sınırlanmasına ve giysinin şekil ve performans kaybına neden olmaktadır. Düşük oranlarda bile, elastan kullanımı, vücudun her hareketine karşılık giysinin elastikiyet göstermesine ve orijinal ölçü ve şekline geri dönmesine yardımcı olmaktadır [3].



Şekil 1. Vücut üzerindeki önemli esneme noktaları

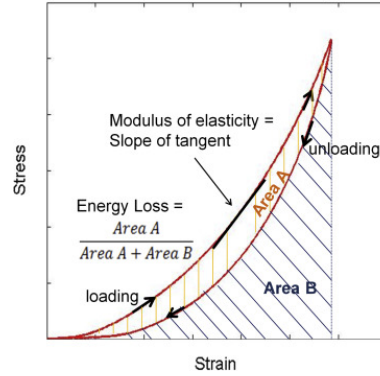
Elastikiyet, herhangi bir cismin deformasyona maruz kalmasından sonra başlangıçtaki boyut ve şekline geri dönebilme özelliğini yansıtır. Malzemelerde deformasyon olarak adlandırılan yük altındaki şekil değişimi, temelde iki şekilde adlandırılmaktadır (Şekil 2.). Uygulanan yük kaldırıldığında; eski şekline dönebilen şekil değişimine "elastik şekil değişimi", şekil değişimi kalıcı olana da "plastik şekil değişimi" denilmektedir [5].



Şekil 2. Elastik ve plastik uzama davranışı [5]

Elastik şekil değişiminde; uygulanan yük kaldırıldığında malzeme yük uygulanmadan önceki şekline geri dönebilmektedir. Elastan oranı yüksek kumaşlarda, elastik şekil değişimi görülmekte olup, kalıcı bir şekil

değişimi göstermeksizin eski formlarına geri dönebilmektedirler. Kumaş, eski formuna geri dönerken tamamen aynı davranışı göstermemektedir. Boşaltma esnasında bir enerji kaybı oluşmaktadır. Şekil 3' de elastik bir malzemenin yükleme ve boşaltma eğrisi ve enerji kaybı hesaplaması gösterilmiştir. Enerji kaybı, yükleme ve boşaltma eğrisi arasındaki alanın, yükleme eğrisi altında kalan alana oranı olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 3. Yükleme ve boşaltma eğrileri ve enerji kaybı [6]

Enerji kaybının düşük olması, kumaşın insan vücuduna daha uyumlu tepki vermesi anlamına gelmektedir.

Kumaşlar, farklı kumaş yapılarına sahip olduklarında yükleme ve boşaltma eğrileri ve buna bağlı olarak enerji kayıpları da değişmektedir. Bu değişim kumaşların farklı konfor davranışları göstermelerine neden olmaktadır. Bu çalışmada, sportif giysilerde tercih edilen kumaşların farklı uzamalar altındaki uzama-gerilim davranışları ve kumaş yapısının bu davranışa etkileri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada aynı elastan oranına ve aynı çözgümlü örgü yapısına sahip farklı fiziksel ve yapısal özelliklerde kumaşlar tedarik edilmiş olup, kumaşların fiziksel ve yapısal özellikleri Tablo 1' de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kumaşların fiziksel ve yapısal özellikleri

Kumaş No	Kompozisyonu	Kumaş Yapısı	Ağırlık (g/m ²)	Örgü sıklıkları (Ç/S)
1	%80 PES %20 Elastan	Çözgümlü Örme	205	30/24
2	%80 PES %20 Elastan	Çözgümlü Örme	240	30/30

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

2.2. Yöntem

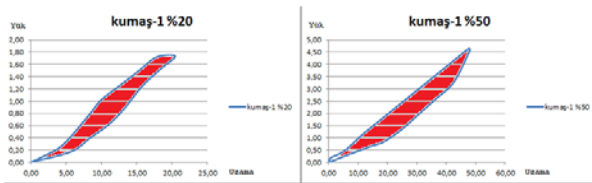
Herbir kumaşa ait 100 mm uzunluğundaki test numuneleri, laboratuvar şartları altında kondisyonlanarak, 100 N yük altında 500 m/dk ölçüm hızında 3 tekrarlı olarak mukavemet cihazından uzama-gerilim grafikleri elde edilmiştir. Şekil 1' deki uzama oranları göz önüne alınarak, numunelerin plastik şekil değişim davranışları % 20 ve % 50 uzama oranlarında incelenmiştir.

Mukavemet cihazından yükleme ve boşaltma eğrileri elde edilmiştir. Görüntü işleme yazılımı (DIGIMIZER) ile eğrilerin altında kalan birim alanların oranları ile enerji kayıpları hesaplanmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

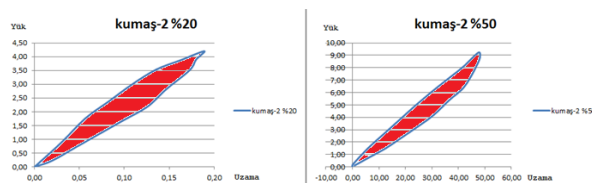
Elde edilen uzama- gerilim grafikleri incelendiğinde aynı kompozisyona ve örgü yapısına sahip olmalarına rağmen örgü sıklıklarının değişimi ve buna bağlı olarak kumaş gramajındaki değişimin, kumaşın plastik şekil değişimi davranışını etkilediği gözlemlenmiştir.

Kumaş-1' e ait sıra ile %20 ve %50 uzama altındaki plastik şekil değişimi davranışı ve enerji kaybı Şekil 4' de gösterilmiştir. Her iki uzama altında da kalıcı şekil değişimi göstermemiştir.



Şekil 4. Kumaş-1 'e ait %20 ve %50 uzama altındaki plastik şekil değişimi davranışı

Kumaş-2' e ait sıra ile %20 ve %50 uzama altındaki plastik şekil değişimi davranışı ve enerji kaybı Şekil 5' de gösterilmiştir. Kumaş-2 de her iki uzama altında da kalıcı şekil değişimi göstermemiştir.



Şekil 5. Kumaş-2 'e ait %20 ve %50 uzama altındaki plastik şekil değişimi davranışı

Kumaş-2' nin ilmek sıra sayısının fazla olması ilmek yoğunluğunu artırmaktadır. %20 ve %50 uzama için gerekli olan yük miktarı, ilmek yoğunluğunun %25 artış göstermesine karşılık hemen hemen iki katına çıktığı görülmektedir. Kumaş-1 ilk %10 luk uzamaya daha düşük yük altında ulaşabilirken, Kumaş-2 daha büyük yük altında ulaşabilmektedir.

Kumaşara ait farklı uzamalar altındaki enerji kayıpları Tablo 2' de gösterilmiştir. Enerji kaybının küçük olması kumaşın daha stabil ve hareketi kolaylaştıran bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Kumaşları farklı uzamalardaki enerji kayıpları

	Uzama (%)	Enerji Kaybı (%)
Kumaş-1	%20	28
	%50	31
Kumaş-2	%20	30
	%50	28,5

Kumaş-2, %20 uzama altında daha büyük enerji kaybı göstermiştir. Buna karşılık %50 uzama altında ise daha düşük enerji kaybı göstermektedir.

4. SONUÇ

Bir giysinin rahatlığı, kumaşların ne dereceye kadar uzayacağı ve uzamadan sonra ne dereceye kadar eski haline döneceği ile alakalıdır Bu özelliği ifade eden elastik şekil değişimi, özellikle streç kumaşlar için önemli bir davranıştır. Farklı uzamalar altında kumaşlar farklı elastik şekil değişimi davranışı gösterebilmektedir. Bu nedenle ürün tasarımı esnasında, giysinin hangi vücut bölgelerinde ne kadarlık bir uzamaya maruz kalacağı tahminlenerek, enerji kaybını en aza indirecek şekilde kumaşların seçilmesi büyük önem arz etmektedir. Elastan oranının yanı sıra kumaş yapısının da elastik şekil değişimine etkisi olmaktadır. Elastan oranının sabit tutarak örgü sıklıklarını kontrol ederek farklı uzamalar altındaki düşük enerji kayıplarının eldesi ve optimum kumaş yapısı elde edilebilir. Böylelikle giysinin, özellikle spor giyimde vücut hareketi ile oluşan dinamik etkileşime uyum sağlayacak bir yapıya sahip olması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

[1] Li, Y., Wong, A.S.W, (2006), Clothing Biosensory Engineering, The Textile Institute, Cambridge, England.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

[2] Ashdown, S.P., Delong, M., (1995), Perception Testing of Apparel Ease, Variation, Applied Ergonomics, 26(1), 47-54.

[3] Voyce, J., Dafniotis, P. ve Towlson, S., (2005), Elastic Textiles, Textiles in Sport, P.204-230.

[4] Gupta, D., (2011). Functional clothing – Definition and classification, Indian Journal of Fibre & Textile Research, 36: 321-326.

[5] Kurban, N.S. ve Babaarslan, O., (2019), Süoer Streç Denim Kumaşların Özelliklerine dair Literatür İncelemesi, Tekstil ve Mühendis, 26: 113, 104-115.

[6] Chungi, J., Lachapelle, K. vd., (2014), Energy loss, a novel biomechanical parameter, correlates with aortic aneurysm size and histopathologic findings, Evolving Technology Science, vol.148, 3, 1082-1089.

BİYOĞAZ YAKITLI REAKTİVİTE KONTROLLÜ SIKIŞTIRMA ATEŞLEMELİ BİR MOTORUN MODELLENMESİ

Tülay ÇELİK*, Ramazan ŞENER** ve Adem YILMAZ***

* Batman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Sistemleri Bölümü, 72100 BATMAN

e-posta: tlavy.clk@gmail.com

** Batman Üniversitesi, Beşiri OSB MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, 72100 BATMAN

e-posta: ramazan.sener@batman.edu.tr

*** Batman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 72100 BATMAN

e-posta: adem.yilmaz@batman.edu.tr

Özet: İçten yanmalı motorlar arasında, reaktivite kontrollü sıkıştırma ateşlemeli (RCCI) motorlar, oldukça yeni bir yöntemdir ve ümit vaat etmektedir. RCCI motorlarda emme hattına ve silindir içine enjekte edilen farklı reaktivasyon dereceli yakıtlarla yanma kontrol altına alınabilmektedir. Böylelikle motor verimi ve performans olarak oldukça iyi sonuçlar elde edilmektedir. Bu çalışmada, düşük reaktiviteli yakıt olarak emme hattına biyogaz enjeksiyonunun etkileri değerlendirilmiştir. Biyogaz yakıtlı reaktivite kontrollü sıkıştırma ateşlemeli bir motorun bir boyutlu modellenmesi yapılmıştır. Biyogazın, bir motorda kullanılmasının performans ve yanmaya etkileri incelenmiştir. Biyogaz kullanımıyla birlikte, biyogazın lambda sayısı, devir ve sıkıştırma oranına göre motor performansına etkileri etkisi incelenmiştir. Yenilenebilir bir kaynak olarak biyogazın, içten yanmalı bir motorda yakıt olarak kullanılma potansiyeli irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, reaktive kontrollü sıkıştırma ateşlemeli motor, yanma, modelleme.

NUMERICAL MODELING OF BIOGAS FUELED REACTIVITY CONTROLLED COMPRESSION IGNITION ENGINE

Abstract: Reactivity-controlled compression ignition (RCCI) engines are a relatively new method and very promising. In RCCI engines, combustion can be controlled with different reactivation degree fuels that are injected into the intake and into the cylinder. In this study, the effects of biogas injection into the intake as a low reactivity fuel were evaluated with diesel as a high reactivity fuel. A biogas-fueled reactivity-controlled compression ignition engine has been modeled using one-dimensional code. The effects of biogas usage in RCCI engines on engine performance according to lambda, speed and compression ratio were investigated.

Keywords: Biogas, reactivity-controlled compression ignition engine, combustion, numerical modeling.

GİRİŞ

Enerji, dünya genelinde önemli bir konuma sahiptir. Dünya da enerji duyulan ihtiyaç gün geçtikçe daha da fazla artmaktadır. Bu artışın başlıca nedenleri arasında nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, sanayileşme ve insanların yaşam konforundaki beklentinin yükselmesi

gelmektedir. Dünya genelinde enerji ihtiyacını karşılamak için fosil kaynaklar yaygınca kullanılmaktadır. Fosil kaynakların başında kömür, petrol ve doğalgaz gelmektedir. Piyasada bulunan birçok teknolojik sistem fosil yakıtların çalışma prensibi üzerine kurulmuştur [1]. Yenilenemez enerji kaynakları içerisinde bulunan fosil kaynaklar tükenme tehlikesi ile

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

karşı karşıyadır. Fosil kaynakların tükenmesiyle birçok teknolojik alet kullanılamaz duruma gelecektir. Dünya üzerinde meydana gelen çevresel sorunların büyük bir kısmı da fosil kaynaklarının tüketilmesi sonucu oluşmaktadır. Fosil kaynakların kullanımı hem çevre üzerinde hem de insanlar üzerinde büyük sorunlara neden olmaktadır. Fosil kaynakların tükenme tehlikesine karşı bilim adamları alternatif enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Küresel enerji talebine karşı artış ve çevrenin korunmasına karşı artan endişeler, bilim adamlarını güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyogaz vb. gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Birçok fosil yakıt rezervi hızla tükenirken çok sayıda ülke enerji talebini karşılamakta zorluklar çekmeye başlamıştır. Ayrıca fosil yakıtların kullanımı çevre üzerinde hava kirliliğine, ozon tabakasının zarar görmesine, asit yağmurlarına, kanserojen gaz salınımlarına sebebiyet vermektedir. Fosil yakıtlara alternatif olarak biyogaz, alkoller ve biyodizel gibi yakıtlarda gösterilebilir. Motorlu taşıtlarda kullanılan fosil yakıtların çevreye verdikleri zararlı emisyonları azaltmak için farklı yakıt türlerine yönelim başlamıştır [2]. Özellikle fosil yakıt üretiminden dolayı çevreye salınan karbondioksit, kükürt ve su buharı gibi aşındırıcı bileşenleri ortadan kaldırmak için daha temiz olan enerji kaynakları tercih edilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının karbondioksit emisyonlarını azaltma konusundaki doğal potansiyelleri sayesinde araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Üretilen teknolojik makineler, yenilenebilir enerji kaynaklarına uygun olacak şekilde tasarlanmaktadır.

Biyogaz, biyo-kütleden anaerobik sindirim yoluyla elde edilen umut verici bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Biyogaz uygun bir şekilde kullanıldığında, içten yanmalı motorlar için iyi bir alternatif yakıt olabileceği düşünülmektedir [3].

İçten yanmalı motorlar arasında, reaktivite kontrollü sıkıştırma ateşlemeli (RCCI) motorlar, oldukça yeni bir yöntemdir ve ümit vaat etmektedir [4, 5]. RCCI motorlarda emme hattına ve silindir içine enjekte edilen farklı reaktivasyon dereceli yakıtlarla yanma kontrol altına alınabilmektedir [6]. Böylelikle motor verimi ve performans olarak oldukça iyi sonuçlar elde edilmektedir [7]. Bu noktada, çalışmamız kapsamında, düşük reaktiviteli yakıt olarak emme hattına biyogaz enjeksiyonunun etkileri değerlendirilecektir. Biyogazın, bir motorunda kullanılmasının motor performansı ve yanmaya etkisinin incelenmiştir. Biyogaz yakıtlı reaktivite kontrollü sıkıştırma ateşlemeli bir motorun bir

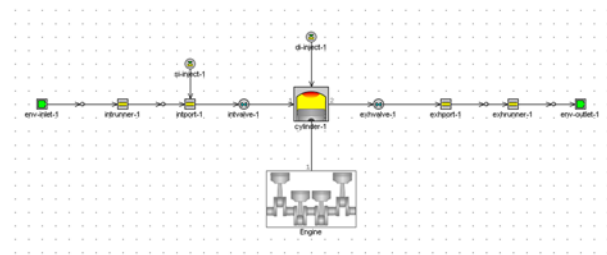
boyutlu modellemesi yapılmıştır. Biyogaz kullanımıyla birlikte, motor parametrelerine etkisi incelenmiştir. Bu çalışma ile yenilenebilir bir kaynak olarak biyogazın, içten yanmalı bir motorda yakıt olarak kullanılma potansiyeli irdelenecektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Test motoru olarak, Caterpillar® SCOTE 3401 motoru kullanılmıştır. Test motoru, tek silindirli ve 2.44 litre hacme sahiptir (Tablo 1). RCCI prensibi ile çalışarak, yakıt olarak dizel ve biyogaz kullanmaktadır. Bu motor bütün parametreleri ile, supaplar, enjektör ve silindirle beraber bir boyutlu olarak, GT-Suite programı kullanılarak modellenmiştir [8]. Yakıt enjeksiyonu, port enjeksiyon (biyogaz) ve direkt enjeksiyon (dizel) olarak çalışmaktadır (Şekil 1). Motorda 2 emme ve 2 egzoz olmak üzere, toplam 4 supap bulunmaktadır. Model kurulduktan sonra modelin deneysel doğrulanması gerçekleştirilmiştir [9]. Test motorunun kurulan gerçekçi bir boyutlu modeliyle, motor parametrelerinin performansa etkisi incelenmiştir.

Tablo 1. Test motorunun temel özellikleri

Silindir hacmi	2.44 litre
Sıkıştırma oranı	14.88:1
Çap / Strok	137.2 / 165.1 mm
Biyel kolu uzunluğu	261.6 mm
Emme supabı kapanma	-143° KA
Egzoz supabı açılma	+130° KA
Emme supabı açılma	-415° KA
Egzoz supabı kapanma	+402° KA



Şekil 1. Motorun bir boyutlu modeli

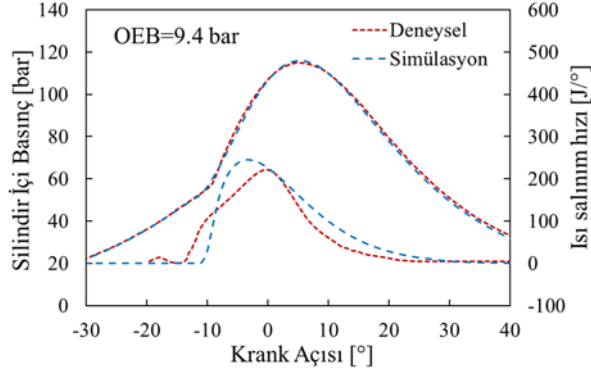
BULGULAR VE TARTIŞMA

Modelin Validasyonu

Motorun modeli hazırlandıktan sonra, deneysel sonuçlarla uyumluluğu test edilmiştir [9]. Deneysel veri olarak, ortalama efektif basınç (OEB) değeri 9.4 bar olanı kullanılmıştır. Deneysel çalışmadaki motor parametreleri modele tanımlanmıştır. Şekil 2'de

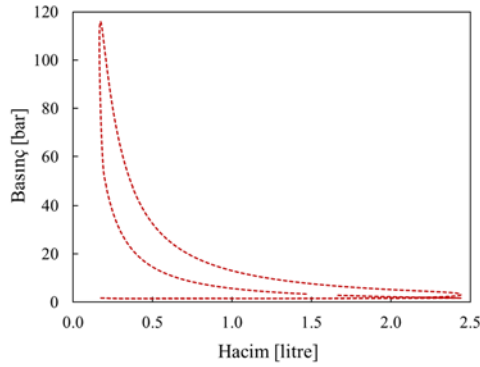
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

görüldüğü gibi modelin silindir içi basınç ve ısı salınım değerleri deneyle uyumludur. Deneysel sonuçlarla tutarlı olduğu kanaatine varılabilir.

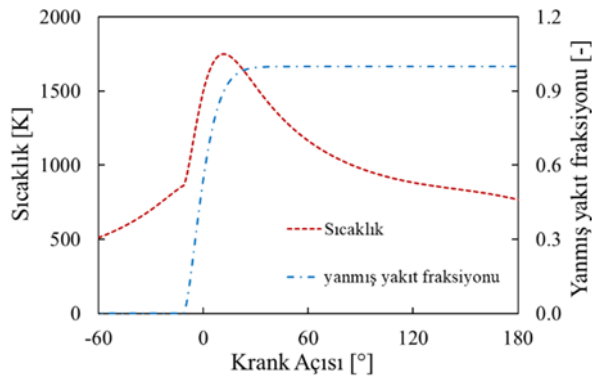


Şekil 2. Deneysel validasyon

Motorun silindir içi basıncın hacme göre değişimi, Şekil 3'te görülmektedir. Silindir içi maksimum basınç yaklaşık 120 bara kadar çıkmaktadır. Silindir içi sıcaklık değeri 1750 K'e kadar çıkabilmektedir (Şekil 4). Üst ölü noktadan (ÜÖN) 55° krank açısı değerinde yakıtın tamamının yandığı anlaşılmaktadır.



Şekil 3. Silindir içi basınç ve hacim

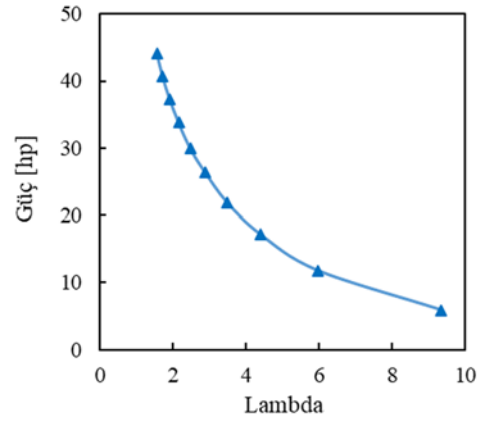


Şekil 4. Silindir içi sıcaklık ve yanmış yakıt fraksiyonu

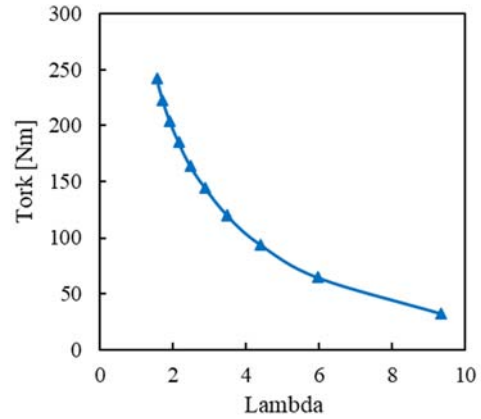
Biyogaz Lambda Sayısının Etkisi

Kurulan model üzerinde, motor parametrelerinin performans üzerine etkileri incelenmiştir. Port

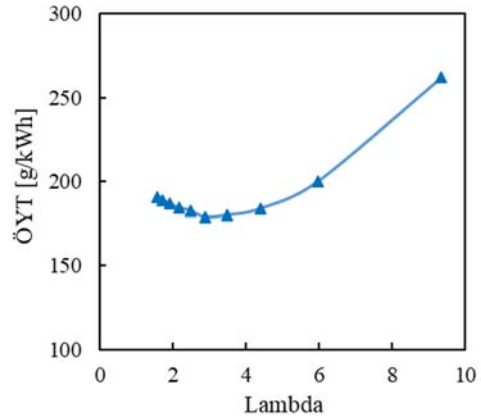
enjeksiyonu olarak biyogaz kullanılmıştır. Biyogaz içeriği %60 metan ve %40 karbondioksit bulunmaktadır. Sıkıştırma oranı 14.88 olarak kullanılırken, devir sayısı 1300 devir/dk'dır. Buna göre, lambda değeri arttıkça, güç ve tork değerleri de azalmaktadır (Şekil 5 ve 6). Özgül yakıt tüketimi (ÖYT) değeri ise, lambda değeri artışıyla bir miktar azalırken, daha sonra artış göstermiştir. ÖYT değerinin en düşük olduğu, lambda değeri 2.88'dir. Bu lambda değerinde, ÖYT, 178.7 g/kWh'e kadar düşmektedir (Şekil 7).



Şekil 5. Gücün lambda değerine göre değişimi



Şekil 6. Torkun lambda değerine göre değişimi

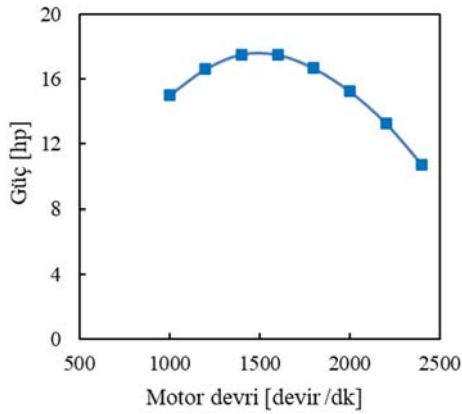


Şekil 7. ÖYT'nin lambda değerine göre değişimi

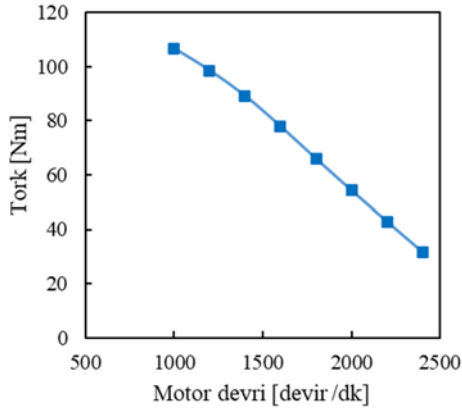
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Motor Devrinin Etkisi

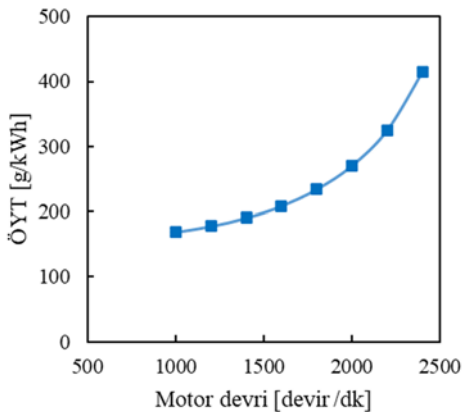
Farklı devirlerde motor simüle edilmiştir. 1000 ila 2400 devir/dk. arasındaki devirlerde çalıştırılmıştır. Sıkıştırma oranı 14.88 olarak kullanılırken, porttan enjekte edilen yakıtın eşdeğerlik oranı 0.3'tür. Motor gücü 1500 devir/dk. civarında maksimum gücü vermektedir (Şekil 8). Motor torku devir sayısı ile birlikte azalmaktadır (Şekil 9). ÖYT değeri 1000 ila 1500 devir arasında minimum değerini alırken, yüksek devirlerde artmaktadır (Şekil 10).



Şekil 8. Gücün motor devrine değerine göre değişimi



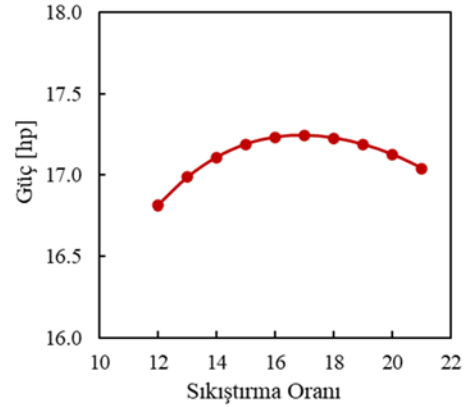
Şekil 9. Torkun motor devrine değerine göre değişimi



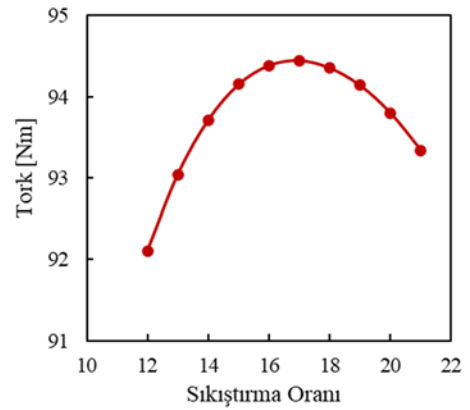
Şekil 10. ÖYT'nin motor devrine değerine göre değişimi

Sıkıştırma Oranının Etkisi

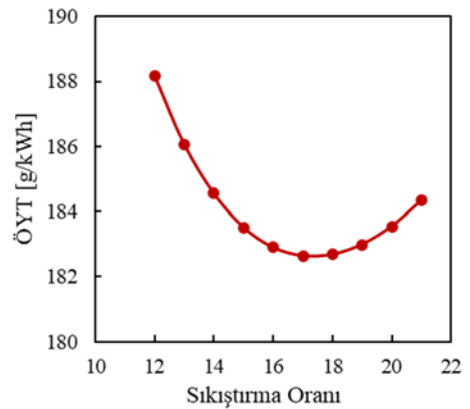
Sıkıştırma oranının motor performansına etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmada, yalnızca sıkıştırma oranı değiştirilerek, diğer motor parametreleri sabit tutulmuştur. Motor devri 1300 devir/dk. kullanılırken, porttan enjekte edilen yakıtın eşdeğerlik oranı 0.3'tür.



Şekil 11. Gücün sıkıştırma oranına göre değişimi



Şekil 12. Torkun sıkıştırma oranına göre değişimi



Şekil 13. ÖYT'nin sıkıştırma oranına göre değişimi

Motor gücü, sıkıştırma oranıyla birlikte artarken, bir değerden sonra azalmaya başlamıştır. Bunun en önemli sebebi ise sıkıştırmaya harcanan işin artmasıdır. Tork

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

değeri için de benzer bir karakter ortaya çıkmaktadır. En yüksek güç ve tork, sıkıştırma oranı 17 ile elde edilmiştir. Sıkıştırma oranı 17 iken, güç ve tork sırasıyla, 17.24 hp ve 94.45 Nm'dir. Benzer şekilde sıkıştırma oranı 17 olarak ayarlandığında, ÖYT 182.64 g/kWh olarak minimum değeri almaktadır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar göre, biyogaz yakıtlı reaktivite kontrollü sıkıştırma ateşlemeli bir motor bir boyutlu olarak modellenmiştir. Oluşturulan modelin doğruluğu, deneysel çalışmalarla yapılan validasyon çalışmasıyla valide edilmiştir. Buna göre, kurulan gerçekçi bir boyutlu modelle, biyogazın lambda sayısı, devir ve sıkıştırma oranına göre motor performansına etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan bir boyutlu model ile:

- Test motoru için, biyogazın lambda değeri 4 civarında minimum ÖYT değeri elde edilmektedir.
- Sıkıştırma oranı 17 ile maksimum güç ve tork elde edilmektedir.
- 1500 devir/dk. civarında maksimum güç değeri elde edilirken, 1500 devir/dk'da minimum ÖYT değeri elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Dharma, S., Hassan, M.H., Ong, H.C., Sebayang, A.H., Silitonga, A.S., Kusumo, F., Milano, J., (2017). Experimental study and prediction of the performance and exhaust emissions of mixed Jatropha curcas-Ceiba pentandra biodiesel blends in diesel engine using artificial neural networks. *Journal of Cleaner Production* 164, 618–633.

[2] Şener, Ramazan. Experimental and Numerical Analysis of a Waste Cooking Oil Biodiesel Blend used in a CI Engine. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33.2: 299-307.

[3] Yavuz, M. (2019) Biyogaz Yakıtlı Dizel Motorda Pilot Yakıt Miktarının Emisyonlar Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi.

[4] Liu, J., Wang, J., Zhao, H., (2018). Optimization of the injection parameters and combustion chamber geometries of a diesel/natural gas RCCI engine. *Energy* 164, 837–852.

[5] Koç, Mehmet Akif; Şener, Ramazan. Prediction of emission and performance characteristics of reactivity-controlled compression ignition engine with the intelligent software based on adaptive neural-fuzzy and neural-network. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 318: 128642.

[6] Splitter, D., Wissink, M., Kokjohn, S., Reitz, R., (2012). Effect of compression ratio and piston geometry on RCCI load limits and efficiency, in: *SAE Technical Papers*. SAE International.

[7] Taqizadeh, A., Jahanian, O., Kani, S.I.P., (2020). Effects of equivalence and fuel ratios on combustion characteristics of an RCCI engine fueled with methane/n-heptane blend. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 139, 2541–2551.

[8] Gamma Technologies. (2016) *GT-Suite Engine Performance Application Manual*. Westmont, USA: Gamma Technologies.

[9] Ebrahimi, M., Najafi, M., Jazayeri, S. A., & Mohammadzadeh, A. R. (2018). A detail simulation of reactivity controlled compression ignition combustion strategy in a heavy-duty diesel engine run on natural gas/diesel fuel. *International Journal of Engine Research*, 19(7), 774-789.

ETİL PROKSİTOL KATKILI BİYODİZELİN SIKIŞTIRMA ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA YANMA VE EMİSYONLARA ETKİSİ

Mahmut BEYAZ*, **Selman AYDIN****, **Ramazan ŞENER***** ve **Fevzi YAŞAR******

* Batman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, 72100 BATMAN
e-posta: mahmutbeyaz21@gmail.com

** Batman Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: selman.aydin@batman.com.tr

*** Batman Üniversitesi, Beşiri OSB MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, 72100 BATMAN
e-posta: ramazan.sener@batman.edu.tr

**** Batman Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, 72060
BATMAN e-posta fevzi.yasar@batman.edu.tr

Özet: Biyodizel kullanımı, egzoz emisyonlarının azaltılması ve yakıt ekonomisinin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Küresel ısınma, sera etkisi gibi olumsuz durumlardan dolayı egzoz emisyonlarının azaltılması için çok sıkı emisyon standartları uygulanmaktadır. Dolayısıyla, alternatif yakıtlarla egzoz emisyonlarının minimize edilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmada, etil proksitolün biyodizel ile farklı oranlarda karışımının yanma ve egzoz emisyonlarına etkisi referans dizel yakıtla karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Test motoru olarak, dört zamanlı, tek silindirli, direkt püskürtmeli sıkıştırma ateşlemeli bir motor kullanılmıştır. Dizel yakıtta %5 oranında etil proksitol ve %10 ve %20 oranlarında biyodizel eklenmiştir. Etil proksitol ve biyodizel katkısıyla, silindir içi maksimum basınç ve sıcaklık değeri ve basınç artış oranı azalmıştır. Dizel yakıtla kıyasla, etil proksitol-biyodizel-dizel karışımının NO_x emisyonlarını bir miktar arttırdığı görülmüştür. HC emisyonlarını ise, %5 etil proksitol-%10 biyodizel-%85 dizel karışımıyla önemli ölçüde azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Etil proksitol, biyodizel, sıkıştırma ateşlemeli motorlar, yanma, emisyon.

EFFECT OF ETHYL PROXITOL-BIODIESEL BLENDS ON COMBUSTION AND EMISSIONS IN A COMPRESSION IGNITION ENGINE

Abstract: Biodiesel usage in the compression ignition engine contributes to reducing exhaust emissions and improving fuel economy. It is aimed to reduce exhaust emissions to meet strict emission regulations and to mitigate global warming and air pollution. Thus, alternative fuels such as biodiesel are promising in order to minimize pollutant emissions. In this study, the effect of ethyl proxitol and biodiesel blends at different percentages on exhaust emissions was investigated. Biodiesel blends were prepared as; 5% ethyl proxitol-10% biodiesel-85% diesel named as E5B10 and 5% ethyl proxitol-20% biodiesel-75% diesel named as E5B20. These fuel blends were compared with neat diesel fuel in a compression ignition engine at a constant engine speed of 1500 rev/min. The maximum in-cylinder pressure and temperature values were decreased with the addition of ethyl proxitol and biodiesel, while the pressure rise rate were slightly decreased compared to neat diesel. It has been also resulted that the E5B10 blend slightly increased NO_x emissions, as HC emissions were significantly reduced compared to neat diesel fuel.

Keywords: Ethyl proxitol, biodiesel, compression ignition engine, combustion, emission.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞ

Dünyada petrol kaynaklarının hızla azalması, ülkemizin petrol ürünlerini ithal etmesi, dünyada oluşan krizlerden dolayı petrol fiyatlarının çok yükselmesi petrol temini konusunda belli sıkıntılar oluşmaktadır [1, 2]. Ayrıca petrol ürünlerinin içten yanmalı motorlarda kullanılması sonucu ortaya çıkan zararlı gazlar hem çevreyi hem de insan sağlığını ciddi anlamda olumsuz etkilemektedir [3-5]. Bu olumsuz etkilerden kurtulmak ya da en azından en az düzeye indirmek adına bir takım çalışmalar yapılmaktadır [6]. Bundan olumlu sonuçlarda alınmıştır. Bu çalışmaların başında bitkisel ya da hayvansal yağlardan elde edilen yakıtın uygun bir motorda enerji haline dönüştürme çalışmalarıdır [7].

Yapılan çalışmalarda bitkisel veya hayvansal yağlardan elde edilen biyoyakıtın bir dizel motorunda kullanımının mümkün olduğu anlaşılmış ve uygulanmıştır. Yapılan çalışmalara göre biyodizel ürününün dizel yakıtına oranla CO, CO₂, HC, PM emisyonlarında azalmanın olduğu fakat NO_x emisyonlarında ise artışın olduğu tespit edilmiştir. Motor performansında ise belli miktarda azalma olmuştur. Ülkemizde TS 3082 EN 590 standardı doğrultusunda dizel motorlu taşıtlarda azami %5 oranında biyodizel katılmasına izin verilmiştir [8].

Biyoyakıt, sıkıştırma ateşlemeli motorda doğrudan kullanılabilmesi gibi dizel yakıtla çeşitli oranlarda karıştırılarak da kullanılabilir. Sonuç olarak araştırmacıların biyoyakıt konusunda elde ettikleri sonuçlar aşağıda sıralanmıştır [9]:

- Maksimum %5 verim kaybının aşırı yük durumlarında,
- Yakıt filtrelerinde ya da pompalarında probleme rastlanmadığını, motor üzerinde pek değişiklik yapılmadan kullanılabilmesini,
- Kış aylarında da biyodizelin kullanılabilmesini ilk çalışmada herhangi bir sıkıntı çıkmadığını,
- Biyodizelin iyi yağlama özelliği olduğu ve motor ömrünün uzun olacağı ve aşınma oluşturmadığını,
- Bitkisel yağların biyolojik olarak çözünebilir olduğu, gemilerde, koruma altındaki su yerlerinde, endüstri bölgelerinde veya hassas bölgelerde kullanılmasının anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan bu çalışmada atık durumuna gelmiş bitkisel yağ olan ayçiçeği yağının tekrardan kullanılabilirliğini ve çevreye kazandırmak adına etil proksitol katkısı

kullanılabileceği anlaşılmıştır [13]. Böylelikle elde edilen biyodizel ile referans durumunda olan bir dizel yakıt sabit devirde, dört zamanlı, tek silindirli, direkt püskürtmeli bir dizel motorlu deney sisteminde performans, yanma ve emisyon üzerine olan etkileri karşılaştırmalı incelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Deneysel çalışma Batman Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü Motor Laboratuvarında tek silindirli, dört zamanlı, değişken sıkıştırma oranlı, su soğutmalı ve direkt enjeksiyonlu dizel motor (Kirkoskar TV1) ile gerçekleştirilmiştir. Test motorunun temel özellikleri Tablo 1'de listelenmiştir. Deneyler, girdap akımı (Eddy Current) dinamometresi kullanılarak 1500 rpm sabit hızda gerçekleştirilmiştir. Motor, dinamometre kontrol yazılımı (ICEEngineSoft_9.0) kullanılarak kontrol edilmiş ve her bir krank açısı için veriler toplanmıştır.

Tablo 1. Test motorunun temel özellikleri

Marka ve model	Kirkoskar TV1
Silindir hacmi	0.661 litre
Sıkıştırma oranı	17.5:1
Çap / Strok	87 / 110 mm
Enjeksiyon başlangıcı	0-25° üst ölü noktadan önce
Biyel kolu uzunluğu	234 mm
Maksimum güç	3.5 kW @ 1500 devir/dk

Test kurulumunun şematik diyagramı, Şekil 1'de gösterilmiştir. Deneyler sırasında motorun egzoz emisyonları Capalec CAP 3200 gaz analizörü kullanılarak ölçülmüştür. Egzoz gazı analizörünün teknik özellikleri Tablo 2'de sunulmuştur. Silindir içi basınç ölçümleri Optrand D33294-Q basınç transdüseri ile 1,35 mV/PSI hassasiyetinde yapılmıştır. Ortam havası, motor soğutma suyu, motor yağı ve egzoz sıcaklıkları termokupullar ile ölçülmüştür. Yanma analiz yazılımı ile silindir içi basınç, ısı salınım hızı, ve krank açısına göre toplanmıştır. Deneylere başlamadan önce motor yağı, yağlayıcı ve hava filtrasyonu kontrol edilmiştir. Egzoz sıcaklıkları stabil koşullara ulaştıktan sonra motor ölçümlerine başlandı.

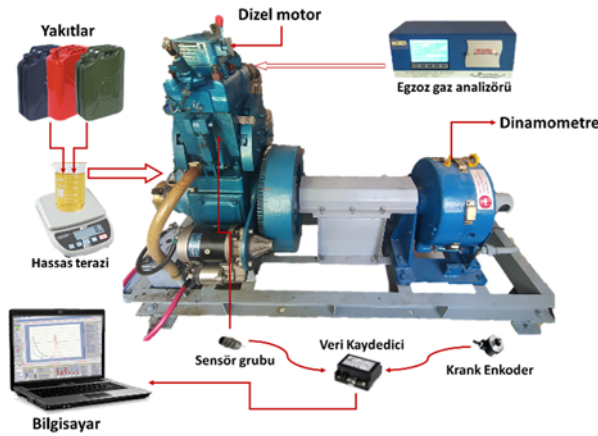
Test motoru, maksimum tork elde edilen 1500 rpm sabit hızda çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece bu motorda kullanılan alternatif yakıtların emisyon özelliklerini ve motor performansını belirlemek için deneysel koşullar tanımlanmıştır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Deneylerde kullanılan yakıtların özellikleri Tablo 3’de sunulmuştur. Dizel yakıtta %5 etil proksitol ve %10 biyodizel eklendiğinde oluşan karışım E5B10 olarak isimlendirilirken, %5 etil proksitol ve %20 biyodizel eklendiğinde oluşan karışım E5B20 olarak isimlendirilmiştir. Biyodizel ve etil proksitol katkısıyla viskozite ve doğunluk değerleri bir miktar arttığı gözlemlenmektedir.

Tablo 2. Egzoz gazı analizörünün doğruluğu ve ölçüm aralığı

Parametre	Ölçüm aralığı	Doğruluk
O ₂	%0-21.7	%0.01
CO	%0-10.0	%0.001
CO ₂	%0-21.0	%0.1
HC	0-20000 ppm	1 ppm
NO _x	0-10000 ppm	1 ppm
is yoğunluğu	%0-100	%1



Şekil 1. Deney setinin şematik görünümü

Tablo 2. Deney yakıtlarının özellikleri

	Viskozite [mm ² /s]	Yoğunluk [g/cm ³]	API
Dizel	2.855	0.832	38.37
E5B10	3.109	0.839	36.95
E5B20	3.527	0.847	35.36

BULGULAR VE TARTIŞMA

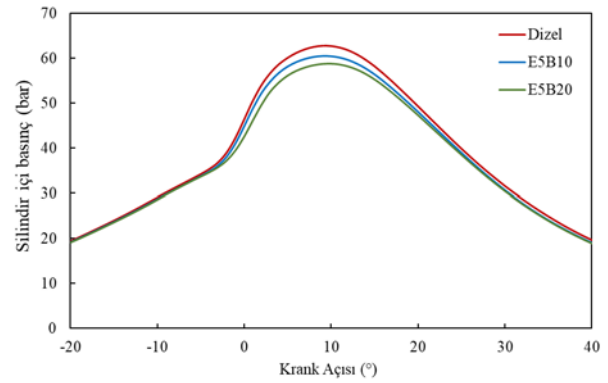
Tek silindirli direkt enjeksiyonlu sıkıştırma ateşlemeli bir motorda, etil proksitol-biyodizel-dizel yakıt karışımlarının yanma ve emisyon etkisi incelenmiştir. Motor sabit devir (1500 devir/dk) ve sabit yükte (5 kgm) deneyler gerçekleştirilmiştir.

Etil proksitolün %5 eklenmesi ve %10 ve %20 oranında biyodizelin eklenmesiyle (E5B10 ve E5B20), silindir içi maksimum basınç değerleri azalmıştır (Şekil 2). Dizel, E5B10 ve E5B20 yakıtları için silindir içi maksimum

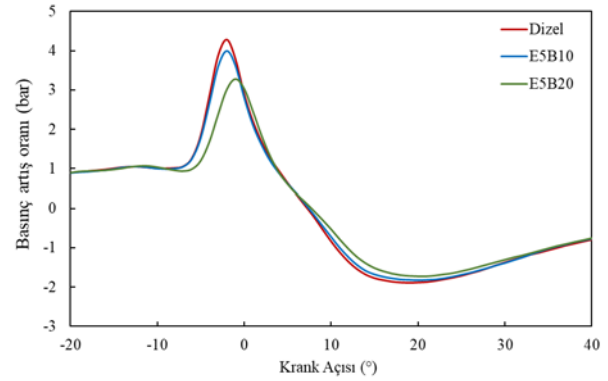
basınç değerleri sırasıyla, 62.8 bar, 60.5 bar ve 58.8 bar'dır.

Dolayısıyla, E5B20 yakıtı kullanımıyla basınç artış oranları da önemli ölçüde azalmaktadır (Şekil 3). Dizel ve E5B10 yakıtları için basınç artış oranı, sırasıyla, 4.16 bar ve 3.98 bar'dır. E5B20 yakıtıyla ise 3.62 bar maksimum basınç artış hızına ulaşmaktadır.

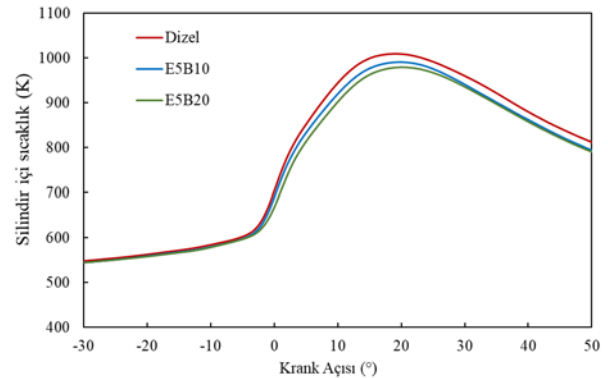
Şekil 4’de görüldüğü üzere, dizel yakıt kullanımıyla aynı devir ve yükte, 1010 K, E5B10 yakıt karışımıyla 990 K ve E5B20 yakıt karışımıyla 980 K’ e ulaşmaktadır. Dizel yakıtta %5 etil proksitol ve %20 biyodizel eklenmesiyle 30 K silindir içi sıcaklık değeri azalmıştır.



Şekil 2. Farklı test yakıtlarının silindir içi basınç değerleri



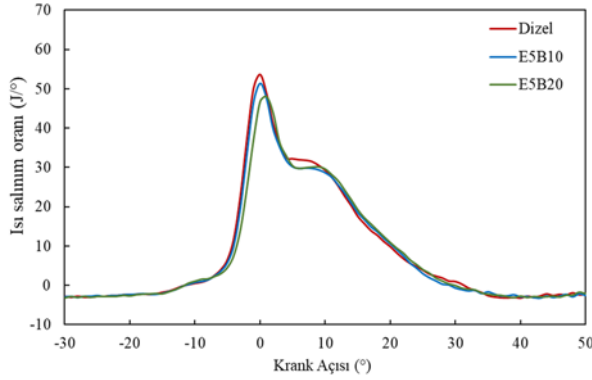
Şekil 3. Farklı test yakıtlarının basınç artış değerleri



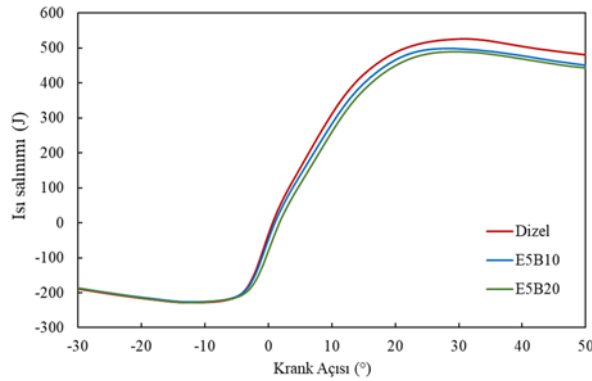
Şekil 4. Farklı test yakıtlarının silindir içi sıcaklık değerleri

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

E5B10 ve E5B20 yakıt karışımlarıyla, ısı salınım oranlarının pik yaptığı noktada sırasıyla 51.3 J/° ve 48.0 J/°'dir (Şekil 5). Dizel, E5B10 ve E5B20 yakıtlarının toplam ısı salınımı değerleri sırasıyla 526.5 J, 498.7 J ve 490.3 J'dür (Şekil 6).

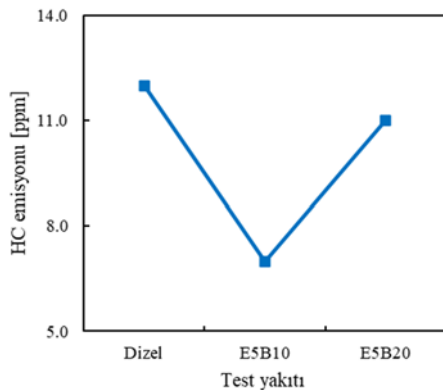


Şekil 5. Farklı test yakıtlarının ısı salınım oranı değerleri

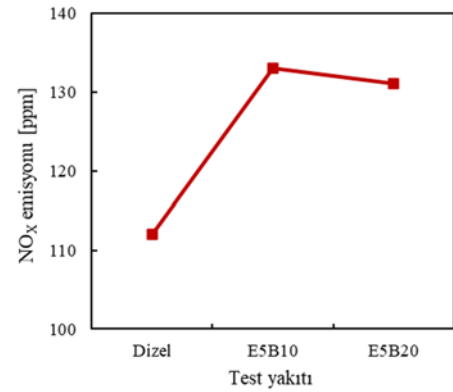


Şekil 6. Farklı test yakıtlarının ısı salınımı değerleri

En düşük HC emisyonu E5B10 yakıtı ile 7 ppm olarak elde edilmiştir. Dizel yakıtı ile 12 ppm HC emisyonu oluşmuştur (Şekil 7). Dizel yakıtı, etil proksitol ve biyodizel eklenmesiyle NO_x emisyonlarının artmasına sebep olmuştur (Şekil 8). E5B10 ve E5B20 yakıt karışımlarıyla, sırasıyla 133 ppm ve 131 ppm NO_x emisyonu salınmaktadır. Bu değerler dizel yakıtı kıyasla sırasıyla %18 ve %14 daha yüksektir.



Şekil 7. Farklı test yakıtlarının HC emisyonu değerleri



Şekil 8. Farklı test yakıtlarının NO_x emisyonu değerleri

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Etil proksitol ve biyodizelin, bir dizel motorda kullanılmasının yanma ve egzoz emisyon değerlerine etkisi bu çalışmada incelenmiştir. 1500 devir/dk ve 5 kgm yükte deney çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Etil proksitol ilavesiyle silindir içi basınç, sıcaklık ve basınç artış oranı değerleri bir miktar azaldığı görülmektedir. Etil proksitol katkısıyla HC emisyon değerinin azalma potansiyeli vardır ancak daha yüksek biyodizel eklenmesiyle bu değer arttığı görülmektedir. NO_x emisyonu değerleri etil proksitol ve biyodizel ilavesiyle arttığı gözlemlenmiştir. Fosil yakıtların, çevre üzerine olumsuz etkisi bilindiğinden, içten yanmalı motorlarda kullanılabilir, yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunması büyük önem arz etmektedir. Sonuç olarak, etil proksitol ve biyodizelin, alternatif yakıt olarak potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Venkateshmohan, Vijayakrishnan; Kumar, Masoom. Predictive Diesel Combustion Using DI-Pulse in GT-Power. 2015. Master's Thesis.
- [2] Salameh, Z. Factors promoting renewable energy applications. Renewable Energy System Design, 2014, 1-32.
- [3] Sener, Ramazan; Yangaz, Murat Umut; Gul, Mehmet Zafer. Effects of injection strategy and combustion chamber modification on a single-cylinder diesel engine. Fuel, 2020, 266: 117122.
- [4] Şener, Ramazan; Özdemir, Mehmed R.; Yangaz, Murat U. Influence of piston bowl geometry on combustion and emission characteristics. Proceedings of

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy, 2019, 233.5: 576-587.
- [5] Şener, Ramazan; Gül, M. Zafer. Optimization of the combustion chamber geometry and injection parameters on a light-duty diesel engine for emission minimization using multi-objective genetic algorithm. *Fuel*, 2021, 304: 121379.
- [6] Koç, M. Akif; Şener, Ramazan. Prediction of emission and performance characteristics of reactivity-controlled compression ignition engine with the intelligent software based on adaptive neural-fuzzy and neural-network. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 318: 128642.
- [7] Şener, Ramazan. Experimental and Numerical Analysis of a Waste Cooking Oil Biodiesel Blend used in a CI Engine. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33.2: 299-307.
- [8] Karaboğa, Abdullah; Mengeş, Hakan Okyay. Determination of Fuel Properties of Some Alcohols (Bioethanol, Butanol), Biodiesel and Diesel Mixtures Obtained from Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) Oil. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 2019, 33.3: 215-222.
- [9] Tüter, Bahadır. Alternatif yakıtların dizel motorlarda kullanımı teknik ve ekonomik analizi. 2007.
- [10] Aydın, Selman. Detailed evaluation of combustion, performance and emissions of ethyl proxitol and methyl proxitol-safflower biodiesel blends in a power generator diesel engine. *Fuel*, 2020, 270: 117492.

VERİ MADENCİLİĞİ VE KULLANIM ALANLARI

Yusuf UZUN*, Fatma Nur UZUN** ve Esra ÇAKAR ***

*Necmettin Erbakan Üniversitesi Seydişehir Ahmet Cengiz Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği
Bölümü, 42360 KONYA

e-posta: yuzun@erbakan.edu.tr

**Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 42360
KONYA

e-posta: fnuruzun42@gmail.com

***Necmettin Erbakan Üniversitesi Seydişehir Ahmet Cengiz Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği
Bölümü, 42360 KONYA

e-posta: esracakar1999@hotmail.com

Özet – İçinde bulunmuş olduğumuz çağ ve gelişen teknoloji ile birlikte verilerde büyümektedir. Doğru bilgileri en hızlı sürede ve ileriye yönelik tahminleri ortaya koyma işini veri madenciliği üstlenmektedir. Bu veriler ortaya bir sonuç doğrultusunda koyulurken istatistiksel bilgilerden yararlanır. Veri madenciliğini kısaca ifade edecek olursak veriyi elimizdeki en anlamlı bilgiye dönüştürme olarak tanımlayabiliriz.

Veri madenciliği ve bilgi keşfi aynı anlamları ifade etmektedir. Kullanım alanları ise oldukça geniş bir kitleye ulaşmaktadır. Bunlardan bazıları sağlık, eğitim, teknoloji vb. birçok alanda kullanılır. Biz bu çalışmamızda veri madenciliğinin günümüzdeki yeri, kullanıldığı alanlar ve ne tür değişiklikleri benimsediğini inceledik.

Anahtar Kelimeler: Veri Madenciliği, Bilgi Keşfi, Kullanım alanları.

DATA MINING AND AREAS OF USE

Abstract – With the age we are in and the developing technology, data is growing. Data mining undertakes the task of revealing the correct information in the fastest time and forward-looking predictions. While these data are put forward in line with a result, statistical information is used. Briefly, we can define data mining as transforming data into the most meaningful information we have.

Data mining and knowledge discovery mean the same thing. Its usage areas reach a very wide audience. Some of these are health, education, technology, etc. used in many fields. In this study, we examined the current place of data mining, the areas in which it is used and what kind of changes it has adopted.

Keywords: Data Mining, Knowledge Discovery, Usage areas.

GİRİŞ

Günümüzde veri madenciliği eldeki verilerin çokluğu ile birlikte giderek önemini arttıran bir araştırma alanı haline gelmiştir. Gelişen teknoloji ile gereksiz bilgilerin varlığı da artmakta ve doğru bilgiye kısa sürede ulaşılması zorlaşmıştır. Doğru bilgiye kısa sürede ulaşılması doğrultusunda veri madenciliği büyük bir öneme sahiptir.

Veri madenciliği işletmeler için de sıklıkla kullanılmaktadır. Milyarlarca büyüklükteki verilerin analizi ve elde edilen veriler ile birlikte gelecek hakkında tutarlı tahminde bulunabildiğinden dolayı büyük işletmeler çoğunlukla veri madenciliğini kullanırlar. Veri madenciliğini kullanan bazı sektörler örnek olarak bankacılık, pazarlama, tıp ve borsacılık gibi sektörlerde gelişmiş olarak kullanılır. Örneğin tıp alanında veri madenciliği; raporlar,

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

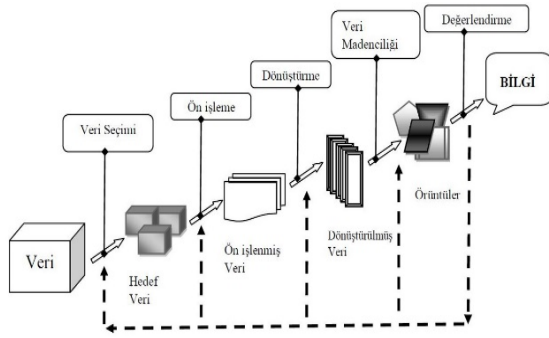
tahliller ile elde edilen verileri doğru teşhis gibi uygun amaç doğrultusunda kullanılması ile veri madenciliği çok fayda sağlamış olur ve böylelikle veri madenciliği kullanılan diğer alanlarda olduğu gibi tıp alanında da çok gelişerek ilerlemektedir.[1] Türkiye’de ise kullanımı gün geçtikçe artmaktadır fakat veri madenciliği küçük işletmelere fazla katkısı yoktur. Bu bağlamda, makalenin amacı veri madenciliği nedir? Kullanım alanları nelerdir? Küçük işletmelere uygun fiyat ve doğru veriler ile nasıl katkıda bulunulabileceği anlatılmıştır.

I. VERİ MADENCİLİĞİ (DATA MINING)

Veri Madenciliği, büyük miktarda veri setleri içerisinde birbirleri ile anlamlı bilgileri alıp gelecek hakkında en doğru tahminde bulunulmasını ve birçok keşfedilmemiş bilgiyi açığa çıkarmada kullanılır.

Veri madenciliğinde birçok yöntem kullanılmıştır ve bunlar problem türüne, uygulama alanlarına ve eldeki veriye göre çeşitlilik göstermektedir.

Veri madenciliğinin en önemli amacı ise bir araya getirilmiş verilerin kendi içlerinde istatistiksel yöntemler ile incelenip istenilen veya ilgili kuruma kullanılması için değerlendirilip, kullanıma başlanmasıdır [2] ve böylelikle Veri madenciliğinde rahat bir şekilde mantıksal kurallara veya görsel materyallere dönüştürebilecek nitel modellerin elde edilmesini sağlamış olur.



Şekil 1 Veri Madenciliği Süreçleri [16]

A. Veri Madenciliği Tarihçesi

Durmaksızın bir gelişme içerisinde olan veri madenciliği günümüzde kısa sürede büyük veri topluluklarına ulaşabilmemizi sağlamaktadır. Veri madenciliğine ilk olarak 1950’li yıllarda araştırmaya başlanmıştır ve yapay zekâ ve makine öğrenmesi konularında önemli gelişmeler kat edilmiştir.1960’lı yıllarda istatistikçiler kolay öğrenmeli bilgisayarlar geliştirmişlerdir. Bu gelişim ile veri tabanı yaklaşımının yeni bir başlangıcı olmuştur.

1970’li yıllarda Dr. E.F. Codd tarafından ortaya atılmış olan İlişkisel Veri Tabanı Yönetim Sistemleri uygulamaları kullanılmaya başlanmıştır. İlişkisel veri modelinde birbirinden farklı tablolara yerleştirilmiş olan verilerin ilişkilendirilerek düzenlenmesine ortam sağlamaktadır.

1980’li yıllarda İlişkisel Veri Tabanı Yönetim Sistemleri kullanımı yaygınlaşmış ve Uygulamaya yönelik Veri Tabanı Yönetim Sistemi Mimarisi kullanılmıştır. Mekânsal, Bilimsel, Mühendislik, vs. alanlarda kullanıma başlanılmıştır. 1992 yılında ilk veri madenciliği yazılımı gerçekleştirilmiştir.

B. Veri Madenciliği Yöntemleri

Veri Madenciliği yöntemlerini denetimli ve denetimsiz olacak şekilde iki temel başlığa ile ifade etmek mümkündür. Veri Madenciliğinde net bir şekilde tanımlanmış veya kesin bir amaç ifade edildiğinde denetimli terimi kullanılır. Elde edilmesi hedeflenen sonuç için özel bir tanımlamada bulunulmamışsa veya belirsizlik söz konusu ise denetimsiz terimi kullanılır [4].

Denetimli ve denetimsiz ifadeleri birbirinin aksini belirtmektedir. Denetimli ve denetimsiz yöntemleri sürecin tamamı açısından incelemek gerekirse;

- Denetimsiz yöntemler genelde veriyi anlamak, tanımak, keşfetmek amacıyla kullanılırlar ve daha sonra uygulanacak yöntemler için tavsiye de bulunmayı hedeflemektedir,
- Denetimli yöntemler, veriden bilgi ve sonuç elde etmeye yönelik kullanılmaktadır. Bu yüzden denetimsiz bir yöntemle oluşturulan bilgi veya sonucu, denetimli bir yöntemle kontrol etmek, bulunan bulguların doğruluğu ve geçerliliği bakımından önemlidir.

Denetimli Veri Madenciliği yöntemleri:

- En yakın k komşuluk yöntemi
- K-ortalamar kümeleme yöntemi
- Regresyon modelleri yöntemi
- Kural çıkarımı yöntemi
- Karar ağaçları yöntemi
- Sınır ağları yöntemi

Denetimsiz Veri Madenciliği yöntemleri:

- Aşamalı kümeleme yöntemi
- Kendi kendini düzenleyen haritalar yöntemi şeklinde sınıflandırılabilir [4, 5].

Veri Madenciliği alanında kullanılan birçok yöntemlere gün geçtikçe yeni yöntem ve algoritmalar eklenmektedir. Bunlardan bazıları uzun süredir kullanılan klasik teknikler diye ifade edebileceğimiz çoğunlukla istatistiksel yöntemlerdir. Diğer yöntemler de çoğu zaman istatistiği temel alan fakat yoğunluk olarak makine öğrenimi ve yapay zekâ dayanaklı yeni nesil yöntemlerdir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Veri Madenciliğinde kullanılan klasik yöntemlerin en öne çıkanları;

- Regresyon yöntemi
 - K- En Yakın Komşuluk yöntemi
 - Kümeleme yöntemi şeklinde sayılabilir.
- Yeni nesil yöntemlerin daha çok kullanılanları;
- Karar Ağaçları yöntemi
 - Birliktelik Kuralları yöntemi
 - Sinir Ağları yöntemi şeklinde sıralanabilir [6].

Ayrıca bunların dışındaki Veri Madenciliği yöntemlerinin sık kullanılanları ise;

- Temel Bileşenler Analizi yöntemi
- Diskriminant Analizi yöntemi
- Faktör Analizi yöntemi
- Kohonen Ağları yöntemi
- Bulanık Mantığa Dayalı Yöntemler
- Genetik Algoritmalar
- Bayesci Ağlar yöntemi
- Pürüzlü Küme Teorisine Dayalı yöntemler şeklinde sıralanabilir [7].

Yukarıda belirtilen yöntemlerin haricinde birden fazla tekniği kapsayan hibrid yöntemler ile zaman serilerine dair yöntemlerden de Veri Madenciliğinde yöntem olarak faydalanılmaktadır [8].

Kısaca, veri buluşuna fayda sağlayan bütün yöntemlerden Veri Madenciliği yöntemi olarak yararlanılabilmektedir. Aşağıda sık kullanılan veri madenciliği yöntemleri ve kısaca tanımlamaları verilmektedir [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12]:

C. Regresyon Analizi

Fazlaca yararlanılan bir modelleme tekniğidir. Doğrusal, doğrusal olmayan ve lojistik modelleme seçenekleri olanağı vardır. Bağımsız değişkenler şeklinde belirtilen tahmin edici değişkenlerin; bağımlı değişken denilen tahmin edilecek değişken değerini tespit edecek bağımsız değişkenler birleşimidir.

D. K-En Yakın Komşuluk

Özellikle büyük veri tabanlarında çokça kullanılan bir sınıflandırma yöntemidir. Sınıflandırılacak nesnenin bulunduğu kümeyi, en yakınlarında yer edinen K birim nesneden en fazla birime sahip olanla aynı kümede bulunması mantığına dayanmaktadır.

E. K-Ortalamalar Kümeleme Analizi

Gruplama ve sınıflandırma tekniğidir. N birim nesnenin, K gruba bölünmesi mantığına dayanır. Sınıf aralıkları belirli değilse; bir benzerlik ya da benzer olamama ölçütüne (metriğine) dayanarak, grup içerisinde homojen, gruplar arasında heterojen K tane küme meydana getirir.

F. Aşamalı (Hierarchical) Kümeleme Yöntemleri

K-ortalamalar kümeleme analizine benzer olarak sınıf aralıklarının ifade edilmediği durumlarda,

yararlanılan bir tekniktir. K-ortalamalar Kümeleme Analiziyle arasındaki en dikkat çeken fark, hiyerarşik kümeleme analizinde küme adedinin, uygulayıcı engellemesi olmadan, gözlem sonucunda tespit edilen değerlerinin farklılıklarına göre kendiliğinden oluşmasıdır. Dolayısıyla, küme adedi analize başında belli olmamakta; analizin sonunda belirlenebilmektedir. Analizin sonucunda ulaşılan Dendogram diye tanımlanan şekiller de, analizi görsel biçimde desteklemekte ve anlaşılabilirliğini arttırmaktadır.

G. Karar Ağaçları

Veri madenciliği denildiğinde, sinir ağları ile beraber kullanılan tekniklerden olan karar ağaçları, yeni nesil veri madenciliği tekniklerindedir. Bir ağaç diyagramı şeklinde, her bir dal ve yaprağı sınıflandırma sorgusu olacak şekilde dallanan yöntem; sürekli, kesikli, nitel, nicel bütün değişkenlere uyarlanabilen algoritmaları, ağaç diyagramı olacak şekildeki görsel desteği, SQL sorgusuna kolay çevrilebilir yapısıyla en çok kullanılan tekniklerinden birisidir. C 4.5, C5.0, C&RT ve CHAID en çok kullanılan tekniklerdir.

H. Sinir Ağları

İnsan beyninin matematiksel çözümleme mantığı örnek alınarak meydana getirilmiş (yapay) sinir ağları, karar ağaçları gibi yeni nesil veri madenciliği tekniklerindedir. Girdi ve çıktı arasında, küçük hesaplama ünitelerinden oluşturulan sonuçları bir araya getirerek elde edilen bir modelleme yöntemidir. Karar ağaçları anlama, yorumlama ve uygulama açısından kolay olduğu kadar, sinir ağları da o denli zordur. Sadece model oluşturma, sonuçları yorumlama basamağının ötesinde; doğru bir model meydana getirebilmek için ağı eğitimindeki konunun önemi oldukça fazladır. Fazla eğitilmiş bir ağ, henüz gözlemlenmeyen bir gözleme yönelik tahmin yeteneğini kaybederken; az eğitilmiş bir ağ ise yanlış tahminde bulunabilmektedir.

İ. Birliktelik (İlişki) Kuralları

Gözlem verilerinin arasındaki bağı, koşullu olasılık esaslı değerlendirmelerle özet şeklinde sunan ve uygulayıcı yönünden ilkin ifade edilmiş başarı oranının üstündeki kaideleri sıralayan bir yaklaşım izlenmektedir.

Hesaplama mantığı sebebiyle hızlı bir şekilde sonuca ulaşılması ve çok büyük veri setlerine kolaylıkla uygulanması Birliktelik Kuralı Analizini ticari veri tabanlarının madenciliğinde zaman içinde daha çok yaygınlaşan bir araç haline getirmiştir.

J. Önemli Bileşenler Analizi

Çok fazla değişkenin kullanılmasının gerekli olduğu durumda, bütün değişkenleri kapsayacak bir modelin başarılı tahminde bulunma yeteneğinde meydana gelebilecek zafiyetin ötesinde, tüm bu değişkenleri

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

incelemek, veri toplamak ve değerlendirmek; insan gücü, zaman ve maliyet yönünden ciddi bir sorumluluk getirmektedir. Bu noktada önemsenmeyecek düzeyde açıklama yapmaktan kaçınmak, daha az sayıda değişkenle model oluşturmayı sağlayabilir. Önemli Bileşenler Analizi açıklayıcı olmaya önemli şekilde yarar sağlayan daha az sayıda değişkenin kullanımına olanak tanıyan Doğrusal Regresyon Yönteminin özel bir şeklidir. Yöntem fazlaca kullanışlı olmasıyla birlikte, çok kesin Normal Dağılım varsayımlarının önemsenmemesi, hatalı sonuçlar elde etme tehlikesini beraberinde getirmektedir.

K. Diskriminant Analizi

Bir sınıflandırma sorununda, sınıflamanın yapılması ve meydana getirilmiş bir sınıflamada gözlem atamalarının doğru olacak şekilde yapılması Diskriminant Analiziyle olmaktadır.

L. Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar

Bu yöntem K-ortalama Kümeleme Analizinin kısıtlı sürümü olarak değerlendirilebilir; gözlemler iki boyutlu bir düzlemde ayrıştırılır. Kendi kendini düzenleyen haritalar, özgün yüksek-boyutlu gözlemlerin iki boyutlu koordinat sistemine çevirerek haritalandığı sınırlanmış bir topolojik haritaya işaret etmektedir. Orijinal SOM algoritması çevrimiçidir (online) – gözlemler anında işlenir – ve toplu işlem (batch) versiyonu daha sonra tavsiye edilmiştir.

M. Veri Madenciliğinin Türleri

Veri madenciliğinin tahminde bulunma ve tanımlama olacak şekilde iki ana hedefi bulunmaktadır. Tahmin, veri tabanındaki değişkenleri kullanarak bilinmeyen ifadeyi bulmayı veya sonrasında alabileceği değerlerini hesaplamayı içerir. Tanımlama ise, veri içindeki örüntüleri belirlemeyi amaçlar.

Tahmin etmeyi kullanan modeller, “bir yöntemde dolandırıcılık olup olmadığı” veya “bir müşteriden ne kadar gelir kazanılacağı” gibi soruların çözümlerini ararken, tanımlamaya dayalı olan modeller veriler arasında gizlenen örüntülerden “çocuk maması alan müşterinin bez alma olasılığı diğer müşterilerden dört kat fazladır” gibi sonuçlar çıkarmayı hedefler (Silahtaroglu, 2013: 49).

Tanımlayıcı veri madenciliği birliktelik kaideleri ve kümeleme gibi veri içindeki ilişkileri bulmayı hedefler. Tahmin edici veri madenciliği, tarihsel verilerin harcanmasıyla belirlenmiş hedef değişkenin değerini bulmaya çalışır. Bu hedef ayrık olduğu zaman, işlemin sınıflandırma ile yapılması önerilir. Kredi başvurularında ödeme koşullarının tahmin edilmesi, müşterilerin sigorta üzerinden

istedikleri alacakların birer dolandırıcılık işlemi olup olmadığı bunun gibi durumlara örnek verilebilir. Aynı zamanda, sürekli değişen hedefin bulunması regresyonun sorumluluğudur (Baesens vd.2009: 16). Veri madenciliği uygulamalarının yararlandığı iki alan metin madenciliği ve web madenciliğidir. Metin madenciliği, fazla kapasiteli dokümanların incelenerek metin tabanlı verilerden gizlenen veriye ulaşılmasıdır. Metin madenciliği raporlar, epostalar, konuşma dökümleri, makaleler ve saha notları gibi metin içeren veriler üzerinde işlemler yapmasını hedefler. Web madenciliği ise oluşturulmamış web içerikleri, linkler ve web erişim istatistikleri gibi internet üzerindeki kalitatif ve kantitatif verilerin incelenmesi üzerinde çalışır. (Tan ve Yu, 2003: 239)

N. Veri Madenciliğinde Karşılaşılan Sorunlar

Fazla hacimli verilerin içerildiği veri ortamlarında büyük problemler meydana gelebilir. Bu yüzden küçük veri kümelerinde, benzetim yerlerinde oluşturulmuş veri madenciliği sistemleri, fazla hacimli, eksik, gürültülü, atık, boş, belirsiz veya aykırı veri kümelerinin yer aldığı ortamlarda sorunlu çalışabilir. Bu yüzden veri madenciliği sistemleri oluşturulurken bu problemlere çözüm bulunması gerekmektedir.

Veri madenciliği uygulamalarında görülebilecek problemler şunlardır:

Artık veri: Artık veri, sorunda beklenen sonucu elde etmek için yararlanılan örneklem kümesindeki gereksiz niteliklerdir. Bu durumla birçok işlem esnasında karşılaşabiliriz.

Belirsizlik: Yanlılıkların şiddeti ve verideki gürültünün seviyesi ile ilgilidir.

Boş veri: Bir veri tabanında boş değer, birincil anahtarında bulunmayan bir niteliğin değeri olabilir. Boş değer, tanımı dolayısıyla kendisi de dâhil olacak şekilde hiçbir veriye eşit olmayan değerdir.

Dinamik veri: Kurumsal çevrim içi veri tabanları dinamik şekildedir ve içeriği sürekli olarak değişir. Bu durum, bilgi buluşu yöntemleri için dikkat edilmesi gereken sorunları beraberinde getirmektedir.

Eksik veri: Veri kümesinin büyüklüğünden veya doğasından kaynaklanmaktadır. Eksik veriler içerildiğinde yapılması lüzumlu olanlar şunlardır:

- Eksik veri bulunan kayıt veya kayıtlar çıkarılabilir.
- Değişkenin ortalaması eksik verilere karşılık olarak kullanılabilir.
- Var olan verilere dayalı olacak şekilde en elverişli değer kullanılabilir.

Eksik veriler, yapılmakta olan istatistiksel incelemelerde ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Çünkü istatistiksel analizler ile bu analizlerin elde

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

edilmesine olanak tanıyan ilgili paket programlar, verilerin tamamının var olduğu durumlar için geliştirilmiştir (Albayrak, 2008).

Farklı tipteki verileri ele alma: Gerçekteki uygulamalar makine öğreniminde görüldüğü üzere sadece sembolik veya kategorik veri çeşitleri değil, aynı zamanda tamsayı, kesirli sayılar, çoklu ortam verisi, coğrafi bilgi içeren veri gibi çeşitli tipteki verilerde işlem yapılmasını gerektirir.

Gürültülü ve kayıp değerler: Veri girişi ya da veri toplanması sırasında oluşabilecek sistem dışı sorunlara gürültü denir. Büyük veri tabanlarında birçok niteliğin değeri yanlış olabilir. Veri toplanması esnasında meydana gelen hatalara ölçümden kaynaklanan hatalar da dâhildir. Bu sorunların sonucunda pek çok niteliğin sonucu yanlış olabilir ve bu sorunlardan dolayı veri madenciliği hedefine tam olarak ulaşmayabilir.

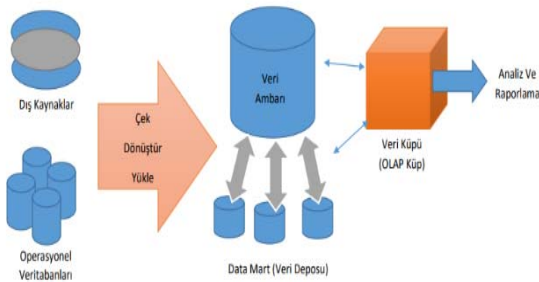
Sınırlı bilgi: Veri tabanları genellikle basit öğrenme hizmetlerini sağlayan özellik veya nitelikleri tanıtmak gibi veri madenciliği haricindeki hedefler için oluşturulmuşlardır. Bu sebeple, öğrenme amacını kolaylaştıracak bazı nitelikler bulunmayabilir.

Veri tabanı boyutu: Veri tabanı boyutları hızla artmaktadır. Veri tabanı algoritması fazlaca küçük örnekleme ele alabilecek biçimde geliştirilmiştir. Bu algoritmaların yüzlerce kat büyük örneklerde yer alabilmesi için fazlaca dikkat edilmesi gerekmektedir.

II. VERİ AMBARI

Veri ambarı, birbirlerinden farklı konuların bir araya getirilmesini sağlayan veri tabanıdır. Tanım olarak ise Veri Ambarı, birçok farklı kaynaktan yararlanarak, farklı yapılarıdaki verilerin birleştirilip saklanması ve eş özellikteki verilerin birlikte kullanılmasını sağlar [13]. Verilerin birbirleri ile ilişkili ve tutarlı yapıda olmasını sağlar. Eski verilerden de yararlanır, silinmezler.

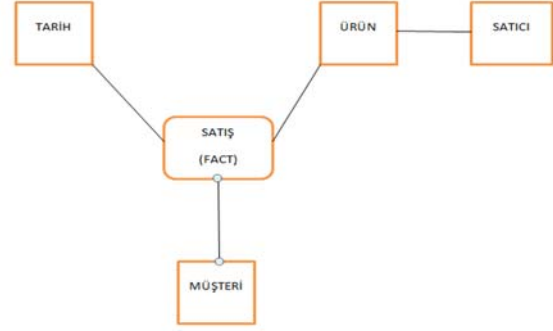
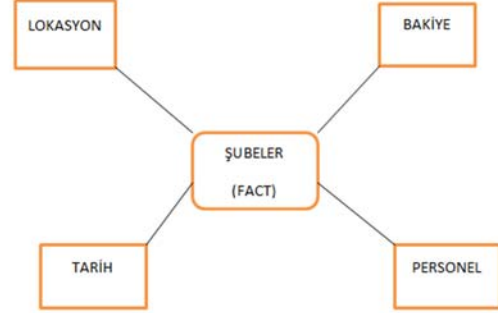
Görsel 2'de görüldüğü üzere veri ambarının yapısını ham veriden bilgiye doğru geçişi olarak görebiliriz.



Şekil 2 Veri Ambarı Yapısı [17]

Beri ambarı için 3 çeşit modelleme teknikleri keşfedilmiştir. Bunlar;

- Yıldız (Star)
- Karma (Mixed)
- Kar Tanesi



Şekil 3 Yıldız (Star) [18]

Şekil 4 Kar Tanesi [19]

Veri Ambarı Ve Veri Tabanı Arasındaki Farklar

- Veri ambarı güncelleme olmaz, veri tabanlarından güncelleme işlemleri yapılır. Dolayısıyla veri tabanlarından veri ambarlarına doğru bir veri akışı bulunmaktadır [14].
- Veri ambarı işletmeyi analiz etmeye yardımcı olur, veri tabanı bir işletmenin temel işlemlerini gerçekleştirmeye yardımcı olur.
- Veri ambarı konu ile ilgili verileri birleştirir, veri tabanı uygulama ile ilgili verileri birleştirir.

III. VERİ MADENCİLİĞİ UYGULAMA ALANLARI

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Veri madenciliği kullanımı maliyeti oldukça çok uygulamalar ile birlikte gerçekleşir. Aynı zamanda veri madenciliği uygulama alanı için hazır yazılım yapıp satan birçok firma da bulunmaktadır. Bu nedenle, alışveriş yoluyla istenilen veri madenciliği uygulamaları cazip fiyatlara yaptırılabilir. Bu da küçük işletme, büyük işletme farkını ortadan kaldırıp küçük işletmelerin de bu tür hizmetlerden yararlanmasına olanak sağlayarak, büyüklerin yanında rekabet avantajı elde etmelerine imkan vermektedir.

Veri madenciliğini kullanan birçok alan bulunmaktadır. Bunların çoğunlukla kullanıldığı bazı alanlara örnek verecek olursak;

- Satış ve Pazarlama [15]
- Eğitim[15]
- Üretim ve planlama[15]
- Konaklama[15]
- Bankacılık: Kredi onaylama[15]

IV. SONUÇLAR

İçerisinde bulunmuş olduğumuz çağda gün geçtikçe milyarlarca veri topluluğu oluşmaktadır. Artan verilerden dolayı doğru bilgiye ulaşmak zaman açısından oldukça zorlaşmıştır. Doğru bilgiye kısa zamanda ulaşmak için oluşturulan kavrama Veri Madenciliği denir. Gün geçtikçe gelişen teknoloji ile birlikte bilgisayar programları da gelişmektedir bu sebepten dolayı veri madenciliği uygulamaları kolaylaştırılmıştır.

Veri madenciliğinde kullanılan projeler yüksek fiyatlar gerektirir ve aynı zamanda her zaman doğru analizler yapılmayabilir. Analizler ile doğru bilgiye ulaşmak ve güvenliğin olması açısından veri madenciliği önemli bir konuma sahiptir.

Biz bu çalışmamızda ise veri madenciliği yöntemlerinden bahsedilmiş, veri ambarı ne demek, veri tabanı ile arasındaki farklar nedir ve gerçekleştirilen veri madenciliği çalışmaları, sigortacılık, bankacılık, borsa, tıp, pazarlama olmak üzere kullanım alanlarına ayrılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Veri Madenciliği ve Bir E-Ticaret Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kalıkov, A., (2006).
- [2] İnternet:"Veritabanı, Veri Madenciliği, Veri Ambarı, Veri Pazarı", <http://mail.baskent.edu.tr/~20394676/0302/bil483/HW2.pdf>, (2010).
- [3] Dener, M., Dörterler, M., Orman, A., "Açık Kaynak Kodlu Veri Madenciliği Programları: Weka'da Örnek Uygulama", Akademik Bilişim'09 - XI. Akademik Bilişim Konferansı

Bildirileri, 11-13 Şubat 2009 Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.

- [4] CHAPMAN P., CLINTON, J., KERBER, R., KHABAZA, T., REINARTZ, T., SHEARER, C. ve WIRTH, R. (2000). CRISP-DM 1.0 Step-by-step Data Mining Guide, SPSS Inc.
- [5] ERBAY, H. ve KÖR, H. (2016). "Büyük Veri ve Büyük Verinin Analizi", Uluslararası Bilim ve Teknoloji Konferansı, 3-6 Ekim, Ankara, Türkiye.
- [6] CHADWICK, A. ve MAY, C. (2003), "Interaction Between States and Citizens in the Age of the Internet: "EGovernment" in the United States, Britain, and the European Union, Governance, 16 (2): 271-300
- [7] İYÜPOĞLU, C., AYDIN, M.A., SERTBAŞ, A., ZAİM, A.H. ve ÖNEŞ, O. (2017). "Büyük Veride Kişi Mahremiyetinin Korunması", Bilişim Teknolojileri Dergisi, 10 (2): 177-184.
- [8] FOSTER, I., GHANI, R., JARMIN, R.S., KREUTER, F. ve LANE, J. (2017). Big Data and Social Science A Practical Guide to Methods and Tools, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [9] İ65. HÜKÜMET PROGRAMI (2016). file:///Users/macbookair/Downloads/65_H%C3%BCk%C3%BCmet_Program%C4%B1_kapakl%C4%B1.pdf, 14.10.2017.
- [10] ALTUNIŞIK, R. (2015). "Büyük Veri: Fırsatlar Kaynağı mı Yoksa Yeni Sorunlar Yumağı mı?", Yıldız Social Science Review, 1 (1): 45-76.
- [11] BAESENS B., MUES, C., MARTENS, D. ve VANTHIENEN, J. (2009), "50 Years of Data Mining and OR: Upcoming Trends and Challenges", Journal of The Operational Research Society, 60: 16- 23.
- [12] BHATT, G. D. (2001). Knowledge Management in Organizations, Journal of Knowledge Management, 5(1): 68- 75.
- [13] Koyuncuğil A. S, Özgülbaş N, Veri madenciliğinin Tıp ve Sağlık Alanında Kullanımı, Bilişim Teknolojileri Dergisi, 2009; 2: 2
- [14] Sadi Evren SEKER,2015, Veri Ambarı (Data Warehouse)
- [15] Azimli M, Tıpta Veri Madenciliği Uygulamaları, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Bilişim Sistemleri Yüksek Lisans (uzak) Programı, Yüksek Lisans Tezi,2011; s.3-6.
- [16] Görsel 1: Veri madenciliği Süreçleri [Resim]. Erişim adresi: http://ismmmo.blog/wp-content/uploads/2020/12/1_4QNtvQKCF9Ca6kEb-icIcA-1024x536.jpeg
- [17] Görsel 2: Veri ambarı yapısı [Resim].Erişim adresi:

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- https://yandex.com.tr/gorsel/search?from=tabbar&text=veri%20ambar%C4%B1%20yap%C4%B1s%C4%B1&pos=0&img_url=https%3A%2F%2Fgto.org.tr%2Fuploads%2Feditor%2Fasds.jpg&rpt=simage
- [18] Görsel 3: Yıldız (Star) topolojisi örneği [Resim]. Erişim adresi:
http://1.bp.blogspot.com/-5t3-Lgui7-A/V97N1NgwWKI/AAAAAAAAADc/AE0gq8bV4Xk4SGt15J_cGeAgXgfAOu4fQCK4B/s1600/star%2B%25C5%259Fema.png
- [19] Görsel 4: Kar tanesi [Snowflake] topolojisi [Resim]. Erişim adresi:
http://3.bp.blogspot.com/-UijCfkmWriM/V97ONCzm4FI/AAAAAAAAAADk/PZ_HKn97SiQ0gCzIJD7EQ7Ym08IlgelSACK4B/s1600/snowflake.png

YAPAY ZEKÂ İNSAN ZEKÂSINI GEÇEBİLECEK Mİ?

Yusuf UZUN*, Merve HATİPOĞLU**, Resul BÜTÜNER*** ve M. Hanefi CALP****

* Bilgisayar Mühendisliği /Seydişehir Ahmet Cengiz Mühendislik Fakültesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Türkiye
e-posta: yuzun@erbakan.edu.tr

** Bilgisayar Mühendisliği / Seydişehir Ahmet Cengiz Mühendislik Fakültesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi,
Türkiye

e-posta: 1merve.hatip@gmail.com

*** Bilişim Teknolojileri Öğretmeni, Ankara Beypazarı Fatih MTAL, Ankara, Türkiye

e-posta: rbutuner@gmail.com

**** Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye

e-posta: mhcalp@ktu.edu.tr

Özet: Günümüz teknolojik gelişmelerinin en ileri noktalarından birisi yapay zekâdır. Yapay zekâ teknolojisi insan zekâsının yapabildiği fonksiyonları taklit ederek insan hayatını kolaylaştırmaya çalışıyor. İnsan zekâsı ise düşünebilme, akıl yürütebilme, kazanımlarını bir amaca yönelik olarak çözüm bulabilme, karar verebilme, öğrenme, öğrenilenden yararlanabilme, olay ve durumlara yeni çözümler üretebilme ve sonuç çıkarma yetenekleridir. Bu makalede yapay zekânın insan zekâsının tanımlamaları yapılmış, yapay zekânın çalışma tekniklerinden, bazı yazılımları örnek olarak gösterilmiş ve insan zekâsı ile yapay zekâsın karşılaştırılmıştır. Makalenin amacı “Yapay zekâ, insan zekâsını geçebilir mi?” sorusuna cevap vermektir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, İnsan Zekâsı, Yapay Zekâ Teknolojileri

CAN IT REPLACE ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND HUMAN INTELLIGENCE?

Abstract: One of the most advanced points of today's technological developments is artificial intelligence. Artificial intelligence technology tries to make human life easier by imitating the functions that human intelligence can do. Human intelligence, on the other hand, is the ability to think, reason, find solutions for a purpose, make decisions, learn, benefit from what has been learned, produce new solutions to events and situations, and draw conclusions. In this article, the definitions of human intelligence of artificial intelligence are made, some of the working techniques of artificial intelligence are shown as examples, and human intelligence and artificial intelligence are compared. The aim of the article is “Can artificial intelligence surpass human intelligence? “To answer the question.

Keywords: Artificial Intelligence, Human Intelligence, Artificial Intelligence Technologies

Giriş

İnsanoğlu ilk yaratıldığı günden bugüne kadar yaratılmış olan en zeki varlıktır. Nesnelere ve idrak edilecek hususlar arasındaki bağlantıyı anlayabilme, düşünebilme, akıl yürütebilme, kazanımlarını bir amaca yönelik olarak çözüm bulabilme, karar verebilme, öğrenme, öğrenilenden yararlanabilme, olay ve durumlara yeni

çözümler üretebilme ve sonuç çıkarma yetenekleri insanlarda zekâ olarak adlandırılmaktadır. İnsanın zeki ve akıllı bir varlık olmasının yanı sıra insan zekâsını taklit etmeye çalışmasıyla son zamanlarda adını sıkça duyduğumuz yapay zekâ teknolojisi gün geçtikçe popülerliğini arttırmaktadır. Yapay zekâ insan zekâsının sahip olduğu zihinsel fonksiyonları bilgisayar modelleri yardımıyla inceleyip, çözümleyen ve yapay sistemlere

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

uygulamayı amaçlayan bilimsel bir araştırma dalıdır. En eski tarihi Antik Yunan' a dayanmakla birlikte ortaya çıkışının resmi tarihi 1956 yılına dayanmaktadır. Günümüze kadar süre gelen ve gelişmeye devam eden yapay zekâ teknolojisi akıllara bazı sorular getirmeye başlamıştır. Bu sorulardan en dikkat çeken "Yapay zekâ insan zekâsını geçebilecek mi?" veya "Ne zaman geçebilecek" şeklindeki sorulardır. Bu makalenin amacı ise son zamanlarda gündemde olan bu sorulara cevap aramaktır.

Yapay Zekâ

Yapay zekâ kavramı ilk olarak John McCarthy tarafından, "zeki makineler özellikle, zeki bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliği" şeklinde tanımlanmıştır [1]. Makinelerin ve robotların algılama, karar verme, geçmiş verilerden yararlanabilme, olay ve durumlara yeni çözümler üretebilme vb. yeteneğine sahip insan zekâsına özgü kapasitelerden yararlanan bilim dalıdır.

Kullanıcılar gereksiz ve tekrarlı işlemler yapmak yerine zeki yazılımları tercih etmektedir. Yapay zekâ bu ihtiyacı karşılayacak bir alandır. Kendi kendini tekrar etmekten uzak, kullanıcının ihtiyacı olmayan işlemleri ortadan kaldıran bir çalışma alanıdır.

Yapay zekâ sayesinde belirli insan davranış ve hareketleri taklit edilerek yeni yöntemler geliştirilebilir. Başlıca yapay zekâ yöntemleri; uzman sistemler, bulanık mantık, genetik algoritma ve yapay sinir ağlarıdır. Yapay zekânın genel amacı, insan hayatını kolaylaştırmak, insan hayatını kaliteli bir hale getirmek, endüstride kaliteyi ve verimliliği arttırmak ve iş kazaları riskini en aza indirmek, tehlikeli işlerde robotları kullanmak,

eğitim alanında strateji geliştirme (teorem ispatlama, satranç, dama, oyunlar vb.) ve muhakeme yeteneği kazandırmaktır [2].

İnsan Zekâsı

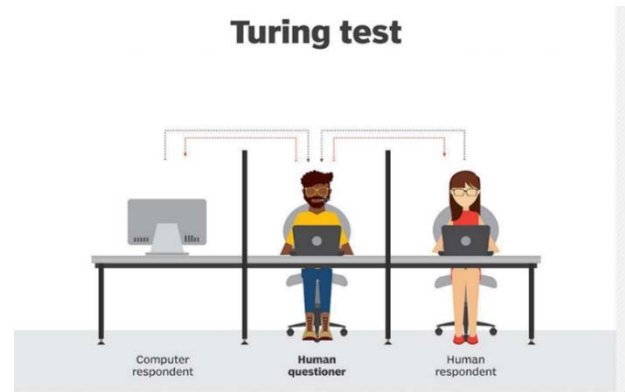
Algılar ile nesnel arasındaki bağlantıyı anlayabilme, sorunları algılayıp ve çözüm üretebilen, öğrenen ve öğrenilenden yararlanılabilen gibi yetenekler insanlarda zekâ olarak adlandırılmaktadır. Zekâ birçok zihinsel fonksiyonu yerine getirebilmekte, daha önce hiç karşılaşmamış durumlarda problemi anlama, analiz etme ve çözüm üretme zekâ tarafından sağlanır.

Akıl ve zekâ kavramları birbirinden farklıdır ve karıştırılmamalıdır. Zekâ insanoğluna doğuştan verilmiş bir yapıdır. Akıl ise çevresel faktörlerden etkilenen ve toplumsal yapının izlerini taşıyan bir olgudur. Akıl aynı

zamanda genetik yolla alınan özellikleri de içerisinde barındırmaktadır. Zekânın ilk defa karşılaşılan olaylara yaklaşımı esas alınarak bilgisayarların da aynı görevi yapması beklenmesi sonucunda yapay zekâ modellenmiştir.

Turing Testi

İnsan beynini taklit ederek modellemeyi amaçlayan yapay zekâ alanında bir ölçüt olarak kullanılan Turing Testi 1950 yılında Mind dergisinde Alan Turing tarafından yayınlanan makalede ele alınmıştır. Hesaplamalı Makineler ve Zekâ makalesinde Alan Turing "Makineler düşünebilir mi?" sorusunu tartışmaya açmıştır. Turing gelen cevaplardan düşünemez iddialarına karşı çıkmış ve reddetmiştir. Turing testinin amacı, yapay zekâ ile oluşturulan sistemin insan zekâsı seviyesine ulaşma durumunu kontrol ederek makinenin öğrenerek düşünebildiğini göstermektir. [3]. Bir makinenin ne kadar akıllı olduğunu anlamaya çalışan Turing testine göre bir insanın zekâsını belirleyen en önemli faktörlerden biri olarak dil yeteneği seçilmiştir. Bir perdenin arkasında bir bilgisayar ve bir de insan olduğunu düşünün. Siz çeşitli sorularla kimin insan kimin makine olduğunu anlamaya çalışıyorsunuz. Eğer bilgisayar, verdiği cevaplarla sizi bir insan olduğuna ikna edebilirse Turing testinden geçmiş oluyor. Bunu başarabilmesi için hem sorulan soruları anlayabilme ve hem de insan gibi düşünerek cevap verebilme yeteneklerine sahip olması gerekir [4].



Şekil 1 Turing Testi [5]

Yapay Zekâ ve İnsan Zekânın Karşılaştırılması

Yapay zekâ ile insan zekâsı karşılaştırılacak olunursa; insan zekâsı hafızasındaki bilgiyi zaman içerisinde unutulmasının aksine yapay zekâda ise makinenin hafıza deposundan bilgiler silinmedikçe bilgilerin

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

kaybolması veya unutulması mümkün değildir. İnsan zekâsında bilgi aktarımı için belli bir zaman gerekmektedir. Yapay zekâda bilgi aktarımı ise insan zekâsına göre daha kolaydır. İnsan zekâsında olan bilgi aktarımı kadar uzun sürmez ve zaman tasarrufu sağlanır. Yine insan zekâsında bir alanda deneyim ve uzmanlaşma kazanmak yapay zekâyâ göre daha fazla zaman ve maliyet gerekmektedir. İnsan zekâsında bilgilerin raporlanması ve belgelenmesi yapay zekâyâ göre oldukça zordur. İnsan zekâsı hafızasındaki bilgiyi zaman içinde unutabileceği için karara nasıl varıldığı sorusuna cevap bulamayabilir. İnsan zekâsı yeni fikirler üretebilir, çözüm üretebilir. Ancak yapay zekâ esinlenemez. Doğal zekâ avantajlarının en önemlisi, insan muhakeme gücünün, problemleri çözmek için geniş tecrübeleri, karşılaşılan konuya göre hemen kullanma yeteneğidir: Yapay zekâ sistemleri ise dar çözüm yöntemlerini kullanırlar [2].

Yapay Zekâ Yöntemleri

I. Uzman Sistemler

Uzman sistemler, verinin sayısallaştırılarak bilgisayara aktarılan ve problemler çözmek için kullanılan yazılımlardır [3]. Uzman sistemler sembolik işlemler kullanarak yönetim bilimlerine yeni bir boyut kazandırmıştır [2]. Belirli bir alanda bilgilerle donatılmış ve problemlere alanında uzman bir kişinin getirdiği şekilde çözümler üretebilen ve alanında uzman kişinin

yapabileceği işlemleri taklit eden bilgisayar programlarıdır. Problemlerin çözümü için sistemde depolanan uzman bilgisinden faydalanılır. Uzman sistemlerin sağladığı en önemli avantaj ortaya çıkardıkları çözüm yollarının ve çıkardıkları sonuçların nasıl ve neden olduğunu açıklayabilirler.

Yapay zekânın en çok kullanılan tekniklerinde biridir. Öyle ki tıp, robotik uygulamalar, hata düzeltme, ses ve görüntü tanıma gibi birçok kullanım alanına sahiptir. İlk uzman sistem 1970' de Stanford Üniversitesi'nde bir grup uzman hekim tarafından geliştirilen MYCIN olarak kabul edilmektedir. MYCIN sistemi menenjetik ve bakteriyolojik gibi hastalıkların teşhis ve tedavisinde kullanılmaktadır.

II. Bulanık Mantık

“Ayşe kısa bir kızdır”. “Mehmet güzel bir çocuktur” . “1, 100 ‘den küçük bir sayıdır”. “Bu koltuk mavidir”. Verilen bu örnekler klasik mantık yöntemleriyle

doğruluğunun anlaşılması zor cümlelerdir. Çünkü ‘kısa’, ‘güzel’, ‘küçük’ açık bir şekilde tanımlanmayan, daha çok günlük hayatta kullanılan belirsizlik içeren sözcüklerdir. Klasik mantık sistemleri ancak doğruluğu kesin olan ifadelerle ilgilenir. Bu tür cümlelere akılcı ve doğruluk değerlerini, yaklaşımsal akıl yürütme de kullanılan mantık türlerinden olan bulanık mantık ile verilebilir.

Bulanık mantık sistemleri günlük yaşantımızda hemen hemen her yerde kullanılmaktadır. Metrolardan televizyonların alıcılarına, bilgisayar disklerinden trafik lambalarına, füzelerden golf kulüpleri seçimine kadar her alanda kullanılır.

III. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları adından da anlaşılacağı gibi insan beyninin bilgi işleme yöntemi kullanılarak geliştirilmiştir. Basit bir biyolojik sinir sisteminin çalışma şeklini simüle eder. Simüle edilen sinir hücreleri nöronlar içerir ve bu nöronlar farklı şekillerde birbirilerine bağlanarak bir ağ oluşturur. YSA’lar algılama, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi anlama özelliğine sahiptir [1]. YSA, insan beyninin özelliklerini başka bir kaynaktan yardım almadan gerçekleştirmesi amacı ile geliştirilmiştir. YSA temelde doğrusal olmama, öğrenme, genelleme ve uygulama özelliklerine sahiptir.

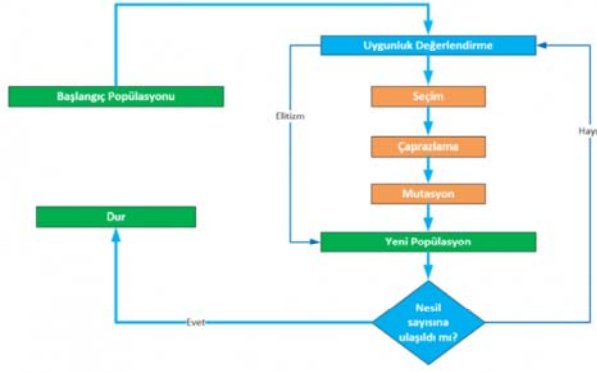
IV. Genetik Algoritmalar

Genetik Algoritmalar (GA), doğal seçim ve doğal genetik mekanizmasına dayalı arama algoritmalarıdır (Goldberg, 1989). 1970’li yılların başlarında Jhon Holland tarafından ortaya çıkarılan genetik algoritmalar, evrimsel genetik ve Darwin’in doğal seçime benzerlik kurularak geliştirilmiş “iterasyon ” ihtimali bir arama metodudur [2].

Genetik algoritmalar doğada gözlemlenen evrimsel dönüşüme benzer bir şekilde çalışan arama ve en iyiyi bulma yöntemidir [1]. En iyiyi araması nedeniyle ortaya çıktıktan 30 yıl kadar sonra optimizasyon problemlerine ışık tutmaya başlamıştır. Grup çözümlene yöntemini de kullanarak çok sayıda çözümün içerisinde kötü sonuçları olanları eleyerek en iyileri seçebilir.

Genetik algoritmaları diğer algoritmalarından ayıran en önemli özellik seçim yapabilmesidir. Seçim yapabilmesi rastgele olmasına karşın bu rastgele seçim seçilme olasılıklarını çözümlerin uygunluğunu belirler.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



Şekil 1 Genetik Algoritmalar Yaşam Döngüsü [6]

Yapay Zekâ Uygulama Alanları ve Yapay Zekâ Yazılımları

Günümüzde yapay zekâ hemen hemen her alanda uygulanabilir teknolojilerden biri haline gelmiştir. Sağlık sektöründe hastalıkların teşhis ve tedavisinde, tarımda zararlı bitkilerin teşhisi ve ortadan kaldırılmasında, askeri alanda hedef tespitinde, robotlarda, sanayide, endüstride üretim ve kontrol gibi daha birçok alanda kullanılmaktadır. Popülaritesi gün geçtikçe arttığından birçok film ve kitaba da konu olmuştur.

Yapay zekâ alanında yapılan çalışmalar her geçen gün hız kazanmaktadır. Bunlardan biri havaalanlarında kullanılan Zeki Havaalanı programıdır. Uçuş kalıplarının

belirlenmesi, bagajların doğru yerlere gönderilmesi, uçağın yakıtının kim tarafından doldurulacağını ayarlanması gibi işleri Zeki Havaalanı programı karar vermektedir [3]. Zeki Havaalanı programı sayesinde üretkenliğin arttığı tespit edilmiştir. Diğer bir yazılım örneği Evolverdir. Evolver, yenilikçi genetik algoritmayı ve doğrusal programlama teknolojisini kullanarak Excel'de modellenen birçok sorunu hızlı bir şekilde çözmek için kullanılan Microsoft Excel'de bir optimizasyon eklentisidir. Evolver'in en önemli özelliği en iyi küresel çözüme ulaşma konusunda benzersiz bir yeteneğe sahip olmasıdır. Bir diğer yapay zekâ programı örneği FlibDog programıdır. Bu program otomatik olarak web sitelerinden iş ilanlarını bulmak için kullanılır. Yapay zekâ teknolojisini kullanan programlara birçok örnek verilebilir. Bunlar XperRule GenAsys, Falcon, Genetic Algorithm User Interface şeklindedir.

Sonuçlar

Yapay zekânın insan zekâsını geçebileceği yönündeki ilk iddia Nobel İktisat Ödülü sahibi Herbert A. Simon tarafından 1965 yılında söylenmiştir. Simon'a göre 20

yıl içerisinde yapay zekânın insan zekâsını geçebilir şeklindeydi. 90' lı yıllara gelindiğinde yapılan tarihlerde olayın gerçekleşmediği gibi daha ileri tarihler gösterilmeye başlanmıştır. Bazı bilim kurgu yazarları 30 yıl ilerisini işaret ederek bir tahminde bulunmuştur. Zaman ilerleyip 2000'li yıllara gelindiğinde ise teknoloji dünyasının en büyük ve en önemli gururlarından biri olan Moore Kanunun mucidi Gordon Moore gibi kişiler bu olayın hiçbir zaman gerçekleşmeyeceğini söylemeye başladılar [4]. Yapay zekâ çalışmaları hiç hız kesmeden devam ederken robotik araştırmacılara göre içerisinde yaratıcılık barındırabilecek işlerin 2051 yılında robotlar tarafından yapılacağı öne sürülmüştür.

Yapay zekânın gelişimi devam ederken yapay zekâ bir oyunda tüm insanları yenerek "super human" seviyesine ulaşmıştır. İlk kez 1997 yılında dünyanın en iyi satranç oyuncusu olan Garry Kasparov'u yendi. Ardından 2002 yılında tavla ve 2006 yılında scrabble oyunlarında "super human" seviyesine yani insanüstü seviyeye ulaşmıştır. Ancak dünyanın en eski oyunu olan Go oyununda "super human" seviyesine ulaşabilmiş değil.

Uzmanlar yapay zekâyı 3'e ayırıyorlar:

- Dar yapay zekâ
- Genel yapay zekâ
- Yapay süper zekâ

Bu zamana kadar verilen oyun örnekleri sadece belirli görevleri yerine getirebildiğinden dar yapay zekâ alanına

girmektedir. Yapay zekânın hep farklı özelliklerinden bahsediliyor ancak bütün bu özelliklerin bir arada olması

genel yapay zekâyı oluşturuyor. 2017 yılında Ray Kurzweil verdiği bir röportajında 2029 yılında bir bilgisayarın genel yapay zekâ seviyesine ulaşabileceğini söylemiştir. 2045 yılının ise yapay zekâ için bir dönüm noktasının olacağını belirtmiştir. Elon Musk The New York Times'a verdiği röportajda 2025 yılını işaret ederek yapay zekânın insan zekâsının önüne geçebileceğini dile getirmiştir. İlerleyen zamanlarda yapay zekânın genel yapay zekâyı ne zaman ulaşabileceği konusunda uzmanlar arasında yapılan bir ankete göre 2040 ile 2050 yılları arasında istenilen seviyeye ulaşacağı sonucuna varılmıştır. Bu ankette 550 kişi "Yapay zekâ ne zaman genel yapay zekâ seviyesine ulaşacaktır?" şeklindeydi. Üçüncü tür olan ve genel yapay zekânın yapamayacağı işlevleri yapabilecek olan yapay süper zekâ hakkında henüz bir tahminde bulunulmamıştır.

Sonuç olarak tahmin edilen tarihlerde yapay zekâ insan zekâsını geçebilmiş değildir. Yapay zekânın nasıl bir seviyeye ulaşacağını şu durumda tahmin etmek biraz

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

zorlaşıyor. Dar yapay zekâ alanında belirli bir yol kat eden yapay zekâ için insan zekâsını geçmesi için genel yapay zekâ seviyesine ulaşması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Demirhan, A., Kılıç, Y. A., & İnan, G. (2010). Tıpta yapay zeka uygulamaları.
- [2] Bozüyük, T., Yağci, C., Gökçe, İ., & Görkem, A. K. A. R. (2005). Yapay Zeka Teknolojilerinin Endüstrideki Uygulamaları.
- [3] Yılmaz, A. (2017). Yapay Zeka. KODLAB Yayınevi, 373.
- [4] Hazırlanın! Yapay zeka insan zekasını geçmek üzere..., Erişim Adresi : <https://barisozcan.com/hazirlanin-yapay-zekâ-insan-zekâsini-gecmek-uzere/>
- [5] Turing Testinin Çalışma Şekli [Resim], Erişim Adresi : <https://www.sanalkasif.com/yapay-zeka-nedir-turing-testi-nedir/> , Erişim Tarihi : 24.06.2021
- [6] Genetik Algoritmalar Yaşam Döngüsü [Resim], Erişim Adresi : <https://caglartelefon.com/genetik-algoritmalar-nedir/>, Erişim Tarihi : 25.06.2021

METASEZGİSEL ALGORİTMALAR İLE ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ŞARJ HIZININ TAHMİN EDİLMESİ

Tuba Tanyıldızı Ağır*

*Batman Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, 72060BATMAN
e-posta: tuba.tanyildiziagir@batman.edu.tr

Özet: Teknolojinin gelişmesi ile beraber elektrik enerjisine olan ihtiyaç artmıştır. Fosil enerji kaynaklarının hem ucuz olması hemde kolay taşınabilir olmasında dolayı çok fazla tercih edilir. Bu enerji kaynakları hem hava kirliliğine neden olur hemde iklim değişimine neden olur. Bu nedenle fosil enerji kaynaklarının kullanımının azaltılması için pek çok alternatif çözüm önerileri önermişlerdir. Bunlardan ilki otomotiv sektöründe kullanılan petrolün azaltılmasıdır. Elektrikli araçlar son yıllarda otomobillere alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Elektrikli araçların çevre dostu olması ve petrol kullanımını azaltması onlara olan ilgiyi artırmıştır. Fakat elektrikli araçlarında bazı olumsuz yönleri mevcuttur. Bunlardan biri şarj süresidir. Bu çalışmada elektrikli araçların şarj hızlarını tahmin etmek için Aşırı Öğrenme Makinası (AÖM) ve Yapay Sinir Ağı (YSA) kullanılmıştır. AÖM algoritması sin, sigmoid, hardlim, radbas ve tribas aktivasyonları için performansları incelenmiştir. AÖM algoritmasında gizli nöron sayısı 10 ve ara katman ise 1000 olarak seçilmiştir. YSA algoritması da logsig, purelin ve tansig aktivasyon fonksiyonları kullanılmıştır. YSA algoritmasında gizli nöron sayısı 10, ara katman sayısı 2'dir Simülasyon sonuçları AÖM algoritmasında radbas aktivasyon fonksiyonu için MSE, RMSE, R sırasıyla $1.22e-05$, 0.0035 , 0.9999 elde edilmiştir. YSA algoritmasında tansig aktivasyon fonksiyonu için MSE, RMSE, R sırasıyla $2.26e-04$, 0.0150 , 0.824 elde edilmiştir. AÖM algoritması elektrikli araçların hızını %99.99 ile tahmin etmiştir. AÖM algoritması YSA algoritmasına göre minimum hata ile en doğru sonucu elde etmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araçların şarj hızı, Aşırı öğrenme makinası, Yapay Sinir Ağı

ESTIMATING THE CHARGING SPEED OF ELECTRIC VEHICLES BY METAHEURİSTİC METHODS

Abstract: With the development of technology, the need for electrical energy has increased. Fossil energy sources are preferred because they are both cheap and easily transportable. These energy sources cause both air pollution and climate change. For this reason, many alternative solutions have been proposed to reduce the use of fossil energy resources. The first of these is the reduction of oil used in the automotive industry. Electric vehicles have emerged as an alternative to automobiles in recent years. The fact that electric vehicles are environmentally friendly and reduce the use of oil has increased the interest in them. However, there are some negative aspects of electric vehicles. One of them is charging time. In this study, Extreme Learning Machine (ELM) and Artificial Neural Network (ANN) were used to predict the charging speeds of electric vehicles. The performances of the ELM algorithm for sin, sigmoid, hardlim, radbas and tribas activations were investigated. In the ELM algorithm, the number of hidden neurons is 10 and the middle layer is 1000. Logsig, purelin and tansig activation functions are used in the ANN algorithm. The number of hidden neurons in the ANN algorithm is 10 and the number of interlayers is 2. The simulation results for the radbas activation function in the ELM algorithm were obtained as $1.22e-05$, 0.0035 , 0.9999 , respectively, MSE, RMSE, R. For the tansig activation function in the ANN algorithm, MSE, RMSE, R were obtained as $2.26e-04$, 0.0150 , 0.824 , respectively. The ELM algorithm estimated the speed of electric vehicles at 99.99%. The ELM algorithm obtained the most accurate result with the minimum error compared to the ANN algorithm

Keywords: Charging speed of electric vehicles, Extreme learning machine, Artificial Neural Network

1.GİRİŞ

Ulaşım sektörü ekonominin temelini oluşturur. Fakat ulaşım sektörünün büyük çoğunluğunda petrol ile çalışan içten yanmalı motorlar kullanılır. Bu durum hem ülkelerin birbirlerine olan bağımlılığını artırır hemde çevre kirliliğine neden olmuştur [1]. Taşımacılık sektörünün %90 petrole dayalıdır. Petrol üretiminin %49'u ulaşım sektöründe tüketilir. Petrol fiyatlarındaki dalgalanma ulaştırma sektörünü çok etkilemiştir. Birçok Avrupa ülkeleri çevre ve enerji güvenliği için benzinli otomobillere bir alternatif olarak elektrikli araçları tercih etmiştir. Birçok ülke elektrikli araçların satışlarının artırılması için vergi teşviği yapmıştır [2]. Dünya çapındaki sera gazının en büyük payını taşımacılık sektörü oluşturmaktadır. Elektrikli araçlar emisyonu azaltmak için bir alternatiftir. Elektrikli araçların avantajları; yüksek verimlilik, minimum gürültü kirliliği, kirletici emisyonun olmaması gibi. Elektrikli araçların yüksek yatırım maliyeti, şarj alt yapısı ve uzun şarj gibi dezavantajları vardır [3]. Elektrikli araçların benimsenmesi ekonomik ve psikolojik sebepler mevcuttur. Ekonomik sebeplerin en yaygını bir araç alternatifi olmasıdır. Böylece tüketiciler araçlar arasında seçim yapabilirler. Psikolojik nedenler ise bireye özgü motivasyon ve karar verme sürecidir. Ekonomik çalışmaların aksine araçların özellikleri göz ardı edilir. Psikolojik nedenler ise elektrikli araçların niteliklerine göre bir içgüdü ile tercih edilir. Birçok hükümet ve otomobil üreticisi ekonomik araştırmaları kullanarak bir satış stratejisi oluşturmuştur [4].

Efthymiou ve arkadaşları elektrikli araçların şarj alt yapısını tahmin etmek için genetik algoritma kullanmışlardır. Sonuçlar elektrikli araçların şarj talebini karşılamak için 15 istasyonun kurulması gerektiği kanısına varmışlardır[5]. Brenna ve arkadaşları elektrikli araçların şarjını boyutlandırmak için genetik algoritma kullanmışlardır. Araç üstü şarj cihazının gücünün 14kW ve araç dışı şarj cihazının gücünün 170Kw olmasının gerektiği kanısına varmışlardır. Bermejo ve arkadaşları elektrik araçların şarjın durumunu tahmin etmek için dinamik sinir ağı kullanmışlardır. Sonuçlar 54 farklı gerçek sürüş çevriminde kullanılmış ve minimum hata değerleri elde edilmiştir[7]. Chandran ve arkadaşları elektrikli araçların şarj durumunu tahmin etmek için yapay sinir ağı, destek vektör makinesi, doğrusal regresyon, gauss süreç regresyonu, toplu torbalama ve topluluk güçlendirme algoritmalarını kullanmışlardır. Sonuçlar en iyi tahmin değerini yapay sinir ağı MSE, RMSE sırasıyla 0.0004,0.4118 elde etmiştir.[8]. Qian ve arkadaşları elektrikli araçların ses kalitesini tahmin etmek için genetik algoritma ile optimize edilmiş geri yayılım sinir ağına dayalı bir model önermişlerdir. Sonuçlar bu yöntemin kesinlik ve genelleme açısından bir çok avantajı olduğunu göstermiştir[9]. Du ve arkadaşları elektrikli araçların şarj durumunu tahmin etmek için AÖM, Kalman filtresi, kokusuz Kalman filtresi, uyarlanabilir genişletilmiş Kalman filtresi ve

uyarlanabilir kokusuz Kalman filtresi kullanmışlardır. Sonuçlar AÖM algoritmasının daha hızlı hesaplama yüküne ve minimum tahmin hatasına sahip olduğunu göstermiştir[10].

Literatür incelendiğinde elektrikli araçların şarj durumu ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Fakat Elektrikli araçların şarj hızının YSA ve AÖM tahmini ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma aşağıdaki gibi organize edilmiştir. Bölüm 2'de AÖM, YSA ve performans kriterleri açıklanmıştır. Bölüm 3'de simülasyon sonuçları anlatılmıştır. Bölüm 4'de sonuç özetlenmiştir.

2.METEDOLOJİ

2.1.Aşırı Öğrenme Makinası

AÖM tek gizli katmanlı ileri sinir ağları için sınıflandırma, regresyon, tahmin ve genelleme algoritmasıdır. AÖM algoritmasında çıktı katma ağırlıkların en küçük kare yöntemi ile elde edilirken giriş ağırlıkları rastgele atanır. Bu algoritmada önce eğitim sonra tahmin gerçekleşir. Eğitim veri seti gerçek sonuçları ve etkileyen faktörleri içerir. AÖM algoritması eğitim sırasında öğrenme sürecini bir iterasyon ile gerçekleştirir. Bu model önceki deneyimlerine göre tahmin sonucu oluşturabilir. AÖM kolay ve etkili bir algoritmadır. Geleneksel sinir ağı algoritmalarında pek çok parametre ayarlanması gerekir. AÖM algoritmasında ise sadece gizli katmanlar ayarlanır ve benzersiz bir optimal çözüm üretir [11]. Şekil 1'de AÖM algoritmasının mimarisi gösterilmiştir. AÖM matematiksel olarak şu şekilde tanımlanabilir [12].

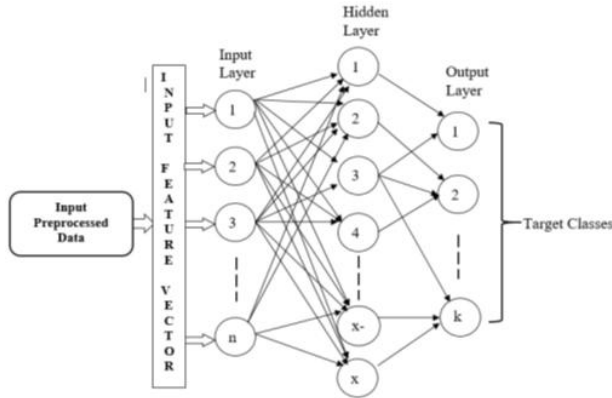
$$y_j = \sum_{i=1}^N \beta_i g(w_i \cdot x_j + b_i), j = 1, \dots, N \quad (1)$$

$$H\beta = T \quad (2)$$

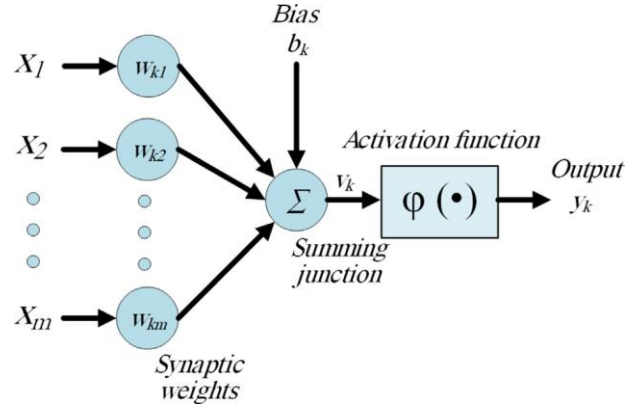
$$H = \begin{matrix} g(w_1 \cdot x_1 + b_1) & \dots & g(w_N \cdot x_1 + b_N) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g(w_i \cdot x_N + b_i) & \dots & g(w_N \cdot x_N + b_N) \end{matrix}_{N \times N} \quad (3)$$

$$\beta = \begin{matrix} \beta_1^T \\ \vdots \\ \beta_N^T \end{matrix}_{N \times m} \quad (4)$$

$$T = \begin{matrix} T_1^T \\ \vdots \\ T_N^T \end{matrix}_{N \times m} \quad (5)$$



Şekil 1 AÖM algoritmasının mimarisi



Şekil2 YSA mimarisi

2.2 Yapay Sinir Ağı

YSA, insan beyninin sinir sistemine benzeyen bir bilgi yöneticisidir. Haykin'e göre YSA, insan beyninin bir görevi yerine getirirken yaptığı işlemin aynısını yapan bir makinedir. İnsan beyni ise karmaşık problemleri kolayca çözebilen bir tür bilgi işleme makinesidir. İlaveten bir çok nöron birbirine bağlıdır ve sorunları çözmek için çalışır. YSA örüntü tanıma, kümeleme, sınıflandırma, tahmin gibi birçok uygulama için son yıllarda popüler olmuştur[13]. YSA, nöron adı verilen basit işlem birimlerinin paralel dağıtılmasından oluşan bir işlemcidir. YSA genelleme, sağlamlık, uyarlanabilirlik, haritalama ve hata toleransı gibi üstün özelliklere sahiptir. YSA birçok mühendislik problemlerinin performans modellemesinde, optimizasyonunda ve tahmininde kullanılır. Şekil 2'de gösterildiği gibi YSA modelinin tasarımında kullanılan nöronun her biri kendi ağırlığı W_{kj} olan sinapslarla bağlantılıdır. Tüm ağırlıklar x_j ile çarpılır ve bias ile toplanır. Toplam aktivasyon fonksiyonu Q uygulanır[14].

$$y_k = Q\left(\sum_{j=1}^m w_{kj} \cdot x_j + b_k\right) \quad (6)$$

2.3. Performans Kriterleri

YSA ve AÖM algoritmalarının performanslarını değerlendirmek için 3 kriter kullanılmıştır[15].

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n [PL_i^m - PL_i^p]^2 \quad (7)$$

$$RMSE = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n [PL_i^m - PL_i^p]^2 \quad (8)$$

$$R = \frac{\sum_{l=1}^n (PL_{i,measured} - PL_{measured,mean})^2 - \sum_{l=1}^n (PL_{i,predicted} - PL_{i,measured})^2}{\sum_{l=1}^n (PL_{i,measured} - PL_{measured,mean})^2} \quad (9)$$

3. SIMÜLASYON SONUÇLARI

Elektrikli araçları şarj hızını tahmin etmek için AÖM algoritması ve YSA kullanılmıştır. Bu çalışmadaki veriler kaggle data setinden alınmıştır. AÖM algoritmasında sin, sigmoid, hardlim, radbas ve tribas aktivasyonları kullanılmıştır. Tablo 1'de AÖM algoritmasının performansını değerlendirmek için MSE, RMSE, R ve Eğitim zamanı gösterilmiştir. AÖM algoritmasında gizli nöron sayısı 10 ve ara katman ise 1000 olarak kullanılmıştır. AÖM algoritmasında en iyi tahmin değeri %99.99 ile radbas ve sigmoid aktivasyon fonksiyonu ile elde edilmiştir. AÖM algoritmasında radbas aktivasyon fonksiyonu seçildiğinde minimum hata değerleri MSE, RMSE sırasıyla 1.22e-05, 0.0035 elde edilmiştir. AÖM algoritmasında hardlim aktivasyon fonksiyonu ile en kısa eğitimsüresi 1.99e-04 elde edilmiştir. Tablo 2'de YSA algoritmasının performans

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28KASIM 2021BATMAN ÜNİVERSİTESİ

kriterleri verilmiştir. YSA algoritmasında logsig,,purelin ve tansig aktivasyon fonksiyonları ile deneyler

tansig aktivasyon fonksiyonu ile elde edilmiştir. AÖM algoritması ile elektrikli araçların hızını %99.99 ile en

yapılmıştır. YSA algoritmasında gizli nöron sayısı 10, katman sayısı 2'dir. Sonuçlar YSA algoritmasında tansig aktivasyon fonksiyonu seçildiğinde en iyi performans değerleri MSE,RMSE ve R sırasıyla 2.26e-04 , 0.0150,0.824'dir. Tablo3'de AÖM algoritmasının ve YSA algoritmasının performansları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar AÖM algoritmasının YSA algoritmasında daha iyi performans gösterdiğini göstermiştir. AÖM algoritması ile minimum hata ile en doğru sonuç elde edilmiştir.

iyi doğru tahmin değeri elde edilmiştir. İlaveten AÖM algoritması ile elektrikli araçların hız tahmininde minimum hata değerleri MSE,RMSE sırasıyla 1.22e-05, 0.0035 elde edilmiştir.

TEŞEKKÜRLER

Kaggle date setinden veriler alınmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Wu, X., Freese, D., Cabrera, A., & Kitch, W. A., Electric vehicles energy consumption measurement and estimation, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 34, 52-67,2015.
- [2] Martínez-Lao, J., Montoya, F. G., Montoya, M. G., & Manzano-Agugliaro, F., Electric vehicles in Spain: An overview of charging systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 970-983,2017.
- [3] Bubeck, S., Tomaschek, J., & Fahl, U., Perspectives of electric mobility: Total cost of ownership of electric vehicles in Germany,*Transport Policy*, 50, 63-77,2016.
- [4] Liao, F., Molin, E., & van Wee, B., Consumer preferences for electric vehicles: a literature review, *Transport Reviews*, 37(3), 252-275,2017.
- [5] Efthymiou, D., Chrysostomou, K., Morfoulaki, M., & Aifantopoulou, G., Electric vehicles charging infrastructure location: a genetic algorithm approach, *European Transport Research Review*, 9(2), 27,2017.
- [6] Brenna, M., Foidelli, F., Leone, C., & Longo, M. , Electric vehicles charging technology review and optimal size estimation, *Journal of Electrical Engineering & Technology*, 1-14,2020
- [7] Jiménez-Bermejo, D., Fraile-Ardanuy, J., Castaño-Solis, S., Merino, J., & Alvaro-Hermana, R., Using dynamic neural networks for battery state of charge estimation in electric vehicles, *Procedia computer science*, 130, 533-540,2018.
- [8] Chandran, V., K Patil, C., Karthick, A., Ganeshaperumal, D., Rahim, R., & Ghosh, A., State of charge estimation of lithium-ion battery for electric vehicles using machine learning algorithms, *World Electric Vehicle Journal*, 12(1), 38,2021.
- [9] Qian, K., Hou, Z., & Sun, D., Sound quality estimation of electric vehicles based on GA-BP artificial neural networks,*Applied Sciences*, 10(16), 5567,2020.
- [10] Du, J., Liu, Z., & Wang, Y., State of charge estimation for Li-ion battery based on model from extreme learning machine, *Control Engineering Practice*, 26, 11-19,2014.
- [11] Ding, S., Zhao, H., Zhang, Y., Xu, X., & Nie, R., Extreme learning machine: algorithm, theory and applications, *Artificial Intelligence Review*, 44(1), 103-115,2015.
- [12] Ağır T.T., Prediction of Vehicles CO₂ Emission with Extreme Learning Machine , *ISENSA*,20-21 MAYIS,199-202,2021.

Tablo1 AÖM algoritmasının performans kriterleri

Aktivasyon fonksiyonu	MSE	RMSE	R	Eğitim Zamanı
Sin	1.39e-04	0.0118	0.9997	2.48e-04
Sigmoid	1.88e-05	0.0043	0.9999	2.74e-04
Hardlim	0.1189	0.3448	0.7338	1.99e-04
Radbas	1.22e-05	0.0035	0.9999	2.96e-04
Tribas	6.63e-04	0.0258	0.9985	2.40e-04

Tablo 2 YSA algoritmasının performans kriterleri

Aktivasyon fonksiyonu	MSE	RMSE	R
Logsig	2.48e-04	0.0157	0.817
Purelin	2.74e-04	0.0165	0.771
Tansig	2.26e-04	0.0150	0.824

Tablo3 AÖM ve YSA algoritmalarının karşılaştırılması

Aktivasyon fonksiyonu	MSE	RMSE	R
AÖM	1.22e-05	0.0035	0.9999
YSA	2.26e-04	0.0150	0.824

4.SONUÇLAR

Bu çalışmada elektrikli araçların şarj hızlarını tahmin etmek için AÖM ve YSA kullanılmıştır. Bu algoritmalar pek çok mühendislik problemlerinde kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Elektrikli araçların şarj durumu ile pek çok çalışma mevcuttur. Fakat elektrikli araçların şarj hızı ile ilgili AÖM ve YSA ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada AÖM algoritması için en uygun aktivasyon fonksiyonu seçilmiş, YSA algoritması için en iyi aktivasyon fonksiyonu seçilmiş ve AÖM, YSA algoritmalarının performansları karşılaştırılmıştır. AÖM algoritması ile elektrikli araçların şarj hızını tahmin edildiğinde radbas aktivasyon fonksiyonu ile en iyi performans elde edilmiştir. YSA algoritmasında ise en iyi performansı

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28KASIM 2021BATMAN ÜNİVERSİTESİ

[13] Abiodun, O. I., Jantan, A., Omolara, A. E., Dada, K. V., Mohamed, N. A., & Arshad, H., State-of-the-art in artificial neural network applications: A survey. *Heliyon*, 4(11), e00938,2018.

[14] Elsheikh, A. H., Sharshir, S. W., Abd Elaziz, M., Kabeel, A. E., Guilan, W., & Haiou, Z., Modeling of solar energy systems using artificial neural network: A comprehensive review. *Solar Energy*, 180, 622-639,2019.

[15] Popoola, S. I., Jefia, A., Atayero, A. A., Kingsley, O., Faruk, N., Oseni, O. F., & Abolade, R. O., Determination of neural network parameters for path loss prediction in very high frequency wireless channel,*IEEE access*, 7, 150462-150483,2019.

EFFECT OF POTASSIUM PERMANGANATE (KMnO₄) ADDITIVE ON BIOFUEL-DIESEL BLEND

Deniz SÜTCÜ^a Selman AYDIN^b Fevzi YAŞAR^c

^aBatman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı
Batman/Türkiye tegm-deniz@hotmail.com

^bBatman Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Makine ve Metal
Teknolojileri Bölümü Batman/Türkiye selman.aydin@batman.edu.tr

^cBatman Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Kimya ve Kimyasal
İşleme Teknolojileri Bölümü Batman/Türkiye fevzi.yasar@batman.edu.tr

Abstract

In this study, biodiesel fuel obtained from waste vegetable oils and diesel fuel were mixed in certain proportions, and 1.51 mg of potassium permanganate solution (KMnO₄) was added to 100 ml of fuel in order to improve the physical and chemical properties of two of the prepared mixtures. These fuels were prepared in the form of D0 (diesel fuel), B24 (24% vegetable biodiesel and 76% diesel fuel), and PMB24 (24% vegetable biodiesel, 76% diesel fuel and KMnO₄ additive) and their physical and chemical properties were determined. Experimental fuels were tested in a single-cylinder diesel engine with Edy Current dynamometer at 15% (7.5kg) load and at constant 1500 rpm, and engine combustion and emission characteristics were investigated. In the experiments conducted with the prepared test fuels, it was observed that the biodiesel blended fuel gave higher values than the additive fuel in the cylinder internal pressure and net heat release values. In the emission values, it was observed that the HC and NO_x values increased depending on the increase in the engine load, and it was observed that the emission values of the additive fuels were higher than the diesel fuel.

Keywords: Waste vegetable biodiesel, Diesel engine, KMnO₄ additive, Combustion

POTASYUM PERMANGANAT (KMnO₄) KATKI MADDESİNİN BİYOYAKIT-DİZEL KARIŞIMLARINA ETKİSİ

Özet

Bu çalışmada atık bitkisel yağlardan elde edilen biyodizel yakıtı ile dizel yakıtı belli oranlarda karıştırılmış olup hazırlanan karışımlardan ikisine fiziksel ve kimyasal özellikleri iyileştirmek amacıyla 100 ml yakıtta 1,51 mg miktarında potasyum permanganat çözeltisi (KMnO₄) katkı olarak eklenmiştir. Bu yakıtlar D0 (dizel yakıt), B24 (%24bitkisel biyodizel ve %76 dizel yakıtı), ve PMB24 (%24 bitkisel biyodizel, %76 dizel yakıtı ve KMnO₄ katkısı) biçiminde hazırlandıktan sonra fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Deney yakıtları, Edy Current dinamometreli tek silindirli bir dizel motorda %15 (7,5kg) yükte ve sabit 1500 d/dk test edilmiş olup motor yanma ve emisyon karakteristikleri incelenmiştir. Hazırlanan test yakıtlarıyla yapılan deneylerde silindir iç basıncı ve net ısı salınımı değerlerinde biyodizel karışimli yakıtın katkılı yakıttan daha daha yüksek değerler verdiği gözlemlenmiştir. Emisyon değerlerinde ise motor yükünün artmasına bağlı olarak HC ve NO_x değerlerinin arttığı görülmüş olup katkılı yakıtların dizel yakıtına göre emisyon değerlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atık bitkisel biyodizel, Dizel motor, KMnO₄ katkısı, Yanma

1.GİRİŞ

Enerji ülkelerin ekonomik kalkınmadaki en temel öğelerinden biridir. Dünyadaki enerji kaynakları ülkeler arasında eşit olarak dağılmadığından enerji sorunu geçmişten günümüze kadar devam etmektedir. Gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkeler daha çok enerji ihtiyacı duymakla birlikte tükenbilir enerji kaynakları da bu konuda sorun teşkil etmektedir. Bu maksatla alternatif enerji kaynak arayışları ve buna yönelik çalışmalar hız kazanmış olup özellikle ulaşımda elektrikli ve hibrit motorlu araçlara yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Elektrikli araçlardaki batarya kapasitesi ve elektrik enerjisi üretim maliyeti henüz istenilen seviyede olmadığından fosil kökenli yakıtlar üzerindeki alternatif yakıt arayışları da devam etmektedir. Fosil kökenli yakıtlarda da emisyon değerlerini azaltmak için modifikasyonlar yapılmaktadır. Ulaşımda özellikle ağır taşımacılıkta kullanılan dizel motorlu araçlar için fosil kökenli yakıtlara alternatif yakıt çalışmaları da devam etmektedir. Bununla ilgili en yaygın çalışma biyoyakıtlar üzerinde yoğunlaşmakla birlikte farklı bitkiler ve atık yağlardan biyodizel üretimleri yapılmaktadır. Biyodizel üretiminde dört metot uygulanmaktadır. Bunlar; seyreltme, mikro emülsiyon oluşturma, piroliz ve transesterifikasyon yöntemleridir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan usul ise transesterifikasyon (alkoliz) metodudur (Fidan ve Alkan, 2014). Bu yöntemde düşük basınç ve sıcaklıkta yaklaşık %97 verimle baz katalizlibiyodizel yakıtı elde edilmektedir (Fayemiwo ve ark., 2016). Bu yöntemde trigliserit molekülünün alkol ve baz ile reaksiyona girer ve yağ esterleri ve gliserin oluşur (Özdemir ve Mutlubaş, 2016).

Dorado ve ark., (2003), yaptıkları bir çalışmada biyodizel yakıtını atık zeytinyağı metil esteri ile üretmiştir. Ürettikleri yakıtı bir dizel motorda kullanarak egzoz emisyon miktarlarını ölçmüşlerdir. Zeytinyağı metil esteri ile kükürt dioksit (SO₂), CO₂, azot oksit (NO) ve CO emisyonlarında azalma tespit edilmiş olup azot dioksit (NO₂) emisyonlarında artış görülmüştür.

Behçet ve ark.,(2012), bitkisel atık yağlar ve hayvansal yağlar (hamsi balık yağı) kullanarak biyodizel yakıtı elde etmiş olup bu yakıtı tek silindirli dizel motorda test etmişlerdir. Sonuçlarda biyodizel yakıtının emisyon değerleri normal dizel yakıtına göre daha düşük çıktığı bildirilmiştir.

Arpa ve ark. (2010), atık sıvı yağını alternatif yakıt olarak dört zamanlı hava soğutmalı atmosferik tek silindirli direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda 2000 d/dk ve 10 kW maksimum güçte incelemiştir. Yapılan araştırmaların sonucunda verimlilikte marjinal bir artış olduğunu gözlemlemiş olup atık sıvı yağı için elde edilen efektif basınç ve egzoz gazı sıcaklığının dizel yakıtına oranla ortalama bir değer olduğunu belirtmişlerdir. Özgül yakıt tüketiminin dizel yakıtına nazaran daha düşük olduğu tespit edilmiştir. CO, NO_x ve SO₂ emisyonları yaklaşık

olarak %14,7, %12,7, %22,5 oranda artış gözlenirken oksijen oranında yaklaşık %11,4 azalma olduğu tespit edilmiştir.

Agarwal ve Dhar (2011), neem yağından elde ettikleri biyodizel ile dizel yakıtını %20 oranda karıştırarak NB20 yakıtını üretmişlerdir. NB100 biyodizel yakıtı ve NB20 biyodizel karışımını referans dizel yakıtı ile yanma ve emisyon verileri bakımından Kirloskar marka tek silindirli dört zamanlı dizel deney motorunda test ederek karşılaştırmışlardır. Yapılan testlerde NB20 yakıtının özgül yakıt tüketimi dizel yakıtına göre % 2,4 oranında fazla olmuş olup buna karşın biyodizel yakıtları olan NB20 ve NB100'den sırasıyla %3, %13 daha fazla termal verimlilik elde edilmiştir. CO ve HC emisyonlarındaki biyodizel karışımli yakıtlarda daha düşük değerler elde edilirken NO_x emisyonu biyodizel karışımli yakıtlarda dizel yakıtına göre %30 daha fazla ölçülmüştür.

2. MATERYEL VE METOT

Potasyum permanganat (KMnO₄), koyu menekşe renkte kristal yapılı bir tuz olup klorun potasyum manganata etkisiyle elde edilir. Erime noktası 240 °C olup katı formdaki yoğunluğu 2,703 gr/cm³'tür. Alkol veya organik solventlerle çözelti haline getirilmekle birlikte %0,01 oranındaki çözelti yoğunluğu 1,01 gr/cm³'tür. Potasyum permanganat, boyahanelerde renk açıcı (indigo boyalar) olarak kullanılır. Su arıtmasında, yara tedavisinde, gliserin (veya şeker) ile ateş yakmakta ve kar üzerinde sinyal yapmakta da kullanılabilir. İstanbul'da bulunan kimya firmasından %0,01 gr/100 ml'lik potasyum permanganat çözeltisi (KMnO₄) temin edilmiştir. Hazırlanan biyodizel ve dizel yakıtı hacimsel olarak %12 ve %24 oranlarında karıştırılarak B0 (dizel yakıtı), B12 (%12 atık bitkisel biyodizel ve %88 dizel yakıtı), B24 (%24 atık bitkisel biyodizel ve %76 dizel yakıtı), PMB12 (%12 atık bitkisel biyodizel, %88 dizel yakıtı ve KMnO₄ katkısı) ve PMB24 (%24 atık bitkisel biyodizel, %76 dizel yakıtı ve KMnO₄ katkısı) yakıtları elde edilmiştir. Yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri geliştirmek ve aynı zamanda motordaki yanma davranışını iyileştirmek için hazırlanan yakıtların ikisine 100ml'ye karşılık 1.51 mg olacak şekilde potasyum permanganat (KMnO₄) çözeltisi eklenmiştir. Hazırlanan deney yakıtlarının analizleri tüm prosedürlere uygun olarak Batman Üniversitesi Petrokimya bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Tablo 2.1'de hazırlanan ve analizleri yapılan deney yakıtlarıyla ilgili kimyasal ve fiziksel parametreler verilmiştir.

Tablo 2. 1. Deney yakıtlarıyla ilgili kimyasal ve fiziksel parametreler

Yakıtlar/	B0	B24	PMB24
-----------	----	-----	-------

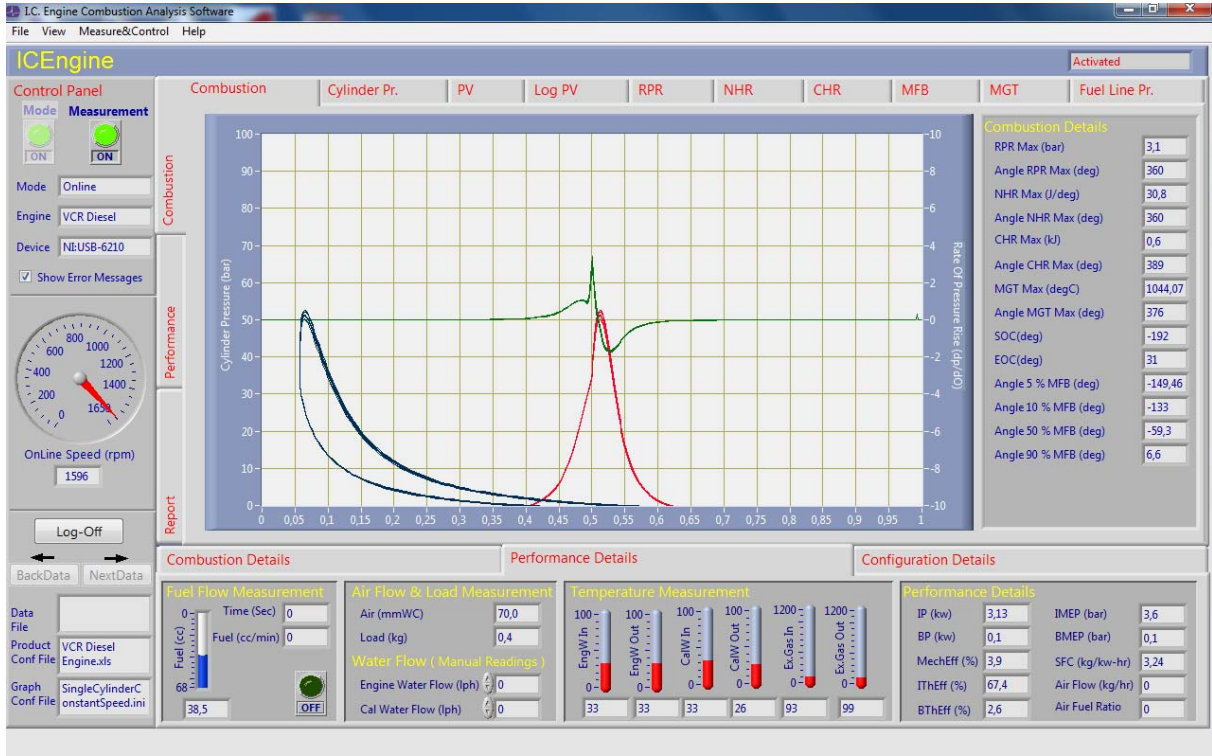
Parametreler			
Flash point (°C)	62,6	64,5	64,5
Viskozite (mm ² /sn)	3,348	3,5824	3,5924
Yoğunluk (g/cm ³)	0,833	0,851	0,852
Isıl değer (kJ/kg)	42713	39159	39173
Setan indeksi	52,23	49,27	49,39

Deney yakıtlarıyla yapılan çalışmanın çalışmanın teknik analizi Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü deney atölyesinde su soğutmalı, tek silindirli, 4 zamanlı ve sıkıştırma oranı değişebilen direkt püskürtmeli Kirlaskor TV-1 dizel motorunda sabit (maksimum tork devri) 1500 d/dk' da 7,5kg yükte yapılmıştır. EddyCurrentdinanometre yük miktarı 0-50kg arasında olduğundan test deneyleri motorun yüklenmesine, %15 olarak karşılık gelmektedir.Değerlerin karşılaştırılmasından sonra D0, , B24, ve PMB24 yakıtlarıyla testler yapılmış olup test yakıtlarından elde edilen değerler ile dizel yakıtının değerleri grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.Deneyde kullanılan test motorunun teknik özellikleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2. 2.Deney motorunun teknik özellikleri

Motor İsmi	Kirlaskor TV-1
Strok Sayısı	4
Silindir Sayısı	1
Soğutma Tipi	Su Soğutmalı
Dinamometre Tipi	EddyCurrent
Dinamometre Soğutma	Su Soğutmalı
Motor Gücü (kW)	5,2
Motor Hacmi (cc)	661
Silindir Çapı (mm)	87
Strok Uzunluğu (mm)	110
Sıkıştırma Oranı	17:1
Püskürtme Avansı	ÜÖN'den önce, 0-25 d arası
Yük Göstergesi	Dijital, 0-50 kg

Deney yakıtlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen yanma ve performans verilerin alındığı ICEngineSoft_9.0 programının ekran alıntıları değişik yüklerde olmak üzere Şekil 2.1'de verilmiş olup Şekil 2.2'de de deney test düzeneğinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2. 1. Testler sonucunda elde edilen yanma ve performans verilerinin alındığı ICEngineSoft_9.0 programının ekran görüntüsü

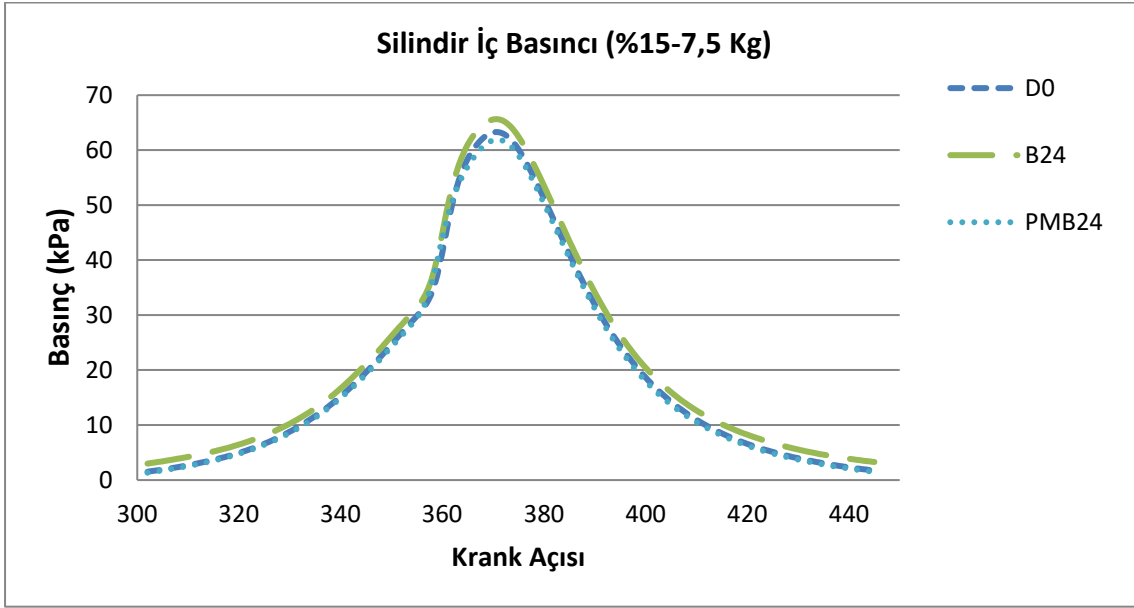


Şekil 2. 2. Deney test düzeneğinin görüntüsü

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Silindir iç basıncı, net ısı salınımı, NO_x emisyonu ve HC emisyon parametrelerinin değerlendirilmesi bu bölümde yapılmıştır.

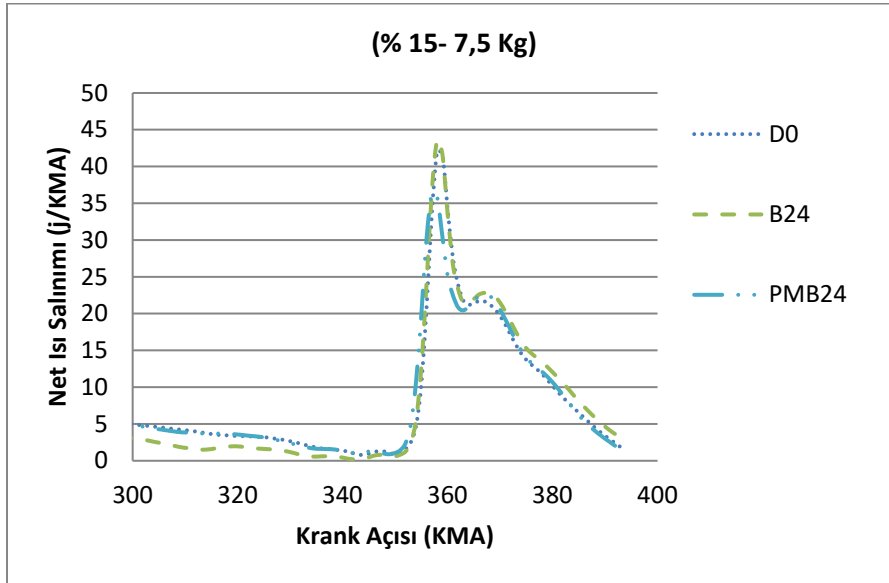
3.1. Silindir İç Basıncı Parametresinin Değerlendirmesi



Şekil 3. 1. Test yakıtlarının %15 yükteki krank açısına bağlı olarak silindir gaz basınç değişimi

Test yakıtları için sabit devir sayısında (1500 d/dk) ve 7,5kg-%15 yükte ölçülen silindir iç basınç değerlerinin krank mili açısına göre değişimleri Şekil 3.1’de verilmiştir. Silindir gaz basıncı krank mili açısına göre 360°-375° arasında meydana gelmiştir. Maksimum silindir iç basıncı tüm test yakıtları için 371 KMA’da 65.62 bar olarak B24 yakıtından elde edilmiştir. Hemen ardından 63.27 bar basınç ile D0 yakıtı gelmektedir. Tüm test yakıtları için silindir iç basıncı en az 61.91 bar olarak PMB24 yakıtından elde edilmiştir. 7,5 kg yükteki yapılan deney sonuçları incelendiğinde tüm test yakıtlarından elde edilen silindir iç basınçlarının birbirine yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Bu durum dizel yakıtı ile biyodizel yakıt parametrelerin benzer olması ve elde edilen karışımların oksijen içeriğiyle açıklanabilir. Potasyum permanganat (KMnO₄) katkılı PMB24 yakıtı ile B24 yakıt verileri incelendiğinde; silindir iç basınç değerinin B24 yakıtında daha yüksek olduğu, bu bağlamda ilave edilen potasyum permanganat katkısının silindir iç basıncı yükseltici bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Dizel yakıtına alternatif olarak hazırlanan yakıt türlerinden B24 yakıtından yükün artışına bağlı olarak yüksek gaz basıncı elde edilmesi; B24 yakıtının ısıl değerinin dizel yakıtına yakın olması ve karışımdaki biyodizel oranına bağlanabilir.

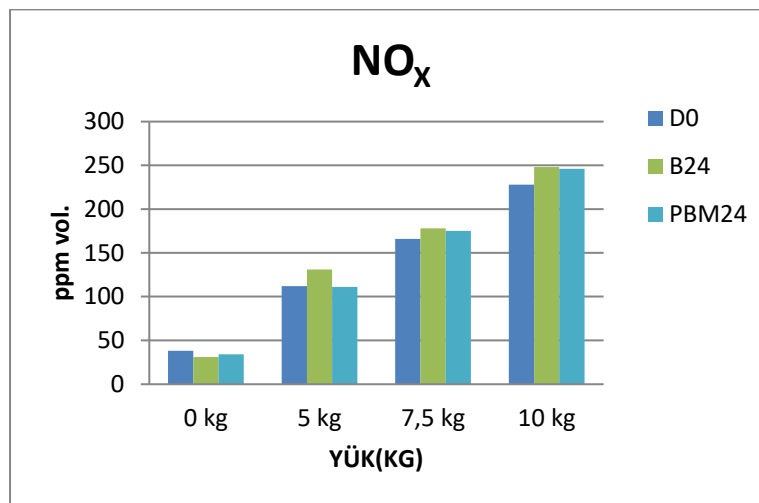
3.2. Net Isı Salınım Parametresinin Değerlendirilmesi



Şekil 3. 1. Test yakıtlarının %15 yükteki krank açısına bağlı olarak net ısı salınım değişimi

Test yakıtlarının %15-7,5kg yükündeki net ısı salınım değişimleri Şekil 3.2’de J/KMA cinsinden verilmiştir. Belirtilen yükte yapılan testte en yüksek net ısı salınım değerini 358°’de 43,54 J/KMA ile B24 yakıtı vermiş olup ardından sırasıyla D0 ve PMB24 yakıtları gelmektedir. En düşük net ısı salınım değerini ise 358°’de 35,87 J/KMA ile PMB24 yakıtı vermiştir. Tüm biyodizel yakıt karşımları dizel yakıtına göre daha az ısıl değer ve setan sayısına sahip olmakla birlikte yakıt tüketiminin artmasına bağlı olarak net ısı salınımı artmış olup yükün artmasıyla beraber D0 yakıtı yüksek ısıl değer ve setan sayısına bağlı olarak daha yüksek net ısı salınım değeri ürettiği görülmektedir.

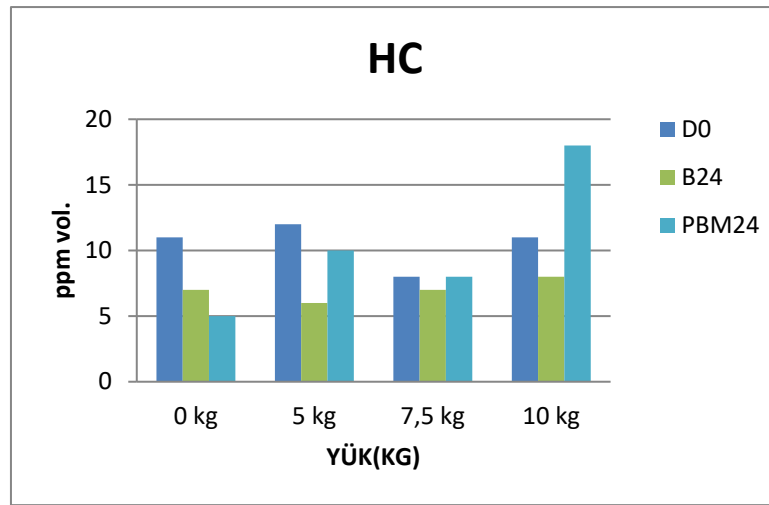
3.3. NO_x Emisyon Parametresinin Değerlendirilmesi



Şekil 3. 2. Test yakıtları için farklı yük durumlarında meydana gelen NO_x emisyon değişimleri

NO_x emisyonu oluşumunda yanma odası sıcaklığı ve hava-yakıt oranı gibi etkenler önem arz etmektedir. NO_x yüksek sıcaklıklarda meydana gelmekte olup yanma odası sıcaklığını 1800 °C' lere çıkmasını engellenerek ya da yüksek sıcaklıktaki geçen zaman kısaltılarak NO_x oluşumu azaltılabilmektedir. NO_x oluşumunu etkileyen bir diğer faktör ise hava fazlalık katsayısı olup bu değer artması reaksiyona giren gaz miktarını azaltacağı için NO_x emisyonunda da azalma oluşacaktır (Eliçin, 2011). Tüm test yakıtlarıyla farklı yüklerde (%0-0kg, %10-5kg, %15-7,5kg, ve %20-10kg) yapılan deneylerde elde edilen NO_x emisyon değişimleri Şekil 3.3'te gösterilmektedir. Grafikler incelendiğinde motor yükünün artmasıyla ortalama gaz sıcaklığı da artmakta olup buna bağlı olarak NO_x değerinin de arttığı görülmektedir. %15-7,5kg yükte yapılan testte en yüksek NO_x emisyonu B24, PMB24 ve D0 yakıtları için sırasıyla 178 ppm, 175 ppm ve 166 ppm olarak ölçülmüş olup motor yükünün artmasıyla biyodizel karışımı yakıt türlerinde NO_x oluşumu artmaktadır. Bu durum yüksek yük durumlarında yanma odası sıcaklıklarının artmasına ve kontrolsüz yanma safhasının uzamasına bağlanabilir.

3.4. HC Emisyon Parametresinin Değerlendirilmesi



Şekil 3.4. Test yakıtları için farklı yük durumlarında meydana gelen HC emisyon değişimleri

HC emisyonları yanma odasında yetersiz oksijen bulunması ve düşük ortam sıcaklığı ile yakıtın tam olarak yanamaması sonucu ortaya çıkmaktadır. Zengin karışımlarda HC emisyonları artarken fakir karışımlarda yanma değerlerinin kötüleşmesi ve eksik yanmadan dolayı da artış meydana gelmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda genelde motor yükü artışıyla silindir iç sıcaklığı artışı, yakıt tüketimi artışı ve hava miktarının sabit kalmasına bağlı olarak HC emisyonlarının da arttığı görülmektedir (Yaşar, 2016). Tüm test yakıtlarıyla farklı yüklerde (%0-0kg, %10-5kg, %15-7,5kg, ve %20-10kg) yapılan deneylerde elde edilen HC emisyon

değişimleri Şekil 3.4'te gösterilmektedir. Tüm test yakıt türleri için farklı yüklerde yapıla testlerde motor yükü artışına bağlı olarak HC emisyonları değişiklik göstermektedir. Yakıtlar arasındaki HC üretim farkının en az %15-7,5kg yükte olduğu görülmekteyken en fazla fark ise %20-10kg yükte gerçekleşmiştir. Test verileri incelendiğinde %15- 7,5kg yükte D0 ve PMB24 yakıt türlerinin daha fazla HC değeri verdiği görülmektedir. Ancak tüm yükler için B24 yakıtı en düşük HC emisyon değerini vermiştir. Bu durum biyodizel karışımly yakıtların oksijen içeriğinin fazla olması, setan sayısı ve ısıl değer verilerinin dizel yakıtına yakın olmasıyla birlikte uygun karışım oranı gibi faktörlerin bir araya gelmesiyle açıklanabilir.

KAYNAKLAR

Agarwal, A., K., ve Dhar A., 2011. Performance, emissions and combustion characterization of biodiesel in a generator engine, *International Energy Journal*, 12, 105-114.

Arpa, O., Yumrutaş, R., Argunhan, Z., 2010. Experimental investigation of the effects of diesel-like fuel obtained from waste lubrication oil on engine performance and exhaust emission. *Fuel Processing Technology*, 91(10), 1241-1249.

Dorado, M.P. vd., 2003. Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil. *Fuel*, 82(11), 1311–1315.

Eliçin, K, A., 2011. Biyodizel yakıtla çalıştırılan küçük güçlü bir dizel motorun performans ve emisyonuna giriş hava basıncı etkisinin deneysel olarak araştırılması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Fidan, M., S., Alkan, E., 2014. Bitkisel hammaddelerden elde edilen biyodizelin alternatif enerji kaynağı olarak kullanılması, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Ormanlık ve Çevre Bilimleri ABD, GÜFBED/GUSTIJ 4 (2): 144-160.

Mutlubaş, H., 2016. Kitosan ile mikrodalga biyodizel üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.

Özdemir, Ö., Z., Mutlubaş, H., 2016. Biyodizel üretim yöntemleri ve çevresel etkileri, Kırklareli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Dergisi, 2, 129-143.

Fayemiwo, O. M., Senokoane, L., Mtshali, K., & Daramola, M. O., 2016. Influence of operating variables on the transesterification of waste cooking oil to biodiesel over sodium silicate catalyst: A statistical approach.

Yaşar, F., 2016. Yosun yağından biyodizel üretimi ve bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak kullanılması, Doktora Tezi, Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman.

EFFECT OF POTASSIUM PERMANGANATE (KMnO₄) ADDED FUEL BLEND ON COMBUSTION AND EMISSIONS OF A RESEARCH ENGINE

Deniz SÜTCÜ^a Selman AYDIN^b Cenk SAYIN^c

^aBatman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı Batman/Türkiye
tegm-deniz@hotmail.com

^bBatman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü
Batman/Türkiye selman.aydin@batman.edu.tr

^cMarmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü İstanbul/Türkiye
cenksayin@marmara.edu.tr

Abstract

In this study, 1.51 mg potassium permanganate solution (KMnO₄) was added to 100 ml of fuel in order to improve the physical and chemical properties of one of the prepared fuels after the reference diesel fuel and biodiesel fuel obtained from waste vegetable oils were mixed in certain proportions. These fuels were prepared in the form of D0 (diesel fuel), B12 (12% vegetable biodiesel and 88% diesel fuel) and PMB12 (12% vegetable biodiesel, 88% diesel fuel and KMnO₄ additive) and their physical and chemical properties were determined. Experimental fuels were tested in a single-cylinder diesel engine with Eddy Current dynamometer, at 0%, 10%, 15% and 20% loads of the dynamometer and at a constant 1500 rpm, and engine combustion and emission characteristics were investigated. In the experiments conducted with the prepared test fuels, an improvement was achieved in the cylinder gas pressure and net heat release values with the additive fuel. In the emission data, it was observed that NO_x and HC emissions increased with the increase in engine load.

Keywords:: Waste vegetable biodiesel, Diesel engine, Emission, Additive KMnO₄, Combustion

POTASYUM PERMANGANAT (KMnO₄) KATKILI YAKIT KARIŞIMININ BİR ARAŞTIRMA MOTORUNUN YANMA VE EMİSYONLARI ÜZERİNE ETKİSİ

Özet

Bu çalışmada, referans dizel yakıtı ve atık bitkisel yağlardan elde edilmiş biyodizel yakıtı belirli oranlarda karıştırıldıktan sonra hazırlanan yakıtların birine fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmek amacıyla 100 ml yakıtta 1,51 mg miktarında potasyum permanganat çözeltisi (KMnO₄) katkı olarak eklenmiştir. Bu yakıtlar D0 (dizel yakıt), B12 (%12 bitkisel biyodizel ve %88 dizel yakıt) ve PMB12 (%12 bitkisel biyodizel, %88 dizel yakıt ve KMnO₄ katkısı) biçiminde hazırlandıktan sonra fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Deney yakıtları Eddy Current dinamometreli tek silindirli bir dizel motorda, dinamometrenin %0, %10, %15 ve %20 yüklerinde ve sabit 1500 dev/dk'da test edilmiş olup motor yanma ve emisyon karakteristikleri incelenmiştir. Hazırlanan test yakıtlarıyla yapılan deneylerde; silindir gaz basıncı ve net ısı salınımı değerlerinde katkı yakıtla iyileşme sağlanmıştır. Emisyon verilerinde ise motor yükünün artması ile beraber NO_x ve CO emisyonlarının arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Atık bitkisel biyodizel, Dizel motor, Emisyon, KMnO₄ katkısı, Yanma

1.GİRİŞ

İnsanoğlunun geçmişten günümüze en önemli sorunu enerji kaynakları ve bu kaynakların paylaşımı olmuştur. Ülkeler sahip oldukları coğrafi konum gereği enerji kaynaklarına ya çok yakın ya da çok uzak bir durumda olabilmektedir. Bunun sonucunda da bu kaynakların çıkarılması, dağıtımı, işlenmesi veya tekelleşmesi sorunları fazlasıyla ortaya çıkmaktadır.. Gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkeler daha çok enerji ihtiyacı duymakla birlikte tükenebilir enerji kaynakları da bu konuda sorun teşkil etmektedir. Bu maksatla alternatif enerji kaynak arayışları ve buna yönelik çalışmalar hız kazanmış olup özellikle ulaşımda elektrikli ve hibrit motorlu araçlara yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Elektrikli araçlardaki batarya kapasitesi ve elektrik enerjisi üretim maliyeti henüz istenilen seviyede olmadığından fosil kökenli yakıtlar üzerindeki alternatif yakıt arayışları da devam etmektedir. Fosil kökenli yakıtlarda da emisyon değerlerini azaltmak için modifikasyonlar yapılmaktadır. Ulaşımında özellikle ağır taşımacılıkta kullanılan dizel motorlu araçlar için fosil kökenli yakıtlara alternatif yakıt çalışmaları da devam etmektedir. Bununla ilgili en yaygın çalışma biyoyakıtlar üzerinde yoğunlaşmakla birlikte farklı bitkiler ve atık yağlardan biyodizel üretimleri yapılmaktadır.Biyodizel üretiminde dört metot uygulanmaktadır. Bunlar; seyreltme, mikro emülsiyon oluşturma, piroliz ve transesterifikasyon yöntemleridir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan usul ise transesterifikasyon (alkoliz) metodudur (Fidan ve Alkan, 2014). Bu yöntemde düşük basınç ve sıcaklıkta yaklaşık %97 verimle baz katalizlibiyodizel yakıtı elde edilmektedir (Fayemiwo ve ark., 2016). Bu yöntemde trigliserit molekülünün alkol ve baz ile reaksiyona girer ve yağ esterleri ve gliserin oluşur (Özdemir ve Mutlubaş, 2016).

Laureillard ve ark., (1988), Brüksel Üniversitesi'nden, G. Chavanne tarafından yapılan 422.87 patent numaralı çalışma şuan biyodizel olarak tanımlanan sıvı yakıt ile ilgili ilk çalışmadır. Bu çalışmada biyodizelden "*Palm Yağı Etil Esteri*" olarak söz edilmiştir. Söz konusu çalışmada biyodizeltransesterifikasyon yöntemi ile elde edilmiş olup katalizör olarak asit katalizörü kullanılmıştır. Leuven-Brüksel arasında çalışan ticari araçlarda test edilen bu yakıtın dizel yakıtlara göre tek farkı viskozite olarak değerlendirilmiştir. Viskozite değerinin yüksek olmasından dolayı yapılan çalışmalar ayçiçek yağı üzerinde yoğunlaşmıştır. 1988 yılında basılan bir makalede "*Biodiesel*" ismi geçmiş olup tüm dünyada yaygın olarak kullanılmıştır

Ulusoy ve ark., (2004), atık gıda yağlarından elde ettikleri biyodizeli dizel motora sahip bir araçta şasi dinamometresi kullanarak çeşitli testler yapmışlardır. Bu testler sonucunda biyodizel kullanımı ile tekerlek gücünde %2,03, tekerlek momentinde %3,35 azalma görülmüştür.

İvmelenmede 40 km/h'tan 100 km/h'a %7,32 oranında azalma olmuştur. Emisyon ölçümlerinde ise CO %8,59, HC %30,66, PM %63,33 oranında azalmıştır. CO₂ %2,62, NO_x %5,03 artmıştır. Buna karşın özgül yakıt tüketiminin %2,43 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Kale T.P. (2017), CI motorunda biyodizel ile yapılan deneylerde elde edilen yanma karakteristiklerini incelemiştir. Yapılan testlerdeki verilere göre biyodizel yakıtının özgül yakıt tüketimi dizel yakıtına göre daha fazla çıkmış olup buna karşın en yüksek silindir basıncı ve ısı yayma oranı da biyodizel yakıtından elde edilmiştir. Her iki yakıt türünde güç çıkışları hemen hemen aynıdır. Silindir basıncı artış oranı ve net ısı salınım değerleri biyodizel yakıtında dizel yakıtına göre daha yüksek çıkmış olup tüm testlerde NO_x emisyonubiyodizel yakıtında daha fazla ölçülmüştür. Bu deneyler ile biyodizelin dizel yakıtına alternatif bir yakıt olabileceği bildirilmiştir.

Adhıkesevan ve Rajadurai (2014), ayçiçeği, palmye ve karanja bitkilerinden ürettikleri biyodizel yakıtını %20 dizel yakıtıyla karıştırarak B20 yakıtı elde etmişlerdir. Bu üç farklı karışım ile sıkıştırma oranı değişebilen, tek silindirli, dört zamanlı ve 3,7 kW gücündeki Kirloskar dizel deney motorunda yüklü ve yüksüz durumda çalışmışlardır. Yapılan testlerde tüm yakıtların silindir gaz basınç değerleri birbirine yakın değerlerde ölçülmüş olup CO ve NO_x emisyonlarının yük arttıkça tüm yakıt karışımlarında da artmış olduğu gözlemlenmiştir.

2. MATERYEL VE METOD

Yapılan bu çalışmada, deneyler için Diyarbakır'da bir akaryakıt istasyonundan temin edilen dizel yakıt referans olarak belirlenmiş olup atık bitkisel yağlardan ise transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel üretilmiştir. İstanbul'da bulunan kimya firmasından %0,01 gr/100 ml'lik potasyum permanganat çözeltisi (KMnO₄) temin edilmiştir. Biyodizel ve dizel yakıtı hacimsel olarak B12 (%12 atık bitkisel biyodizel ve %88 dizel yakıtı) ve PMB12 (%12 atık bitkisel biyodizel, %88 dizel yakıtı ve KMnO₄ katkısı) yakıtları elde edilmiştir. Hazırlanan deney yakıtlarının analizleri tüm prosedürlere uygun olarak Batman Üniversitesi Petrokimya bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Tablo 2.1'de hazırlanan ve analizleri yapılan deney yakıtlarıyla ilgili kimyasal ve fiziksel parametreler verilmiştir.

Tablo 2. 1. Deney yakıtlarıyla ilgili kimyasal ve fiziksel parametreler

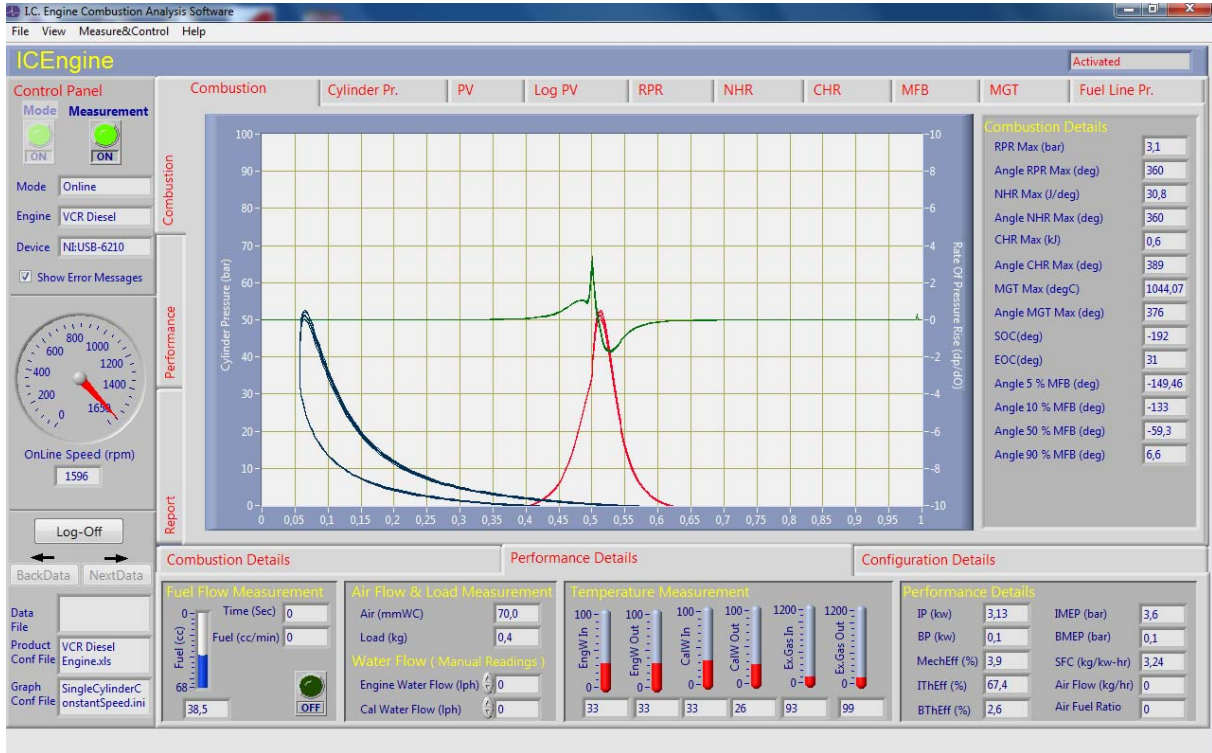
Yakıtlar/ Parametreler	D0	B12	PMB12
Flash point (°C)	62,6	63,5	63,5
Viskozite (mm²/sn)	3,348	3,1083	3,1343
Yoğunluk (g/cm³)	0,833	0,841	0,843
Isıl değer (kj/kg)	42713	39027	39054
Setan indeksi	52,23	51,75	50,72

Deney yakıtlarıyla yapılan çalışmanın teknik analizi Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü deney atölyesinde su soğutmalı, tek silindirli, 4 zamanlı ve sıkıştırma oranı değişebilen direkt püskürtmeli Kirlaskor TV-1 dizel motorunda sabit (maksimum tork devri) 1500 d/dk' da 0kg, 5kg 7,5kg ve 10 kg yüklerinde yapılmıştır. Eddy Currentdinanometre yük miktarı 0-50kg arasında olduğundan test deneyleri motorun yüklenmesine, yaklaşık olarak dinanometrenin %0, %10, %15 ve %20 olarak karşılık gelmektedir. B0, B12 ve PMB12 yakıtlarıyla testler yapılmış olup test yakıtlarından elde edilen değerler ile dizel yakıtının değerleri grafiksel olarak karşılaştırılmıştır. Deneyde kullanılan test motorunun teknik özellikleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

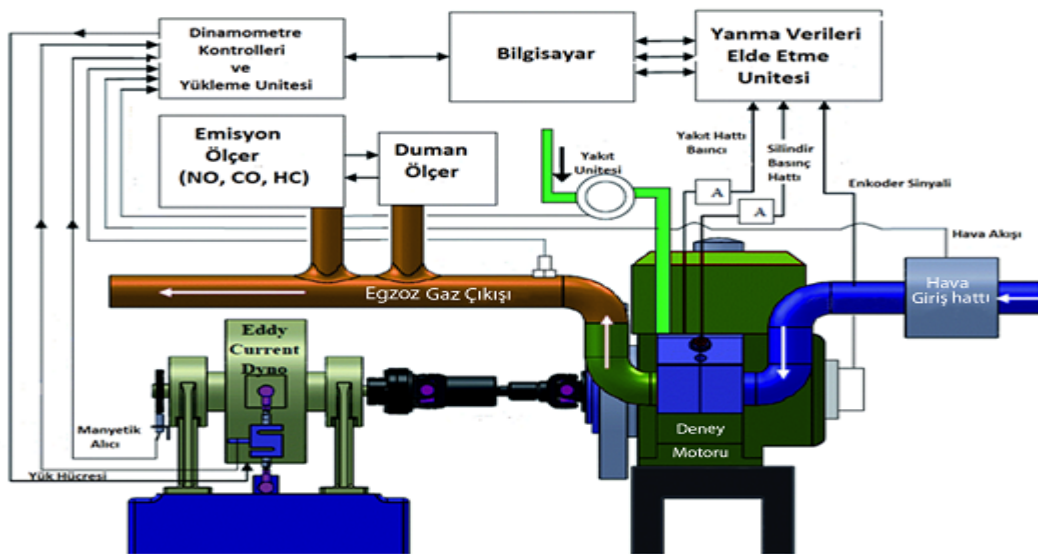
Tablo 2. 2.Deney motorunun teknik özellikleri

Motor İsmi	Kirlaskor TV-1
Strok Sayısı	4
Silindir Sayısı	1
Soğutma Tipi	Su Soğutmalı
Dinamometre Tipi	EddyCurrent
Dinamometre Soğutma tipi	Su Soğutmalı
Motor Gücü (kW)	5,2
Motor Hacmi (cc)	661
Silindir Çapı (mm)	87
Strok Uzunluğu (mm)	110
Sıkıştırma Oranı	17:1
Püskürtme Avansı	ÜÖN'den önce, 0-25 derece arası
Yük Göstergesi	Dijital, 0-50 kg

Deney yakıtlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen yanma ve performans verilerin alındığı ICEngineSoft_9.0 programının ekran alıntıları değişik yüklerde olmak üzere Şekil 2.1’de verilmiş olup Şekil 2.2’de de deney test düzeneğinin şematik görüntüsü ayrıca Şekil 2.3’te de yakıtların hazırlanması ve görüntüsü de verilmiştir.



Şekil 2. 1.Testler sonucunda elde edilen yanma ve performans verilerinin alındığı ICEngineSoft_9.0 programının ekran görüntüsü



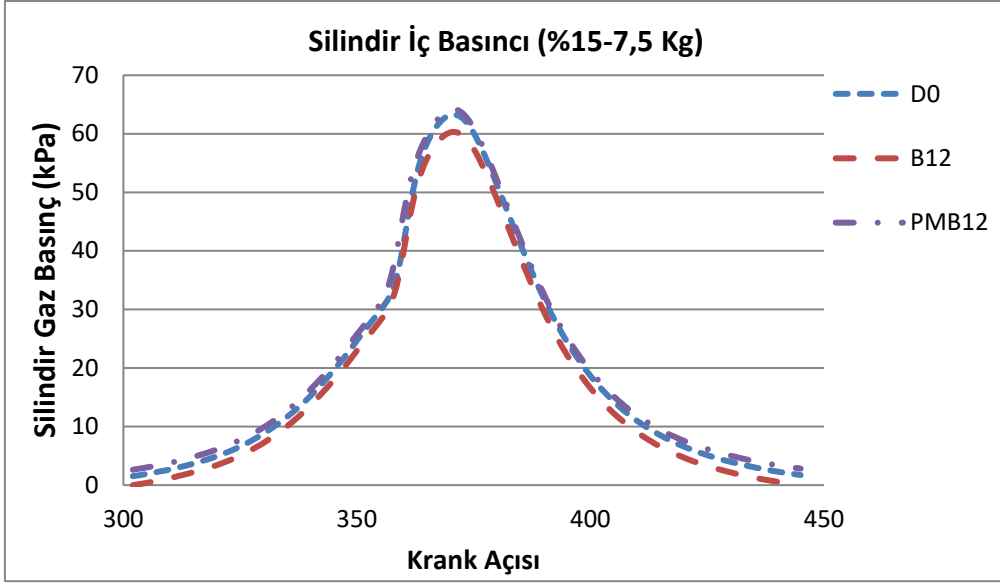
Şekil 2. 2.Deney test düzeneğinin şematik görüntüsü



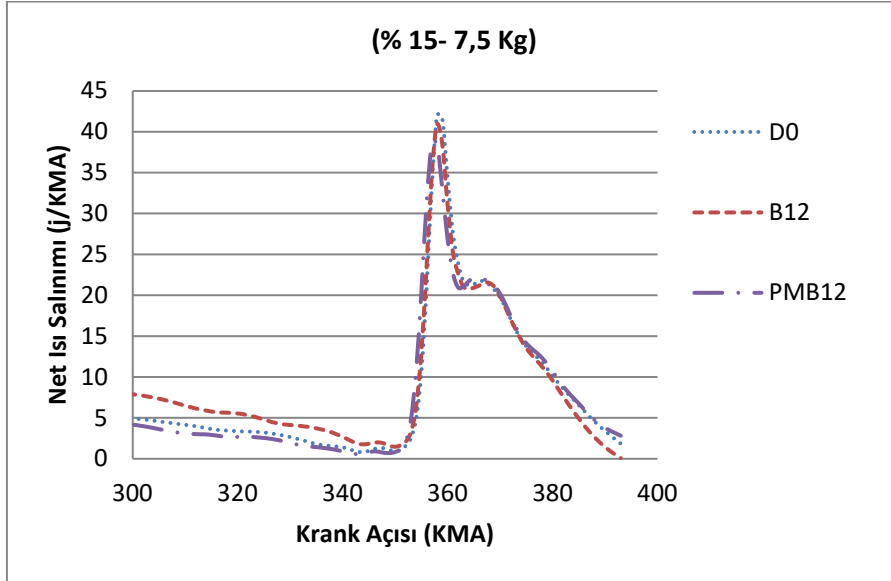
Şekil 2. 3.Yakıtların hazırlanma ve analiz görüntüsü

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Test yakıtları için sabit devir sayısında (1500 d/dk) ve farklı motor 7.5 kg yükünde ölçülen silindir gaz basınç değerlerinin krank mili açısına göre değişimleri Şekil 3.1’de verilmiştir. Maksimum silindir gaz basıncı tüm yakıtlar için krank mili açısına göre ÜÖN’den sonra 11°’de meydana gelmiştir. Bu durum dizel yakıtı ile biyodizel yakıt parametrelerin benzer olması ve elde edilen karışımların oksijen içeriğiyle açıklanabilir. Potasyum permanganat (KMnO₄) katkılı PMB12 yakıtı incelendiğinde, PMB12 yakıtının silindir gaz basınç değerinin B12 yakıtından daha fazla olduğu ve tüm yakıtlar içinde en yüksek basınç değeri veren ikinci yakıt türü olduğu görülmektedir. Dizel yakıtına alternatif olarak hazırlanan yakıt türlerinden PMB12 yakıtlarının yükün artışına bağlı olarak yüksek gaz basıncı elde edilmesi; B12 yakıtının ısıl değerinin dizel yakıtına yakın olması ve karışımdaki biyodizel oranına bağlanabilirken, PMB12 yakıtı için daha düşük orandaki karışıma katılan katkı maddesinin silindir gaz basıncı için olumlu sonuçlar vermesi olarak değerlendirilebilir.



Şekil 3. 1. Test yakıtlarının %15 yükteki krank açısına bağlı olarak silindir gaz basıncı değişimi

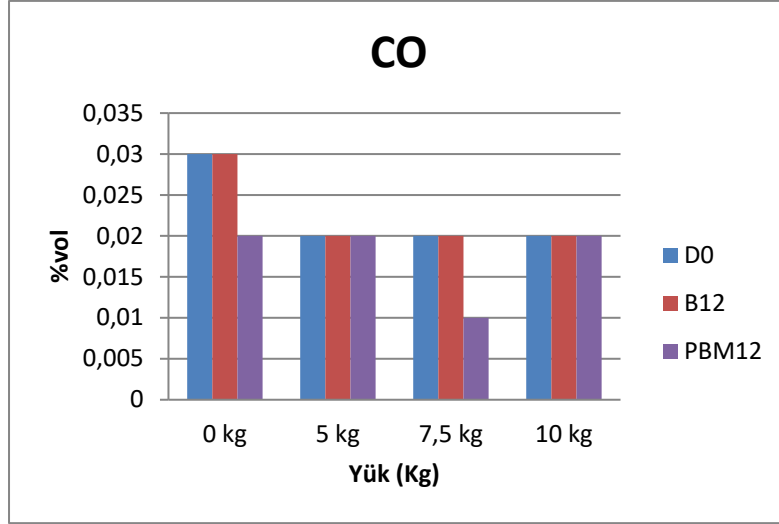


Şekil 3. 2. Test yakıtlarının %15 yükteki krank açısına bağlı olarak net ısı salınımı değişimi

Test yakıtlarının %15-7,5kg yükündeki net ısı salınım değişimleri Şekil 3.2’de J/KMA cinsinden verilmiştir. Grafik incelendiğinde tutuşma gecikmesinden sonra ilk yanma PMB12 yakıtında gerçekleşmiştir. Daha sonrada dizel yakıtında gerçekleşmiştir. Tutuşma gecikmesinin kısılması motor gürültü seviyesinin de azalmasına olanak vermektedir. Tüm biyodizel yakıt karışımları dizel yakıtına göre daha az ısıl değer ve setan sayısına sahip olmakla birlikte yakıt

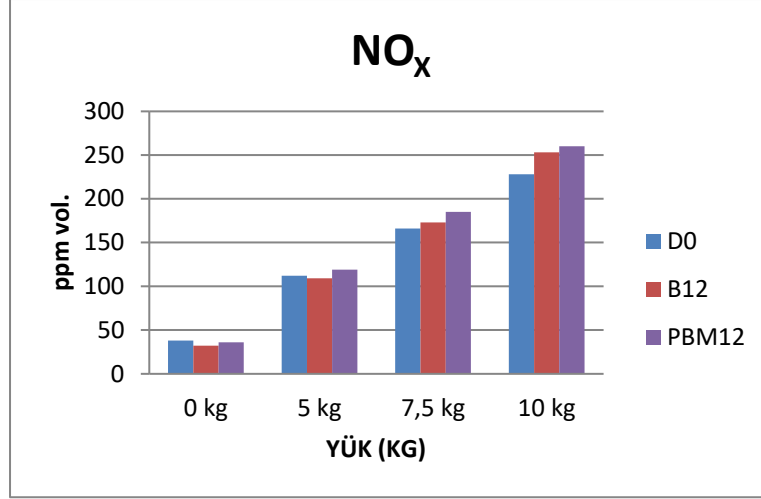
tüketiminin artmasına bağlı olarak net ısı salınımı artmış olup yüksek yükte beraber D0 yakıtı yüksek ısı değer ve setan sayısına bağlı olarak daha yüksek net ısı salınım değeri üretmiştir.

3.3. CO ve NO_x Emisyon Parametresinin Değerlendirilmesi



Şekil 3. 4. Test yakıtları için farklı yük durumlarında meydana gelen CO emisyon değişimleri

Hava yakıt oranı CO oluşumunda önemli bir etkiye sahip olmakla birlikte CO₂ değeri de buna bağlı olarak değişmektedir. Dizel motorlar fakir karışimli çalıştıklarından düşük CO üretirler ancak yanma odasında yetersiz oksijen olması CO üretimi artırmaktadır. Hava yakıt oranı düşükse yakıt yanma için gerekli oksijeni bulamadığından CO olarak kalacaktır. Hava yakıt oranı yüksek ise oksijen miktarının yeterli olmasıyla yakıttaki karbon CO₂'ye dönüşecektir (Eliçin, 2011). Bu bağlamda hava yakıt oranı hacimsel CO oluşumunda doğrudan bir etkiye sahiptir. Tüm test yakıtlarıyla farklı yüklerde (%0-0kg, %10-5kg, %15-7,5kg, ve %20-10kg) yapılan deneylerde elde edilen CO emisyon değişimleri Şekil 3.3'da gösterilmektedir. Tüm veriler incelendiğinde tüm yakıt türlerinde motor yükü artmasıyla CO üretiminin düştüğü görülmektedir.



Şekil 3. 4. Test yakıtları için farklı yük durumlarında meydana gelen NO_x emisyon değişimleri

NO_x emisyonu oluşumunda yanma odası sıcaklığı ve hava-yakıt oranı gibi etkenler önem arz etmektedir. NO_x yüksek sıcaklıklarda meydana gelmekte olup yanma odası sıcaklığını 1800 °K'ne çıkmasını engellenerek ya da yüksek sıcaklıktaki geçen zaman kısaltılarak NO_x oluşumu azaltılabilmektedir. NO_x oluşumunu etkileyen bir diğer faktör ise hava fazlalık katsayısı olup bu değer artması reaksiyona giren gaz miktarını azaltacağı için NO_x emisyonunda da azalma oluşacaktır (Eliçin, 2011). Tüm test yakıtlarıyla farklı yüklerde (%0-0kg, %10-5kg, %15-7,5kg, ve %20-10kg) yapılan deneylerde elde edilen NO_x emisyon değişimleri Şekil 3.4'da gösterilmektedir. Grafikler incelendiğinde motor yükünün artmasıyla ortalama gaz sıcaklığı da artmakta olup buna bağlı olarak NO_x değerinin de arttığı görülmektedir. Maksimum NO_x emisyonu tüm yakıtlar için %20-10kg yükte, en düşük %0-0kg yük şartlarında ölçülmüştür. Bütün yakıtlarda motor yüklendikçe NO_x emisyonları artmıştır. Yüksek yük durumlarında yanma odası sıcaklıklarının artmasına ve kontrolsüz yanma safhasının uzamasına bağlanabilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmasından elde edilen sonuçlardan; atık bitkisel yağlardan elde edilen biyodizel yakıt karışımlarının ve KMnO₄ katkılı karışimli yakıtların dizel motorunda kullanılabilirdiği, bu yakıtların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin referans dizel yakıt değerlerine yakın olması sebebiyle alternatif bir yakıt olabileceği görülmektedir. Ayrıca test yakıtlarıyla yapılan deneylerde bazı yanma safhalarında ve emisyon verilerinde biyodizel karışimli yakıtların referans dizel yakıtından daha iyi sonuçlar verdiği ve diğer deney verilerinde de dizel yakıtına

yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu bağlamda gelecek teknolojik gelişmelerle birlikte elektrikli araçların yaygınlaşması kaçınılmaz olsa bile özellikler ağır yük taşımacılığında (gemi, tren ve tanker) gerekli güç ve tork için dizel motorların kullanılması sürecektir. Ayrıca fosil kökenli petrol ürünlerin tükenebilir olması, alternatif yakıt arayışlarını ve çalışmalarını devam ettireceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

Adhıkesevan, C. ve Rajadurai J., S., 2014. Influence of B20 biodieselblends on diesel engine combustion, *Journal of the Japan Institute of Energy*, 93, 675-683.

Eliçin, K, A., 2011. Biyodizel yakıtla çalıştırılan küçük güçlü bir dizel motorun performans ve emisyonuna giriş hava basıncı etkisinin deneysel olarak araştırılması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Fidan, M., S., Alkan, E., 2014. Bitkisel hammaddelerden elde edilen biyodizelin alternatif enerji kaynağı olarak kullanılması, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Ormancılık ve Çevre Bilimleri ABD, GÜFBED/GUSTIJ 4 (2): 144-160.

Fayemiwo, O. M., Senokoane, L., Mtshali, K., & Daramola, M. O., 2016. Influence of operating variables on the transesterification of waste cooking oil to biodiesel over sodium silicate catalyst: A statistical approach.

Kale, T., P., 2017. Combustion of biodiesel in CI Engine. *International Journal of Applied Research*, 3(3), 145-149.

Laureillard, J., Largeau, C. & Casadevall, E., 1988. Oleic acid in the biosynthesis of the resistant biopolymers of *Botryococcus braunii*. *Phytochemistry*, 27(7), 2095–2098.

Mutlubaş, H., 2016. Kitosan ile mikrodalga biyodizel üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.

Özdemir, Ö., Z., Mutlubaş, H., 2016. Biyodizel üretim yöntemleri ve çevresel etkileri, Kırklareli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Dergisi, 2, 129-143.

Ulusoy, Y., Tekin, Y., Cetinkaya, M., & Karaosmanoglu, F., 2004. The engine tests of biodiesel from used frying oil. *Energy Sources*, 26(10), 927-932.

E-BURUN KULLANILARAK AYNI HASAT DÖNEMİNDEKİ FARKLI KALİTELERE SAHİP SİYAH ÇAYLARIN SINIFLANDIRILMASI

Elif KAZDAL*, **Ayten ATASOY**** ve **Ümit ÖZSANDIKÇIOĞLU****

*Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 61080 TRABZON
e-posta: elifkazdal@hotmail.com

** Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 61080
TRABZON
e-posta: {ayten.umitozsandikci}@ktu.edu.tr

Özet: Yapılan bu çalışmada; aynı hasat dönemindeki farklı kaliteye sahip olan 4 siyah çayın sınıflandırılması için minimal olarak tasarlanan elektronik burun prototipi kullanılmıştır. Bu e-burun devresinde sistemli bir yol izlenerek siyah çayların kokusunun 8 farklı sensör tarafından algılanması sağlanmıştır. İletkenlik değişimine dayalı olarak çalışan sensörlerin neden olacağı gerilim değişimi veri toplama kartına kaydedilmiş, bilgisayara bağlı bu kart sayesinde kaydedilen veri, bilgisayarda sayısal olarak görüntülenmiştir. E-burun devresiyle elde edilen bu işaretlerde ön işleme yapılmış, öznitelik çıkarılmış ve k-en yakın komşu, destek vektör makineleri ile topluluk öğrenme algortimaları sınıflandırma amacıyla kullanılmıştır. Sınıflandırma başarıları 5-katlı çapraz doğrulama yöntemi ile elde edilmiştir. En yüksek sınıflandırma başarısına karesel destek vektör makinesi ile %86,25 doğrulukla ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: E-burun, çay, öznitelik, sınıflandırma, en yakın komşu, destek vektör makinesi, topluluk öğrenme.

CLASSIFICATION OF DIFFERENT QUALITY BLACK TEA IN THE SAME HARVEST PERIOD USING E-NOSE

Abstract: In this study; A minimally designed electronic nose prototype was used to classify 4 black teas of different quality in the same harvest period. In this e-nose circuit, a systematic way was followed and the smell of black tea was detected by 8 different sensors. The voltage change caused by the sensors operating based on the conductivity change was recorded on the data acquisition card, and the recorded data was displayed digitally on the computer thanks to this card connected to the computer. These signals obtained by e-nose circuit were preprocessed, feature extracted and k-nearest neighbor, support vector machines and ensemble learning algorithms were used for classification. Classification successes were obtained by the 5-fold cross-validation method. The highest classification success was achieved with the quadratic support vector machine with 86.25% accuracy.

Keywords: E-nose, tea, feature, classification, nearest neighbor, support vector machine, ensemble learning.

SEMBOLLER

G_{SV}	İletkenliğe dönüştürülmüş sensör verisi	X^2	Ki-kare değeri
f_b	Beklenen frekans	V_{RD}	Referans düzeltmesi yapılmış sensör gerilimi
f_g	Gözlenen frekans	V_{SB}	Sensörün besleme gerilimi
R_L	Sensöre seri bağlı yük direnci	V_{SV}	Sensör gerilimi

GİRİŞ

Tarımda yetiştirilen ürünler arasında çay, üretim ve tüketimde dünyada olduğu gibi Türkiye’de de önemli bir yer teşkil etmektedir. Ülkemiz, kişi başı yıllık 3,2 kg çay tüketimiyle dünyada 1. sıradadır [1]. Çay üretimi fabrikalarda belli aşamalarda gerçekleştirilirken standartlara göre kalite sınıflandırması ‘çay tadımcıları’ olarak adlandırılan kişiler tarafından çayın tadına bakılarak yapılmaktadır. Bu kişilerin kararları değişkenlik göstermekte ve bu durum kalite sınıflandırmasında yanlış sonuçlara neden olmaktadır. Kalite sınıflandırmasının öznel yöntemlerle değil, nesnel yöntemlerle kontrol edilmesi daha doğru sonuçlara ulaşılması için gereklidir.

Elektronik burun yapısında kimyasal sensör dizisi bulunduran, insan burununun algılayamadığı kokular üzerinde hassas ölçüm yapabilen, kokuyu algılayıp tanıyabilmenin yanı sıra madde içinde her bir uçucu organik bileşiğin yoğunluğunu ve ne oranda bulunduğunu da algılayabilen bir cihazdır [2]. E-burun devresi sensör birimi, elektronik birim ve örüntü tanıma birimi olarak üç alt kısımdan oluşmaktadır. Sensör biriminde tanınmak istenen kokunun içerdiği kimyasal bileşenlere göre sensör tepkileri elde edilir. Elektronik birimde dönüştürücü ve osilatör devreleri ile elektriksel işaretler üretilir. Örüntü tanıma biriminde ise kokunun tanımı yapılır [3]. Elektronik burunu, insanda koku alma sistemi olan burun ile eşleştirsek sensör birimi, insanlardaki koku algılayıcı reseptörler; elektronik birim, insan beyinindeki koklama soğanı ve sinyal işleme modülü; elektronik birim ise insandaki beyindir.

Yapılan bir e-burun çalışmasında Türkiye’deki Doğu Karadeniz Bölgesinde üretilen farklı türdeki altı adet çay kullanılmıştır. Bu çalışmada veri seti e-burun devresi ile elde edilmiş ve Karar Ağaçları(KA), Destek Vektör Makineleri (DVM) ve Doğrusal Ayrım Analizi(DAA) algoritmaları sınıflandırma için kullanılmıştır [4].

Yapılan bir başka çalışmada daha önce üretilmiş olan Alpha MOS Fox 2000 e-burun kullanılarak çayların ayırt ediciliği araştırılmıştır. Kuru ve işlenmiş olarak, çeşitli çay yaprağı klonlarından üretilmiş altı adet ortodoks çayı numune olarak kullanılmış ve aromaları incelenerek sınıflandırma yapılmıştır. Çalışmada Temel Bileşen Analizi (TBA) ve Geri Yayılımlı Çok Katmanlı Algılayıcı Modeli kullanılmıştır. Çalışma neticesinde çaydaki uçucu bileşenlerin e-burun ile tanınabilirliği sağlanmıştır [5].

Hindistan’da yapılan bir çalışmada fermente olmuş, aşırı fermente olmuş, az fermente olmuş gibi farklı işlem koşulları altında üretilen beş çay örneği sinir ağı tabanlı dört gaz sensörüne sahip e-burun ile sınıflandırılmıştır.

Çalışmada veriler Temel Bileşen Analizi (TBA) ve Bulanık C-Ortalama Algoritması (BCA) ile işlenmiş ve Radyal Temel Fonksiyon Sinir Ağı (RTF), Olasılıksal Sinir Ağı (OSA) ve Kendinden Düzenlenen Haritalar Algoritması ile sınıflandırılmıştır [6].

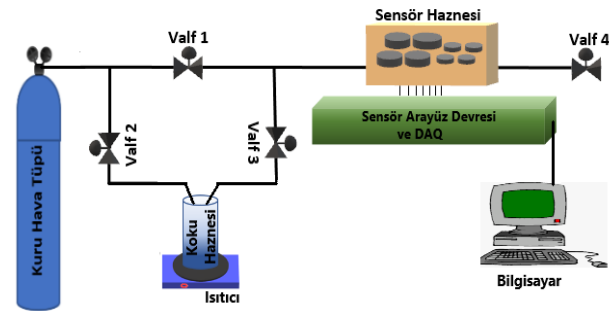
Yapılan bu çalışmada ise Doğu Karadeniz Bölgesinde aynı hasat döneminde üretilen dört farklı kalite sınıflandırmasına sahip çaylar kullanılmıştır. Veri seti bu çalışma için oluşturulan sekiz sensörlü e-burun devresi ile elde edilmiş ve elde edilen veriler belli alt bölgelere ayrılarak her bir alt bölge için öznelilikler oluşturulmuştur. Bu dört farklı kalite sınıflandırmasına sahip çayların sınıflandırılması için k-En Yakın Komşu (k-EYK), Destek Vektör Makinesi (DVM) ve Topluluk Öğrenme-Bağlı Ağaçlar algoritmaları kullanılırken sınıflandırma başarısını değerlendirmek için de 5-katlı çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır.

MATERYAL VE METOD

I. Kullanılan Veri Seti

Bu çalışmada, Türkiye’nin Doğu Karadeniz Bölgesinde üretilen çaylar kullanılmıştır. Üretilen çay Mayıs-Haziran, Haziran-Temmuz ve Temmuz-Ağustos aylarında olmak üzere üç farklı hasat döneminde toplanarak fabrikalar da işlenmektedir. Çalışmada Mayıs-Haziran hasat döneminde toplanıp Ofçaysan A.Ş. fabrikasında işlenen ve çay tadımcıları tarafından kaliteleri belirlenmiş dört farklı kalitedeki siyah çaylar kullanılmıştır.

Deney verilerinin elde edilebilmesi için, çay içerisindeki uçucu bileşenleri algılayabilecek olan, sekiz gaz algılayıcı sensöre sahip elektronik burun oluşturulmuştur. E-burun blok diyagramı Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. E-burun blok diyagramı

Deney için oluşturulan e-burun devresi sensör haznesinde TGS 813, TGS 826, TGS 832, TGS 880, TGS 2602, TGS 2610, TGS 2612 ve TGS 2620 Metal Oksit Yarıiletken (MOS) gaz algılayıcı sensörler kullanılırken deney aşamasında bu sensörlerden gelen tepkilerin sayısal olarak bilgisayar ortamında elde

edilmesi için DAQ 6259 veri okuma kartı kullanılmıştır. Ayrıca deneydeki çayın kokusunun sensör haznesine iletebilmesi için teflon borular kullanılmış ve bu borulardaki gaz akışı kokusuz gaz içeren oksijen tüpünün basıncı ile sağlanmıştır.

Deneyler gerçekleştirilirken çay demlenmemiş, kuru-saf siyah çay olarak kullanılmıştır. Her bir farklı kalitedeki çaydan 50 gr alınarak kuru çayın kokusunun yayılması için çayın sıcaklığının ortalama $80(\pm 3)^\circ \text{C}$ olması sağlanmıştır. Çayın sıcaklığı, çay numune kutusunun sıcak su içine koyulması ile sağlanmış ve bu su sıcaklığının zamanla korunabilmesi için ısıtıcı olarak elektrikli ocak kullanılmıştır.

Verilerin elde edilebilmesi için deney düzeneğinde dört aşama gerçekleştirilmiştir:

1. aşama ön temizlemedir. Sistemin oluşabilecek herhangi bir kokudan temizlenmesi için 130 sn boyunca uygulanır.
2. aşama koku iletimidir. Sensör haznesine 40 sn boyunca kuru çay kokusu iletilir.
3. aşama koku hapsedmedir. Sensörlerin kararlı bir tepki verebilmeleri için 40 sn boyunca çay kokusu sensör haznesinde hapsedilir.
4. aşama son temizlemedir. Sistemin oluşan çay kokusundan temizlenmesi için 130 sn boyunca uygulanır. Bu temizleme işlemleri kokusuz gaz içeren kuru hava tüpü ile gerçekleştirilir.

Deney sonucunda kullanılan veri kartı ile örnekleme frekansı 100 Hz olan veri seti oluşturularak bilgisayar ortamında elde edilir. Bir deney ortalama 5-6 dk sürmektedir. Her bir kuru çay örneği için 10 deney olmak üzere toplam 40 deney yapılmıştır.

Sistemin çalışması, oluşan verilerin görüntülenmesi ve sınıflandırılması için gereken işlemler MATLAB yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

II. İşaret Ön İşleme

E-burun ile belli aşamalar sonucu elde edilen veriler, sınıflandırılmak için MATLAB yazılımı üzerinde işlenmiştir. Sınıflandırma başarısını arttırmak için verilere referans düzeltmesi ve iletkenlik dönüşümü ön işlemleri uygulanmıştır. Referans düzeltmesi Eş. (1)'de verilen denklem ile gerçekleştirilmiştir.

$$V_{RD}(t) = V_{SV}(t) - \min(V_{SV}) \quad (1)$$

Böylece sensörlerin ölçümlerinde meydana gelebilecek sapma etkileri azaltılmıştır.

Literatürde e-burun çalışmalarında genellikle sensör direnci ya da iletkenliği kullanılmaktadır. Bu çalışma da ikinci bir ön işleme olarak çalışma sonucu elde edilen veriler Eş. (2) ile iletkenliğe dönüştürülmüştür.

$$G_{SV}(t) = \frac{V_{RD}(t)}{(V_{SB} - V_{RD}(t))R_L} \quad (2)$$

III. Öznitelik Çıkarma

Verilerin yeterli bir doğruluk ile açıklanabilir olması için öznitelik çıkarımı yapılır. Öznitelik çıkarımında doğru yöntemlerin kullanılması sınıflandırma doğruluğunu etkiler. Bu nedenle yapılan bu çalışmada, elde edilen veriler bir bütün olarak değerlendirildiği gibi kokunun iletim, kokunun hapsedilme ve kokunun temizlenme aşamaları olarak da ayrı ayrı incelenmiş ve öznitelik çıkarımı gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada öznitelik olarak; sensör tepkilerinin maksimum, ortalama, standart sapma, toplama, kurtosis, skewness, varyans, türevlerin toplamı, entropi, hjorth parametreleri ve alan farkları kullanılmıştır.

Ki-kare tabanlı öznitelik seçimi: Sınıflandırma başarı doğruluğunu arttırmak için özniteliklere ki-kare tabanlı öznitelik seçimi algoritması uygulanmıştır. Bu algoritma ki-kare testine dayanır. Ki-kare testi gözlenen ve beklenen frekanslar arasındaki farkın anlamlılığına dayanan bir yöntemdir. Bu yöntem, değişkenlerin veri setini tanımlamaya uygun olup olmadığını belirlemek için kullanılır [7]. Veri seti içinde hesaplanan ki-kare değerinin sifıra yakın değere sahip olması özneliğin anlamsızlığını gösterirken yüksek değere sahip olması özneliğin veriyi tanımlamaya uygun olduğunu göstermektedir [8]. Ki-kare değeri Eş. (3) ile hesaplanmaktadır.

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(f_g - f_b)^2}{f_b} \quad (3)$$

Çalışmada kullanılan bu algoritma ile X^2 (ki-kare) değerlerinin hesaplanarak büyükten küçüğe sıralanması sağlanmıştır.

IV. Sınıflandırma Algoritmaları

Sınıflandırma algoritmaları ile bilinmeyen bir örüntünün hangi sınıfa ait olduğu tanımlanabilir. Her bir sınıflandırma algoritması farklı yöntemlerle çalışır. Bu nedenle sınıflandırmanın en doğru şekilde yapılacağı sınıflandırma algoritmasının seçilmesi önemlidir.

K-en yakın komşu (k-EYK): Bu algoritma sınıfı bilinmeyen test verisinin, sınıfı belli olan verilere olan uzaklıklarına göre sınıfının belirlenmesini sağlar [9].

Destek vektör makinesi (DVM): Bu algoritma sınıfı bilinen veriler arasında belirleyici bir sınır çizgi ile bölge oluşturur ve sınıfı belirlenmek istenen test verisinin hangi bölgede olduğuna bakar.

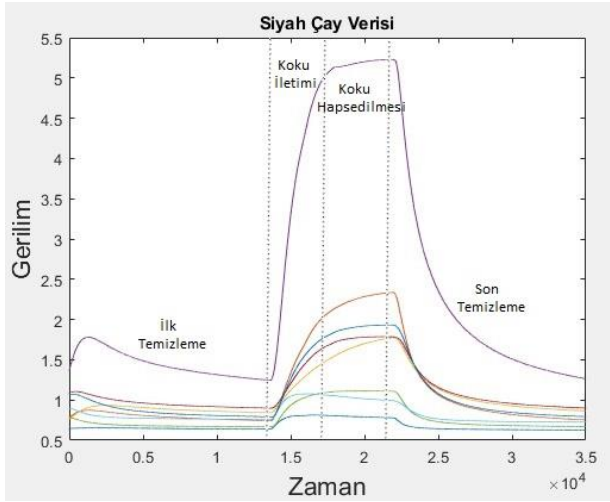
Topluluk öğrenme - bağlı ağaçlar: Bu algortmada eğitim versinin farklı kombinasyonları üretilerek birden

fazla eğitim örneğinin oluşturulması amaçlanır. Eğitim verisi kadar örneğe sahip bir eğitim verisi, rastgele seçimlerle yerine koymalı olarak üretilir. Bu şekilde eğitim verisindeki bazı örnekler hiç yer almazken bazıları birden fazla kez yer alır. Her bir karar ağacı bu şekilde üretilmiş birbirinden farklı örnekler içeren eğitim verileri ile eğitilir ve sonuç çoğunluk oylaması ile belirlenir [10].

Bu çalışmada üç sınıflandırma algoritması da kullanılmış ve sınıflandırma algoritmaları sonucu elde edilen sınıflandırma başarı yüzdeleri karşılaştırılmıştır.

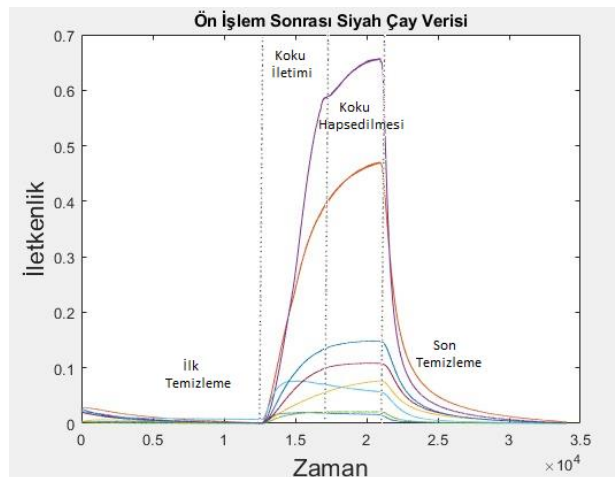
YAPILAN ÇALIŞMA

Aynı hasat dönemindeki dört farklı kaliteye sahip siyah çayın sekiz adet sensörden elde edilen verileri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Sekiz adet sensördeki siyah çay verisi

Sensör verilerine ön işlem olarak referans düzeltme ile iletkenliğe dönüştürme işlemleri uygulanmış ve veri görseli Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Ön işleme sonrası siyah çay verisi

Ön işleme aşamasından sonra verilere sınıflandırma doğruluğunu arttıracak bir çok öznelik uygulanmıştır. Uygulanan öznelikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Uygulanan Öznelikler

Öznelik	Uygulanan Öznelik İçeriği
Öznelik 1 (Öz.1)	Maksimum, Ortalama, Standart sapma, Sensörler arası alan farkı, Kurtosis, Skewness
Öznelik 2 (Öz.2)	Öz.1’e ek olarak, Toplam, Varyans, Türevler toplamı, Entropi
Öznelik 3 (Öz.3)	Öz.2’ye ek olarak, Hjorth parametreleri

Uygulanan bu öznelik grupları k-en yakın komşu, destek vektör makinesi ve topluluk öğrenme-bağlı ağaçlar sınıflandırıcıları ile sınıflandırılarak başarı yüzdeleri Tablo 2 ve Tablo 3’te karşılaştırılmaları olarak verilmiştir.

Tablo 2. Özneliklere Uygulanan En Yakın Komşu Algoritması Sınıflandırma Doğruluğu Başarı Yüzdeleri

Öznelik	En Yakın Komşu					
	k=1	k=3	k=5	k=7	Kübik	Ağırlıklı
Öz.1	80	79,75	80,25	76,25	69,5	82,75
Öz.2	74,75	78,5	77,5	76,5	65,5	81,5
Öz.3	77,25	76,75	78,5	73,5	62,75	82

Tablo 3. Özneliklere Uygulanan Destek Vektör Makinesi ve Topluluk Öğrenme-Bağlı Ağaç Algoritması Sınıflandırma Doğruluğu Başarı Yüzdeleri

Öznelik	Destek Vektör Makinesi			Topluluk Öğrenme
	Doğrusal	Karesel	Kübik	Bağlı Ağaçlar
Öz.1	78,55	84,5	85,25	76,5
Öz.2	75,5	83,75	85	72,25
Öz.3	79,5	86,25	83	68,75

Çalışmanın son aşamasında sınıflandırma başarı yüzdesi en yüksek olan Öz.3 özneliklerine ki-kare tabanlı öznelik seçimi algoritması uygulanmıştır. Algoritma sonunda en büyük değere sahip ilk 36 öznelik seçilerek bazı sınıflandırıcı algoritmalar tekrar uygulanmıştır. Uygulanan bu bazı sınıflandırma algoritmaları Tablo 2 ve Tablo 3’teki en yüksek sınıflandırma doğruluğunu veren algoritmalarıdır. Seçilmiş 36 özneliğe uygulanan sınıflandırma doğruluğu başarı yüzdeleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Ki-Kare Yöntemi ile Seçilen Özniteliklere Uygulanan Sınıflandırma Algoritmalarının Sınıflandırma Doğruluğu Başarı Yüzdeleri

Öznitelik	En Yakın Komşu	Destek Vektör Makinesi	
	Ağırlıklı	Karesel	Kübik
Ki-Kare ile Seçilen 36 Öznitelik	81,75	84,25	81,75

En yüksek başarı karesel DVM sınıflandırıcısıyla %86,25 olarak elde edilmiş ve hata matrisi Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. En Yüksek Başarı Sınıfının Hata Matrisi

Kübik DVM					
Doğru Sınıf	1	99	0	1	0
	2	0	69	16	15
	3	0	7	93	0
	4	0	8	5	87
		1	2	3	4
Tahmin Edilen Sınıf					

SONUÇLAR

Bu çalışmada aynı hasat dönemindeki dört farklı kaliteye sahip siyah çayın e-burun ile sınıflandırılabilirliği belirlenmiştir. Sonuç olarak, Tablo 2 ve Tablo 3 incelendiğinde 5-katlı çapraz doğrulama sonucu en yüksek sınıflandırma doğruluğu başarı yüzdesi %86,25 ile DVM ile elde edilmiştir. Ki-kare yöntemi ile belirlenen özniteliklerdeki sınıflandırma başarısının ağırlıklı EYK ile %82'den %81,75'e, karesel DVM ile %86,25'ten %84,75'e ve topluluk öğrenme ile %83'ten %81,75'e düştüğü görülmüştür. Yani bu algoritma ile bulunan en yüksek sınıflandırma doğruluğundan %2-3'lük kadar daha az bir başarı elde edilmiştir. Ki-kare yöntemi ile belirlenen özniteliklerin bu çalışmada başarıyı arttırmadığı sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan aynı hasat dönemindeki dört farklı kaliteye sahip siyah çay örneklerini bize sunan Ofçaysan A.Ş. ekibine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

[1] Çaykur 2019 Yılı Çay Sektörü Raporu (<https://www.caykur.gov.tr/Pages/Yayinlar/SektorelRaporlar.aspx>)
Son erişim tarihi: 20 Ekim 2021.

[2] Saraoğlu, H.M., Elektronik Burun Teknolojisi ve Uygulama Alanları, *Akademik Bilişim Konferansı, Çanakkale*, 2008.

[3] Öz sandıkçioğlu, Ü., Atasoy, A., and Güney, S., Classification of different objects with Artificial Neural Networks using electronic nose, 23th IEEE, *Signal Processing and Communications Applications Conference(SIU)*, 2015.

[4] Kablan, Y., Atasoy, A., ve Öz sandıkçioğlu, Ü., E-burun ile farklı siyah çayların sınıflandırılması, 26th IEEE, *Signal Processing and Communications Applications Conference(SIU)*, 2018.

[5] Bhattacharyya, N., Tudu, B., Bandyopadhyay, R., Bhuyan, M., and Mudi, R., Aroma characterization of orthodox black tea with electronic nose, IEEE, *2004 IEEE Region 10 Conference TENCON 2004*, 427-430, 2004.

[6] Dutta, R., Hines, E.L., Gardner, J.W., Kashwan, K.R., and Bhuyan, M., Determination of tea quality by using a neural network based electronic nose, IEEE, *International Joint Conference on Neural Networks, Portland, OR, USA*, 404-409, 2003.

[7] Liu, H., Setiono, R., Chi2: Feature selection and discretization of numeric attributes, IEEE, *7th International Conference on Tools with Artificial Intelligence(ICTAI)*, 388-391, 1995

[8] T., Kavzoğlu, E.K., Şahin, ve İ., Çölkesen, Heyelan duyarlılık analizinde ki-kare testine dayalı faktör seçimi, *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu(UZAL-CBS)*, 2014.

[9] Fukunaga, K., Introduction to Statistical Pattern Recognition, 2nd ed., San Diego, CA, USA, Academic Press, 1990.

[10] Atasever, Ü.H., Özkan, C., Arazi örüntüsünün belirlenmesinde torbalama-karar ağaçları yöntemlerinin kullanımı, *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu(UZAL-CBS)*, 2012.

TUZ STRESİNİN BALCI ASPİR ÇEŞİDİNDE TOTAL FENOLİK, FLAVONOİD VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTE ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Bedri KELEŞ* ve Filiz AKBAŞ**

*Gazi Yaşargil Eğitim ve Araştırma Hastanesi, 21010 DİYARBAKIR

e-posta: bkeles23@hotmail.com

** Batman Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyooji Bölümü, 72060 BATMAN

e-posta: filiz.akbas@batman.com

Özet: *In vitro* koşullarda balcı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşidinde tuz stresinin (0, 50, 75, 150, 300 mM NaCl) total fenolik, flavonoid madde içeriği ile DPPH serbest radikali giderim aktiviteleri üzerindeki etkisi incelendi. 3 haftalık kültür periyodu sonunda, aspir fidelerinin total fenolik ve flavonoid madde miktarlarının kontrol grubundan düşük olduğu saptandı. Kontrol grubunda 4.12 mikro gram olan flavonoid madde içeriğinin, 75 mM NaCl konsantrasyonunda 2.39 mikro grama düştüğü belirlendi. Fenolik madde içeriğindeki azalma ise en fazla 2.01 mikro gram ile 75 mM NaCl konsantrasyonunda meydana geldi. Bununla birlikte, DPPH serbest radikali giderim aktivitelerinin kontrol ve NaCl uygulama gruplarının tamamında düzenli olarak arttığı tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: *Carthamus tinctorius*, Balcı, *in vitro*, NaCl

EFFECT OF SALT STRESS ON TOTAL PHENOLIC, FLAVONOID AND ANTIOXIDANT ACTIVITY IN BALCI SAFFLOWER

Abstract: The effects of salt stress (0, 50, 75, 150, 300 mM NaCl) on total phenolic and flavonoid substance content and DPPH free radical scavenging activities in balcı safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivar were investigated *in vitro*. At the end of the 3-week culture period, it was determined that the total phenolic and flavonoid substance amounts of the safflower seedlings were lower than the control group. It was determined that the flavonoid substance content, which was 4.12 micrograms in the control group, decreased to 2.39 micrograms at 75 mM NaCl concentration. The decrease in phenolic substance content, on the other hand, occurred at a maximum of 2.01 micrograms and 75 mM NaCl concentration. However, it was determined that DPPH free radical scavenging activities increased regularly in all of the control and NaCl treatment groups.

Keywords: *Carthamus tinctorius*, Balcı, *in vitro*, NaCl

GİRİŞ

Ülkemiz topraklarının yaklaşık 1.5 milyon hektar alanı tuzluluk sorunuyla karşı karşıyadır [1]. Ekilebilir alanlardaki böylesi tuz birikiminin, küresel çerçevede daha da harap edici boyutlara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu durum, ürün verimi ve kalitesindeki azalmaya bağlı olarak büyük

ekonomik kayıplara da neden olacaktır [2,3]. NaCl bu tuzların en önemlilerinden biridir ve NaCl artışına bağlı olarak ortaya çıkan tuzluluk, bitkinin gelişimini hem topraktan alabileceği su miktarını kısıtlayarak hem de besin elementleri alımını engelleyerek etkilemektedir [4].

Ana vatanı Arap Yarımadası olan Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), *Asteraceae* (papatyagiller) familyasının, *Carthamus* cinsine ait bir bitki türüdür

(Çizelge 1.). *Carthamus* cinsinin dünya üzerinde yetişmekte olan 25 yabancı türü bulunmaktadır [5] ve bu türlerden 8 türü ülkemizde yetişmektedir [6].

Çizelge 1. *Carthamus tinctorius* türünün sistematigi [7]

Alem	Plantae (Bitkiler)
Şube	Magnoliophyta (Kapalı tohumlular)
Sınıf	Magnoliopsida (İki çenekliler)
Takım	Asterales
Familya	Astraceae / Compositae (Papatyagiller)
Alt Familya	Carduoideae
Cins	<i>Carthamus</i>
Tür	<i>Carthamus tinctorius</i> (Yalancı Safran)

İnsanlık tarafından ilk olarak süs ve boya bitkisi olarak kullanılmaya başlayan aspir, günümüzde iki ana ürünün, yağ ve biyodizelin üretilmesinde kullanılan stratejik öneme sahip çok değerli ve gelecekte değeri daha da artacak bir bitki halini almıştır. Bu özelliği ile diğer yağlı tohumlu bitkilerden ayrılmaktadır [8]. Yağının insan sağlığı açısından bir diğer önemi ise yüksek α -tokoferol içeriğidir [9]. Aspir yağının bu özelliği, kandaki kolesterol seviyesini düşürmeye yardımcı olmaktadır [10]. Aspir bitkisinin, alternatif yağ bitkisi olmasının yanı sıra yem, yakıt, boya sanayii ve tıbbi amaçlı olarak da kullanım alanları bulunmaktadır [11, 12].

Aspir, gerek toprak gerekse iklim açısından çok seçici olmayan ve adaptasyon yeteneği yüksek olan bir bitkidir. Bu özelliğiyle aspir, farklı ekolojik koşullara sahip ülkemiz topraklarında kolaylıkla yetiştirilebilmektedir. Ülkemizdeki aspir tarımının geliştirilmesi için verimi yüksek, kaliteli ve strese dayanıklı yeni çeşitlerin elde edilmeye çalışıldığı ıslah çalışmaları yapılmaktadır. Ancak klasik yöntemlerle yapılan ıslah çalışmaları zaman alıcı olması, daha çok bitkisel materyale ihtiyaç duyulması, açık veya sera alanlarına gereksinim duyulması gibi olumsuzlukları kapsamaktadır. Doku kültürü yöntemleri kullanıldığında ise bu olumsuzluklar ortadan kalkmakta ve tam kontrollü

ortamda kısa sürede sonuç alınması mümkün olmaktadır. Islah çalışmalarında klasik yöntemler ile çözümlenemeyen problemlerin aşılması için kullanımı gün geçtikçe artan biyoteknolojik yöntemler, tuz stresi çalışmalarında da tarama ve seçim amaçlı olarak başvurulan alternatif bir yöntemdir [7, 13].

Bu çalışmada, *in vitro* ortamda farklı konsantrasyonlarda tuz stresine (0, 50, 75, 150 ve 300 Mm NaCl) maruz bırakılan aspir tohumlarının, Toplam Fenolik Miktarı, Toplam Flavonoid Miktarı, DPPH Serbest Radikali Giderim Aktivitesi incelendi.

MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, tescilli Balcı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşidine ait olgun tohumlar başlangıç materyali olarak kullanılmıştır (Çizelge 2. ve Şekil 1.).

Bu amaçla aspir tohumları musluk suyunda iyice yıkandıktan sonra %70 lik alkolde 30 saniye bekletilerek ön sterilizasyona tabi tutuldu. Daha sonra tohumlar % 5'lik NaOCI solüsyonunda 60 dakika kadar bekletildi ve akabinde steril distile su ile 5 kez 5'er dakika çalkalanmak üzere NaOCI'den arındırılarak sterilizasyon işlemi tamamlandı.

Çizelge 2. Balcı aspir çeşidinin genel özellikleri [8]

Dikenlilik	Çiçek Rengi	Bitki (cm)	Boy	En	yüksek verim (kg/da)	Bin Dane	Ağırlığı (g)	Yağ (%)	Oranı
Dikenli	Sarı	55-70		376		40-48		38-41	



Şekil 1. Balcı aspir çeşidinin olgun tohumlarının genel görünümü

Tuz stresinin etkisini test etmek için hazırlanan MS (1/4) besi ortamına (Çizelge 3, Çizelge 4) farklı NaCl (0 (kontrol), 50,75, 150, 300 mM) konsantrasyonları ayrı ayrı ilave edildi. Besin ortamının pH'sı, 0.1 M NaOH ve 0.1 M HCl yardımı ile 5.7'ye ayarlandı. Son olarak katılaştırma ajanı olarak besi ortamına 5.458 g agar ilave edildi. Hazırlanan besin ortamı sterilizasyon işlemi için 121°C sıcaklıkta 1 atm basınç altında 25 dk süreyle otoklavda bekletildi. Bu süre sonunda steril olan

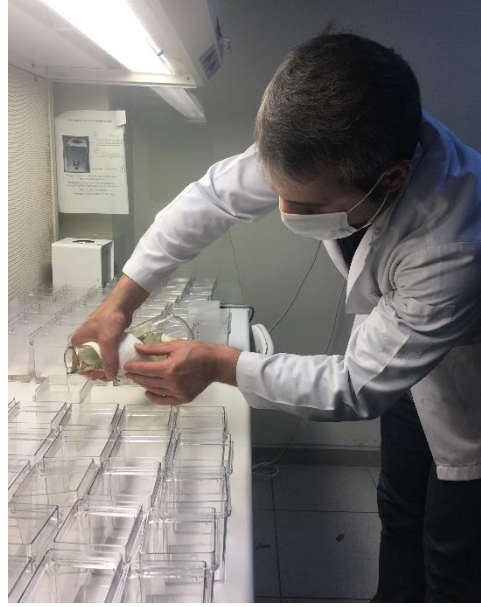
besin ortamı, steril kabin içinde eş zamanlı sterilizasyonu yapılan Magenta GA-7 kültür kaplarına, yaklaşık 50 ml olacak şekilde bölüştürüldü ve yaklaşık yarım saatlik süre sonunda besin ortamlarının jel kıvamına gelmesi sağlandı (**Şekil 2.**). Sterilizasyonu tamamlanan tohumlar inkübasyon odasında steril kabin içinde kültüre alınarak, büyüme odasında gelişmeye bırakıldı (**Şekil 3.**).

Çizelge 3. Standart MS besi ortamı içeriği [14]

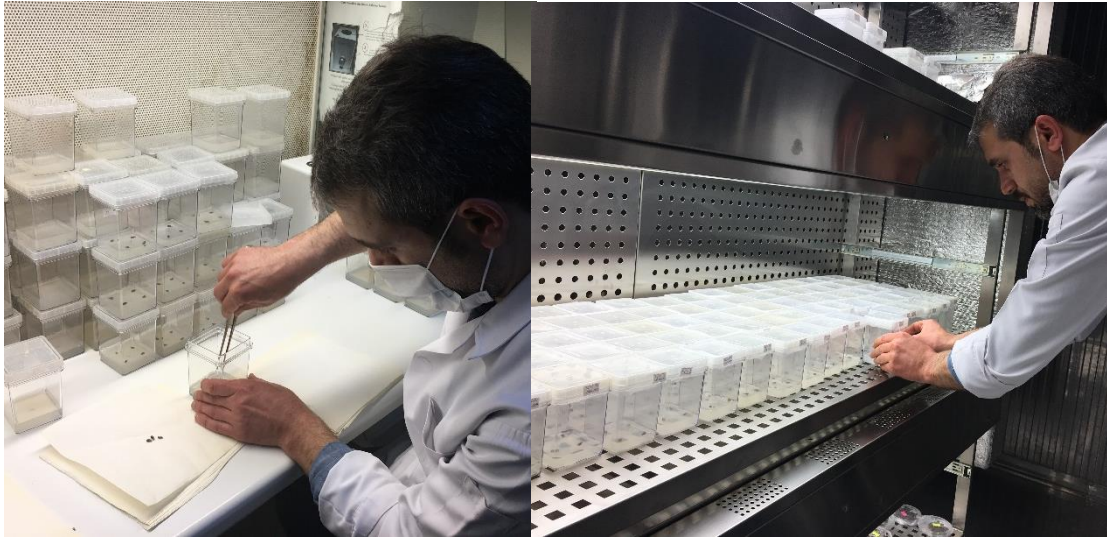
Makro Elementler	Mikro Elementler	Kompleks Kelatör	Vitaminler
NH ₄ NO ₃	H ₃ BO ₃	FeSO ₄ .7H ₂ O	Nikotinik asit
KNO ₃	MnSO ₄ .4H ₂ O	Na ₂ EDTA	Glisin
CaCl ₂ .2H ₂ O	ZnSO ₄ .7H ₂ O		Pridoksin HCl
MgSO ₄ .7H ₂ O	KI		Tiamin HCl
KH ₂ PO ₄	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O		
	Cu SO ₄ .5H ₂ O		
	CoCl ₂ .6 H ₂ O		

Çizelge 4. 1 litre MS besi ortamının içeriği

MS Ana Çözeltisi (Makro Elementler)	100 ml
MS Mikro Elementler-1	10 ml
MS Mikro Elementler-2	1 ml
Kompleks Kelatör	10 ml
Vitamin Karışımı	1 ml
B1 Vitamini Ana Çözeltisi	1 ml
Distile Su	1000 ml'ye tamamlanır.



Şekil 2. Besi ortamının hazırlanması ve sterilizasyonu



Şekil 3. Aspir tohumlarının farklı NaCl konsantrasyonlarını içeren besi ortamında kültüre alınarak, büyüme odasında çimlenmeye bırakılması

Toplam fenolik miktar tayini

Ekstrelerin toplam fenolik içerikleri Folin-Ciocalteu reaktifi (FCR) kullanılarak pirokatekole eşdeğer olarak belirlendi [15]. 4 µl FCR'ye etanolde hazırlanan 1000 ppm konsantrasyondaki bitki ekstrelerinden 4 µl ve son hacmi 200 µl'ye tamamlamak için 180 µl distile su eklenerek 3 dakika inkübasyona ardından 12 µl %2

lik Na_2CO_3 eklenerek oda sıcaklığında 2 saat inkübasyona bırakıldı. Farklı konsantrasyonlardaki pirokatekol çözeltileri için de aynı işlem uygulanarak inkübasyon sonrasında 760 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçüm alındı. Ekstrelerin toplam fenolik içerikleri standart pirokatekol grafiğinden elde edilen sonuçlar eşitlik kullanılarak belirlendi.

Toplam flavonoid miktar tayini

Ekstrelerin toplam flavonoid miktarları kersetine eşdeğer olarak alüminyum nitrat yöntemi ile belirlendi [16]. 4 µl 1 M potasyum asetat çözeltisine etanolde hazırlanıp 1000 ppm konsantrasyondaki bitki ekstrelerinden 20 µl ve son hacmi 200 µl'ye tamamlamak için 172 µl %80'lik etanol eklenerek 1 dakika inkübasyona, ardından 4 µl %10'luk Al(NO₃)₃ eklenerek oda sıcaklığında 40 dakika inkübasyona bırakıldı. Farklı konsantrasyonlardaki kesretin çözeltileri için de aynı işlem uygulanarak inkübasyon sonrasında 415 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçüm alındı. Ekstrelerin toplam flavonoid miktarları standart kesretin grafiğinden elde edilen eşitlik kullanılarak belirlendi.

DPPH serbest radikali giderim aktivitesi

Ekstrelerin serbest radikal giderim aktiviteleri 1.1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) serbest radikali kullanılarak belirlendi [17]. 160 µl %0.004 metanol DPPH çözeltisine metanol ve etanolda hazırlanmış farklı konsantrasyonlardaki bitki ekstrelerinden 40 µl eklenerek karanlıkta oda sıcaklığında 30 dakika bekletildikten sonra 517 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçüm alındı. Elde edilen absorbans değerleri aşağıdaki formülde yerine yerleştirilerek inhibisyon yüzdesi (%I) hesaplandı.

$$\%I = \frac{(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}})}{A_{\text{kontrol}}} \times 100$$

A_{kontrol}=kontrol tüpünün (test bileşikleri dışında tüm ayıraçları içeren tüp) absorbans değerini,

A=örnek ise her bir konsantrasyon için hazırlanan tüpün absorbans değerini ifade etmektedir.

İstatistiksel analizler

Rastgele seçilen örneklerden elde edilen verilerin analizi SPSS Paket programı (20.0) kullanılarak yapıldı. Uygulamalar arasındaki farklılıkların önem derecesini belirlemek için tek yönlü varyans analizinin Duncan yöntemi ile her bir testin güvenilirlik oranı %95 (p < 0.05) olarak belirlendi.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Toplam fenolik ve flavonoid miktarı üzerine etkisi

Test edilen tuz uygulamalarında gelişen aspir fidelerinin, fenolik madde içeriklerindeki değişimler incelendiğinde genel olarak tüm konsantrasyonlarda (50, 75, 150 ve 300 mM NaCl) kontrol grubuna göre azalma olduğu saptandı (**Çizelge 5.**). Aspir fidelerinin fenolik madde içeriklerindeki söz konusu bu azalma hem kontrol grubundan hemde uygulama grupları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklı (p ≤ 0.05) olduğu belirlendi. Fenolik madde içeriğindeki azalma en fazla 2.01 mikro gram ile 75 mM NaCl konsantrasyonunda gelişen aspir fidelerinde, en düşük azalma ise 2.44 mikro gram ile 50 mM NaCl konsantrasyonunda gelişen aspir fidelerinde görüldü. Bu değerler kontrol grubunda gelişen aspir fidelerinde 3.0 mikro gram olan fenolik içeriğinden önemli seviyede düşük bulundu.

Çizelge 5. Tuz stresi sonrası toplam fenolik ve flavonoid miktarı (ortalama ± standart sapma)

Uygulamalar	Toplam Fenolik İçeriği (µg GAE/mg ekstre)	Toplam Flavonoid İçeriği (µg QEs/mg ekstre)
Kontrol	3.00±0.04 ^a	4.12±0.05 ^a
50 mM NaCl	2.44±0.10 ^b	3.40±0.06 ^b
75 mM NaCl	2.01±0.05 ^d	2.39±0.01 ^d
150 mM NaCl	2.28±0.05 ^c	2.47±0.01 ^c
300 mM NaCl	-	-

Farklı harfi alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (p ≤ 0.05)

Çizelge 5.'te görüldüğü gibi, uygulanan tuz stresinin flavonoid madde içeriğindeki değişim incelendiğinde de genel olarak tüm konsantrasyonlarda (0, 50, 75, 150 ve 300 mM kendi aralarında önemli seviyede farklılıklar gösterdiği saptandı (p ≤ 0.05). Kontrol grubunda 4.12 mikro gram olan flavonoid madde içeriğinin, 75

NaCl) fenolik madde içeriğindeki değişimlere benzer şekilde kontrole göre azaldığı belirlendi. Flavonoid miktarının uygulanan NaCl konsantrasyonuna göre hem kontrol grubundan hem de mM NaCl konsantrasyonunda gelişen aspir fidelerinde 2.39 mikro grama düştüğü görüldü.

DPPH serbest radikali giderim aktivitesi üzerine etkisi

Tuz stresine maruz bırakılan aspir fidelerinin, DPPH serbest radikali giderim aktivitelerinin genel olarak NaCl uygulama grubuna ve konsantrasyona göre farklılıklar gösterdiği saptandı. **Çizelge 6.**'da görüldüğü gibi, kontrol ve NaCl uygulama gruplarının tamamında konsantrasyon (10, 25, 50, 100, 250, 500 µg ml⁻¹) arttıkça antioksidan aktivitenin de düzenli olarak arttığı belirlendi.

Bununla birlikte tüm test grupları arasında en yüksek DPPH serbest radikali giderim aktivitesi, %91.32 inhibisyon değeri ile 150 mM NaCl uygulamasının 500 µg ml⁻¹ konsantrasyonunda elde edildi. Ayrıca 75 mM NaCl uygulamasının 250 ve 500 µg ml⁻¹ konsantrasyonunda sırasıyla %89.24 ve %89.68 inhibisyon değerleri ile aynı konsantrasyonlardaki 50 mM NaCl uygulamasından daha düşük aktivite gösterdiği belirlendi.

Çizelge 6.

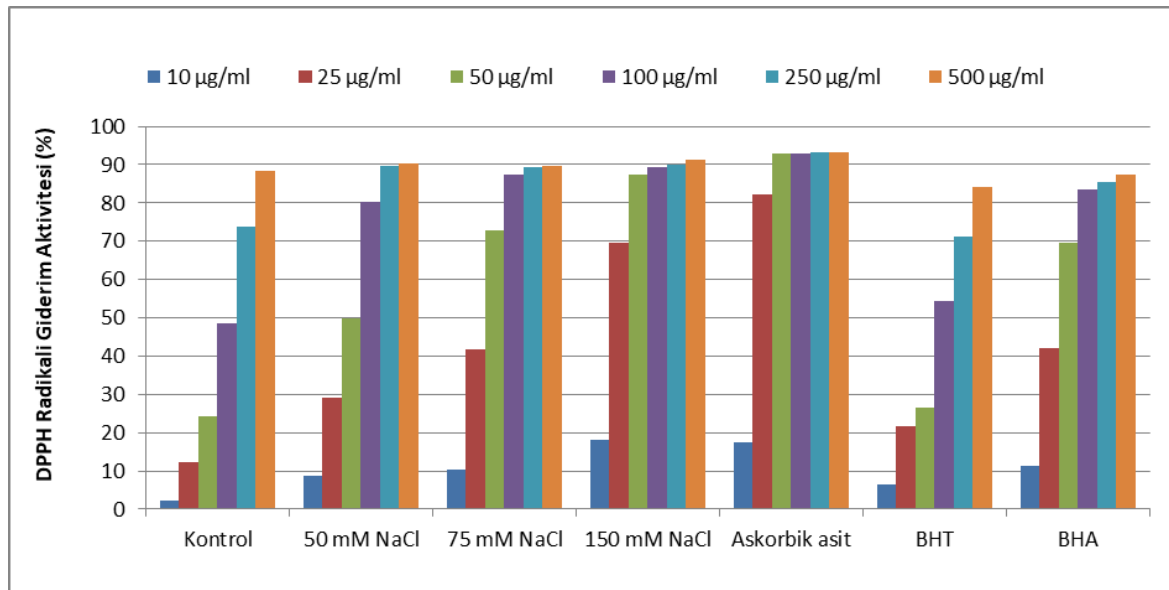
Aspir fideleri ve pozitif kontrollerin DPPH serbest radikali giderim aktiviteleri (ortalama ± standart sapma)

Konsantrasyon	Kontrol	50 mM NaCl	75 mM NaCl	150 mM NaCl	Askorbik asit	BHT	BHA
10 µg ml ⁻¹	2.39±0.4	8.68±0.5	10.39±0.7	18.03±2.4	17.33±3.6	6.4±0.5	11.16±1.7
25 µg/ ml ⁻¹	12.22±0.3	29.25±1.7	41.66±1.9	69.57±3.6	82.07±1.0	21.76±0.5	42.08±1.4
50 µg/ ml ⁻¹	24.21±0.3	49.97±0.4	72.93±0.6	87.44±1.5	92.84±0.0	26.57±1.8	69.69±0.8
100 µg/ ml ⁻¹	48.62±1.4	80.19±0.5	87.34±1.2	89.4±0.9	92.92±0.1	54.5±0.6	83.35±1.1
250 µg/ ml ⁻¹	73.74±2.5	89.71±0.7	89.24±0.2	90.02±0.6	93.12±0.8	71.1±0.2	85.6±1.8
500 µg/ ml ⁻¹	88.48±0.2	90.43±0.5	89.68±0.6	91.32±0.0	93.12±0.7	84.31±0.9	87.32±0.7

Rakamlar 20 materyalin ortalamasını göstermektedir. Farklı harfi alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (p ≤ 0.05)

Test grupları pozitif kontroller ile karşılaştırıldığında, 150 mM NaCl uygulanan aspir fidelerinin tüm konsantrasyonlarda BHT ve BHA'dan daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu görüldü. 75 mM NaCl uygulamasının BHT'den tüm konsantrasyonlarda, BHA'dan ise 50, 100, 250 ve 500 µg ml⁻¹ konsantrasyonlarda daha yüksek aktivite gösterdiği belirlendi. 50 mM NaCl

uygulamasının yine pozitif kontrol olan BHT'den tüm konsantrasyonlarda, BHA'dan da 250 ve 500 µg ml⁻¹ konsantrasyonlarda daha yüksek aktivite sahip olduğu saptandı. Ayrıca 150 mM NaCl uygulanan aspir fidelerinin 10 µg ml⁻¹ konsantrasyonunda askorbik asitten daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği tespit edildi (**Şekil 4.**).



Şekil 4. Aspir fideleri ve pozitif kontrollerin DPPH serbest radikali giderim aktiviteleri

Genellikle meyve ve sebzelerin yapısında bulunan ve kuvvetli antioksidan aktiviteye sahip olan fenolik bileşikler; fenolik asitler ve flavonoidler olarak iki gruba ayrılırlar [18, 19]. Yapılan son çalışmalarda aspir bitkisinin de fenolik bileşikler bakımından oldukça zengin olduğu belirtilmiştir [20, 21, 22]. Kuşoğlu [23] tarla koşullarında yetiştirdiği aspirin tohum, yaprak ve çiçek ekstralarının toplam fenol ve flavonoid madde miktarını incelemiştir. Araştırmacı en yüksek fenolik madde içeriğini 276 mg ml⁻¹ ile yaprak ekstresinde, toplam flavonoid madde içeriğini ise çiçek (92,9 mg ml⁻¹) ve yaprak ekstresinde (97,41 mg ml⁻¹) elde ettiğini bildirmiştir. Yu ve ark. [24] aspir tohumları üzerine yaptıkları çalışmada toplam fenolik madde içeriğini 126,0 mg GAE/g flavonoid madde içeriğini ise 62,2 mg QE/g olarak bulmuşlardır. Balcı aspir çeşidi ile ilgili yaptığımız bu çalışmada, kontrol grubunda 3.0 mikro gram olan fenolik madde içeriğinin NaCl stresi uygulamalarında azalarak 2.01 mikro grama (75 mM NaCl) düştüğü belirlendi. Ayrıca kontrol grubunda 4.12 mikro gram olan flavonoid madde içeriğinin, 75 mM NaCl konsantrasyonunda gelişen aspir fidelerinde 2.39 mikro grama düştüğü görüldü. Çalışmamızda bulduğumuz bu sonuçlarla benzer şekilde tuz stresi altında bitkilerde toplam flavonoid ve fenolik içeriğinin önemli ölçüde azaldığını bildiren çalışmalar mevcuttur. Khalid ve da Silva [25] *Calendula officinalis* bitkisinde NaCl, CaCl₂ ve MgCl₂ tuzlarının total flavonoid ve karotenoid içeriğini, Yuan ve ark. [26] turpta NaCl'nin toplam fenolik içeriğini belirgin şekilde azalttığını, benzer şekilde, Bourgo ve ark. [27] *Nigella sativa* bitkisinde NaCl uygulamalarının toplam fenolik içeriği azalttığını bildirmişlerdir. Kuşoğlu [23] aspirin tohum, yaprak ve çiçek ekstralarının DPPH serbest radikali giderim aktivitesini incelemiş ve en yüksek aktivitenin %96 ile çiçek ekstresinde elde edildiğini ve bu değerın standart olarak kullanılan askorbik asit ve trolokstan yüksek bulunduğunu bildirmiştir. Araştırmacı ayrıca yaprak ekstresinin DPPH radikali giderme aktivitesini %89, yağ ekstresinin ise %87 bulunduğunu rapor etmiştir. Balcı aspir çeşidi ile yaptığımız DPPH radikali giderme aktivitesi tayininde; pozitif kontrol olarak BHT, BHA ve Askorbik asit kullanıldı. Kontrol ve NaCl uygulama gruplarının tamamında konsantrasyon (10, 25, 50, 100, 250, 500 µg ml⁻¹) arttıkça antioksidan aktivitenin de düzenli olarak arttığı belirlendi. Tüm test grupları arasında en yüksek DPPH serbest radikali giderim aktivitesi, %91.32 inhibisyon değeri ile 150 mM NaCl uygulamasında olup pozitif kontrol olarak kullanılan BHT ve BHA'dan yüksek bulundu. Çalışmamızı destekler nitelikte Karakaş [28] tuz stresi altında çimlendirdiği buğday çeşitlerinde DPPH serbest

radikali giderim aktivitesini incelemiş ve en iyi antioksidan aktivitenin tuz stresi altındaki çeşitlerde olduğunu belirlemiştir. Aynı şekilde Oueslati ve ark. [29] *Mentha pulegium* L. bitkisinin farklı tuz konsantrasyonlarındaki antioksidan aktivitesini incelemiş ve 100 mM NaCl'deki yaprakların kontrol ile karşılaştırıldığında daha yüksek DPPH aktivitesine sahip olduğu bildirmiştir.

TEŞEKKÜR

BTÜBAP-2017-Yüksek Lisans-9

KAYNAKÇA

- [1] Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T., 2005, Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi, *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 20(3): 118-125.
- [2] Mahajan, S. and Tuteja, N., 2005, Cold, salinity and drought stresses: An overview, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444: 139-158.
- [3] Yılmaz, E., Levent, A., Bürün, B., 2011, Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri, *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1): 47-66.
- [4] Pessarakli, M. and Szabolcs, I., 1999, Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors, *Handbook of Plant Crop Stress*, ISBN 0-8247-1948-4, New York, 1198 p.
- [5] Babaoğlu, M., 2006, Dünya'da ve Türkiye'de aspir bitkisinin tarihi, kullanım alanları ve önemi, Broşür, *Trakya Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü*, Edirne.
- [6] Akman, Y., Ketenoglu, O., Kurt, L., Güney, K., Hamzaoglu, E., Tuğ, N., 2007, Angiospermae (Kapalı Tohumlular), *Palme Yayınları*, ISBN 9799944341228, İstanbul, 810s.
- [7] Kaya, Ş., 2017, Aspir (*Carthamus Tinctorius* L.) Bitkisi Balcı Çeşidinin Doku Kültürüyle *In Vitro* Çoğaltımı, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Moleküler Biyoloji Ve Genetik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 59 s., İstanbul.
- [8] Şahin, G ve Taşlıgil, N., 2016, Stratejik önemi artan bir endüstri bitkisi: Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), *Türk Coğrafya Dergisi*, 66: 51-62.
- [9] Sujatha, M., 2002, "Current Status and Future Prospects of *In vitro* Techniques and Biotechnology in Safflower Breeding", *Sesame and Safflower Newsletter*, 17: 92-97.
- [10] Singh, V. ve Nimbkar, N., 2006, Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), Chapter, 6: 167-194.

- [11] Sales, R.L., 2005, "The Effects of Peanut Safflower and Olive Oil on Body Composition, Energy Metabolism, Lipid Profile and Food Intake of Eutrophic, Normolipidemic Subjects", *Revista Nutrican*, 18:499-511.
- [12] Konar V., Aşkın Y., Türkoğlu., 2010, "Yabani Aspir (*Carthamus percisus* wild) Bitkisinin Yağ Asidi Bileşiminin İncelenmesi", *Fırat Üniv. Fen Bilimleri Dergisi*, 22: 29-36.
- [13] Babaoglu, M., Gürel, E., Özcan, E., 2002, Bitki Biyoteknolojisi 1. Doku Kültürü ve Uygulamaları, *Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları*, 374 s.
- [14] Murashige, T., Skoog, F., 1962, A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures, *Physiol. Plantarum*, 15: 473-497.
- [15] Slinkard, K. ve Singleton, V. L., 1997, Total Phenols Analysis: Automation and Comparison With Manual Methods, *American Journal of Enology and Viticulture*, 28: 49-55.
- [16] Moreno, M. I. N., Isla M. I., Sampietro, A. R., and Vattuone, M. A., 2000, Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J. Ethnopharmacol*, 71: 109 -114.
- [17] Blois, M. S., 1958, Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 26: 1119-1200
- [18] Cemeroglu, B., 2004, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 1. Baskı, Ankara.
- [19] Tozoğlu, F., 2011, Erzincan Kirazı (*Cerasus erzincanica*; Ş. Yıldırım) Sap ve Tohum Kısımlarının Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzincan.
- [20] Özdemir, F. A., Aymelek, F. Ve Karataş, F., 2011, Aspir Bitkisinde Redükte, Okside Glutatyon ile A, C, E Vitamini ve β -karoten Miktarlarının Araştırılması, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23: 65-71.
- [21] İşler, N., 2014, Aspir Tarımı, *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, Hatay.
- [22] Çaliskan, Ö., Radusiene, J., Temizel, K.E., Staunis, Z., Cirak, C., 2017, The effects of salt and drought stress on phenolic accumulation in greenhouse-grown *Hypericum pruinatum*, *Italian Journal of Agronomy* 2017; volume 12:918
- [23] Kuşoğlu, E., 2015, Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Bitkisinin Fenolik Bileşiklerinin Ve Antioksidan Aktivitesinin Tayini, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 73s.
- [24] Yu, S. Y., Lee, Y. J., Kim, J. D., Kang, S. N., Lee, S. K., Jang, J. Y., Lee, H. K., Lim, J. H., Lee, O. H., 2013. Phenolic Composition, Antioxidant Activity and Anti-Adipogenic Effect of Hot Water Extract from Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Seed. *Nutrients*. 5 (12): 4884-4907.
- [25] Khalid, A.K. and Teixeira da Silva, J.A., 2010, Yield, essential oil and pigment content of *Calendula officinalis* L. flower heads cultivated under salt stress conditions. *Scientia Horticulturae* 126: 297-305
- [26] Yuan, L., Fairchild, M.J., Perkins, A.D., Tanentzapf, G., 2010, Analysis of integrin turnover in fly myotendinous junctions. *J. Cell Sci.* 123(6): 939-946.
- [27] Bourgou, S., Pichette, A., Marzouk, B., Legault, J., 2010, Bioactivities of black cummin essential oil and its main terpenes from Tunisia. *South African Journal of Botany*; 76: 210-216.
- [28] Karakaş, P.F., 2016, Kavuzlu Siyez (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*) ve Ekmeklik (*Triticum aestivum* L.) Buğdaylarda Kurak ve Tuz Stresinin Erken Fide Gelişimi ve Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (1):107-116
- [29] Oueslati, S., Bouraoui, N. K., da Attia, H., Rabhi, M., Ksouri, R., Lachaal, M., 2010, Physiological and antioxidant responses of *Mentha pulegium* (Pennyroyal) to salt stress *Acta Physiol Plant*, 32:289-296 DOI 10.1007/s11738-009-0406-0

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE HÜCRE SICAKLIĞININ PANEL VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

İsmail KAYRI* ve Sinem AYYILDIZ**

*Batman Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: ismail.kayri@batman.edu.tr

**Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği ABD, 72060 BATMAN
e-posta: sinemayildiz3@gmail.com

Özet: Fotovoltaik sistemlerin güç çıktısı; panel alanı, panel konfigürasyonu, panellerin yatay yüzeye yerleştirilme açıları, panel yüzeyine gelen ışınım şiddeti, panel karakteristikleri, hücre/ortam sıcaklığı ve rüzgâr hızı gibi birçok faktöre bağlıdır. Fotovoltaik sistemleri etkileyen en önemli faktörlerden biri sıcaklıktır. Güneşten gelen ışınımın önemli bir kısmı fotovoltaik hücre üzerinde soğurulmakta ve hücre sıcaklığı artmaktadır. Sıcaklık fotovoltaik hücre verimini olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada, fotovoltaik panel verimini artırmak için hücre sıcaklığını su ile düşürmek ve panel üzerinde soğurulan ısı enerjisini bir avantaja dönüştürmek üzere hibrit bir sistem tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistem üzerinde yapılan bir günlük ölçümler ve hesaplamalara göre, soğutma sıvısı kullanılarak soğutulan fotovoltaik panele ait elektriksel enerji üretim değerinin, eş zamanlı enerji üreten normal fotovoltaik panele göre yaklaşık % 6 oranında daha yüksek olduğu görülmüştür. Soğutma sıvısı olarak kullanılan suya panel yüzeyinden aktarılan ısı enerjisi miktarının, bu sistemin toplam enerji kazancını oldukça yükselttiği saptanmıştır. Elde edilen verilerle yapılan hesaplamalar, grafikler ve tablolar halinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik sistemler, Enerji verimliliği, PV/T hibrit sistemler, PV hücre verimi

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CELL TEMPERATURE ON PANEL EFFICIENCY IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Abstract: Power output of photovoltaic systems depends on many factors such as panel area, panel configuration, tilt angles of the panels according to the horizontal surface, radiation intensity on the panel surface, panel characteristics, cell/ambient temperature and wind speed. One of the most important factors affecting the photovoltaic systems is temperature. A significant part of the radiation coming from the sun is absorbed on the photovoltaic cells and the temperature of the cells increases. Temperature has a negative effect on photovoltaic cell yield. In this study, a hybrid system was designed and implemented to reduce the cell temperature by water to increase the efficiency of the photovoltaic panel and to convert the heat energy absorbed on the panel into an advantage. According to one-day measurements and calculations made on the implemented system, it has been observed that the electrical energy production value of the photovoltaic panel cooled by using cooling liquid is approximately 6% higher than the normal photovoltaic panel which produces energy simultaneously. It has been determined that the amount of heat energy transferred from the panel surface to the water used as the cooling liquid, considerably increases the total energy gain of this system. Calculations made with the obtained data are presented in graphs and tables.

Keywords: Photovoltaic systems, Energy efficiency, PV/T hybrid systems, PV cell efficiency

1. GİRİŞ

Enerji ihtiyacı, gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı nüfus artışı ve sanayileşme ile gün geçtikçe artmakta ve üretim tüketim arasındaki fark da gün geçtikçe açılmaktadır. Bunun başlıca nedenleri arasında nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler gösterilebilir. Halen dünyada kullanılmakta olan enerjilerin % 90'ı fosil kökenli

dönüşümsüz enerji kaynaklarıdır. Bu enerji kaynaklarının başında kömür, petrol ve doğalgaz gelmektedir. Fosil kökenli bu enerji kaynakları sonsuz değildir ve bir gün tükenecekleri kaçınılmaz bir gerçektir. Bunun yanı sıra fosil yakıt kullanımının olumsuz yönde çok etkisi bulunmaktadır. Fosil kökenli kaynakların kullanımıyla atmosfere salınan sera etkisi oluşturan emisyonlar, doğada yaşayan tüm canlıların sağlığını direkt veya

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

endirekt etkilemektedir. Bu etkilenme genellikle, küresel iklim bozuklukları, suların ve toprağın kirlenmesi, bitki örtüsünün zarar görmesi, biyolojik çeşitlikte azalmalar, asit yağmurları, çölleşme şeklinde hissedilmektedir. Bu olumsuzluklara karşı, çevre sorunlarına neden olmayan, canlıların yaşamlarını tehdit etmeyen, temiz, güvenilir ve sürdürülebilir nitelikteki yenilenebilir enerjiler, insanoğlunun geleceği için büyük önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerjilerin üretimi ve yaygınlaşması, birincil enerji kaynaklarının temini için diğer ülkelere olan bağımlılığın ortadan kaldırılmasında da önemli bir yere sahiptir [1, 2].

Bu sebeplerden dolayı bilim dünyası bu kaynaklara alternatif olabilecek yeni enerji kaynakları arayışına gitmişlerdir. Böylelikle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim ivme kazanmıştır. Başta Avrupa ülkeleri olmak üzere birçok ülkenin yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgisi, birçok araştırma kurumunun hazırladıkları raporlara göre 2060 yılında dünya enerji ihtiyacının yaklaşık %60'ının yenilenebilir kaynaklardan karşılanacağına dair öngörülerin oluşmasını sağlamıştır [3].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının başlıcaları, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik enerjisi, güneş enerjisi, hidrojen enerjisi, dalga enerjisi ve biyo-kütle enerjisidir. Yenilenebilir enerji kaynakları; olabildiğince uzun sayılabilecek bir zaman boyunca tükenmeyecek, temelde varlığı doğadaki fenomenlere bağlı olan sürdürülebilir kaynakları ifade etmektedir. Tükenme tehlikesi olan birincil enerji kaynaklarının zararlı etkilerinden korunmak üzere daha planlı bir şekilde kullanılmalarını sağlamak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artması için çalışmalar yürütmek gerekmektedir.

Yukarıda belirtilen sorunların ortaya çıkmasıyla başlayan alternatif enerji kaynakları arayışı, bu alandaki çalışmaların, güvenilir ve çevre dostu, neredeyse limitsiz bir enerjiye sahip yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi üzerinde toplanmasını sağlamıştır. Güneş enerjisi çevre kirlenme etkisi oluşturmayan enerji üretim seçeneklerinin başında gelmektedir [4-8].

Türkiye konum itibarıyla güneşlenme süresinin fazla olmasından dolayı güneş enerjisi bakımından zengin bir ülkedir. Ülkemizde bu nedenle güneş enerjisi santralleri için yapılan yatırımlar oldukça fazladır. Aynı zamanda yapılan yatırımlar gün geçtikçe artmaktadır. Güneş panelleri önceki dönemlerde dışarıdan döviz karşılığı alınırken 2019 yılında ülkemizde üretilmeye başlanmasıyla GES tesislerinin ülkemiz için önemi daha da artmıştır. Güneş enerjisine yapılan yatırımlar hızla artmasına karşın, bu sistemlerde verimin artması için gerekli fizibilite çalışmalarının yeterli olmadığı görülmektedir. Güneş enerji santrallerinde yüksek güç üretimi ve panellerin yüksek verimle çalışması için PV hücre enerji dönüştürme oranlarının iyileştirilmesinin yanında, verimin indirekt artmasını sağlayacak çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Güneş enerjisi kullanarak elektrik enerjisi elde edilmesine ilişkin kullanılan yöntemler arasında, parabolik aynalar kullanarak ışınımın belli bir noktada yoğunlaştırılmasıyla çeşitli eriyiklerin yüksek sıcaklıklara ulaştırılması, yine benzer şekilde ışınımın yoğunlaştırılarak Stirling motora giriş sıcaklığı temini gibi yöntemler kullanılmaktadır. Ancak PV hücre üretim pazarlarının genişlemesi, sistem kurulumu yapan firma sayısının artmasıyla oluşan rekabet ortamı gibi avantajlar dolayısıyla en çok tercih edilen yöntem yarı iletken teknolojiye dayalı PV panellerle elektrik enerjisi üretimi yöntemidir. Temel çalışma ilkesi, güneşten gelen foton enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek olan PV hücreler, kullanılan yarı iletken teknolojisine göre çeşitlenmektedirler. Bunların başlıcaları mono-kristal silikon (m-Si), poli-kristal silikon (p-Si), kadmiyum tellürid (CdTe), amorf silikon (a-Si), bakır indiyum diselenid (CuInSe₂) ve bakır indiyum galyum diselenid (CuInGaSe₂) hücre teknolojileriyken, son yıllarda üzerinde çalışmaların yoğunlaştığı organik hücrelerin de PV pazarlarında yerini alacağı düşünülmektedir. Kullanılan bu teknolojilerin tümü, birbirine göre verimlilik, uygulamadaki zorluklar, üretimlerinden kaynaklanan zorluklar ve üretim maliyetleri açısından avantaj ve dezavantajlara sahiptirler [4, 9].

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir konuma sahip fotovoltaik teknolojisi yaygınlaşmasına rağmen, bu yöntem ile elektrik üretimi tesis ve işletme maliyetleri açısından geleneksel enerji üretim sistemleri ile rekabet edebilecek kadar iyi değildir. Fotovoltaik sistemlerde güç çıktısı; panel konfigürasyonu, panel alanı, panellerin yatay yüzeye yerleştirilme açıları, rüzgâr hızı, panel karakteristikleri, panel yüzeyine gelen ışınım şiddeti, panel ve çevre sıcaklığı gibi faktöre bağlıdır.

Hücre sıcaklığı, fotovoltaik sistemlerin enerji dönüştürme oranını olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bundan dolayı, fotovoltaik sistemlerin verimini artırmaya yönelik maksimum güç noktası izleyici (MPPT), tek eksen ve iki eksenli güneş izleyici sistemlerin yanında son yıllarda panel yüzeylerinin soğutulması ile ilgili verim artırma çalışmaları da yaygınlaşmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalarda, kullanılan su veya çeşitli nano akışkanların aktif veya pasif soğutma sistemleri ile beraber kullanılmalarının verim üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Bununla beraber önerilen modellerin maliyetlerinin kabul edilebilir bir düzeyde olması gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında, özellikle su ile yapılan aktif soğutma tekniklerinde, sistemi terk eden sıcak suyun evsel ve/veya endüstriyel amaçla kullanılmasını ön gören hibrit modellerin bu sistemlerin toplam verimine önemli katkılar sağladığı belirtilmektedir.

Hücre sıcaklığının panel verimi üzerindeki etkileri üzerine yapılmış bazı bilimsel çalışmalar aşağıda verilmiştir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Kumar ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada, panel sıcaklığındaki 1°C'lik artışın panel verimini % 0,5 düşürdüğünü gözlemlemişlerdir [10].

Alzaabi ve arkadaşları yaptıkları bir PV/T çalışmasında, kullandıkları poli-kristal PV paneli arka kısmına yerleştirdikleri metal profillerden su sirkülasyonu sağlayarak paneli % 15-20 civarında soğutmuşlardır. Bu değerdeki bir soğutma işlemine karşılık, soğutulan panelin normal panele göre % 15-20 civarında daha yüksek güç çıkışı sağladığı belirtilmiştir. Gerçekleştirilen sistemde % 60-70 civarında termal verim sağlandığı belirtilmiştir [11].

Krauter, panel ön yüzeyinde yaptığı soğutma işlemiyle panel sıcaklığını 60 °C'den 38 °C'ye düşürmüştür. Çalışmada, PV panel yüzey sıcaklığındaki 22 °C düşüşe karşılık günlük enerji üretiminde % 10,3 bir artış sağlandığı belirtilmiştir [12].

Mohan ve arkadaşları, panel sıcaklığının büyük seviyelere çıkabildiği ışınım yoğunlaştırılmalı PV (CPV: Consantrated PV) sistemlerinin su ile soğutulmasının verime olan etkilerini araştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. Elde ettikleri bulgulara göre, soğutmalı CPV panelin normal panele göre 4,7 ila 5,2 kat daha büyük çıkış gücü sağladığını tespit etmişlerse de, bu büyük farkın ışınımın yoğunlaştırılmasından kaynaklandığını, soğutma işleminin elektriksel verim artışına katkısının % 9'un altında olduğunu belirtmişlerdir [13].

Aktif su soğutma sistemiyle soğutulmuş paneller kullanılarak yapılan deneysel çalışmada Mohammed, % 9 civarında enerji dönüşümü sağlayan bir panelin yüzey sıcaklığının 4 °C düşürülmesi halinde enerji dönüşüm değerinin % 12'ye kadar artabildiğini belirtmiştir [14].

Huang ve arkadaşları poli-kristal panellerle gerçekleştirdikleri bir PV/T çalışmasında, panele giren ve panelden çıkan suyun sıcaklığını ölçerek suya aktarılan ısı enerjisini ve buna karşılık su sirkülasyonundan kaynaklanan soğutma işleminin PV enerji dönüştürme oranına etkisini incelemişlerdir. Sıcak su depolama tankı sıcaklığının 40 °C'nin üzerine çıkabildiği görülmüştür. Termal verim % 35,33~47,21 arasında değişirken elektriksel verimin % 12,77~14,46 arasında değiştiği kaydedilmiştir [15].

Demir ve Özkan yaptıkları çalışmada [16], temel olarak bir soğutucu radyatör üzerinde soğutulan suyun panel arka yüzeyindeki alüminyum kanallı soğutucu içinden geçmesine dayanan bir sistem kurmuşlardır. Bölgenin enlem derecesine bağlı olarak panelin yatayla yaptığı açının mevsimlik 15° artırılması ve eksiltilmesi esasına dayanan ikinci bir sistemin birlikte ve ayrı ayrı kullanılarak verimlilik üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kullanılan soğutma sistemi sadece iki paneli kapsamaktadır. Soğutma sistemi olan bir panelde mevsimlik açı ayarı bulunmakta diğerinde ise sadece soğutma sistemi bulunmaktadır. Panel arka yüzeyinde

bulunan ince soğutucu kanallar panellerle tam temas ederek ısı transferini gerçekleştirilmiştir. Mevsimlik açı ayarı yapılan paneller ve soğutulan panellerin çıkışlarına bağlanan bir adet DC wattmetre ile günlük üretilen enerjiler ölçülmüş ve not edilmiştir. Yapılan çalışmada, zenit açısının tek başına % 7,49 sıcaklığın ise % 11,17 oranında çıkış gücüne etkisi olduğu görülmüştür. Panel üzerinde yapılan soğutma işlemi ile beraber yapılan zenit açı ayarı çıkış gücünü % 17,47 oranında arttırmıştır. Fotovoltaik panellerde verimliliği etkileyen iki önemli faktör olan soğutma ve zenit açı ayarı birlikte uygulandığında, panel verimlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Fotovoltaik panellere uygulanan soğutma işlemlerinin çıkış gücünü önemli seviyelerde arttırdığı görülmektedir. Özellikle de PV/T çalışmalarında sağlanan termal enerji kazancının sistemin toplam verimini çok artırdığı görülmektedir. Fakat yapılan bu çalışmalarda genellikle panellerin soğutulmasının verime olan etkileri üzerine odaklanılmış olup, soğutma sistemlerinde kullanılan teçhizatın harcadığı enerji değerleri ihmal edilmiştir. Büyük güçlerde kurulacak bir santral için yapılacak soğutma işlemlerinin maliyeti görece düşük olacağından artan üretimle, kurulan sistemin geri dönüş süresi kısalarak uygulamanın kârlılığı artacaktır. Şehir yakınlarında kurulu olan santrallerin soğutulması için gereken soğuk su, şebeke suyundan alınarak santraldeki soğutma peteklerinden geçirilerek sistem soğutulabilir ve verimlilik artırılabilir. Bu sayede su sirkülasyonu için gerekli enerji değeri ve ısınan suyun soğutulması problemi ortadan kaldırılmış ve ısıtılmış suyun evsel veya endüstriyel ihtiyaçları karşılayacak şekilde organize edilmesi halinde sistemin veriminde büyük artışlar sağlanmış olacaktır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Deneysel setinin tanıtımı

Çalışmada, hücre sıcaklığının panel verimi üzerindeki etkisini gözlemleyebilmek için, biri normal işletme şartlarında diğeri ise soğutulmuş elektrik enerjisi üreten iki panel karşılaştırılmıştır. Deneyler çalışmalar, karasal iklimde sahip, yaz aylarının oldukça sıcak geçtiği Batman ilinde, 37°54'12" Kuzey ve 41°07'47" Doğu koordinatlarında bulunan Batman Üniversitesi Merkez Kampüsünde, yakın ve uzak gölgelenme unsurlarından etkilenmeyecek şekilde bir binanın çatı katında kurulan deneysel seti üzerinde gerçekleştirilmiştir. Batman Türkiye'nin güneydoğu bölgesinde yer almakta olup, yıllık 2873 saat güneşlenme süresi ve 1576 KWh/m² ışınım enerjisi değeri ile güneş enerjisinden çok faydalanılabilecek iller arasında gösterilmektedir. Test verileri, güneşlenme süresi ve ortam sıcaklığının uygun olduğu tarihler arasında elde edilmiştir. Soğutma işleminde kullanılan suyun hava sıcaklığından asgari düzeyde etkilenmesi için strafor köpükten yapılmış bir kutu kullanılmıştır. Bu kutunun hacmi yaklaşık 60 litredir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Düşük su sıcaklıklarına ait verilerin de elde edilebilmesi için, testlerden önce suya buz ilavesi yapılmıştır.

DeneySEL çalışmada, Şekil 1’de gösterilen 22 Wp gücünde 2 adet poli-kristal silikon panel kullanılmıştır. Paneller güney yönüne bakacak şekilde 32° eğim açısıyla konumlandırılmıştır.



Şekil 1. DeneySEL çalışma için gerçekleştirilen düzenek

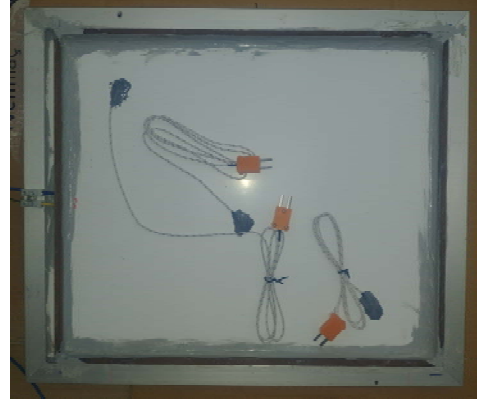
PV panellerin en önemli karakteristik özellikleri, panelin üreteceği maksimum güç (P_{max}), kısa devre akımı (I_{sc}), açık devre gerilimi (V_{oc}), optimum yük değeri altında üretilen gerilim (V_{mp}) ve akım (I_{mp}) değerleridir. Bu değerler STC’de (STC: Standard Test Conditions) elde edilen değerler olup PV panellerin etiket değerleri olarak sunulmaktadır. DeneySEL çalışmada kullanılan PV panellere ait karakteristik özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan PV panellere ait karakteristik özellikler

Maksimum güç (P_{max})	22 W
Güç toleransı	Sadece pozitif
Optimum işletme akımı (I_{mp})	1,25 A
Optimum işletme gerilimi (V_{mp})	18.2 V
Kısa devre akımı (I_{sc})	1,31 A
Açık devre gerilimi (V_{oc})	22,58 V
Ağırlık	2,00 kg
Ebat	360x420x20 mm
Maksimum sistem voltajı	600 V
AM= 1.5 E=1000 W/m ² T _c =25 °C	

Soğutma işleminde akışkan olarak su kullanılmıştır. Soğutma sıvısının panel yüzeyine püskürtülmesi şeklinde gerçekleştirilen soğutma sistemleri uygulamada kolaylıklar sağlasa da, oluşan nemli panel yüzeyinin tozlanmaya ve çamurlaşmaya elverişli bir yüzey haline gelmesi ve panel yüzeyinde oluşan su damlacıklarının mercekle etkisi yaparak hücre malzemesine zarar vermesi, bu sistemleri uzun vadede ekonomik olmaktan uzaklaştırmaktadır. Bundan dolayı PV panel, arka EVA (EVA: Ethylene - vinyl acetate) tabakası kısmından

soğutulmuştur. Şekil 2’de soğutma işlemi uygulanan PV panelin pleksi levha ile havuz haline getirilmiş ve yüzey sıcaklığının ölçülmesi için farklı noktalarına tespit edilmiş termokupllar gösterilmiştir.



Şekil 2. Soğutulan panel arka görüntüsü

Kapalı bir ortam oluşturulmak üzere, panelin arka kısmı 2 mm kalınlığında alüminyum levha ile kapatılmıştır. Soğutma suyunun panelin alt kısmında girip üst kısmında çıkabileceği şekilde bir yapı oluşturulmuştur. Suyun sıcaklığı ölçülmek üzere, giriş ve çıkış noktalarına da 2 adet termokupl tespit edilmiştir. Panelin alt, orta ve üst kısımlarında bulunan hücre sıcaklığını ölçmek üzere kullanılan 3 adet, suyun giriş – çıkış sıcaklığını ölçmek üzere kullanılan 2 adet olmak üzere toplam 5 adet termokupl panel iç havzasından dışarı çıkarılmıştır. Şekil 3’te soğutulan panelin tamamlanmış arka kısım görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3. Soğutulan panelin tamamlanmış arka görüntüsü

Deney düzeneğinde bulunan PV panellerin iki görevi bulunmaktadır; birincisi, panelin soğutulması ile verimi artırılmış elektrikselle enerji dönüşümü iken, ikincisi panel üzerinde soğurulan ışınımın ısı etkisiyle elde edilen sıcaklığı artırılmış su elde etmektir. Bu şekilde iki kazanç elde edilen hibrit bir yapı sağlanmış olmaktadır. Deney düzeneğinde bulunan büyüklüklerin hassas bir şekilde ölçülmesi ve kaydedilmesi gerekmektedir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

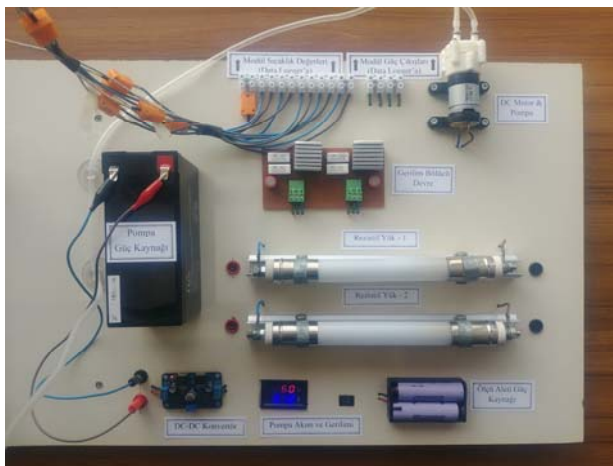
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Farklı şartlar altındaki PV panellerin ürettikleri enerji miktarlarının karşılaştırılmasına yönelik çalışmalarda en çok tercih edilen yöntemlerden biri de panellerin değeri bilinen rezistif karakterli bir yük ile yüklenmesidir. Bu yaklaşım, PV hücre modellerine dayanarak elde edilen lineer olmayan sıcaklık katsayılarına ihtiyaç duymayan, tamamen somut sonuçlara dayalı hesaplar içerdiğinden, deneysel çalışmanın özüne daha uygundur. Kullanılan her iki panelin de STC'de ürettikleri güç değerinde rezistif yüklerle yüklenmesi sağlanmıştır. Bunun için iki adet rezistif yük tasarlanmış ve üretilmiştir. Rezistif yükler krom nikel CN80 (%80 Ni, %20 Cr) malzemesinden üretilmiştir.

Bu yükleri besleyen panellerin gerilim değerinin sık ve periyodik bir şekilde ölçülmesi sağlanmıştır. Bunun için data-logger cihazı kullanılmıştır. Ancak data-loggerlar genel olarak maksimum 5 V gerilim ölçecek şekilde tasarlanmaktadır. Panellerin yük altında ürettikleri gerilim değeri ise çoğu zaman 5 V'un üzerindedir. Bu gerilim değerinin ölçülebilmesi için gerilim bölücü bir devre tasarlanmıştır.

Suyun sirkülasyonunun sağlanması için 3 ila 12 volt arasında çalışabilen bir DC motorun çalıştırdığı pompa kullanılmıştır. DC motor için gerekli enerji, 12 Volt 9 Ah kapasitesinde kurşun asit bir akünün beslediği DC-DC konverter devresi ile sağlanmıştır. DC motorların en önemli avantajlarından biri devir hızının gerilim ile çok basit bir şekilde ayarlanabilir olmasıdır.

Deneysel çalışmada kullanılan, rezistif yükler, DC motor & pompa, gerilim bölücü devre ve DC-DC konverter devresi Şekil 4'te gösterilen bir yapı üzerine monte edilmiştir. Termokupllar ve gerilim bölücü devreden gelen verilerin data logger ile bağlantısı sıra klemensler ile sağlanmıştır.



Şekil 4. Deneysel çalışmada kullanılan bileşenleri

Deneysel çalışmada PV panellerin ürettiği güç değerleriyle beraber, global radyasyon miktarı ve hava sıcaklığı değerleri de ölçülmüş ve data logger ile kaydedilmiştir. Çalışmada Cambell Scientific firmasının CR1000 model data-loggeri kullanılmıştır. Hava sıcaklığını ölçmek üzere Cambell Scientific firması tarafından üretilen HC2S3

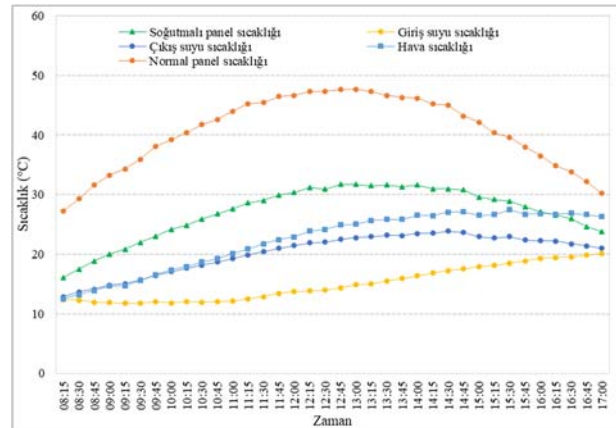
probu kullanılmıştır. Ürünün ısı sensörü -40 ile +60 °C aralığında ölçüm yapabilmektedir. Şekil 5'te kullanılan data logger'a ait fiziksel bağlantılar gösterilmiştir.



Şekil 5. Data logger ve bağlantıları

3. BULGULAR

Yukarıda tanıtımı yapılan deney seti bir gün boyunca DC motor gerilim değeri 5 Volt olacak şekilde çalıştırılmıştır. Bu durumda suyun debisi 0,4 l/dk'dır. DC motor 0,25 A akım çekerek 1,25 W güç tüketmektedir. Soğutulan ve normal PV panelin ürettiği enerji değerleri, global radyasyon miktarı ve hava sıcaklığı değeri 5 dakikalık periyotlarla 5 saniyede bir alınan verilerin ortalaması olarak kaydedilmiştir. Ancak grafiklerin daha okunaklı olması için grafikler 15'er dakikalık periyotları kapsayacak şekilde çizilmiştir. Şekil 6'da bir gün boyunca ölçülen hava sıcaklığı, normal panel sıcaklığı, soğutmalı panel sıcaklığı, giriş suyu sıcaklığı ve çıkış suyu sıcaklığı grafik olarak sunulmuştur.

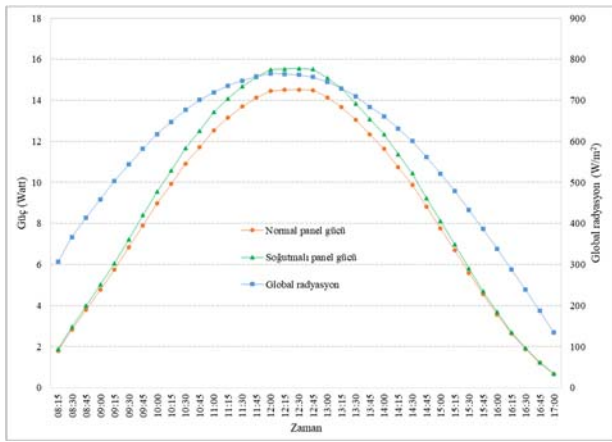


Şekil 6. Sıcaklık değerlerinin gün boyunca değişimi

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Şekil 6'ya göre giriş suyu ve çıkış suyu sıcaklığı, su deposunda bulunan suyun gün boyunca sirkülasyonu sonucu panel yüzeyinden suya transfer edilen ısı nedeniyle arttığı görülmektedir. Yaklaşık 12,5 °C ile başlayan hava sıcaklığının saat 14:30 dolaylarında 27 °C'ye ulaştığı ve deney sonuna kadar bu değerde seyrettiği görülmektedir. Sabah ve akşama doğru, soğutmalı ve normal panele ait yüzey sıcaklığı farkının, global radyasyon değerinin görece yüksek olduğu saatlere göre azaldığı tespit edilmiştir. Normal panel yüzey sıcaklığının en yüksek değeri saat 13:00'da 47,66 °C, soğutmalı panel yüzey sıcaklığı ise yine bu saate yakın bir anda 31,71 °C olarak ölçülmüştür.

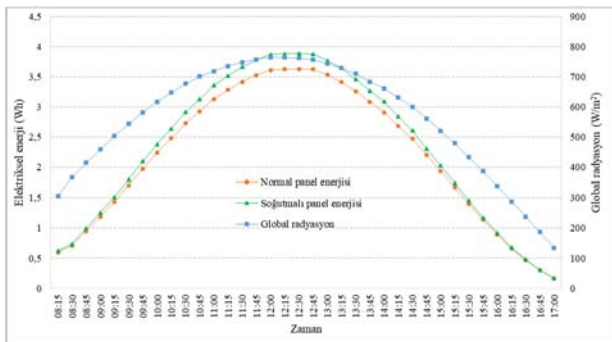
Şekil 7'de bir gün boyunca global radyasyon miktarı ile normal ve soğutmalı panelin ürettiği güç değerleri grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 7. Panellerin ürettiği güç değerleri

Şekil 7'deki grafiğe göre, normal ve soğutmalı panellerin ürettiği güç değerleri arasındaki farkın global radyasyon miktarı ile yakından bir ilişki içinde olduğu görülmektedir. Güç değerleri arasındaki farkın en yüksek olduğu 1,04 Watt değeri saat 12:00'da ölçülmüştür. Bu saatte normal panel gücü 14,46 W iken, soğutmalı paneli ürettiği güç 15,5 W değerindedir. Buna göre soğutma işlemi bu anda panel verimini % 7,19 oranında artırmıştır. Bu saatte panel sıcaklıkları arasındaki fark yaklaşık 16 °C'dir.

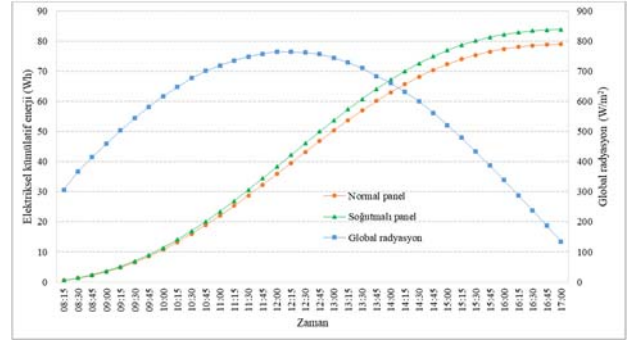
Şekil 8'de bir gün boyunca global radyasyon miktarı ile normal ve soğutmalı panelin ürettiği enerji değerleri grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 8. Panellerin ürettiği enerji miktarları

Enerji değeri, güç değerinin zamana bağlı bir fonksiyonu olduğundan Şekil 8'deki grafiğin formu Şekil 7'deki grafiğin formuna benzer çıkmıştır. Panellerin ürettiği kısmî enerji değerleri arasındaki en büyük fark saat 12:00'da 0,26 Wh olarak ölçülmüştür. Bu saatte normal panelin ürettiği enerji 3,613 Wh iken, soğutmalı paneli ürettiği enerji değeri 3,873 Wh'tir.

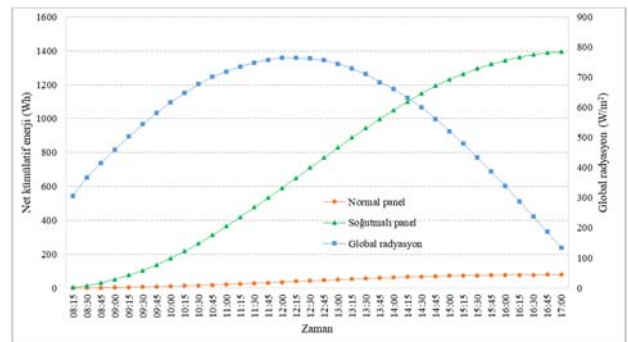
Şekil 9'da bir gün boyunca global radyasyon miktarı ile normal ve soğutmalı panelin ürettiği enerji değerleri kümülatif olarak gösterilmiştir.



Şekil 9. Panellerin ürettiği kümülatif enerji miktarları

Şekil 9'daki grafiğe göre, hem normal hem de soğutmalı panellerin ürettiği enerjilerin kümülatif değerleri, global radyasyon değerinin yüksek olduğu bölgelerde daha hızlı artan bir eğilim göstermektedir. Gün sonundaki değerlere göre, normal panelin ürettiği toplam enerji değeri 79,025 Wh iken, soğutmalı panelin ürettiği toplam enerji 83,887 Wh'tir. Bu sonuçlara göre soğutma işlemi, normal panele göre % 6,15 civarında verim artışı sağlamıştır.

Şekil 10'da bir gün boyunca global radyasyon miktarı ile normal ve soğutmalı panelin ürettiği net enerji değerlerine ait kümülatif gösterim grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 10. Panellerin ürettiği net kümülatif enerji miktarları

Şekil 10'daki grafikte soğutmalı panelin enerjisi; $E_T = E_e + E_t - E_p$ olarak elde edilmiştir. Burada E_T toplam enerjisi, E_e elektriksel enerjisi, E_t termal enerjisi ve E_p pompamanın tükettiği enerjisi ifade etmektedir. Gün sonundaki değerlere göre, normal panelin ürettiği toplam enerji değeri 79,025 Wh iken, elektriksel ve termal olmak üzere soğutmalı panelin ürettiği toplam enerji değeri 1395,33 Wh'tir. Bu sonuçlara göre, soğutmalı panelin hibrit bir PV/T modeli olarak işletilmesi halinde, normal

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

panelin yaklaşık 17,65 katı kadar bir enerji ürettiği görülmektedir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada fotovoltaik sistemlerdeki panel sıcaklığının panel verimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Su kullanılarak aktif bir soğutma işlemi uygulanan bir PV panel ile normal işletme şartlarında çalıştırılan bir PV panel; güç, enerji, kümülatif enerji değerlerine göre verimlilik açısından karşılaştırılmıştır. 1 gün boyunca panellerin ürettiği enerji değerlerinin yanında, eş zamanlı olarak hava sıcaklığı, global radyasyon değeri, panel hücre sıcaklıkları, soğutma suyunun giriş ve çıkış sıcaklıkları 5'er dakikalık periyotlarla ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Elde edilen veriler üzerinde hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar grafik şeklinde sunulmuş yorumlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, soğutma işleminin günlük elektriksel enerji üretimini % 6,15 oranında artırdığı görülmüştür. Çalışmada ayrıca, panel yüzeyinden suya aktarılan termal enerji değeri de ölçüm sonuçlarına göre hesaplanmış ve normal panele göre enerji kazancı tespit edilmiştir. Uygulamanın hibrit bir model olarak çalıştırılması halinde soğutma işleminin sağladığı elektriksel verim ve termal kazanç bir arada düşünüldüğünde, normal panelin 17,65 katı kadar büyük oranda bir enerji üretimi sağlandığı görülmüştür. Çalışma, küçük boyutlu elektriksel ve mekanik teçhizatla gerçekleştirilmiş olsa da, elde edilen sonuçların büyük kurulu güçlere sahip sistemlere ışık tutacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. 2009. Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi, ISBN: 978-605-89548-2-3. DEKTMK Yayın No: 0011/2009, EKC Form Ofset, Ankara.

[2] Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. 2015. "Meteoroloji Laboratuvarı/Yenilenebilir Enerjiler/Güneş Enerjisi"

[3] Görez, A. ve Alkan, A., 2005. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları ve hidroelektrik enerji potansiyeli, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Antalya, Türkiye, Ekim 2005, s. 21-22.

[4] Kayri, İ. (2017). Güneş panelleri ile üretilen enerjinin ortam bilgileri kullanılarak yapay sinir ağlarıyla tahmini, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

[5] Borhanazad, H., Mekhilef, S., Saidur, R. and Boroumandjazi, G., 2013. Potential application of

renewable energy for rural electrification in Malaysia, *Renewable Energy*, 59, 210-219.

[6] Juswanto, W. and Ali, Z., 2016. Renewable Energy and Sustainable Development in Pacific Island Countries, *Adbi Institute*, 5, 1-6.

[7] Goldemberg, J. and Bioethanol, S.B., 2003. Energy and sustainable development, in *Worlds Apart: Globalization and the Environment*, pp. 53-65, Ed. Speth, J.G., Island Press, Washington.

[8] Kaya, M.N., Aksoy, M.H. and Kose, F., 2017. Renewable energy in Turkey: potential, current status and future aspects, *Ann Faculty Eng Hunedoara*, 15, 65.

[9] Varınca, K. B., & Gönüllü, M. T. (2006). Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma. *Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 21-23.

[10] K. Kumar, S.D. Sharma, L. Jain, R. Al Khaimah, Standalone Photovoltaic (PV) Module Outdoor Testing Facility For UAE Climate, *Submitted To CSEM-UAE Innovation Center LLC*, (2007)

[11] Alzaabi, A. A., Badawiyeh, N. K., Hantoush, H. O., & Hamid, A. K. (2014). Electrical/thermal performance of hybrid PV/T system in Sharjah, UAE. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, 3(4), 385-389.

[12] S. Krauter, Increased Electrical Yield Via Water Flow Over The Front of Photovoltaic Panels. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 82(1-2) (2004) 131–137. Doi:10.1016/j.solmat.2004.01.011

[13] M. Kolbe, D. Bin, E. Hu, Water Cooled Concentrated Photovoltaic System. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, 2(2) (2013), 159–163. Doi: 10.12720/sgce.2.2.159-163

[14] M.M. Musthafa, Enhancing The Photoelectric Conversion Efficiency of Solar Panel by Water Cooling, *Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications*, 5(4) (2015), 166. Doi: 10.4172/2090-4541.1000166

[15] C.Y. Huang, H.C. Sung, K.L. Yen, Experimental Study of Photovoltaic/Thermal (PV/T) Hybrid System, *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, 2(2) (2013), 148–151. Doi: 10.12720/sgce.2.2.148- 151

[16] H.B. Demir, A.O. Özkan, Fotovoltaik Panellerde Sıcaklık ve Zenit Açısının Panel Güç Üretimine Etkisi, *Necmettin Erbakan University Journal of Science and Engineering*, v.1, n.1, (2019), 1-9

Forest wildfire burned area and severity prediction using a Sentinel 2-derived spectral index

Kemal Gökkaya

Abstract

Wildfires are natural disasters that lead to functional and structural changes in ecosystems. The quantity and frequency of forest wildfires have been increasing in recent years in different parts of the globe. The Mediterranean Basin is one of the most sensitive regions to be affected from the adverse warming effects of climate change. Turkey is one of the countries in the Mediterranean Basin and its western and southern coastal regions are part of the Mediterranean Sea. Not surprisingly, numerous forest fires occurred in Turkey in recent years resulting in both property and life losses. Consequently, it's necessary to monitor the extent and severity of forest fires. The objective of this study was to determine i) the extent of the burned area, and ii) the degree of the severity of burned area resulting from a forest fire using a Sentinel derived spectral index. Using the Normalized Burn Ratio (NBR) index approximately 1500 ha of area was predicted to be burned and 50% of it was severely burned. NBR is an effective index to delineate fire area extent and identify burn severity. Sentinel 2 data provide a fast and detailed means to monitor forest fire extent and severity.

Introduction

Wildfires are natural disasters that lead to functional and structural changes in ecosystems. The quantity and frequency of forest wildfires have been increasing in recent years in different parts of the globe (Hirschberger, 2016). Global climate change is an important contributor to this increasing trend in forest wildfire occurrence (Mack et al. 2021). The Mediterranean Basin is one of the most sensitive regions to be affected from the adverse warming effects of climate change. Turkey is one of the countries in the Mediterranean Basin and its western and southern coastal regions are part of the Mediterranean Sea. Not surprisingly, numerous forest fires occurred in Turkey in recent years resulting in both property and life losses. Consequently, it's necessary to monitor the extent and severity of forest fires.

However, ground surveys to detect the extent of burned areas are difficult and costly because of complex terrain, large and inaccessible area, and bad weather conditions including smoke and high temperatures. On the other hand, remote sensing imagery provides an easy and accurate means to detect forest fire extent. Medium resolution satellites such as Landsat (with 30 m spatial resolution) have been used to detect the extent of burned areas (Liu et al. 2020, more). Sentinel satellite imagery is a more recent and higher spatial resolution (20 m) data compared to Landsat.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Method was 158% and 132%. Both investor institutions and construction companies; Knowing the error rates of the preliminary estimation methods used in the preliminary design phase of the buildings, it is thought that the approximate construction cost estimation will contribute to the realization of the project.

Keywords: Building Cost, Preliminary Cost Methods, Area Method, Volume Method, Storey Enclosure Method

1.GİRİŞ

İnşaat sektöründe maliyet tahmini, maliyet planlaması ve bütçeleme için esastır ve proje geliştirmenin tüm aşamalarında yer alır. Proje, tasarımın ilk aşamalarından inşaat aşamasına kadar geliştikçe, maliyet tahmini yöntemleri değişir. Prensipten olarak, proje geliştikçe, daha fazla bilgi elde edilebilir hale gelir, dolayısıyla daha doğru tahmin olabilir ve daha kesin tahmin yöntemleri olabilir. Buna göre uluslararası platformda tahmin yöntemleri şu şekilde gruplandırılabilir (beklenen kesinlik parantez içinde belirtilmiştir):

- Başlangıç aşamasındaki tahmin yöntemleri (%30 ila %50)
- Tasarım aşaması tahmin yöntemleri (%15 ila %30)
- İnşaat aşaması tahmin yöntemleri (%5 ila %15).

İlk iki sınıfa dahil edilen yöntemler ile yukarıdaki son sınıfa dahil edilenler arasındaki temel fark, birincisinin güvenilir tarihsel maliyet verilerine bağlı olması, ikincisinin ise projenin tamamlanması için gereken kaynakların maliyetlerine dayalı analitik bir yaklaşım izlemesidir. Ayrıca, tasarım ekibi tarafından proje hakkında daha fazla bilgi yayımlandıkça tasarım aşamasında tahminin doğruluğu artar.

Herhangi bir inşaat işinin maliyet tahmini çeşitli yöntemlerle yapılır. Maliyet tahmin yöntemlerini kullanarak tahminin yaklaşık değeri elde edilir. Tahminde hesaplanan miktar, projenin yürütülmesine göre neredeyse kesindir. Bu yöntemlerin kullanımı temel olarak tahmin edilen yapının tasarım türüne ve şekline bağlıdır, yani dairesel, dikdörtgen, çerçeve vb. [1].

Ön maliyet tahmini bir inşaat projesinin fizibilite, ön tasarım aşamasında gerçekleştirilen konsept maliyet tahminidir. Gerçekleştirilen literatür araştırmasında daha çok inşaat maliyetini içermekte fakat bazı çalışmalarda ilk yatırım maliyeti olarak değerlendirilmektedir. Ön maliyet tahmini için gerekli en önemli dört ana eleman geçmiş projelerden oluşan bir veritabanı; geçmiş maliyet değerlerini güncellemeyi sağlayan maliyet indeksleri, güncel üretkenlik oranları, spesifik saha

koşulları vb. gibi bilgileri içeren güncel veri tabanı; tahmin algoritmalarını içeren bir tahmin metodolojisi, yöntemi ve tüm bunları organize eden tahmincidir[2].

Yeni proje nitelikleri maliyet tahmini metodolojisine bağlı olarak gerektiği şekilde belirtilir. Geçmiş projelere ait veri tabanında da gerçekleştirilmiş projelerle ilgili maliyet bilgileri, üretkenlik değerleri vb. gibi bilgiler bulunur. Güncelleme veri tabanı da maliyet indeksleri ile güncel üretkenlik verilerinden oluşmaktadır. Maliyet tahmini metotları, tasarım değişkenleri, yapım metotları, yapım işlemlerinin zamanlaması ve yapıya ilişkin çeşitli özelliklerin göz önünde bulundurulmasıyla oluşturulmuş yöntemlerdir [3].

Bu çalışmada birinci derecede incelenen ön maliyet yöntemleri , bu yöntemlerin avantajları ve dezavantajları aşağıda açıklanmıştır.

1.1.Hacim Yöntemi

Yapının maliyetinin hacmine dayanarak hesaplandığı bir yöntemdir. Bu yöntem özellikle İkinci Dünya Savaşı sırasında yaygın olarak kullanılmıştır [4]. Bu yöntemde yapı maliyetinin yapı hacmine oranı olarak tanımlanan metre küp maliyet, yükseklik faktörünü de dikkate almak istediğinden doğmuştur. Yöntemin uygulandığı ülkelerde tahmin büroları ellerinde bir küp kitabı bulundurmakta ve bir proje için sözleşme imzalandığında kabul edilen teklifin değerini bina hacmine bölerek bu kitaba işlemekteydi [4]. Bu yöntem, maliyetleri karşılaştırılan binalar çok büyük benzerlikler taşımadıkça fazla kullanışlı olmamaktadır. Kat adedindeki farklılıklar bile maliyetlerde büyük sapmalara ve hesap hatalarına neden olabilmektedir.

İlave bir kat, birçok imalat miktarını artırır ve maliyete önemli ölçüde yansır. Tüm bu eksiklikler çoğu tip projelerin tahmininde hacim yönteminin terk edilmesine sebep olmuştur. Bina maliyetinin hacimden çok, döşeme alanı ile sıkı bir ilişki içinde olduğunun anlaşılmasından itibaren bu maliyet tahmin yöntemi bugün de çoğu proje tipinde pek kullanılmamaktadır. Genellikle Devlet Su İşleri kurumunun bazı projelerinde kullanılabilmektedir

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

[5]. Bu yöntem belli bir hacme sahip bina tipi yapılarda yani depolar, kapalı spor salonları, büro binası vb. yapılarda uygulanabilir. Bu yöntem aşağıdaki aşamalar doğrultusunda maliyet tahmini ve hesaplamalarında uygulanmaktadır: 1) Bu yöntemde yapılacak ilk iş proje tipi seçilir. (hastane, tiyatro binası vb.) 2) Belirli kıstaslar göz önüne alınarak benzer projeler veritabanından süzülür. 3) Bu aşamada benzer projelerin hacmi hesaplanır. RIBA (Royal Institute of British Architects) tarafından temel işlemsel kuralları konulmuş binanın her bir parçasının, en, boy ve yüksekliğinin (dış ölçüler) çarpımıyla binanın m³ hacim miktarı elde edilir [6].

Avantajı: Bu yöntemin tek avantajı kolaylığıdır [4].

Dezavantajları:

- Yapı sahibini faydalı alan hakkında bilgilendirmeme,
- Plan formu, kat sayısı gibi faktörleri dikkate almaması [6].
- Ayrıca binanın özelliklerine bağlı olarak m³ birim belirlenmesi de oldukça zordur.

Aynı yapı hacmine sahip binaların maliyetini eşit veren yöntem ile avan proje aşamasında hesap yapılabilmesine karşın, gerçekte farklı maliyete sahip olan alternatif projeler arasında seçim yapılamaz [7].

1.2. Birim Alan Yöntemi

Taban alanı yöntemi, basitliği nedeniyle birçok Avrupa ülkesinde çok popülerdir. Ayrıca ön tahmin için de yeterlidir, ancak açıkçası yukarıda açıklanan birim başına maliyet yönteminden daha fazla proje bilgisine ihtiyaç duyar. Projenin toplam maliyeti şu şekilde verilecektir:

Toplam maliyet = metrekare başına maliyet x toplam proje alanı.

Birim alan yöntemi, plan alanı ilişkisiyle maliyeti belirleyen ve uygulamada en çok kullanılan bir yöntemdir. Planın biçimsel yönden özellik göstermediği ve kat yükseklikleri arasındaki farklılaşmaların az olduğu durumlarda kullanılabilir. Bu yöntemde kullanılacak projeler % 100 tamamlanmış olmalıdır [8]. Bu model konut, fabrika, depo, hastane, okul, kule vb. inşaat projelerinde uygulanabilir.

Yöntemin kullanılabilmesi için yapının öncelikle her kat seviyesinde iç boyutları ölçülmelidir. İç duvarlar,

kanallar, asansörler veya merdiven kasaları için herhangi bir kesinti yapılmaz. Önceki benzer binaların maliyetleri, yukarıdaki ifade kullanılarak toplam proje maliyetinin hesaplanmasında kullanılacak metrekare başına sağlam bir maliyet oluşturmak için kullanılır. Konum ve enflasyon için geçmiş verilerde ayarlamalar yapılabilir.

Avantajları:

- Hacim ve birim yöntemlerine göre daha hassastır.
- Maliyetin döşeme alanı ile olan ilişkisi hacmi ile ilişkisinden daha fazladır [4].
- Bu yöntem bina planının biçimsel açıdan farklılık göstermediği ve kat yüksekliklerinin arasındaki değişiklikler büyük değilse kullanılabilir.
- Plan şeması, büyüklük vb. gibi faktörler, göz önüne alındığından bu yöntem sonucu elde edilen tahmin güvenilir olmaktadır [6].

Dezavantajları:

- Bu yöntemde üçüncü boyuta ait özellikler yoktur. Bu da bina kabuğunda oluşan ve farklı malzeme girdilerinden dolayı denetlenemeyen bir takım maliyet sapmalarının oluşmasına neden olmaktadır [7].
- Plan şeklindeki değişiklikleri ve toplam bina yüksekliğini doğrudan hesaba almaz [7].
- İnşaat yeri ve koşulları, inşaat yöntemleri, malzemeler, dış yüzey kalitesi, tesisat özellikleri ve kalitesi gibi birçok değişkene dağıtım yapılması gerektiğinden dolayı mevcut binaların bilinen fiyatlarının değerlendirilerek m² birim fiyatının tespit edilmesi zordur.
- Avan proje evresinde maliyet hesabı yapılacak aynı alana sahip iki binanın bu yöntem sonucu maliyeti aynı olmasına rağmen gerçekte farklı olmasından dolayı projeler arasında seçim yapılamaz [7].
- Kat yüksekliği, plan biçimi, büyüklüğü, inşaatların kalite sınıfları arasındaki farklar gibi etkenler gözönüne alınmadığı için sonuçlar yeteri kadar hassas değildir [9].
- Alan yöntemi, bina kat yüksekliği çok fazla ise güvenilir değildir [4].
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı m² maliyet verileri bir yıl için belirlenmekte bu nedenle bu bilgiler tahminin gerçekleştirileceği gün için güncel nitelik taşımamaktadır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

1.3.Kat Kabuğu Yöntemi

Kat kabuğu yöntemi, yapının dış duvarları, kat döşemeleri ve çatı döşemesi alanlarının hesaplanarak bu alanların da her birinin belirli katsayılarla çarpılması sonucu elde edilen değerlerin toplamı sonucunda —kat kabuğul olarak adlandırılan değer ile yapının maliyeti arasında kurulan ilişkiye dayanmaktadır [7]. Bu model depolar, büro binası vb. gibi inşaat projelerinde uygulanabilir. Bu modeldeki parametreler bina tipi, inşaatın yapıldığı yer, (kat döşeme alanları, çatı alanı ve dış duvarların alanıdır). Bu model aşağıdaki aşamalar doğrultusunda uygulanır:

- 1) Proje tipi seçilir. (otel, apartman, hastane vb.)
- 2) Belirli kıstaslar göz önüne alınarak benzer projeler proje veri tabanından süzülür.
- 3) Seçilen projelerin kat kabuğu değeri hesaplanır.

Avantajları:

- Binanın plan şemasına daha fazla önem verdiği için diğer metotlardan daha hassas sonuçlar verir [7].
- Yöntem plan biçimini, kat yüksekliklerini ve yapının tüm yüksekliğini hesaba kattığından diğer modellerden daha başarılı bulunmaktadır. Dezavantajları:
- Veriler kolay elde edilememekte bu da yöntemin kullanımını engellemektedir [6].
- Tüm duvar, döşeme ve çatının tek tek alanları ölçüldükten sonra ayrı katsayılarla çarpılması yöntemin eleştirilmesine sebep olmuştur.
- Bu yöntem de binanın fiziksel formunu gözönüne almamaktadır [4].

Bu yöntem önerildiğinde, diğer tek oranlı tahmin yöntemlerinde tespit edilen sorunların plan şekli ve kat yüksekliğindeki değişimler dikkate alınarak aşılması hedeflenmiştir. Ne yazık ki, diğer tek oranlı yöntemlerden çok daha fazla hesaplama gerektirdiğinden ve ihtiyaç duyulan oranlar doğrudan geçmiş verilerden çıkarılamadığından, yöntem inşaat uzmanları tarafından tam olarak benimsenmedi.

Diğer birçok faktör bir tahminin doğruluğunu etkiler. Yanlış fiyatlandırma kullanımı, fiyat bilgilerinin kullanılabilirliği ve uygun fiyatlandırma yöntemleri gibi tahmin prosedürü sırasında hatalar meydana gelir. Hatalı atlanan öğeler veya yanlış boyutlar gibi tasarım değişiklikleri ve eksik veriler de çıktıyı etkiler. Tahmincinin belirli maliyet

kalemlerini gözden kaçırmak veya atık parçaları planlamamak gibi kötü yargıları, doğruluğu etkileyen insan hatasının bir parçasıdır. Hava durumuna bağlı belirsizlikler, inşaatteki gecikmeler, denetim politikaları, farklı inşaat yöntemleri, ekonomik ve siyasi konular, değişen inşaat teknolojisi, ekipman ve malzemelerin mevcudiyeti ve işgücü verimliliğindeki farklılıklar maliyet tahminlerinin doğruluğunu etkileyebilecek dış etkilere bazılarıdır [10].

Kuruoğlu ve arkadaşları inşaat sektöründe kullanılan ön maliyet tahmin yöntemlerini; ülkemizdeki bilinirlikleri ve kullanım oranları açısından değerlendirilmiştir. Çalışmada, ülkemizde en çok bilenen yöntemlerin benzer proje ile karşılaştırmaya dayalı yöntemler olduğu görülmektedir. Kullanım oranları açısından ise en fazla ortalama birim alan maliyetine dayalı ön tahmin yönteminin ve ikinci olarak ortalama fonksiyonel birim maliyetine dayalı ön tahmin yönteminin tercih edildiği görülmüştür. Bu yöntemleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın m² tahmin yöntemi ve benzer projelerin maliyet verilerinin güncelleştirilmesine dayalı tahmin yöntemi izlemiştir [11].

Uğur ve Akdik'in 2019'da yaptıkları bir araştırmaya göre; Aydın ilinde yapımı gerçekleştirilen "zemin + 4 katlı, 20 daireli" bir konut yapısının Birim Fiyat Yöntemi ile hesaplanan maliyetiyle; Birim Alan Yöntemi, Kat Kabuğu Yöntemi ve Hacim Yöntemi ile hesaplanan maliyetler arasında sırasıyla; %128, %156 ve %86 düzeylerinde farklar bulunduğu tespit edilmiştir [12].

2.AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Rayiçleri esası ile maliyeti hesaplanan okul ve hastane yapılarının ön maliyetleri; Alan, Hacim ve Kat Kabuğu Yöntemleri ile yeniden hesaplanarak aradaki oransal maliyet farkları karşılaştırılmıştır. Bunun için 2020 yılında inşaatları tamamlanmış; Düzce ili dahilinde Milli Eğitim Bakanlığı bünyesinde yapısı tamamlanan 5 okul projesi ve Bursa, Düzce, Çanakkale, Diyarbakır ve Isparta illerinde Sağlık Bakanlığınca yaptırılan 5 hastane projesi esas alınmıştır. Her projenin farklı yöntemlerle hesaplanan maliyet değerleri; Birim Fiyat Yöntemi maliyetleri ile karşılaştırılarak hata oranları belirlenmiştir. Edinilen bulgular tablolar yardımı ile anlaşılmış ve karşılaştırılmıştır. Hesaplamalarda 2020 yılı maliyetleri esas alınmıştır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

3.BULGULAR

maliyet değerlerinin Birim Fiyat Yöntemi bulguları ile karşılaştırıldığı veriler Tablo 1.'de sunulmuştur.

Düzce ilinde yapımı tamamlanan 5 okul yapısına ait farklı yöntemlerle hesaplanan maliyetler ve bu

Tablo 1. Okul Maliyetlerinin farklı yöntemlere göre değerleri ve Hata ortalamaları

	OKUL BİNALARI				
	Düzce Gümüşova Ortaokulu	Merkez Anaokulu	Fatih İlkokulu	Bolu Kültür Ortaokulu	Yığılca ÇPL
Derslik Sayısı (Adet)	16	6	12	32	6
Öğrenci Sayısı (Adet)	320	200	210	750	240
Kat Sayısı (Adet)	5	2	3	5	2
Taban Alanı (m ²)	3920	660	3398	2200	512,7
Yapı Alanı (m ²)	23520	1320	13592	11200	1025,4
Hacim (m ³)	12844	2178	12234,06	45702	4030,9
Bodrum Sayısı	1	0	1	1	0
Kat Kabuğu Değeri (m ²)	9950,75	1713	7750,07	30790	3159,72
Kat Kabuğu Birim Maliyeti (₺)	894,00	894,00	894,00	894,00	894,00
Alan Birim maliyeti (₺/m ²)	2.034,81	646,80	1.971,23	1.310,32	730,98
Hacim Birim Maliyeti (₺/m ³)	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Birim Fiyata Göre maliyet (₺)	7.101.499,27	565.711,00	6.698.928,60	14.675.575,00	2.707.307,00
	100%	100%	100%	100%	100%
Ortalama:	100%				
Alan Yöntemi Maliyet(₺)	47.858.731,20	853.776,00	26.792.958,16	14.675.584,00	749.548,94
Birim M. / Alan M. Oranı	15%	66%	25%	100%	361%
Ortalama:	113%				
Hacim Yöntemi Maliyet(₺)	6422000	1089000	6117030	22851000	2015450
Birim M. / Hacim M. Oranı	90%	193%	91%	156%	74%
Ortalama:	121%				
Kat Kabuğu Yönt. Maliyet (₺)	8.895.970,50	1.531.422,00	6.928.562,58	27.526.260,00	2.824.789,68
K.Kabuğu M. / Hacim M. Oranı	125%	271%	103%	188%	104%
Ortalama:	158%				

Bu verilere göre gerçek okul maliyet değerleri olarak kabul edilen Birim Fiyat esaslı maliyet değerleri ile Alan Yöntemi ile gerçekleştirilen maliyet değerleri arasında ortalama %113 fark bulunduğu anlaşılmıştır. Aynı karşılaştırma sonucunda Hacim Yöntemi hata ortalaması %121 ve Kat Kabuğu Yöntemi hata ortalaması %158 düzeylerinde gerçekleşmiştir.

Bursa, Düzce, Çanakkale, Diyarbakır ve Isparta illerinde yapımı tamamlanan 5 hastane yapısına ait farklı yöntemlerle hesaplanan maliyetler ve bu maliyet değerlerinin Birim Fiyat Yöntemi bulguları ile karşılaştırıldığı veriler Tablo 2.'de sunulmuştur.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Tablo 2. Hastane Maliyetlerinin farklı yöntemlere göre değerleri ve Hata ortalamaları

	HASTANE BİNALARI				
	Ali Osman Sönmez Devlet Hastanesi	Çilimli Devlet Hastanesi	Çanakkale Devlet Hastanesi	Silvan Devlet Hastanesi	Isparta Eğirdir Devlet Hastanesi
Yatak Sayısı (Adet)	750	10	75	150	75
Kat Sayısı (Adet)	11	3	5	3	6
Taban Alanı (m ²)	19913	1051	4962	5449	4166
Yapı Alanı (m ²)	258864	3143,03	29773	27246	29164
Hacim (m ³)	507177	10.000	96853,5	41440	90548
Bodrum Sayısı	2	1	1	2	1
Kat Kabuğu Değeri (m ²)	850719,5	14849,87	15.000,00	12803,73	15.000,00
Kat Kabuğu Birim Maliyeti (₺)	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Alan maliyeti (₺/m ²)	1.219,76	2.136,16	1.635,75	1.537,92	2.907,61
Hacim Birim Maliyeti (₺/m ³)	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00
Birim Fiyata Göre maliyet (₺)	296.774.621,00	6.714.006,00	69.957.888,00	41.987.592,00	57.470.000,00
	100%	100%	100%	100%	100%
Ortalama:	100%				
Alan Yöntemi Maliyet(₺)	315.751.952,64	6.714.014,96	48.701.184,75	41.902.168,32	84.797.440,02
Birim M. / Alan M. Oranı	94%	100%	144%	100%	68%
Ortalama:	101%				
Hacim Yöntemi Maliyet(₺)	380382750	7500000	72640125	31080000	67911000
Birim M. / Hacim M. Oranı	128%	112%	104%	74%	118%
Ortalama:	107%				
Kat Kabuğu Yönt. Maliyet (₺)	680.575.600,00	11.879.896,00	75.392.463,60	10.242.984,00	69.897.964,32
K.Kabuğu M. / Hacim M. Oranı	229%	177%	108%	24%	122%
Ortalama:	132%				

Bu verilere göre gerçek hastane maliyet değerleri olarak kabul edilen Birim Fiyat esaslı maliyet değerleri ile Alan Yöntemi ile gerçekleştirilen maliyet değerleri arasında ortalama %101 fark bulunduğu anlaşılmıştır. Aynı karşılaştırma sonucunda Hacim Yöntemi hata ortalaması %107 ve Kat Kabuğu Yöntemi hata ortalaması %132 düzeylerinde gerçekleşmiştir.

4.SONUÇ

Yatırım projelerinin daha fikir aşamasındayken maliyetlerinin en düşük hata oranları ile tahmin edilmesi; gerek alternatifler arasında seçim yapılması, gerek yatırım kararının alınması, gerekse kaynak temini, bütçeleme, maliyet kontrolü gibi alanlarda birincil derecede önem arz etmektedir. Dünyada ve Türkiye’de kullanılan ön maliyet tahmin yöntemlerinden üç tanesinin gerçek maliyet

değerlerine göre hangi oranlarda hata düzeylerine sahip tahminler yapılabildiği; değerlendirme yapan ve karar verecek kişiler tarafından önceden bilinmesi gereken bir önemli konudur.

Bu çalışmada 2020 yılında kamu tarafından yapımları tamamlanan 5 okul ve 5 hastane yapısının farklı ön maliyet yöntemleri ile maliyet tahmini hesaplamaları yapılmıştır. Her iki yapı tipi için de Kat Kabuğu Yöntemi ile yapılan tahminlerin hata oranları en fazla düzeyde olmuştur. Uygulanan yöntemlerden Alan Yönteminin hata oranı ise en düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Her iki tip yapı için de Hacim Yöntemi, diğer iki yöntemim arasında hata düzeyine sahiptir.

Çalışmanın önemli bulgularından birisi; daha başlangıç aşamasında, detaylı projeler yokken Türkiye şartlarında yapılan maliyet tahmini

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

hesaplarının hata oranlarının tamamının %100 değerinden fazla olduğudur. Bu değer, uluslararası kabul gören hata oranlarının (%30 - %50) önemli derecede üzerinde bulunmaktadır. Örnek sayısı az olmakla birlikte, bu konuda Türkiye yada uluslararası platformlardaki yapı maliyetleri hesaplama yaklaşımlarının ve maliyet unsurlarının önemli derecede farklılıklar taşıdığı fikri akla gelmektedir.

Hata oranları, okul yapıları ile hastane yapılarında farklılıklar göstermektedir. Literatür kısmında; bir apartman/konut yapısı için benzer yöntemlerin

karşılaştırıldığı çalışmada da farklı oranların bulunduğu görülmüştür. Dolayısı ile Türkiye’de örnekleme yapılan yapılar için yapı tiplerine göre hata oranlarının da değiştiği çıkarımı yapılabilir.

Yurdumuzda farklı yapı maliyeti hesaplama yöntemlerine göre düzenlenmiş veri bankalarının bulunmaması; daha az ve sınırlı örneklemeyle ve daha az güvenilebilir betimlemeler yapılması mecburiyetini getirmektedir. Örnek sayısının artırılarak yapılacağı çalışmalarla; edinilecek bulguların güvenilirliği de daha yüksek olacaktır.

KAYNAKLAR

[1]. Rajendra Singh, Cost Estimation Methods in Construction, 2019 <https://civilpanel.com/cost-estimation-methods-construction/>

[2]. Çelik L. Y., Türkiye’de İnşaat Sektöründe Kullanılan Ön Maliyet Tahmini Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, S.29, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006

[3]. Saner, C., 1993. 4-8 Katlı Konut Yapılarında Taşıyıcı Sistem Maliyetini Tahmine Yönelik Bir Yaklaşım Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[4]. Topçu, G., 1989. Yapı Üretim Sürecinde Maliyet İlişkin İşlemler: Tahmin, Planlama, Kontrol, Yüksek Lisans Tezi, Ğ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[5]. Usta, S.H., 1994. Avan Proje Evresinde, Bina Maliyetinin Bina Elemanlarına Dayalı Olarak Hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, Ğ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[6]. Seyyar, B., 2000, Bina Tasarım Sürecinde Bilgisayar Destekli Maliyet Tahmin Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, Ğ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[7]. Eski, O., 1993. Avan (Ön) Proje Evresinde Bina Maliyetinin İnşaat İmalatlarına Dayalı Olarak Hesaplanmasına Yönelik Bir Model, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[8]. Roney S.F., 1992. Square Foot Type Estimating for Construction, AACE Internal Transactions, 1, E.7.1-E.7.8.

[9]. Erdem, A. E., 1996. Konut Projelerinde, Ön Tasarım Aşamasında, Fonksiyonel Elemanlara Dayalı Maliyet Tahmini İçin Bir Model Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[10]. Cynthia Gaffney, Unit Method of Cost Planning,

<https://smallbusiness.chron.com/unit-method-cost-planning-14497.html> (Son erişim 17.11.2021)

[11]. Kuruoğlu M., Topkaya E. Çelik L. Y., Erkan Yönez E., İnşaat Sektöründe Kullanılan Ön Maliyet Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması, 6. İnşaat Yönetimi Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, S. 140-141, 25-26-27 Kasım 2011, Bursa

[12]. Uğur L. O., Akdık M. M., İnşaat Sektöründe Maliyet Hesaplamalarında Kullanılan Birim Fiyat Analizlerinin Piyasa Fiyatlarıyla Karşılaştırılması, Yapı İşletmesi Araştırmaları, S. 196-207, Alter Yayınları, 2017, Ankara

BATMAN İLİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE KULLANIMI

Büşranur TAŞ, Mehmet Ali DEMİR* ve Fevzi YAŞAR**

*Batman Üniversitesi Personel Daire Başkanlığı, 72060 BATMAN

e-posta: mehmetali.demir@batman.edu.tr

** Batman Üniversitesi Teknik Bilimler MYO Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, 72060 BATMAN

e-posta: fevzi.yasar@batman.edu.tr

Özet: Enerji, çağımızın en önemli tüketim maddelerinden biri olmakla beraber insanlığın bugün ve yarın vazgeçemeyeceği bir uygarlık aracıdır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin enerji ihtiyaçları her geçen gün artmakta ve bu artışın gelecekte de devam edileceği öngörülmektedir. Bugün sahip olduğumuz teknolojik gelişmelerin sunduğu imkanların insan yaşamında süreklilik arz edebilmesi için enerji ve enerji kaynaklarına her zamankinden daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Tüketmek zorunda olduğumuz enerjinin bugün büyük bir çoğunluğu fosil yakıtlardan, geri kalanı ise nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Fosil yakıt kullanımı, doğrudan veya dolaylı şekilde çevre ve insan sağlığına zarar vermektedir. Fosil yakıt kullanımının verdiği zararlar gözönünde bulundurulduğunda gelecek nesillerin daha büyük bedellerle karşı karşıya kalmaları kaçınılmaz olacaktır. Kalkınma ve sanayileşme yolunda fosil yakıt kullanımının verdiği zararlar düşünüldüğünde, çevremizin kendi doğal ürünü olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının artırılması gerçeği her geçen gün daha iyi anlaşılmaktadır. Yenilenebilir enerji olarak günümüzün ve geleceğin en önemli kaynakları arasında güneş enerjisi gelmektedir. Güneş enerjisi kaynağı, doğrudan ve düşük maliyetlerle üretilebildiğinden ve bu enerji kaynağının çok farklı alanlarda da kullanılabilme özelliği dolayısıyla günümüzde daha fazla tercih edilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada Batman ilinin güneş enerjisi potansiyeli ve kullanım detayları ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Güneş, Potansiyel ve Kullanımı.

SOLAR ENERGY POTENTIAL AND USAGE OF BATMAN PROVINCE

Abstract: Energy is one of the most important consumption items of our age, it is also a civilization tool that humanity cannot give up now and tomorrow. The energy needs of developed and developing countries are increasing day by day, and this trend is expected to continue in the future. Energy and energy resources are needed now more than ever to assure the continuity of the opportunities provided by technological advancements in human life. The energy's majority we consume today comes from fossil fuels, with the remainder coming from nuclear and renewable energy sources. The usage of fossil fuels hurts the environment and human health, either directly or indirectly. Given the damage caused by the usage of fossil fuels, it is unavoidable that future generations will pay higher prices. Considering the damages caused using fossil fuels during development and industrialization, the need of growing the use of renewable energy sources, which are the natural products of our environment, is better understood day by day. Solar energy is among the most important resources of today and the future as renewable energy. Solar energy is regarded to be desired more today since it can be produced directly and at a cheap cost, and it can be utilized in a variety of applications. In this study, the solar energy potential and usage details of Batman province are revealed.

Keywords: Renewable Energy, Solar, Potential and Use.

1. GİRİŞ

İnsan yaşamının vazgeçilmez bir parçası olan enerji, geçmişte olduğu gibi bugün de dünya gündeminde tartışılan konuların başında yer almaktadır. Enerji, ülkelerin ekonomik ve sosyal olarak gelişiminde, dolayısıyla toplumsal refahın artırılmasında vazgeçilmez bir etken olmaya devam etmektedir [1]. Hammadde ve enerji kaynakları kapasitelerinin sınırlı olmaları ve yeni teknolojik ürünlerin kullanımı ile hammadde ve enerji ihtiyacı sürekli artış gösterdiğinden insanoğlu yeni kaynaklara daha fazla ihtiyaç duymaktadır. Var olan petrol, doğalgaz, kömür vb. fosil kaynakların, gelecekteki nüfus artışı ve insanların günlük yaşamda kullandıkları cihazların artması nedeniyle hızlı bir şekilde azalması beklenmektedir [2]. Bu nedenle, yerel ve yenilenebilir doğal zenginlikler konumunda olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hem ülkemizde hem de diğer dünya ülkelerinde enerji ihtiyacının karşılanması bakımından büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden tüm dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına hem teknolojik araştırmalar açısından hem de bu kaynaklardan üretilen enerjileri kullanmaya yönelme baş göstermiştir. Bu bağlamda, “enerji çeşitlendirilmesi”, enerji güvenliği ve sürekliliğini sağlamak açısından vazgeçilmez hale gelmiştir [3]. Enerjide dış kaynaklara bağımlılığın önüne geçilebilmesi ve herhangi bir kaynaktan gelebilecek bir azalma, tükenme, kesilme gibi aksaklıkların ortaya çıkabilmesine karşı önlemlerin alınması, enerji çeşitlerinin artırılması ile mümkün olabilmektedir. Tek tür kaynaktan sağlanacak enerjinin, insanların enerji konusunda sadece o türe bağımlı hale gelebileceği hususu dikkate alınmalıdır [4].

Sürdürülebilir enerji, ihtiyaç olan kadar enerjiyi riske atmadan kullanmak demektir. Dünyanın ve Türkiye'nin geleceği için yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi bu açıdan büyüktür. Yenilenebilir enerji kaynağı “doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı” olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük özellikleri, karbondioksit emisyonlarını azaltarak çevrenin korunmasına yardımcı olmaları, yerli kaynaklar oldukları için enerjide dışa bağımlılığın azalmasına ve istihdamın artmasına katkıda bulunmaları ve kamuoyundan yaygın ve güçlü destek almalarıdır [5]. Bir başka deyişle, yenilenebilir enerji kaynakları, ulaşılabilirlik, mevcudiyet, kabul edilebilirlik özelliklerinin hepsini taşımaktadırlar.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıyla:

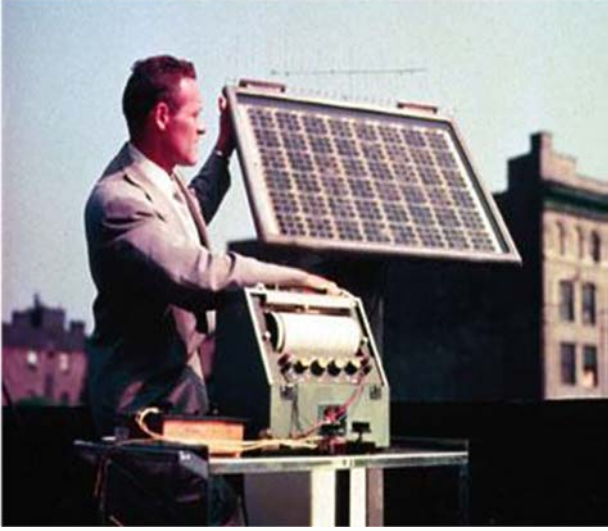
- ❖ İthal edilen yakıtlara olan bağımlılık azalacak,
- ❖ Yerli öz kaynaklara öncelik verilmesi sağlanacak,
- ❖ Yerli üretim sonucu istihdam artacak,
- ❖ Sürdürülebilir ekonomik büyüme ve gelişmeye katkı sağlayacak,
- ❖ Enerji arz güvenliğini artacak,
- ❖ Enerji talebini karşılamada sağlanan güvenlik ile enerjiyi kullanan sektörleri olumlu yönde etkileyecek ve yatırım yapmalarını teşvik edecek,
- ❖ Üretimde ve tüketimde sağlanan güven ortamı ile istikrar artacak,
- ❖ Sosyal ekonomik hayatta refah, istikrar da artacaktır [6].

Dünyadaki enerji türlerinin kökeni olarak güneş enerjisi gösterilmekte, diğer enerjiler ise güneş enerjisi kökenli, “dönüşüm enerjileri” olarak tanımlanmaktadır [7]. Tüm yenilenebilir enerjiler ve hatta fosil yakıtlar enerjilerini güneşten almaktadır. Enerji kaynaklarını üç ana başlıkta toplamak mümkündür. Enerji kaynaklarının birincisi yerin altında kalan bitkilerin ve canlıların bataklik alanlarda birikmesi sonucu oluşan tabakaların değişime uğramasıyla meydana gelen “Fosil Yakıtlar”dır. Enerji kaynaklarının ikincisi, potansiyeli mevcut olan ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak kullanımı artan “Yeni” enerji kaynaklarıdır. Enerji kaynaklarının üçüncüsü ise tükenmeyen, eksilmeyen “Yenilenebilir” enerji kaynaklarıdır [8].

2. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİNİN GELİŞİMİ

- 1839 yılında Fransız bilim insanı Edmond Becquerel dünyada ilk olarak Fotoelektrik olayını keşfetti ve ışık enerjisi soğurularak elektriksel voltaj edileceğini öne sürdü [9].
- 1873-1876 yıllarında ise İngiliz Elektrik Mühendisi Willoughby Smith Selenyum elementinin fotoiletkenliğini keşfetti. Bu keşif güneş enerjisinin kolayca toplanabildiğini göstermektedir [10].
- 1883 yılında Charles Fritts tarafından ilk Solar Hücre üretildi. Üretilen bu solar hücrenin verimi %1-2 arasında değişmekteydi. Günümüzdeki Solar Hücre verimleri ise %15-20 arasında değişmektedir.
- 1887 yılında ilk olarak Alman bilim adamı Heinrich Hertz tarafından fotoelektrik olay gözlemlendi.
- 1953-1956 yılları arasında Bell Laboratuvarındaki çalışmalar sonucunda Silikon Güneş hücrelerinin ticari olarak üretilmeye başlandı.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



- 1958 yılında Solar Enerji Sistemleri uzay çalışmalarında kullanılmaya başlandı.
- 1982 yılında Hesperia, Kaliforniya'da 1 MWe Güneş Enerji Santrali inşa edildi.
- 1994-1999 yılları arasında NREL kurumu tarafından %30-32 arasında verimli Güneş Hücreleri üretildi [11,12].

Türkiye'de güneş enerjisine yönelik ilk ulusal kongre 1975 yılında gerçekleşmiştir. Ege Üniversitesi'nde 1978 yılında Güneş Enerjisi Enstitüsü kurulmuştur. Türkiye'de, Fotovoltaik Sistemler konusundaki çalışmalar 1980 ve 1990'lı yıllarda başlamıştır. Bu anlamda gerçekleşen çalışmalara ait bazı örnekler;

- Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Laboratuvarında, güneş hücreleri ile çalışan ısı pompası sistemi kurulmuş.
- Dört adet güneş hücresi ile çalışan ve yaklaşık olarak toplam kurulu gücü 50 kWp olan sistemler telekomünikasyon amaçlı olarak Afyonkarahisar, Göcek, Uşak ve Kahramanmaraş'a kurulmuştur.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından Didim'de, güneş hücreleri ile çalışan laboratuvar ölçekli ilk güç santrali tesis edilmiş.
- Güneş Pilleri ve Güneş Enerjisi konusunda, dünyada yaşanan gelişmeler, ülkemizde başta üniversitelerimizin, TÜBİTAK'ın ve Enerji İşleri Etüt İdaresi'nin yapmış olduğu çalışmalar neticesinde, zamanla kullanım alanı artan güneş hücrelerinden; ulaşım araçları, aydınlatmalar, trafik ışıkları, gibi gündelik şekildedeki faydalanılmaya başlanılmıştır.
- Aydınlatmalar 21 Temmuz 2011 tarihinde yayımlanan, 'Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik' kapsamında, yatırımcılara 500 kWe kurulu gücüne kadar Lisanssız Elektrik Üretimi faaliyeti gösterme hakkı tanınmıştır.

Çıkarılan bu yönetmelik, Türkiye'de Güneş Enerjisinden elektrik üretme noktasında bir kıvılcım niteliğindedir.

- Bu doğrultuda, 263 kWe kurulu gücündeki, ilk lisanssız Güneş Santrali, 19 Ekim 2012'de, kabulü yapılan Gazi Üniversitesi Teknopark GES olmuştur.
- 14 Mart 2013 yılında kabul edilen, 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun 14. maddesi kapsamında, Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine ilişkin yönetmelik, 2 Ekim 2013 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yürürlüğe giren yönetmelikle birlikte, lisanssız tesislerin azami kurulu gücü 1 MW'a yükseltilmiştir.
- 2014 yılında; Güneş Enerjisi Santrallerinin Türkiye'nin kurulu gücüne katkısı 40,2 MW olduğu görülmektedir. Güneş Enerjisi Santralleri, Lisanssız santrallerin %76'sını oluşturmaktadır. Güneş Enerjisi Kaynaklı Kurulu Güç, toplam kurulu gücün %0,05'ni oluşturmaktadır.
- 2014 ve 2015 yılında; Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği kapsamında, Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak üzere yapılan lisans başvurularına ilişkin, TEİAŞ tarafından 6 paket üzerinden yapılan bir yarışma düzenlenmiştir. Düzenlenen bu yarışma neticesinde, toplamda 600 MWe'lık kapasite, yarışmayı kazanan firmalara dağıtılmıştır.
- Diğer yandan, Lisanssız Enerji Üretimi, maliyetlerinde düşmesinin etkisiyle ivme kazanmaya başlamış ve kurulumlar artmıştır.
- Ekonomi Bakanlığı tarafından, İthalatta Gözetim Uygulamasına İlişkin 2015/9'nolu Tebliğ'i Resmi Gazete'de yayınlanmış ve ithal edilen güneş panellerine gözetim uygulaması getirilmiştir.
- 2015 yılında Güneş Enerjisi Kaynaklı Kurulu güç; (248,8 MW) bir önceki seneye göre, %619 oranında artış göstermiştir.
- Güneş Enerjisinin, toplam kurulu güç içerisindeki payı %0,3'lere gelmiştir.
- Türkiye'de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü 2015-2016 yılında; ekipman maliyetleri; düşüşünü devam ettirmiştir.
- 25 Haziran 2016 tarihinde, Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararın Uygulanmasına İlişkin Tebliğ yayımlanarak, İthal Güneş Panelleri teşvik kapsamından çıkarılmış ve İthalatta Gözetim uygulaması başlamıştır. (300USD/kg) Bu durum, Yatırım Teşvik Belgesi olmayan yatırımcılar için ciddi bir maliyet yaratmış ve yatırımcıları yerli panel kullanımına teşvik etmiştir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- 1 Temmuz 2016 tarihinde, İthal Güneş Panellerine yönelik Anti-Damping soruşturması başlatılmıştır.
- 14 Ekim 2017 tarihinde, ilk Lisanslı GES tesisi olan, 8 MWe kurulu gücündeki Elazığ Solentegre GES'in kabulü yapılmıştır.
- 30 Ekim 2017 tarihinde, 4,9 MWe kurulu gücündeki Lisanslı Halk Enerji Erzurum GES'in kabulü yapılmıştır.
- 29 Aralık 2016 Tarihli 6838 Numaralı EPDK Kararının Kapsamında, Lisanssız Üreticiler için, Sistem Kullanım Bedellerine %1250 oranında zam yapılmıştır.
- Lisanssız GES Tesislerinin 2017 yılı sonuna kadar devreye alınması durumunda, Sistem Kullanım Bedelinin, yeni belirlenen bedel üzerinden %75 indirimli olacağı belirtilmiştir [12,14].
- Güneş enerjisi ile çalışan sistemler kolaylıkla taşınıp kurulabilir.
- Çevreyi kirletici atıkları olmayan, çevre dostu, gerektiğinde enerji ihtiyacına bağlı olarak kolayca değiştirilebilen sistemlerdir.
- Güneş enerjisinin, yakıt sorununun olmaması, işletme kolaylığı, mekanik yıpranma olmaması, modüler (değişebilir) olması, uzun yıllar sorunsuz olarak çalışması gibi üstünlükleri vardır.
- Güneş pili, dayanıklı, güvenilir ve uzun ömürlüdür.
- Elektrik şebeke hattı bulunmayan ya da şebeke hattının götürülmesinin pahalı olduğu kırsal yörelerde güneş pillerinin kullanımı daha ekonomik olabilmektedir.
- Her ev, kendi enerjisini çatısına kurduğu güneş pilleri ile karşılayabilir. Böylece iletim ve enerjiyi taşıma maliyetleri ve kayıpları ortadan kalkar.

3. GÜNEŞ ENERJİSİ VE ÖNEMİ

Güneş enerjisi, hidrojenin helyuma dönüşmesi sırasında ortaya çıkan enerjinin ışıyım biçiminde uzaya yayılmasıdır [15]. Güneş daha milyonlarca yıl ışımasını sürdüreceğinden, dünyamız için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Güneş, dünyadaki tüm enerji kaynaklarına dolaylı ya da dolaysız olarak temel oluşturmaktadır. Güneş ışınları ile dünyaya 170 milyar MW güçte enerji gelmektedir. Bu değer, dünyada insanlığın bugün için kullandığı toplam enerjinin 15-16 bin katıdır. Günümüzde dünyaya ulaşan güneş enerjisinin değerlendirilmesinde iki yol izlenmektedir: ısıya dönüştürme ve elektrik enerjisine çevirme. Güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürmede "toplaçlar"; doğrudan elektrige dönüştürmede de "güneş hücreleri-güneş pilleri" kullanılmaktadır [16].

Günümüzün teknolojik ve ekonomik koşullarında güneş enerjisinin özellikle ısı kullanımı önem kazanmıştır. Dünyanın küresel olarak pek kullanmadığı, ancak geleceğin en çok kullanılacak enerji kaynağı olan güneş enerjisinden elektrik üretimi, doğrudan dönüşüm ve dolaylı dönüşüm olmak üzere iki ayrı yöntem ile gerçekleştirilir. Bu enerji ile ısıtmadan soğutmaya çok farklı ısı etkisinin kullanıldığı uygulamaların yanı sıra değişik teknolojiler ile elektrik enerjisi üretimi de gerçekleştirilmektedir [2]. Fotovoltaik hücreler (PV hücreler-güneş hücreleri) gürültüsüz, çevreyi kirletmeden, herhangi bir hareket eden mekanizmaya gereksinim duymadan güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir [17].

3.1. Güneş Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

- Güneş enerjisi temiz, yenilenebilir ve sürekli bir enerji kaynağıdır.

Güneş enerjisinin bütün bu avantajlarının yanısıra bazı **dezavantajları** mevcuttur.

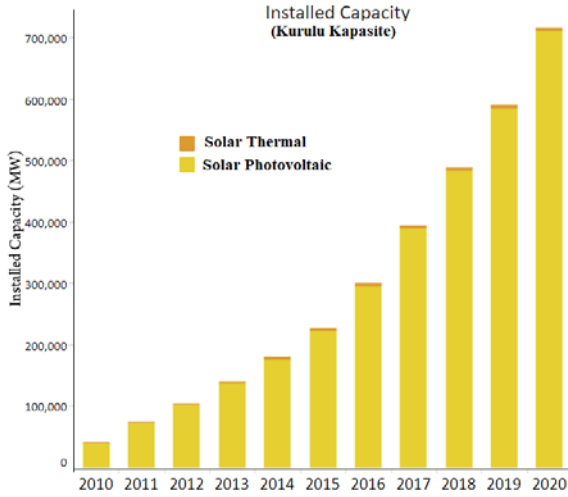
Bunlar;

- Güneş Pillerinin verimleri düşüktür (%15 civarı),
- Fotovoltaik pillerin üretim kaynaklı başlangıç ve tüketim maliyeti yüksektir, ancak teknolojik gelişmeler ile enerji giderek yaygınlaşmakta ve maliyette düşmektedir.
- Kullanımın yaygınlaşması ile maliyetlerin daha da azalacağı beklenmektedir.
- Kesintili bir kaynak olan güneş enerjisinin depolanma imkanları sınırlıdır.
- Depolama ünitelerinin bakımı ve ömürleri gibi dezavantajlar sistemin verimini düşürmekte ve enerjinin maliyetini artırmaktadır [18,19].

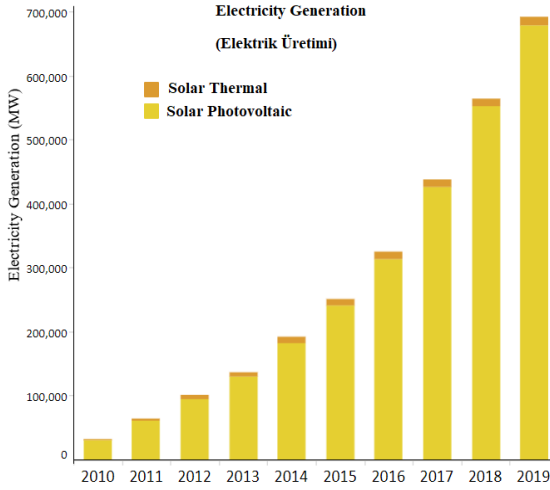
4. DÜNYA VE TÜRKİYE'NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Ülkeler yenilenebilir enerji çabalarını hızlandırdıkça ve elektrik üretiminden kaynaklanan karbon emisyonlarını azaltmaya çalıştıkça, güneş enerjisi kurulumları dünya çapında hızla artıyor [20]. Dünyadaki hemen hemen tüm ülkelerde güneş enerjisi ile az ya da çok elektrik üretimi yapıldığı söylenebilir. Fakat resmi istatistiklerde ulusların enterkonnekte sistemine bağlı olmayan diğer bir ifadeyle of-grid santraller genel olarak istatistik dışında bırakılır. Şekil 1 ve 2 ye bakıldığında dünya genelinde gerek kurulu güç bakımından gerekse elektrik üretimi açısından değerlendirildiğinde 2010-2019 yılları arasında her iki alanda da belirgin bir artışın olduğu görülmektedir. Bu da güneş enerjisinin öneminin her geçen gün arttığının açık bir göstergesidir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



Şekil 1. Dünyada Güneş Enerjisi Kurulu Kapasitesi



Şekil 2. Dünyada Güneş Enerjisinden Üretilen Elektrik Enerjisi

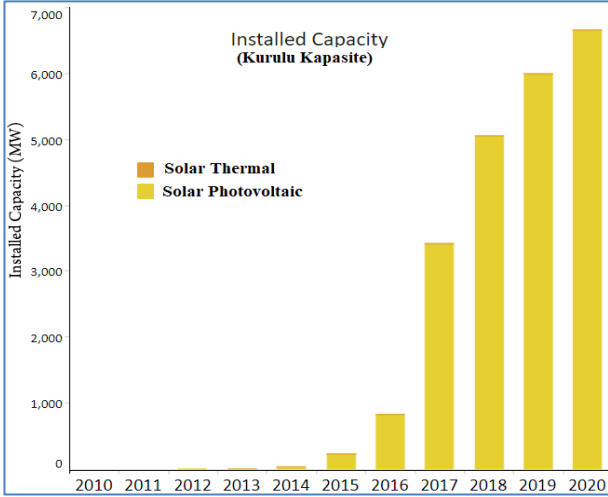
Dünyada şebeke bağlantılı başka bir ifadeyle on-grid sistemlerin ülkelere dağılımına bakıldığında, 2020 yılı Aralık ayı itibariyle Kurulu güç bakımından Çin 254.355 MW'ı aşan kurulu gücü ile açık ara lider konumdadır. Çin Halk Cumhuriyeti'ni sırasıyla ABD, Japonya, Almanya, Hindistan ve İtalya takip etmektedir.

Tablo1. 2020 yılı Aralık ayı itibariyle Ülkelere Göre Dünyada Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücü [21].

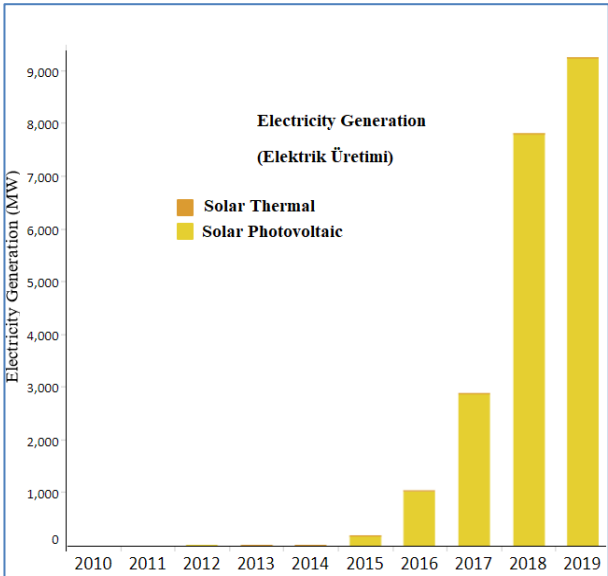
S.	Ülke	Kurulu Güç (MW) Aralık 2020
1	Çin	254.355
2	ABD	75.572
3	Japonya	67.000
4	Almanya	53.783
5	Hindistan	39.211
6	İtalya	21.600
7	Avustralya	17.627
8	Vietnam	16.504
9	Güney Kore	14.575
10	İspanya	14.089
11	Birleşik Krallık	13.563
12	Fransa	11.733
13	Hollanda	10.213
14	Brezilya	7.881
15	Türkiye	7.170
16	Güney Afrika	5.990
17	Tayvan	5.817

Türkiye mevcut coğrafi konumu itibari ile güneş enerjisi potansiyeli bakımından çok önemli bir ülke konumundadır [22]. Yılın büyük çoğunluğunda güneş ışınlarının güçlü bir açıyla geldiği Türkiye'de güneş oldukça önemli olmasıyla birlikte temiz bir enerji kaynağıdır. Güneş enerji kurulu gücü de 2021 Temmuz ayına göre 111,1 MW artarak 7435,2 MW seviyesine yükselmiştir. Bu kurulu gücün 6682,1 MW'mı lisanssız santraller geri kalan 753,1 MW'lık gücü de serbest üretim şirketi santralleri oluşturmaktadır. Güneş enerjisi kurulu gücü Türkiye'nin toplam kurulu gücünün %7,55'ni oluşturmaktadır [23]. Şekil 3 ve 4 incelendiğinde Türkiye hem kurulu güç bakımından hem de elektrik üretimi açısından değerlendirildiğinde 2016 yılından sonra her iki alanda da çok belirgin bir artışın olduğu görülmektedir. Bu da güneş enerjisinin ülkemiz ve tüm dünya için çok önemli bir enerji kaynağı olduğu göstermektedir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

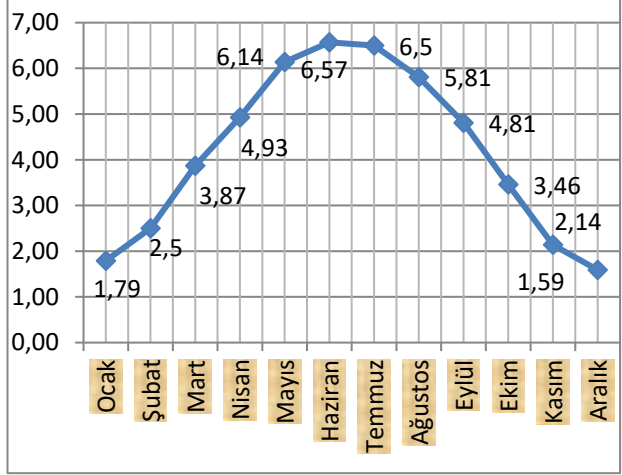


Şekil 3. Türkiye'de Güneş Enerjisi Kurulu Kapasitesi



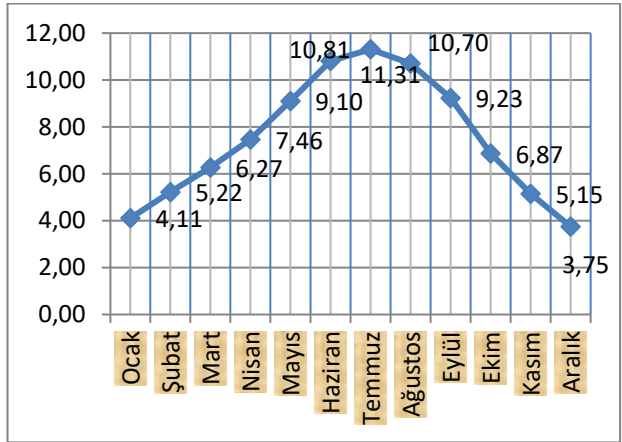
Şekil 4. Türkiye'de Güneş Enerjisinden Üretilen Elektrik Enerjisi

Ülkemiz, güneş kuşağı içinde konumlanmasına rağmen, güneş enerjisinden faydalanma istenilen miktarda değildir. Bu sebeple, yakın gelecekte enerji ihtiyacının karşılanmasında, dünyanın en önemli yenilenebilir enerji kaynağı olan güneşin etkili ve sürdürülebilir bir biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir. Şekil 5'te ülkemizin aylık bazda ortalama güneşlenme süreleri mevcuttur. Güneşlenme süresinin maksimum olduğu ay Temmuz, minimum olduğu ay Aralıktır. Türkiye'nin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süresi 7,49 saat-gün, yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi ise 2736,89 saat-yıl (7,49x365) dir.



Şekil 5. Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat) (Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneşlenme Süresi) [24].

Şekil 6'da gösterilen değerler ülkemizin aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerlerini göstermektedir. Haziran ayında global radyasyon değeri en fazladır. Türkiye'nin aylık bazda ortalama günlük ışınlam şiddetinin 4,18 kWh/m²-gün, yıllık ortalama toplam global radyasyon değerinin ise 1524,18 kWh/m²-yıl (4,18x365) olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Türkiye Global Radyasyon Değerleri (kWh/m2- gün) (Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneş Radyasyonu) [24].

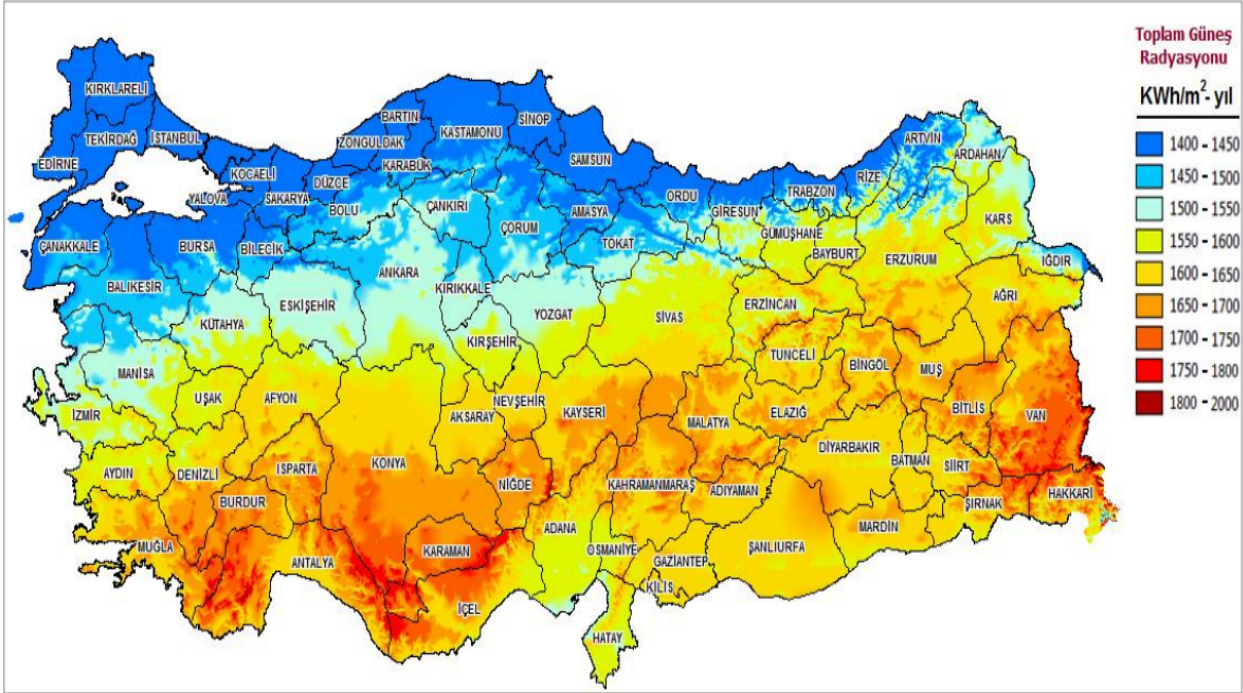
Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2741,07 saat olup ortalama yıllık toplam ışınlam değeri 1527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır [25].

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Şekil 7'de GEPA'da yer alan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası verilmiştir.



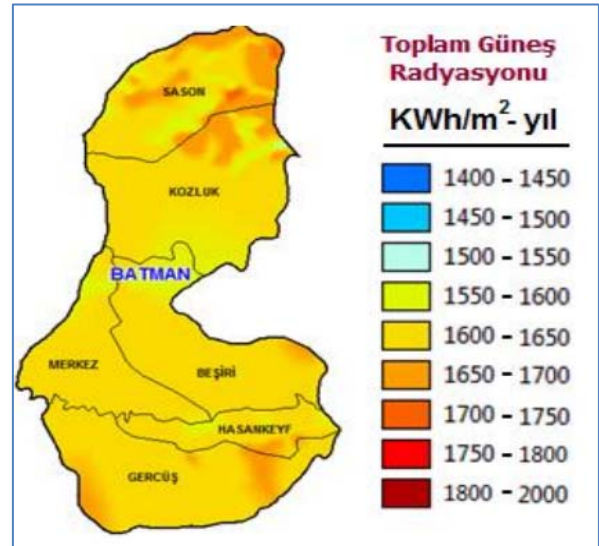
Şekil 7. Türkiye GEPA Atlası [3]

Haritada görüldüğü üzere Güney bölgelerden Kuzeye doğru gidildikçe güneşlenme potansiyeli azalmaktadır. Karadeniz Bölgesi, coğrafi konumu ve yağmurlu gün sayısının fazla olması nedeniyle en az ışınlam alan bölgedir. Marmara ve Ege orta değerlerde ışınlam alırken, İç Anadolu, Doğu Anadolu, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu yüksek değerlerde ışınlam alan bölgelerimizdir. Bu bölgelerde güneş enerjisine yatırım yapmak daha verimli ve yatırım maliyetlerinin geri dönüş süresi diğer bölgelere göre daha kısadır [26]. Tablo 12.1'de bölgelerin ışınlam değerleri verilmiştir.

5. BATMAN İLİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE KULLANIMI

Türkiye'nin en güneşli bölgesi 2993 saat ve 1460 kWh/m² yıl ile Güneydoğu Anadolu bölgesidir. Bu bölgenin güneşlenme süresinin en fazla olduğu illerden biride Batman'dır [26].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre; Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2741(saat/yıl) iken bu rakam Batman için 2873 saattir. Aynı şekilde ülkemizde ortalama yıllık toplam ışınlam şiddeti 1527 kwh/m². Buna karşın Batman ili için 1576 kwh/m²'tir. Şekil 8'de Batman ili Güneş Potansiyeli Haritası gösterilmiştir. [26,27].



Şekil 8. Batman İli Güneş Potansiyeli Haritası (Anonim, 2020)

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Tablo2. Batmanda işletmedeki ve yapım aşamasındaki Güneş Enerjisi Santralleri [28]

İşletmedeki Güneş Enerji Santralleri			
Santral Adı	İlçe	Firma	Güç(MW)
Modern Tuana ve Taykar GES	Beşiri		6,00
Batman'daki diğer lisanssız GES'ler		Çeşitli Firmalar	12
ÖZET: Batman, İşletmedeki Güneş Enerji Santralleri : 2 santral, 18 MWe			

Yapım Aşamasındaki Güneş Enerji Santralleri			
Santral Adı	İlçe	Firma	Güç(MW)
TZN Mimarlık Güneş Enerjisi Santrali	Kozluk	TZN Mimarlık	1,00
ÖZET: Batman, Yapım Aşamasındaki Güneş Enerji Santralleri : 1 santral, 1,00 MWe			

Tablo 2 de görüldüğü gibi Batman da lisanslı kurulu güç 6 MW, yapım aşamasında olan 1 MW ve lisanssız 12 MW'lık GES olduğu görülmektedir. Bunların dışında Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Batman Bölge Müdürlüğü ve Tüpraş Batman Rafinerisinde de idari ve sosyal tesislerinde kullanılmak üzere ufak çaplı GES santrali bulunmaktadır.

Şekil 9. Batman-Kozluk ve Beşiri İlçelerindeki GES Santralleri



Alternatif enerji olarak güneş enerjisi ülkemizin ve Batman ilinin iklim ve coğrafyasına uygun bir kaynaktır. Türkiye güneş enerji kaynağı açısından Dünyada ki coğrafik yerinden dolayı birçok Avrupa ülkesine göre avantajlı konumda olup Batman ilide ülkedeki çoğu şehirlere göre daha avantajlı bir konumdadır. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Batman ili zengin iller arasındadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi bulunduğu konumundan dolayı bu alanda daha fazla yatırım yapılması ve bu enerjiden daha fazla yararlanması sağlanmalıdır. [28]

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

KAYNAKLAR

- [1] Ahuja D., Tatsutani M., Schaffer D., Sustainable energy for developing countries, *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society (S.A.P.I.E.N.S)* Vol. 2, ISSUE 1, 2009.
- [2] Panwar N.L., Kaushik S.C., Kothari S., Role of renewable energy sources in environmental protection: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 1513–1524, 2011.
- [3] Owusu P.A., Sarkodie S.A., A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation, *Cogent Engineering*, 3: 1167990, 2016.
- [4] Öztürk İ., Energy dependency and energy security: the role of energy efficiency and renewable energy sources, *Energy Dependency and Security The Role of Efficiency and Renewable Energy Sources*, April 2014.
- [5] Çıtak E., Kılınç Pala P.B., Yenilenebilir enerjinin enerji güvenliğine etkisi, *Journal of Suleyman Demirel University Institute of Social Sciences*, Vol. 25, 79 - 102, 2016.
- [6] Çalışkan Ş., Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılık ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı:25 2009.
- [7] Roy A., Auger F., Robin F. D., Bourguet S., Tran Q.T., Electrical Power Supply of Remote Maritime Areas: A Review of Hybrid Systems Based on Marine Renewable Energies, *Energies*, Vol.11, Issue 7, 2018.
- [8] Türkiye'nin Doğal Gaz Temin ve Tüketim Politikalarının Değerlendirilmesi Raporu, Tmmob Makina Mühendisleri Odası, Yayın No:469, *Oda Raporları*, 2008.
- [9] Zhang T., Wang R., High Efficiency Plants an Building Integrated Renewable Energy Systems *Handbook of Energy Efficiency in Buildings*, 2019.
- [10] Olanusi O.A., Aziz N., Solar cell current trends, <https://www.researchgate.net/publication/326468478>, 2018.
- [11] Fraas L.M., History of Solar Cell Development, *Low-Cost Solar Electirc Power*, Book, 2014.
- [12] <https://www.myenerjisolar.com/dunyadaki-ve-turkiye>, 2021.
- [13] Cebeci S., Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Yayın No:2911, 2017.
- [14] Seyioğlu S.S., Kayseri İlinde Güneş Enerjisi İle Sulama Sistemi Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 2012.
- [15] Belyakov N., Sustainable Power Generation: Current Status, Future Challenges, and Perspectives, *Book*, 2019.
- [16] Towler B.F., Solar Power, Book, 2014.
- [17] Askari M., Mirhabibi M., Abadi V.M.M., Types of Solar Cells and Application, *American Journal of Optics and Photonics*, 3(5): 94-113, 2015.
- [18] Lakatos L., Hevessy G., Kovács J., Advantages and Disadvantages of Solar Energy and Wind-Power Utilization, *World Futures*, 67: 395–408, 2011.
- [19] Sayın S., Koçgüneş İ., Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri, *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, c.26, s.3, 2011.
- [20] Sabuncu F., Çolakoğlu M., Turkey's Renewable Energy Sector from a Global Perspective 2012.
- [21] <https://www.enerjiatlas.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html>, 2021.
- [22] Yılmaz E.A., Can Öziç H., Renewable Energy Potential and Future Aims of Turkey, *Ordu University Journal of Social Science Research*, 8(3), 525-535, November 2018.
- [23] <https://www.gensed.org/basin/Turkiyenin-Gunes-Enerjisi-Potansiyeli>, 2021.
- [24] Kan Kaynar N., Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Amasya İlindeki Potansiyeli, *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, Vol. 4, Issue: 2, 48-54, 2020.
- [25] Kallioğlu M.A., Analysis of sunshine hours and global solar radiation for mardin of Turkey, *ISITES2015 Valencia –Spain*, 2015.
- [26] Özgür E., Türkiye'de Güneş Enerjisi, *Türkiye'nin Enerji Görünümü*, 33, 715-727, 2009
- [27] Karakaya H., Avcı A.S., Ercan U., Kallioğlu M.A., Şanlıurfa ilinde yatay yüzeye gelen anlık global güneş ışınımının modellenmesi, *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 10:1, 147-155, 2019.
- [28] <https://www.enerjiatlas.com/gunes-enerjisi-haritasi/batman>
- [29] Durmuş A., Ercan U., Avcı A.S., Kallioğlu M. A., Karakaya H. Batman İli Enerji Profilinin Araştırılması, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, c.7, s.2, 2017.

ERİOKROM SİYAHİ BOYAR MADDESİNİN NANOADSORBENTLER ARACILIĞIYLA SUDAN GİDERİLMESİNİN İNCELENMESİ

Selma EKİNCİ* ve Zülfiye İLTER**

*Batman Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: selma.ekinci@batman.edu.tr

** Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, 23090 ELAZIĞ
e-posta: zilter@firat.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, demir oksit nanopartiküllerinden sentezlenip poliamidoamin dendrimeri ve amonyum purpurat (müreksit) ile modifiye edilerek hazırlanmış olan nanoadsorbentler (MNPs-G1-Mu ve MNPs-G2-Mu) kullanılarak Eriokrom Siyahı boyarmaddesinin adsorpsiyon metodu ile sudan etkili bir şekilde uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Adsorpsiyon işlemine temas süresinin, adsorbent miktarının, pH'ın ve boyarmaddenin başlangıç konsantrasyonunun etkileri incelenmiştir. Sonra kinetik çalışma sonucu elde edilen veriler pseudo birinci ve ikinci derece kinetik denklemlerinde değerlendirilmiş ve her iki adsorpsiyonun da her iki kinetik denkleme de uyduğu belirlenmiştir. Daha sonra adsorpsiyonların uygunluk gösterdiği izotermi belirlemek amacıyla deneysel veriler Langmuir ve Freundlich izotermine ait çizgisel denklemlerde değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; MNPs-G1-Mu ve MNPs-G2-Mu adsorbentlerinin boyarmaddeyi sırasıyla % 94,7 ve % 95,16 verimle adsorpladığı belirlenmiştir. MNPs-G2-Mu adsorbenti MNPs-G1-Mu adsorbentine göre Eriokrom Siyahı boyarmaddesini biraz daha fazla adsorplamıştır. Diğer parametrelerin her iki adsorpsiyona da etkileri hemen hemen benzerdir. Ayrıca, her iki adsorpsiyon işleminin de hem Langmuir hem de Freundlich izotermine uyduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Demir oksit, Nanopartikül, Eriokrom Siyahı, Boyarmadde, Adsorpsiyon.

INVESTIGATION OF REMOVAL OF ERIOCHROME BLACK DYESTUFF FROM WATER BY NANOADSORBENTS

Abstract: In this study, it was aimed to effectively remove Eriochrome Black dyestuff from water by adsorption method, using nanoadsorbents (MNPs-G1-Mu and MNPs-G2-Mu) synthesized from iron oxide nanoparticles and modified with polyamidoamine dendrimer and ammonium purpurate (murexide). The effects of contact time, amount of adsorbent, pH and initial concentration of dyestuff on the adsorption process were investigated. Then, the data obtained as a result of the kinetic study were evaluated to the pseudo first and second order kinetic equations and it was determined that both adsorptions fit both kinetic equations. Then, the experimental data were evaluated to the linear equations of Langmuir and Freundlich isotherms in order to determine the isotherm in which the adsorptions are suitable. According to the results obtained, it was determined that MNPs-G1-Mu and MNPs-G2-Mu adsorbents adsorb the dyestuff with 94.7% and 95.16% efficiency, respectively. MNPs-G2-Mu adsorbent adsorbed Eriochrome Black dyestuff slightly more than MNPs-G1-Mu adsorbent. The effects of the other parameters on both adsorptions are almost similar. In addition, it was found that both adsorption processes fit both Langmuir and Freundlich isotherms.

Keywords: Iron oxide, Nanoparticle, Eriochrome Black, Dyestuff, Adsorption.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

1. GİRİŞ

Sanayinin gelişmesiyle birlikte birçok organik kirleticinin su ortamına geçişi engellenememektedir. Ne yazık ki bu durum canlıların yaşamını ciddi tehditlere açık hale getirmiştir [1-5]. Organik kirleticilere örnek olan endüstriyel boyarmaddeler çoğunlukla aromatik hidrokarbonlar ve çeşitli kromofor gruplara sahip heterosiklik bileşiklerdir. [6-9]. Bazıları toksik ve ayrıştırılması zor olan birçok bileşene sahip olan boyarmaddeler, atık sulara büyük miktarlarda yayılır ve çevre için ciddi riskler oluşturur [10]. Suda çözünen ve azo boya sınıfından olan Eriokrom Siyahı (ES) boyar maddesi, geniş moleküler yapıya ve yüksek kimyasal kararlılığı sahiptir. Tekstil endüstrisinde geniş kullanımı nedeniyle, sulu fazdan uzaklaştırılması veya renginin giderilmesi zor olan önemli bir su kirleticisi olarak kabul edilir. Genel olarak azo boyalar özellikle de ES, birçok geleneksel biyolojik veya kimyasal işleme karşı yüksek dirence sahiptir [11-13].

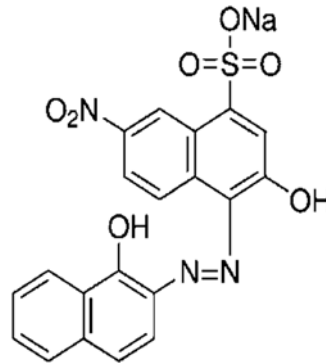
Her yıl su kütlelerine yaklaşık $(0.7-2.0) \times 10^5$ ton olduğu tahmin edilen %10-20 oranında arıtılmamış boyarmadde deşarj edilmektedir. Günümüzde boya atık suları, kimyasal oksidasyon, biyolojik arıtma, foto-bozunma, membran arıtma ve adsorpsiyon arıtma yaklaşımlarıyla arıtılmaktadır. Adsorpsiyon işlemi, diğer yöntemlerle kıyaslandığında daha verimli, daha ekonomik ve üretim prosedürü daha basit olduğu için daha iyi bir yöntem olarak kabul edilir [14-16].

Bilimsel çalışmalarda boya ile kirlenmiş atık suların fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonla temizlenmesi için etkili ve ekonomik malzemelerin üretilip adsorban olarak kullanılmasına çokça rastlanılmaktadır. Nanoteknoloji, malzemelerin boyutu, şekli ve işlevselliği üzerinde kontrol yoluyla yeni yaklaşımlar sunar [17]. Nanoteknolojinin sunduğu bu imkanlardan adsorban üretiminde de faydalanılmaktadır. Bu çalışmada, daha önceki bir çalışmamızda sentezlemiş olduğumuz MNPs-G1-Mu ve MNPs-G2-Mu olarak adlandırdığımız iki yeni nano adsorbent kullanılarak, ES boyar maddesinin sulu çözeltiden uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Adsorbentlerin sentezine ait tüm basamaklar referans çalışmalarda verilmiştir [18,19]. Adsorpsiyon çalışmalarında, temas süresi, pH, adsorbent miktarı ve boyar madde çözeltisinin başlangıç konsantrasyonunun adsorpsiyon verimine etkisi incelenmiştir. Kinetik çalışmada, deneysel sonuçlar Pseudo birinci ve ikinci derece kinetik denklemlerine uygulanmış olup, adsorpsiyon hız sabitleri hesaplanmıştır. Ayrıca adsorpsiyon izoterm çalışmasında ise deneysel sonuçlar Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izotermelerinde değerlendirilmiş, Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri hesaplanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

ES boyar maddesi Sigma-Aldrich; çözeltilerin pH'ını ayarlama için kullanılan NaOH, HCl ise Merck firmasından temin edilmiştir. Adsorpsiyon deneylerinde JP Selecta marka UR 6032011 model su banyolu çalkalayıcı kullanılmıştır. Perkin Elmer Lambda 35 UV-Vis Spektrofotometre cihazı ise çözeltilerde adsorplanmadan kalan boyarmadde konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Şekil 1'de ES'nin molekül yapısı görülmektedir.



Şekil 1. Eriokrom Siyahının molekül formülü

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

2.2. Metod

İlk önce ES boyar maddesinin 1000 mg L⁻¹ konsantrasyonunda stok çözeltisi hazırlanmıştır. ES boyar maddesinin maksimum çalışma dalga boyu 620 nm olarak belirlenmiştir. Etkin temas süresinin belirlenmesi için stok çözeltiden seyreltilerek hazırlanan 100 mg L⁻¹'lik 250 mL ES çözeltilerine 3'er gram adsorbent ilave edilerek 10 saat boyunca çalkalanmıştır. Değişik zaman aralıklarında çözeltilerden alınan numunelerde kalan ES konsantrasyonu UV-Vis spektrofotometre cihazı ile belirlenip zamana karşı adsorpsiyon yüzdesi grafiği çizilmiştir. Adsorbent miktarının etkisi 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 ve 0,5 gr adsorbent miktarları ile; pH'nin etkisi 2, 4, 6, 8 ve 10 pH değerleri ile başlangıç ES konsantrasyonunun etkisi ise 50, 100, 150, 200 ve 250 mL konsantrasyonlarında çalışmıştır. Her çalkalama işlemi sonunda adsorplanan ES miktarı (q_e) ve adsorpsiyon yüzdesi (% A) sırasıyla Eşitlik 1 ve 2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \quad (1)$$

$$\%A = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \quad (2)$$

Eşitliklerde; C₀: çözeltinin başlangıç konsantrasyonunu (mg L⁻¹), C_e: çözeltide adsorplanmadan kalan madde konsantrasyonunu (mg L⁻¹), q_e: birim adsorbent üzerinde adsorplanan madde miktarını (mg g⁻¹), V: çözeltinin hacmini (mL), m: adsorbent miktarını (g) ifade eder.

Kinetik deney sonuçları; pseudo birinci (Eşitlik 3) ve pseudo ikinci derece (Eşitlik 4) kinetik denklemlerinde değerlendirilmiştir.

$$\log(q_e - q) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} \cdot t \quad (3)$$

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (4)$$

q_e ve q (mg g⁻¹) sırasıyla dengede ve herhangi bir zamanda adsorbe edilen ES miktarını belirtir. k₁ (dk⁻¹) ve k₂ (g mg⁻¹ dk⁻¹) Pseudo birinci ve ikinci derece hız sabitlerini ve t (dk) zamanı belirtir.

Adsorpsiyonlara ait izoterm verileri Langmuir (Eşitlik 5) ve Freundlich (Eşitlik 6) adsorpsiyon izotermelerinin çizgisel denklemlerine uyarlanmıştır.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m b} + \frac{C_e}{q_m} \quad (5)$$

$$\log q_e = \log k + \frac{1}{n} \log C_e \quad (6)$$

q_m (mg g⁻¹) ve k sırasıyla maksimum adsorpsiyon kapasitesi ile ilgili Langmuir ve Freundlich sabitleridir.

b (mg L⁻¹): Adsorpsiyon enerjisi ile ilgili Langmuir sabiti.

n: Adsorpsiyon yoğunluğu ile ilgili Freundlich sabiti.

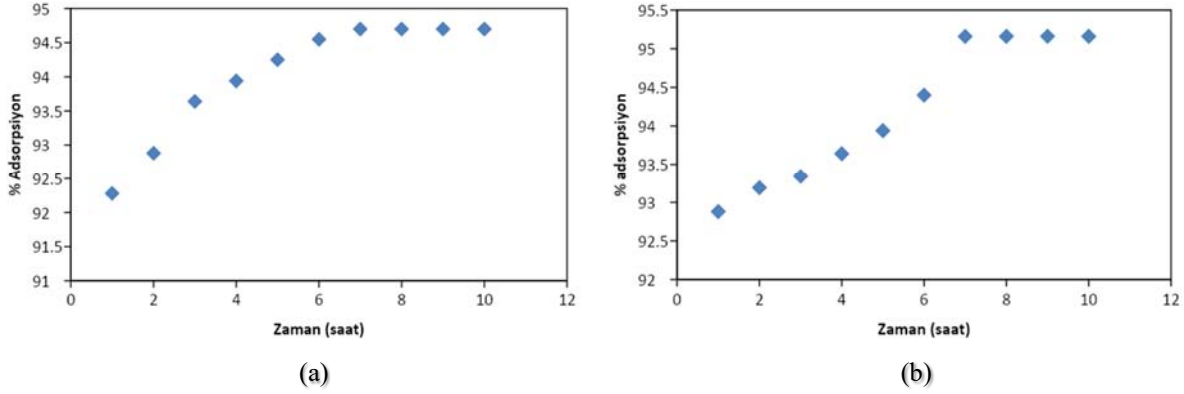
Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri çizgisel denklemlerin grafiklerinin eğim ve kayma değerlerinden hesaplanmıştır.

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

3.1. Etkin temas süresi

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

MNPs-G1-Mu ve MNPs-G2- Mu ile Eriokrom Siyahı adsorpsiyonunda temas süresinin etkisinin belirlenmesi için 100 mg L⁻¹'lik 250 ml Eriokrom Siyahı çözeltileri hazırlanmış ve 3 g adsorbentle karıştırılıp on saat boyunca 25 °C'de çalkalanmıştır. Değişik zamanlarda çözeltilerden alınan numunelerde kalan ES konsantrasyonları belirlenip zamana karşı % A grafikleri çizilmiştir (Şekil 2).

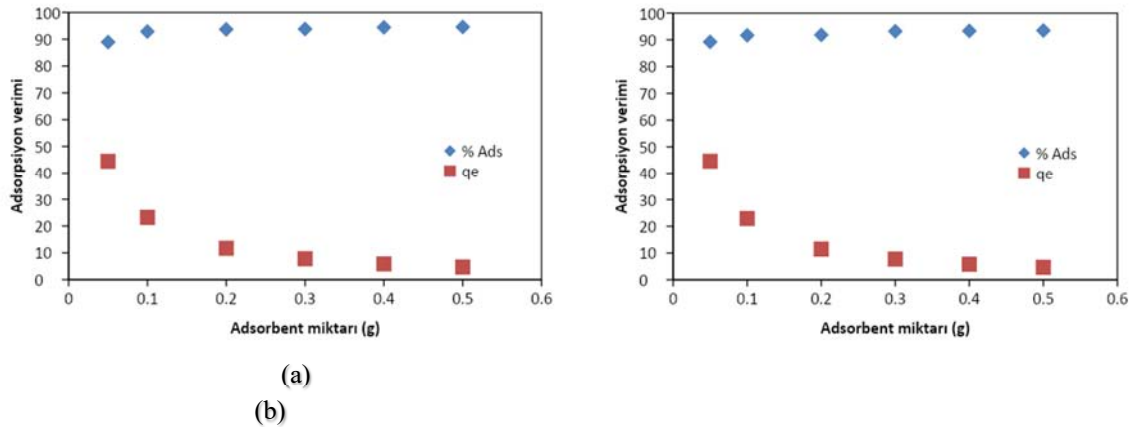


Şekil 2. MNPs-G1-Mu ve ES (a) MNPs-G2-Mu ve ES (b) adsorpsiyonuna ait % A – zaman grafiği

Şekil 2'ye göre her iki adsorbentle yapılan adsorpsiyon da 7. saatin sonunda dengeye ulaşmıştır. Şekil 2 (a)'ya göre MNPs-G1-Mu ve ES adsorpsiyonunun verimi % 94,7 ve maksimum adsorplanan ES miktarı da 7, 891 mg g⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Şekil2 (b)'ye göre MNPs-G2-Mu ve ES adsorpsiyonunun verimi ise % 95,16 ve maksimum adsorplanan ES miktarı da 7, 93 mg g⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Buna göre; MNPs-G2-Mu adsorbenti ES boyar maddesini MNPs-G1-Mu adsorbentine göre biraz daha fazla adsorplamıştır.

3.2. Adsorbent Miktarı

MNPs-G1-Mu ve MNPs-G2-Mu adsorbentleri ile ES adsorpsiyonlarına adsorbent miktarının etkisini belirlemek için 100 mg L⁻¹'lik 25 mL ES çözeltilerine 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 ve 0,5 g adsorbent ilave edilerek oda sıcaklığında sekiz saat çalkalanmıştır. Adsorbent miktarının etkisini gösteren grafikler Şekil 3'de görülmektedir.

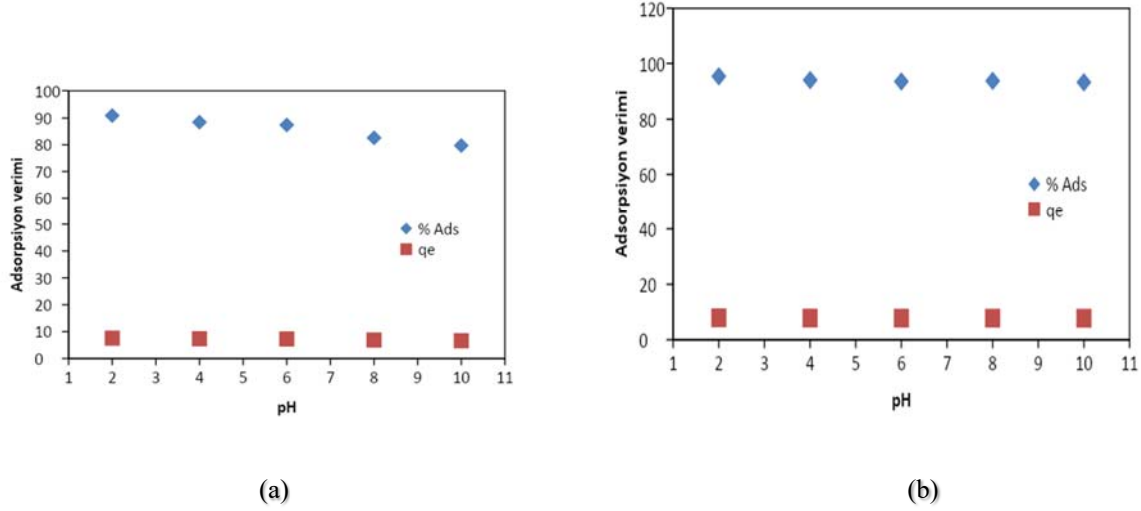


Şekil 3. MNPs-G1-Mu ve ES (a) MNPs-G2-Mu ve ES (b) adsorpsiyonuna adsorbent miktarının etkisi

Şekil 3 (a) ve (b)'ye göre; adsorbent miktarının artışıyla adsorpsiyon yüzdesinin arttığı ancak adsorplanan madde miktarının azaldığı görülmektedir. Adsorbent miktarı artarken adsorpsiyon bölgeleri de artacağı için adsorpsiyon yüzdesi (Şekil 3 (a)'da % 89,24'den % 93,49'a; Şekil 3 (b)'de % 88,94'den % 94,55'e) artar. Adsorbentin miktarının artmasıyla adsorplanan miktarın (Şekil 3 (a)'da; 44,62 mg g⁻¹'den 4,674 mg g⁻¹'e; Şekil 3 (b)'de 44,47 mg g⁻¹'den 4,72 mg g⁻¹'e) azalması ise adsorbentin kendi yüzeyini örterek aktif adsorpsiyon alanlarını azaltmasından kaynaklanmaktadır.

3.3. pH

MNPs-G1-Mu ve MNPs-G2-Mu ile ES adsorpsiyonlarına pH'ın etkisini belirlemek için 100 mg L⁻¹'lik 25 ml ES çözeltilerinin pH'ı 0,1 M HCl ve 0,1 M NaOH yardımıyla 2, 4, 6, 8 ve 10 olarak ayarlanmıştır. Her bir çözeltiliye 0,3 g adsorbent ilave edilerek oda sıcaklığında sekiz saat boyunca karıştırılmıştır. pH'ın etkisini gösteren grafikler Şekil 4'de görülmektedir.

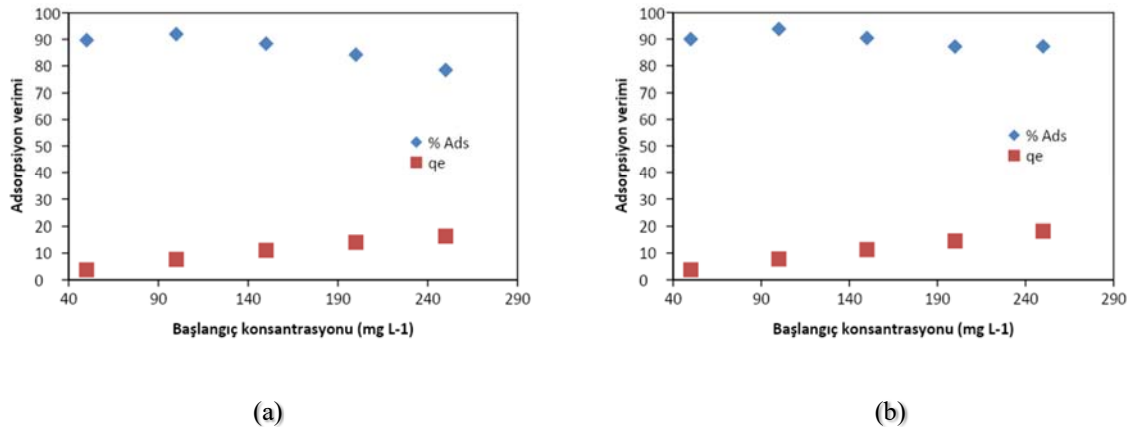


Şekil 4. MNPs-G1-Mu ve ES (a) MNPs-G2-Mu ve ES (b) adsorpsiyonuna pH'ın etkisi

Şekil 4 (a)'ya göre; pH 2'den 10'a artarken, adsorpsiyon yüzdesi ile adsorplanan miktar da azalmıştır. pH 2 iken adsorpsiyon yüzdesi 90,91 ve adsorplanan boyarmadde miktarı 7,57 mg g⁻¹ iken pH 10'da adsorpsiyon yüzdesi 79,7 ve adsorplanan boyarmadde miktarı 6,64 mg g⁻¹'e düşmüştür. Şekil 4 (b)'ye göre; pH 2'den 10'a yükselirken adsorpsiyon yüzdesi ile birlikte adsorplanan miktar az da olsa azalmıştır. pH 2 iken adsorpsiyon yüzdesi 95,3 ve adsorplanan boyarmadde miktarı 7,94 mg g⁻¹ iken pH 10'da adsorpsiyon yüzdesi 93,18 ve adsorplanan boyarmadde miktarı 7,765 mg g⁻¹'e düşmüştür.

3.4. Başlangıç ES konsantrasyonu

MNPs-G1-Mu ve MNPs-G2-Mu ile ES adsorpsiyonlarına başlangıç konsantrasyonunun etkisini belirlemek için 50, 100, 150, 200 ve 250 mg L⁻¹ konsantrasyonlarında ES çözeltileri hazırlanmıştır. Farklı konsantrasyondaki her bir çözeltiliye 0,3 g adsorbent ilave edilerek oda sıcaklığında sekiz saat boyunca çalkalanmıştır. Şekil 5'de ES'nin başlangıç konsantrasyonunun adsorpsiyonlara etkisi görülmektedir.



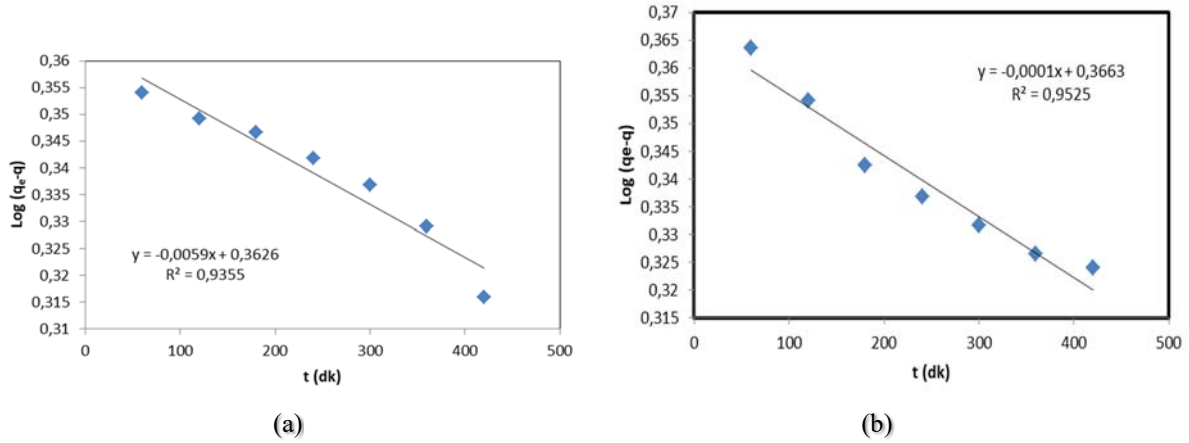
Şekil 5. MNPs-G1-Mu ve ES (a) MNPs-G2-Mu ve ES (b) adsorpsiyonuna başlangıç ES konsantrasyonunun etkisi

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Şekil 5 (a)'ya göre; başlangıç konsantrasyonunun artmasıyla adsorplanan boyarmadde miktarı da artmıştır. 50 mg L⁻¹ başlangıç konsantrasyonunda adsorpsiyon yüzdesi 89,7 iken adsorplanan miktar 3,737 mg g⁻¹'dir. Başlangıç konsantrasyonu 250 mg L⁻¹ olduğunda ise adsorpsiyon yüzdesi 78,428'e düşerken, adsorplanan miktar artarak 16,339 mg g⁻¹ olmuştur. Başlangıç konsantrasyonunun artmasıyla adsorplanan madde miktarının artması, boyarmadde ile adsorbent arasındaki etkileşimin fazla olduğunu gösterir. Şekil 5 (b)'ye göre; başlangıç konsantrasyonu 50 mg L⁻¹'den 100 mg L⁻¹'e artınca adsorpsiyon yüzdesi 90'dan 93,79'a yükselmiş ancak sonraki konsantrasyon artışlarıyla birlikte azalmıştır. Bununla birlikte, başlangıç konsantrasyonunun artmasıyla adsorplanan boyarmadde miktarı da artmıştır. 50 mg L⁻¹ başlangıç konsantrasyonunda adsorpsiyon yüzdesi 90 iken adsorplanan miktar 3,75 mg g⁻¹'dir. Başlangıç konsantrasyonu 250 mg L⁻¹ olduğunda ise adsorpsiyon yüzdesi 87,276'ya düşerken, adsorplanan miktar artarak 18,18 mg g⁻¹ olmuştur.

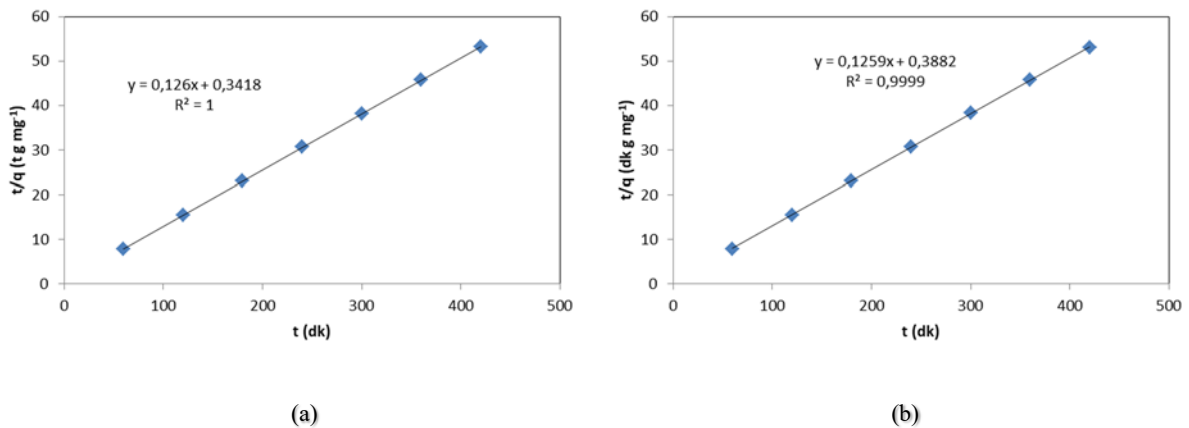
3.5. Kinetik Verilerin Değerlendirilmesi

MNPs-G1-Mu ve MNPs-G2-Mu ile ES adsorpsiyonlarına ait 298 K sıcaklığındaki deneysel veriler pseudo birinci derece kinetik denklemde değerlendirildi. t'ye karşı log (q_e-q) değerleri grafiğe geçirildiğinde elde edilen grafiklerin (Şekil 6) eğiminden 298 K sıcaklığındaki k_{ads,1} hız sabitleri MNPs-G1-Mu (Şekil 6 (a)) için 2,3. 10⁻⁴ dk⁻¹; MNPs-G2-Mu (Şekil 6 (b)) için ise 0,013 dk⁻¹ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6. MNPs-G1-Mu ve ES (a) MNPs-G2-Mu ve ES (b) adsorpsiyonuna ait Pseudo birinci derece hız denkleminin grafiği

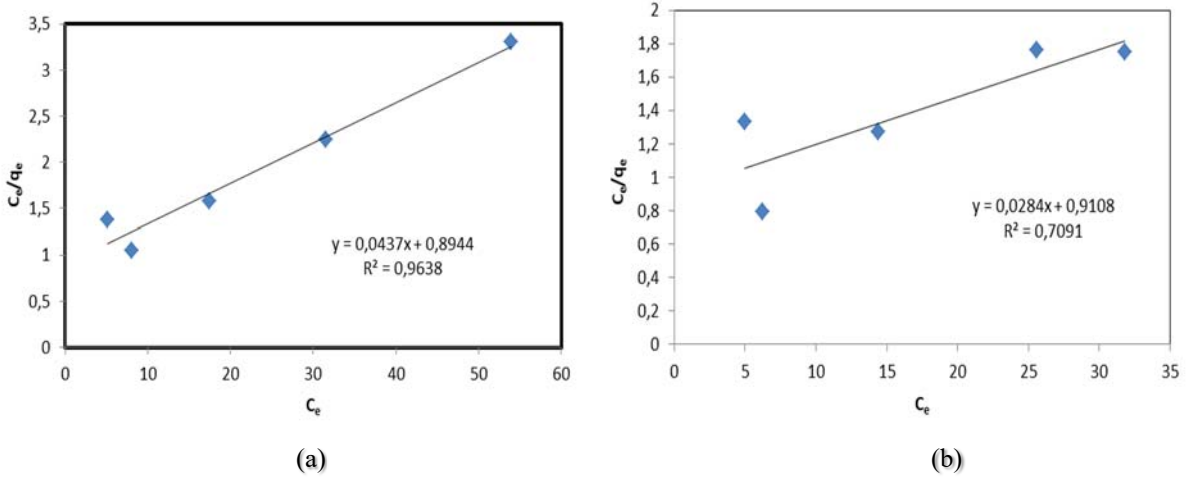
MNPs-G1-Mu ve MNPs-G2-Mu ile ES adsorpsiyonlarına ait deneysel veriler Pseudo ikinci derece kinetik denklemde değerlendirilmiştir. t'ye karşı t/q değerleri grafiğe geçirildiğinde aşağıdaki grafikler (Şekil 7) elde edilmiştir. Grafikteki doğruların kayma değerinden 298 K sıcaklığındaki k_{ads,2} hız sabitleri MNPs-G1-Mu (Şekil 7 (a)) için 0,046 mg⁻¹ dk⁻¹ ve MNPs-G2-Mu (Şekil 7 (b)) için 0,04 mg⁻¹ dk⁻¹ olarak hesaplanmıştır.



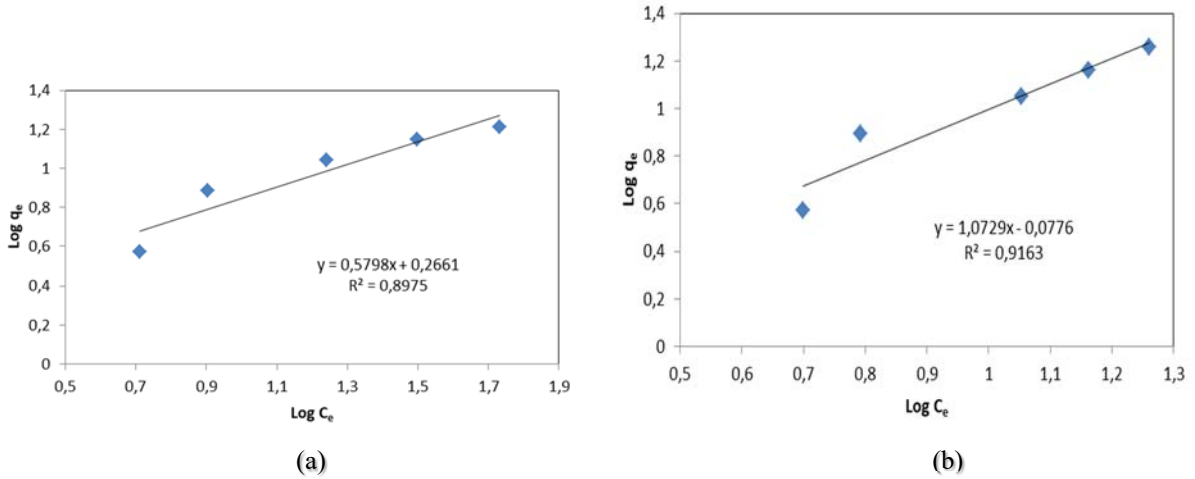
Şekil 7. MNPs-G1-Mu ve ES (a) MNPs-G2-Mu ve ES (b) adsorpsiyonuna ait Pseudo ikinci derece hız denkleminin grafiği

3.6. Adsorpsiyon İzotermi

İzoterm çalışmasından elde edilen veriler Langmuir ve Freundlich çizgisel izotermelerinde değerlendirilmiştir. İzotermelere ilişkin grafikler Şekil 8 ve 9'da verilmektedir.



Şekil 8. MNPs-G1-Mu ve ES (a) MNPs-G2-Mu ve ES (b) adsorpsiyonuna ait Langmuir çizgisel izotermi



Şekil 9. MNPs-G1-Mu ve ES (a) MNPs-G2-Mu ve ES (b) adsorpsiyonuna ait Freundlich çizgisel izotermi

Langmuir ve Freundlich sabitleri, çizgisel denklemlerinin grafiklerinin eğim ve kayma değerlerinden hesaplanmıştır. Hesaplanan sabitlerin değerleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Adsorpsiyonlara ait Langmuir ve Freundlich sabitleri

	Langmuir Sabitleri		Freundlich Sabitleri	
	q_m (mg g ⁻¹)	b (L mg ⁻¹)	k	n
MNPs-G1-Mu ve ES adsorpsiyonu	22,883	0,049	1,845	1,724
MNPs-G2-Mu ve ES adsorpsiyonu	35,211	0,031	0,932	1,195

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Bu çalışmada, ES boyarmaddesi sulu çözeltiden MNPs-G1-Mu ve MNPs-G2-Mu nanoadsorbentleri kullanılarak adsorpsiyon yöntemiyle sudan uzaklaştırılmıştır. MNPs-G1-Mu adsorbenti ES boyar maddesini % 94,7 ve MNPs-G2-Mu adsorbenti ise % 95,16 oranında sudan uzaklaştırmıştır. Her iki adsorpsiyon işleminin de denge temas süresi 7 saat olarak belirlenmiştir. Adsorbent miktarı 0,05 gramdan 0,5 grama artınca adsorpsiyon yüzdesi her iki adsorpsiyon işleminde de artmıştır. Adsorpsiyonlar için en etkili pH ve ES boyar maddesinin başlangıç konsantrasyonu ise pH 2 ve konsantrasyon değeri 50 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir. Adsorpsiyonların kinetiği hem Pseudo birinci derece hem de Pseudo ikinci derece kinetik denklemlerine uygunluk göstermiş olsa da kinetik denklemlere ait grafiklerin R² değerlerine göre Pseudo ikinci derece kinetik denkleminde daha fazla uygunluk göstermiştir. Adsorpsiyon izotermine bakıldığında her iki adsorbentle yapılan adsorpsiyonun da hem Langmuir hem de Freundlich izotermine uyduğu görülmektedir. Langmuir sabitleri değerlerine göre MNPs-G2-Mu adsorbenti için q_m daha büyük, MNPs-G1-Mu adsorbenti için de b sabiti daha büyüktür. İzotermilerin R² değerlerine göre; MNPs-G1-Mu adsorbenti ile yapılan adsorpsiyon Langmuir izotermine, MNPs-G2-Mu adsorbenti ile yapılan adsorpsiyon da Freundlich izotermine daha fazla uygunluk göstermektedir. Sonuç olarak; MNPs-G1-Mu ve MNPs-G2-Mu nanoadsorbentleri, ES boyar maddesini sulu çözeltiden uzaklaştırmada etkili olmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Weiming N., Xinfeng X., Weiwei G., Linlin Z., Yanjun L., Na L., Controllable preparation of amino-functionalized ZIF-8: A functionalized MOF material for adsorbing Congo Red and Eriochrome Black T in aqueous solution, *Journal of Colloid and Interface Science*, 3, 100018, 2021.
- [2] Saravanan R., Gupta V.K., Mosquera E., Gracia F., Preparation and characterization of V₂O₅/ZnO nanocomposite system for photocatalytic application, *Journal of Molecular Liquids*, 198, 409-412, 2014.
- [3] Jin M., Xiao X., Qin L., Geng W., Gao Y., Li L., Xue J., Physiological and morphological responses and tolerance mechanisms of *Isochrysis galbana* to Cr(VI) stress, *Bioresourch Technology*, 302, 122860, 2020.
- [4] Priya B., Gupta V.K., Pathania D., Singha A.S., Synthesis, characterization and antibacterial activity of biodegradable starch/PVA composite films reinforced with cellulosic fibre, *Carbohydrate Polymers*, 109, 171-179, 2014.
- [5] Li L., Liu X., Wang H., Zhao C., Liu Q., Shang X., Removal of petroleum hydrocarbons and heterocycles by *Pseudomonas* sp. LKY-5 under aerobic conditions, *Petroleum Science and Technology*, 37, 1298-1305, 2019.
- [6] Gupta V.K., Jain R., Nayak A., Agarwal S., Shrivastava M., Removal of the hazardous dye-Tartrazine by photodegradation on titanium dioxide surface, *Materials Science and Engineering:C*, 1062-1067, 2011.
- [7] Nekouei F., Nekouei S., Tyagi I., Gupta V.K., Kinetic, thermodynamic and isotherm studies for acid blue 129 removal from liquids using copper oxide nanoparticle-modified activated carbon as a novel adsorbent, *Journal of Molecular Liquids*, 201, 124-133, 2015.
- [8] Ghaedi M., Hajjati S., Mahmudi Z., Tyagi I., Agarwal S., Maity A., Gupta V.K., Modeling of competitive ultrasonic assisted removal of the dyes-Methylene blue and Safranin-O using Fe₃O₄ nanoparticles, *Chemical Engineering Journal*, 268, 28-37, 2015.
- [9] Saravanan R., Mansoob Khan M., Gupta V.K., Mosquera E., Gracia F., Narayanan V., Stephen A., ZnO/Ag/CdO nanocomposite for visible light-induced photocatalytic degradation of industrial textile effluents, *Journal of Colloid and Interface Science*, 452, 126-133, 2015.
- [10] Zhang H., Li Y., Cheng B., Ding C., Zhang Y., Synthesis of a starch-based sulfonic ion exchange resin and adsorption of dyestuffs to the resin, *International Journal of Biological Macromolecules*, 161, 561-572, 2020.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- [11] Sabre W., Mohammed S.A., Ali A.H., Effect of operating parameters on degradation of eriochrome black T dye, *Engineering and Technology Journal*, 37, 163-167, 2019.
- [12] Pourshirband N., Nezamzadeh-Ejehieh A., A Z-scheme AgI/BiOI binary nanophotocatalyst for the Eriochrome Black T photodegradation: A scavenging agents study, *Materials Research Bulletin*, 111689, 2021.
- [13] Vaiano V., Matarangolo M., Sacco O., Sannio D., Photocatalytic removal of eriochrome black T dye over ZnO nanoparticles doped with Pr, Ce or Eu, *Chemical Engineering Transactions*, 57, 625-630, 2017.
- [14] Anastopoulos I., Kyzas G.Z., Agricultural peels for dye adsorption: a review of recent literature, *Journal of Molecular Liquids*, 200, 381-389, 2014.
- [15] Chen S., Qin C., Wang T., Chen F., Li X., Hou H., Zhou M., Study on the adsorption of dyestuffs with different properties by sludge-rice husk biochar: Adsorption capacity, isotherm, *Journal of Molecular Liquids*, 285, 62-74, 2019.
- [16] Zhou Y., Zhang L., Cheng Z., Removal of organic pollutants from aqueous solution using agricultural wastes: a review, *Journal of Molecular Liquids*, 212, 739-762, 2015.
- [17] Alvarez P.J.J., Chan C.K., Elimelech M., Halas N.J., Villagran D., Emerging opportunities for nanotechnology to enhance water security, *Nature Nanotechnology*, 13, 634-641, 2018.
- [18] Ekinci S., İter Z., Ercan S., Çınar E., Çakmak R., Magnetite nanoparticles grafted with murexide-terminated polyamidoamin dendrimers for removal of lead (II) from aqueous solution: synthesis, characterization, adsorption and antimicrobial activity studies, *Heliyon*, 7, e06600, 2021.
- [19] Ekinci, S., Poliamidoamin dendrimerleri ile modifiye edilmiş süperparamagnetik demir oksit nanopartiküllerin hazırlanması ve bazı ağır metallerin ve boyar maddelerin adsorpsiyonunda kullanılması, Doktora tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 2019.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

KLİMA SANTRALLERİNDE KULLANILAN G4 SENTETİK ELYAF FİLTRENİN
BASINÇ DÜŞÜMÜNE OLAN ETKİSİNİN DENEYSSEL VE SAYISAL OLARAK
İNCELENMESİ

Tuncay TEKBIYIK*, **Ahmet KAYA****

*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi , Makine Mühendisliği Bölümü 46050, Kahramanmaraş
e-posta: tuncay.tekbiyik@istiklal.edu.tr

**Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi , Makine Mühendisliği Bölümü 46050, Kahramanmaraş
e-posta: kaya38@ksu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, merkezi klima santrallerinde kullanılan EN-779 standartlarında G4 tipi sentetik elyaf filtrenin basınç düşümü ve akışa olan etkileri deneysel ve sayısal olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalar bir klima santralının boş hücreinde gerçekleştirilmiş, boş hücre içindeki filtre konumunun (fan çıkışında 400 mm, 800 mm, 1800 mm) basınç düşümüne etkisi farklı fan devirleri için (780 d/d, 960 d/d, 1120 d/d, 1235 d/d) araştırılmıştır. Sayısal çalışma kapsamında ise klima santrali ve filtre 3 boyutlu olarak Solidworks programında tasarlanmış ve akış analizi Ansys Fluent programında yapılmıştır. Fan devir sayısı arttıkça filtreli boş hücre içinde basınç düşümünün arttığı belirlenmiştir. Ayrıca filtre konumunun fan çıkış kesitine yaklaşmasıyla basınç düşümünün azaldığı görülmüştür. Fan çıkış kesitinden 400 mm'ye konumlandırılan filtrenin boş hücre içindeki akışı daha düzgün dağıttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Klima Santrali, Ansys Fluent, Basınç Düşümü, Hava Filtresi

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF G4
SYNTHETIC FIBER FILTER USED IN AIR HANDLING UNITS ON PRESSURE DROP

Abstract: In this study, the effects of G4 type synthetic fiber filter used in central air handling units in EN-779 standards on pressure drop and flow have been investigated experimentally and numerically. Experimental studies have been carried out in an empty cell of an air handling unit, the effect of the filter location in the empty cell (400 mm, 800 mm, 1800 mm at the fan outlet) on the pressure drop for different fan speeds (780 rpm, 960 rpm, 1120 rpm, 1235). d/d) have been investigated. Within the scope of numerical study, the air handling unit and filter have been designed in 3D in Solidworks program and flow analysis has been made in Ansys Fluent program. It has determined that as the fan speed increases, the pressure drop in the empty cell with the filter increases. Also, as the filter position approaches the fan outlet section, the pressure drop increases. It has been observed that the filter positioned 400 mm from the fan outlet section distributes the flow in the empty cell more smoothly.

Keywords: Air handling unit, Computational fluid dynamic (CFD), Pressure drop, Air Filter

SEMBOLLER

B	Filtrenin geçirenlik Değeri	[m ²]
C	Atalet direnci	[1/m]
C ₁ , C ₂	Türbülans modeli sabitleri	
C _{1ε} , C _{2ε}	Türbülans modeli sabitleri	
C _μ	Türbülans modeli sabiti	
d/d	Devir/dakika	[rpm]
d _p	Elyaf filtre lif(gözenek)çapı	[μm]
Gk	türbülans kinetik enerjisi üretimi	[kg/(m.s ³)]
k	Türbülans kinetik enerjisi	[m ² /s ²]
P	Basınç	[Pa]

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Re	Reynolds sayısı	$[\rho v D_h / \mu]$
Re _p	Gözenek reynolds sayısı	$[\rho v_f d_p / \mu]$
t	Zaman	[sn]
u	yatay doğrultudaki hız bileşenini	[m/s]
V	Hava Hızı	[m/s]
V _f	Filtrasyon hızı	[m/s]
Z	Filtrenin kalınlığı	[m]
ΔP	Basınç düşümü	[Pa]
ΔV	Ortalama hız	[m/s]
μ	Dinamik viskozite	[kg.m/s]
μt	Türbülans viskozitesi	[kg/(m.s)]
ϵ	türbülans kinetik enerjinin dağılımı	[m ² /s ³]
ρ	Havanın yoğunluğu	[kg/m ³]
σk	k için türbülanslı Prandtl sayısı	
$\sigma \epsilon$	ϵ için türbülanslı Prandtl sayısı	
x	yatay koordinatı	[m]
1/ α	Viskoz direnç	[1/m ²]

Giriş

Klima santralleri, atmosferden alınan taze havanın hareketlendirilmesi, temizlenmesi, ısıtılması, soğutulması, nemlendirilmesi ve neminin alınması gibi çeşitli şartlandırmalardan sonra mahale gönderilmesini sağlayan cihazlardır. Klima santrallerinin havayı istenilen kriterlerde şartlandırarak ortama sunması ve verimli çalışabilmesi açısından filtreler önemli bir yere sahiptir. Klima santrali sisteminde en uygun hava hızını ve basınç düşümünü sağlayacak filtreler kullanılmalıdır. Santral içerisinde fanın enerji tüketiminin yaklaşık % 10 ile % 70'ine filtreler sebep olmaktadır [1]. Filtre seçimi ortamın ve prosesin ihtiyaçlarına en uygun şekilde yapılması gerekmektedir. Ayrıca ön filtre olarak kullanılan G4 tipi filtreler birlikte kullanıldığı durumlarda oldukça maliyetli ve hijyenik koşullarda kullanılan Hepa filtrelerin çalışma ömrünü uzatmakta önemli rol oynamaktadır [1]. Klima santrali içerisinde filtre direncinin ve filtre üzerinden geçirilen hava debisinin filtre enerji tüketimi üzerinde doğrudan etkisi bulunmaktadır [2].

Klima santralleri ve iklimlendirme sistemlerinde kullanılan filtreler ile ilgili literatürde bazı çalışmalara rastlanmıştır. Bu çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Chen ve diğ. (1995), pileli filtre panellerinin tasarımını optimize etmek için sayısal bir model geliştirmişler ve bu modelde akışkanın akışını sabit bir laminer akış ile modelleyip, filtre ortamının direncini Darcy-Lapwood-

Brinkman denklemi ile çözmüşlerdir. Minimum basınç düşüşüne karşılık gelen pile sayısı, pile yüksekliği ve ortam özelliklerinin filtre paneli tasarlamada kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Tronville ve Sala (2003), ticari filtre tasarımında yapılmış mini kıvrımlı filtre panelinin prototipinin performansını deneysel ve sayısal olarak araştırmışlardır. Sayısal olarak Reynolds stres (RSM); k- ϵ standart ve re-normalizasyon grubu (RNG) k- ϵ modeli gibi CFD tekniklerini kullanarak incelemişlerdir. RSM türbülans modelinin çok iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

Özer ve Yücel (2007) ameliyathane odalarının havalandırılması ve bu mekânlardaki klima santralinin tasarımında hijyen ve fonksiyon açısından dikkat edilmesi gereken konular üzerinde durmuşlar ve uygun cihazların seçilmemesi durumunda işletme maliyetlerinin artacağı, rahatsız edici koşulların oluşacağını belirtmişlerdir.

Feng ve Long (2016), kıvrımlı filtrelerde CFD yazılım paketi Ansys Fluent programını kullanarak sayısal analizler yapmışlardır. Analizlerinde Lagrangian ve Euler yöntemlerini kullanmışlar ve elde edilen sonuçların her iki yöntemle de kabul edilebilir hatayla doğru sonuçlar sağlayabildiğini belirtmişlerdir.

Bashaa ve diğ. (2016), vakum pompası uygulamasında bir filtre için basınç düşümünü deneysel ve nümerik olarak hesaplanmışlardır. Nümerik çalışmada standart k- ϵ türbülans modelini kullanmışlar ve filtreyi 'Gözenekli Bölge' olarak modellemişlerdir. Sayısal ve deneysel

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

verilerini karşılaştırmışlar ve % 86 oranında doğruluk tespit etmişlerdir. Herhangi bir akış hızı koşulu ve farklı filtrelerde verilerini tahmin etmek için bu modeli kullanmanın yüksek doğruluğunu ve güvenilirliğini belirtmişlerdir.

Sönmez ve Kaya (2017), klima santrallerindeki boş hücrede akışı homojen dağıtmak ve en düşük basınç düşümünü bulmak için farklı profil açılı difüzörler tasarlamışlar ve akış analizini Ansys-Fluent programında gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca uygun değer geometri parametrelerini elde etmek için Taguchi yöntemi uygulanmıştır.

Theron ve diğ. (2017), lif yapılı pileli filtrelerin geometrik parametrelerinin basınç düşümü ve hız alanına etkisini deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Kıvrımların geometrik yapısının basınç düşümü üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu, test edilen filtre ve filtrasyon hızları için hem k-ε hem de RSM türbülans modellerinin kullanılmasının doğru tahmin sağladığını belirtmişlerdir. Özkan ve diğ. (2017), dizel partikül filtresinin basınç kaybını deney düzeneği üzerinde ölçmüşler ve sonlu elemanlar yazılımı (CFD) kullanarak basınç kaybı analizini gerçekleştirmişlerdir.

Mrad ve diğ. (2021), havalandırma sistemlerinde kullanılan pileli filtrelerin çevresindeki hava akışını karakterize etmek için deneysel hız ölçümleri ve sayısal simülasyonları laminer, standart k-ε ve geçiş SST modeli ile test etmişlerdir. En iyi sonucu laminer modelin verdiğini belirtmişlerdir. Deneysel ve sayısal karşılaştırmada basınç düşümünü maksimum % 20 minimum %12 ölçmüşler ve bu sonuçların Rebaï ve diğerlerinin CFD simülasyon sonuçlarına uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada ise G4 tipi EN779 standartlarındaki sentetik elyaf filtrenin klima santrali içerisinde, fan çıkış kesitinden farklı uzaklıklarda konumlandırılmasının basınç düşümü ve akışa etkisi deneysel ve sayısal olarak incelenmiştir.

MATERYAL METOT

Bu çalışma deneysel ve sayısal olarak yapılmıştır. Deneysel çalışmalar, KSÜ Makine Mühendisliği bölümü laboratuvarında bulunan deney düzeneğinde yürütülmüştür (Şekil 1). Sayısal çalışmalarda ise Ansys Fluent 19.2 programı kullanılmıştır. EN779 standartlarındaki G4 tipi sentetik elyaf filtre klima santrali ve havalandırma sistemlerinde en fazla tercih edilen ön filtrelerden olduğundan çalışmada model olarak tercih edilmiştir. Çalışmada, farklı devir sayılarında ve farklı filtre konumlarında filtrenin boş hücredeki akışa olan etkileri incelenmiş ve en uygun filtre konumu belirlenmiştir.

Deneysel Çalışma

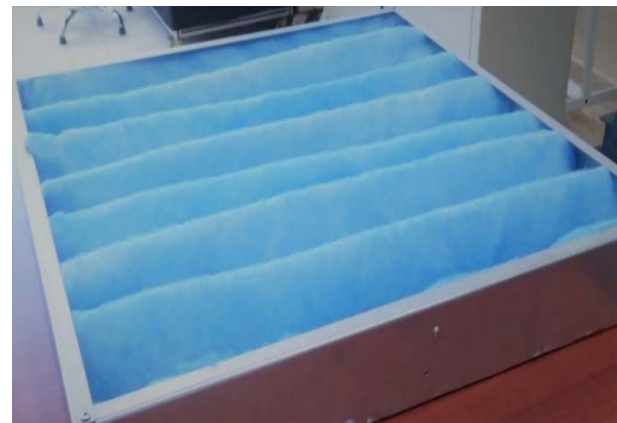
Yapılan deneysel çalışmada 800 mm x 800 mm ebatlarında, hücre derinliği 3000 mm olarak imal edilen deney seti kullanılmıştır (Şekil 1). Bu deney düzeneği; fan hücresi (1. Bölge), hava giriş hücresi (2. Bölge) ve Çıkış hücresinden (3. Bölge) oluşmaktadır.

Fan hücresine havanın girdiği kesit 330 mm x 285 mm genişliğinde ve 290 mm uzunluğundadır. Filtre, santralin 330 x 285 mm'lik kesit alanından ilk olarak 400 mm uzaklıkta 2. Hücre içerisine, ikinci olarak 330 x 285 mm'lik kesit alanından 800 mm uzaklıkta 2. Hücre olan hava giriş hücresinin çıkış kısmına ve üçüncü olarak 330 x 285 mm'lik kesit alanından 1800 mm uzaklıkta 3. Hücrenin çıkış kısmına yerleştirilmiştir. Deney düzeneğinde basınç ve hız ölçümleri 1. ve 2. hücreler arasında yer alan "Giriş Ölçüm Hücresi" ile 2. ve 3. hücreler arasında yer alan "Çıkış Ölçüm Hücresi"nden ölçülmüştür. Bu çalışmada kullanılan sentetik elyaf filtre yedi pileden oluşmaktadır. İmalatı yapılan filtrenin deney düzeneğine montajı ile basınç düşümü ve hızlar ölçülmüştür. Deneysel çalışmalarda ölçülen hız ve basınçlardaki değişimler 5 sn aralıklarla deney setine bağlı olan PLC ekranından bilgisayar ekranına aktarılıp 50 adet verinin ortalaması alınarak elde edilmiştir. Deneysel çalışmalar aynı koşullarda 3'er kez tekrarlanmış ve sonuçların ortalaması alınmıştır.



Şekil 1. Deney Düzeneğinin Şematik Görünümü

Deneysel çalışmada kullanılan filtre geometrisi 800 mm×800 mm mm ebatlarında ve 100 mm genişliğinde deney düzeneği ölçülerinde standart kaset filtre geometrilerine uygun şekilde sanayi ortamında imal edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Sentetik Elyaf Filtre

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Şekil 3’de deneysel çalışmada kullanılan sentetik elyaf filtrenin boş hücre içerisinde 800 mm konumundaki montajı gösterilmiştir.



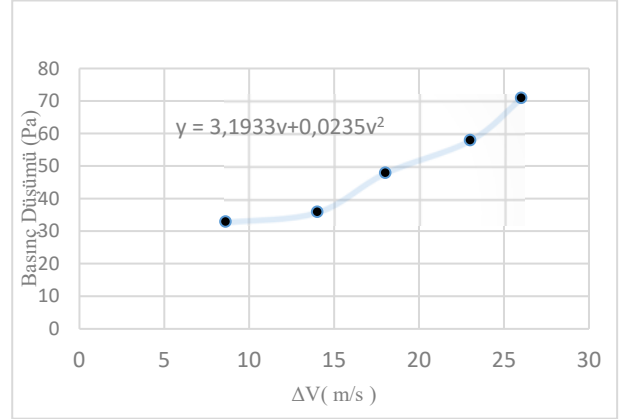
Şekil 3. Filtrenin Boş Hücre İçindeki Montajı

Gözenekli ortam olarak ele alınan filtrenin sayısal modellemesinin ANSYS’te yapılabilmesi için bazı parametrelerin (viskoz direnç, atalet direnci, gözeneklilik değeri) deneysel olarak bulunması gerekmektedir. Bu amaçla; çıkış kesitinden 800 mm’ye konumlandırılan filtrenin farklı devir sayılarında oluşturduğu basınç düşümü elde edilmiş ve Tablo 1’de verilmiştir. Burada ΔV ; giriş ölçüm hücresi ortalama hızı (V_{g-ort}) ile çıkış ölçüm hücresi ortalama hızı ($V_{ç-ort}$) farkı ve ΔP ; giriş ölçüm hücresi ortalama basınç (ΔP_{g-ort}) ile çıkış ölçüm hücresi ortalama basınç ($\Delta P_{ç-ort}$) farkıdır.

Tablo 1. Ortalama hız farkı ve basınç düşümünün devir sayısı ile değişimi

Devir Sayısı (d/d)	ΔV (m/s)	Basınç Düşümü ΔP (Pa)
584	8.8	33
780	14	36
960	18	48
1120	23	58
1235	26	71

Bu deneysel veriler gözenekli bölge parametreleri ve filtre karakteristik özelliklerini belirlemede kullanılmıştır. Tablo 1’e göre deneysel verilerden elde edilen hız ve basınç grafiği şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. Basınç düşümünün ortalama hızla göre değişimi

Oluşan grafikte basınç düşümü ve hız arasındaki ilişki elde edilmiş ve aşağıda verilen eşitlikle gözenekli bölge parametreleri belirlenmiştir [3].

$$\Delta p = 3.1933 v + 0.0235v^2 \quad (1)$$

Burada Δp basınç düşümü ve v ortalama hızdır.

Eşitlik (1) ile elde edilen değerler, Ansys Fluent programında gözenekli bölgedeki basınç düşümünü elde etmek için kullanılan model olan Darcy-Forchheimer eşitliği (Eş.2) ile eşleştirilerek viskoz direnç ve atalet direnci bulunmuştur [4]. Bu eşitlikteki 1. terim viskoz direnci, 2. terim atalet direncini tanımlar [3,4,5].

$$\frac{\Delta P}{Z} = \frac{\mu}{B} V + \frac{C}{2} \rho V^2 \quad (2)$$

Eşitlikte, Z gözenekli ortam (filtre) kalınlığı, B gözeneklilik değeri, μ havanın dinamik viskozitesi (1.78×10^{-5} kg/m.s) ve ρ havanın yoğunluğu (1.225 kg/m³)’dur.

(1) numaralı eşitliğin 1.terimi ile (2) numaralı eşitliğin 1. terimi eşitlenirse;

$$3,1933 = \frac{\mu}{B} z \quad (3)$$

Buradan filtre gözenek değeri;

$$B = 5.58 \times 10^{-8} \text{ (m}^2\text{)}$$

Viskoz direnç ($1/\alpha$), gözeneklilik değerinin tersidir.

$$1/\alpha = \text{Gözenek değeri (B)} = 1.79 \times 10^7 \text{ (1/m}^2\text{)}$$

(1) numaralı eşitliğin 2. terimi ile (2) numaralı eşitliğin 2. terimi eşitlenirse;

$$0,0235 = C \frac{1}{2} \rho Z \quad (4)$$

Atalet direnci;

$$C = 3.84 \text{ (1/m) olarak bulunur.}$$

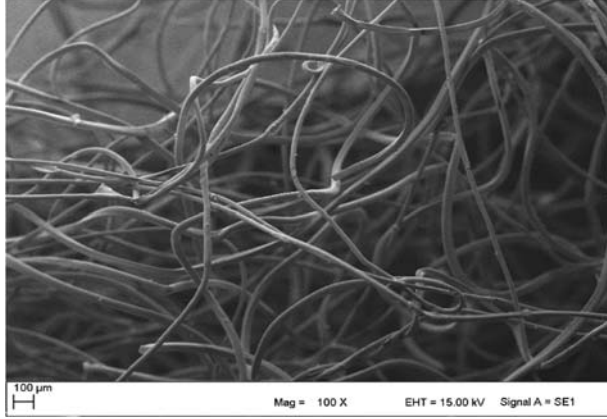
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Elde edilen değerler ve filtre karakteristik özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

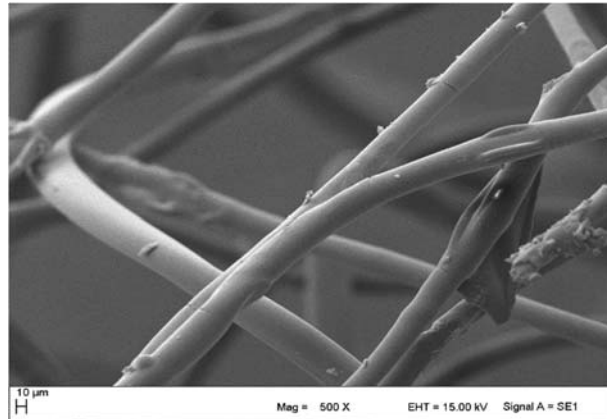
Tablo 2. Deneysel Filtre Karakteristik Özellikleri

Filtre Sınıfı	G4 – EN779
Kalınlık (mm)	10
Gözeneklilik Değeri-B (m ²)	5.58 x 10 ⁻⁸
Filtre Yüzey Alanı (m ²)	1.12
Filtre Ortalama Ağırlığı (g/m ²)	198.5
Elyaf Filtre Lif Çapı (µm)	25
Atalet direnci (1/m)	3.84
Viskoz direnç (1/α) (1/m ²)	1.79x10 ⁷

Filtre karakteristik özelliklerinden elyaf filtre lif (gözenek) çapı taramalı elektron mikroskobu (SEM) cihazından alınan görüntüler ile belirlenmiş ve gözenekli bölge akış modelini belirlemede (Eş.6) kullanılmıştır. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri Şekil 5a ve 5b’de verilmiştir.



Şekil 5a. Sentetik Elyaf Filtre Yapısı (SEM) 100X



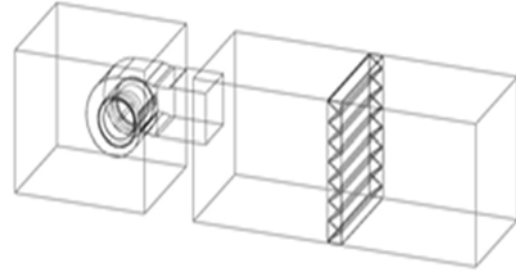
Şekil 5b. Sentetik Elyaf Filtre Yapısı (SEM) 500X

Sayısal Çalışma

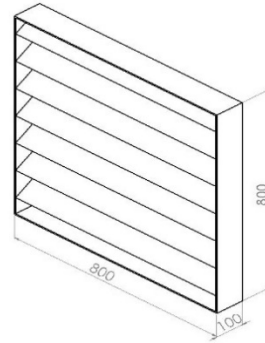
Yapılan sayısal çalışmada, oluşturulan geometrilerin akış analizleri ANSYS Fluent programında gerçekleştirilmiştir. CFD analiz programı olan FLUENT, karmaşık geometrideki akışın modellenmesi için geliştirilmiş bir bilgisayar programıdır.

Çalışmada solidworks programında tasarlanan 3 boyutlu klima santrali modeli (Şekil 6) ve filtre geometrisi

kullanılmıştır (Şekil 7). Tasarlanan geometri modeli ile deneysel düzeneği aynı ölçülerdedir.



Şekil 6. Deneysel düzeneğinin 3 boyutlu katı modeli



Şekil 7. Filtre geometrisinin katı modeli

Çözümlemek üzere ele alınan geometrinin üç boyutlu hücre yapısı oluşturularak sayısal çözümleme yapılmıştır. Akış modelinin belirlenmesi için Reynolds sayısı eşitlik (5) ile hesaplanmıştır [6].

$$Re = \frac{\rho v D_h}{\mu} \quad (5)$$

Bu çalışmada Reynolds Sayısı $2.5 \times 10^5 < Re < 4.5 \times 10^5$ aralığında değiştiğinden akış türbülanslı olarak alınmıştır [6].

Sayısal çalışmalarda, 960 d/d da, standart k-ε türbülans, re-normalizasyon grubu (RNG) k-ε ve Reynolds stres modeli (RSM) ve k-omega modellerinde analizler yapılarak basınç düşümleri deneysel verilerle karşılaştırılarak Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. 800 mm konumu için türbülans çözücülerin karşılaştırılması

Türbülans Çözücü	Sayısal ΔP (Pa)	Deneysel ΔP (Pa)	Sapma Miktarı (%)
Standart k-ε	42	48	12.5
k-omega	35		27
RSM	32		33
RNG	23		52

Literatürde bulunan gözenekli bölge ilgili çalışmalarda farklı çözümler kullanılarak sayısal modellemeler yapılmış ve deneysel yöntemle elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda % 3 ile % 60 arasında sapma miktarları tespit edilmiştir [4,6,7,8].

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Yapılan sayısal analizler sonucunda deneysel verilerle uyumlu sonucun standart k-ε modeli olduğu görülmüş ve bundan sonraki analizler bu modelde gerçekleştirilmiştir (Tablo 3).

Standart k-ε türbülans modeli yüksek Reynolds sayılı akışlar için geliştirilmiş olmasına rağmen, birçok mühendislik akışı için sağlam, ekonomik ve makul sonuçlar elde edebilen iki eşitlikli bir modeldir. Model yaygın olarak kullanıldığı için bu çalışmada bir kıyaslama noktası olarak seçilmiştir. İkinci dereceden rüzgara karşı ayırıklaştırma şemalarına sahip olan türbülans modellerinden Standart k-ε türbülans modeli iki denklem kullanarak (türbülans kinetik enerjisi k ve yayılma hızı ε) Navier-Stokes denklemlerini çözmek için yaygın olarak kullanılır [6]. Sıkıştırılmaz Navier-Stokes ve süreklilik denklemleri, kararlı durum koşullarında dikkate alınan filtrenin yukarı ve aşağı bölgelerindeki akış alanını yönetir. Akışkanın sıkıştırılmaz ve izotermal olduğu varsayılmıştır. Momentum ve enerji denklemlerinin çözümü için Second Order Upwind seçilmiştir. İterasyon kararlı durum koşuluna ulaşılan kadar gerçekleştirilmiştir.

Gözenekli bölgenin (filtrenin) modellenmesi

Ansys fluent programında boş hücre içerisine yerleştirilen filtre gözenekli bölge olarak tanımlanmıştır.

Gözenekli bölge akış modelini belirlemek için filtrasyon hızı eşitlik (6) ve gözenekli bölge Reynolds sayısı eşitlik (7) ile hesaplanmıştır.

$$V_f = \frac{\dot{V}}{A_f} \quad (6)$$

Burada V_f filtrasyon hızı, \dot{V} hacimsel akış hızı ve A_f filtre yüzey alanıdır.

$$Re_p = \frac{\rho v_f d_p}{\mu} \quad (7)$$

burada μ havanın dinamik viskozitesi, ρ havanın yoğunluğu ve d_p lifli ortamın gözenek çapıdır.

Tablo 4. Gözenekli Bölge Parametreleri

Hacimsel Akış Hızı (m ³ /s)	Filtre Yüzey Alanı (m ²)	Filtrasyon Hızı (m/s)	Gözenek Reynolds Sayısı (Re _p)
0.61	1.12	0.54	0.92
0.74	1.12	0.66	1.15
0.98	1.12	0.87	1.49
1.03	1.12	0.91	1.77

Tablo 4' de elde edilen gözenek Reynolds sayısı değerleri için akış gözenekli bölgede laminer kabul edilmiştir.

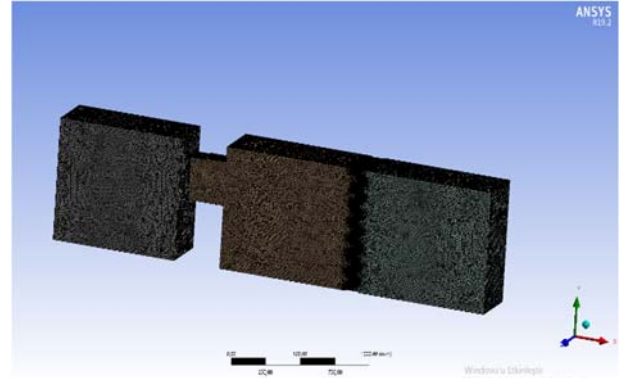
Daha önce hesaplanmış olan gözenekli bölge parametreleri viskoz direnç ve atalet direnci katsayıları Ansys Fluent programında Viscous Resistance ve Inertial Resistance kısmında kullanılmıştır [2,3].

Mesh bağımsız çözümler yapılmış ve ağ yapısı eleman sayısı 10.348.851 olarak oluşturulmuştur. Kritik noktalarda ağ yapısı yoğun, diğer noktalarda ise kaba ağ yapısı oluşturulmuştur.

Tablo 5. Mesh Bağımsız Çözümleme

Hücre Eleman Sayısı (milyon)	Sayısal ΔP (Pa)	Deneysel ΔP (Pa)
9.858.179	22	48
10.348.851	42	
11.190.702	42	

Sayısal analizler kapsamında oluşturulan ağ yapısı Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Sayısal analizlerde kullanılan ağ yapısı

Standart k-ε çözüm modeli, türbülansın kinetik enerjisi ve türbülansın yayılımı için yazılan denklemlerin sonuçlarına bağlı olarak bulunmuştur [10].

Türbülansın kinetik enerji denklemi;

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial(\rho V_x k)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho V_y k)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho V_z k)}{\partial z} \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) \\ + \mu_t \phi - \rho \epsilon + \frac{c_4 \beta \mu_t}{\sigma_t} \left(g_x \frac{\partial T}{\partial x} + g_y \frac{\partial T}{\partial y} + g_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

Türbülans yayılım oranı denklemi;

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho \epsilon}{\partial t} + \frac{\partial(\rho V_x \epsilon)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho V_y \epsilon)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho V_z \epsilon)}{\partial z} \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \frac{\partial \epsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \frac{\partial \epsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \frac{\partial \epsilon}{\partial z} \right) \\ C_1 \epsilon \mu_t \frac{\epsilon}{k} - C_2 \rho \frac{\epsilon^2}{k} + \frac{C_3 \mu (1 - C_3) \beta \rho k}{\sigma_t} \\ \left(g_x \frac{\partial T}{\partial x} + g_y \frac{\partial T}{\partial y} + g_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

Bu denklemlerde k türbülans kinetik enerjisi; ε türbülans yayılımını ifade eder.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

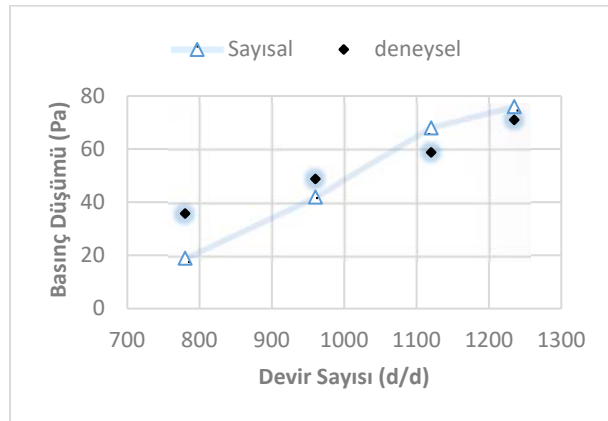
“Standart $k-\varepsilon$ türbülans modelinin sabitleri aşağıda belirtilen değerlere sahiptir (Ansys Fluent 19.2).

$$C_1\varepsilon = 1,4, C_2\varepsilon = 1,92, C_\mu = 0.99, \sigma_k = 1,0, \sigma_\varepsilon = 1.3$$

BULGULAR VE ANALİZ

Bu çalışmada, klima santrallerinde kullanılan G4 Sentetik elyaf filtrenin basınç düşümü ve akış analizine fan devri ve filtre konumunun etkisi deneysel ve sayısal olarak araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda fan devri değerleri 780 d/d, 960 d/d, 1120 d/d ve 1235 d/d; filtrenin fan çıkış kesitinden sonra konumlandırma ölçüleri ise 400 mm, 800 mm ve 1800 mm olarak alınmıştır. Havanın boş hücre içinde homojen dağıtılabilmesi amacıyla, uygulamada ya kanal boyu uzatılmakta ya da fan çıkışına difüzör konulmaktadır. Bu çalışma ile klima santrallerinde kullanılan filtrelerin, bir difüzör görevi yapıp yapmayacağı ve akışı daha düzgün dağıtıp dağıtmayacağı araştırılmıştır.

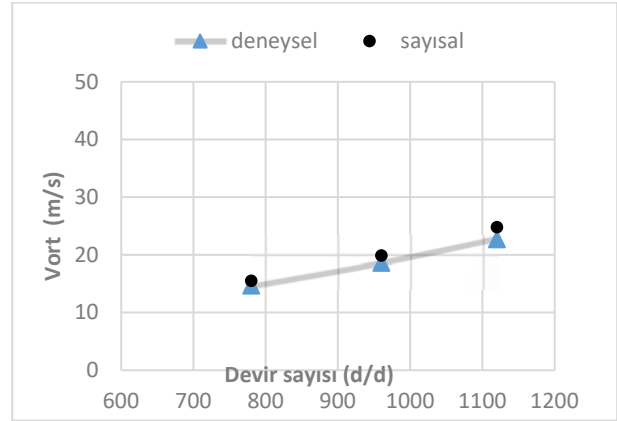
Giriş Ölçüm Hücresinden elde edilen ortalama basınç değeri (P_g) ile Çıkış Ölçüm hücresinden elde edilen ortalama statik basınç değerinin (P_ζ) farkı alınarak basınç düşümü (ΔP) elde edilmiştir. Basınç düşümünün fan devri ile değişimi Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Basınç düşümünün (ΔP) devir sayısı ile değişimi

Şekil 9’da devir sayısının artmasıyla basınç düşümünün arttığı görülmektedir. Fan çıkış kesitinden 800 mm’ye konumlandırılan filtre, fan devri arttıkça akışa karşı direnç oluşturmuş ve basınç düşümünün artmasına sebep olmuştur. Fan devri sayısının 780 d/d’den 1235 d/d’ya çıkarılmasıyla basınç düşümünün % 300 oranında arttığı görülmüştür. Ayrıca elde edilen deneysel sonuçlar ile sayısal sonuçlarla da karşılaştırılmış ve iyi bir uyum elde edilmiştir.

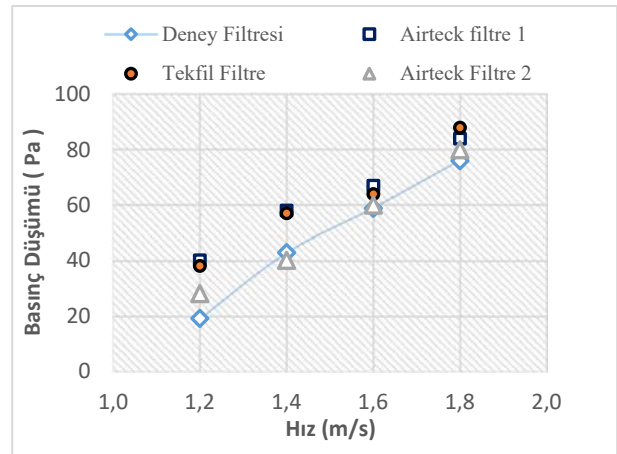
Giriş Ölçüm Hücresinden elde edilen ortalama hız değeri (V_g) ile Çıkış Ölçüm Hücresinden elde edilen ortalama hız değerinin (V_ζ) farkı alınarak ortalama hızın (ΔV) fan devri ile değişimi elde edilmiş ve Şekil 10’da gösterilmiştir.



Şekil 10. Ortalama Hız Devir Sayısıyla Değişimi

Şekil 10’de deneysel çalışmalarda elde edilen ortalama hız değerleri ile sayısal analizlerde aynı konumlardan alınan hız değerleri karşılaştırılmış sonuçların uyum sağladığı ve % 6 ile % 9 arasında sapma miktarı olduğu görülmüştür.

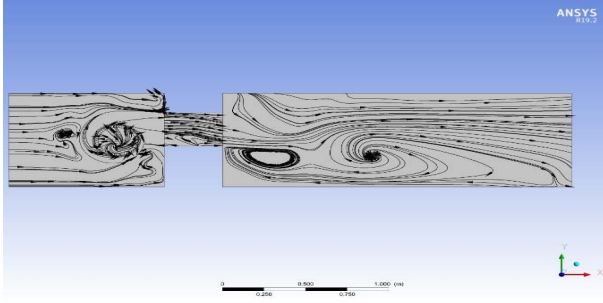
Deneysel çalışmaların doğruluğunu sorgulamada, bu deneysel çalışmada elde edilen veriler ile çeşitli filtreler için üretici firma kataloglarında verilen basınç düşümü-hız değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 11). Bu çalışma sonucunda elde edilen değerlerin katalog değerleri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Bazı farklılıkların sebebinin pile sayısı, pile yüksekliği ve filtre boyutlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



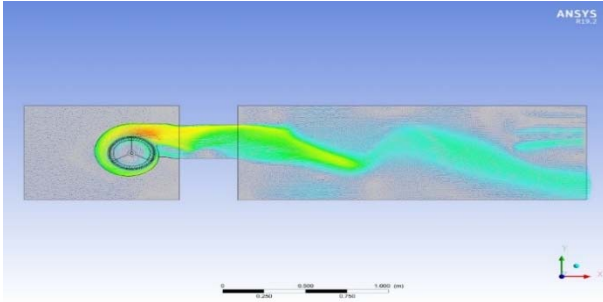
Şekil 11. Farklı filtre tiplerinin basınç düşümüne etkisi

Şekil 12 (a) ve 12 (b)’de filtresiz boş hücrede oluşan hız dağılımı gösterilmiştir. Radyal fanın karakteristik özelliğinden dolayı, fan çıkış kesitinden sonra hava aşağı doğru bölgesel yığılmalar göstermiş ve geri dönüşler oluşturmuştur.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



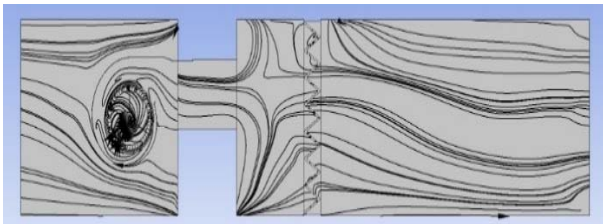
Şekil 12(a) Boş hücre içinde akım çizgileri



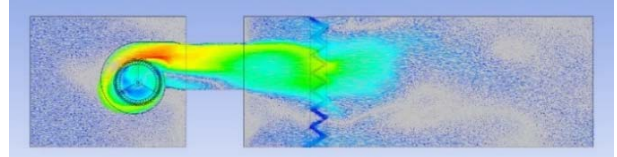
Şekil 12(b) Boş hücre içindeki akışın vektörel hız dağılımı

Boş hücrede oluşan bu bölgesel yığılma ve girdapları önlemek için boş hücre içine farklı konumlarda filtre yerleştirilmiştir. Farklı filtre konumunun akış dağılımına etkisi Şekil 13-16 arasında gösterilmiştir.

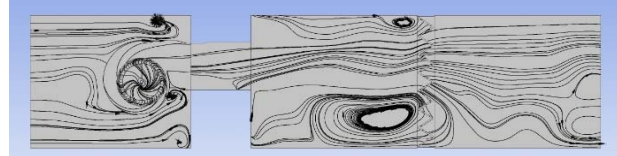
Şekil 13'te fan çıkış kesitinden 400 mm uzaklığa montaj edilen filtrenin akışa etkisi gösterilmiştir. Hem akım çizgileri (13a) hemde hız vektörleri (13b) incelendiğinde, hava akımının filtreye çarpmasıyla yavaşladığı, çarpma bölgesinde basıncın arttığı, filtreden sonraki boş hücrede akışın homojene yakın bir eğilim gösterdiği görülmüştür. Filtrenin 800 mm konumunda (Şekil 14a ve Şekil 14b) fan çıkış kesitinden uzaklaştıkça akım çizgilerinin daha doğrusallaşmaya başladığı, fan devrinin artmasıyla (Şekil 15a ve 15b) akışın hem filtre önünde hemde filtreden sonraki kısımda en yüksek düzeye ulaştığı ve bu durum yüksek fan devrinde basınç düşümünün artmasının sebebini ortaya koymaktadır. Filtrenin 1800 mm konumunda ise (Şekil 16a ve Şekil 16b) fan çıkış kesitinden en uzak mesafede akışın filtre önündeki boş hücrede oldukça büyük dengesizlik gösterdiği bu durumda basınç düşümünü artırdığı görülmüştür.



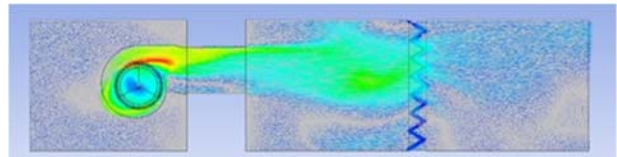
Şekil 13(a) Filtrenin 400 mm konumundaki akış çizgileri (fan devri 780 d/d)



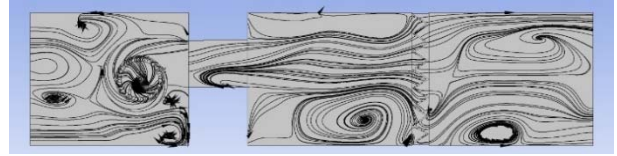
Şekil 13(b) Filtrenin 400 mm konumundaki akış çizgileri (fan devri 780 d/d)



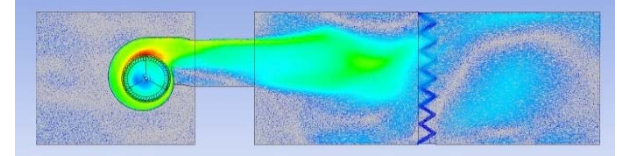
Şekil 14(a) Filtrenin 800 mm konumundaki akış çizgileri (fan devri 780 d/d)



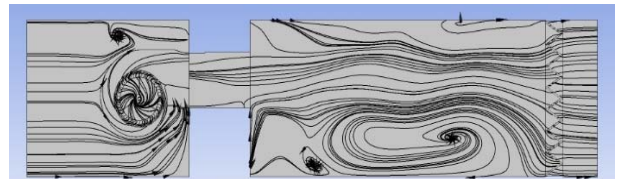
Şekil 14(b) Filtrenin 800 mm konumundaki akış çizgileri (fan devri 780 d/d)



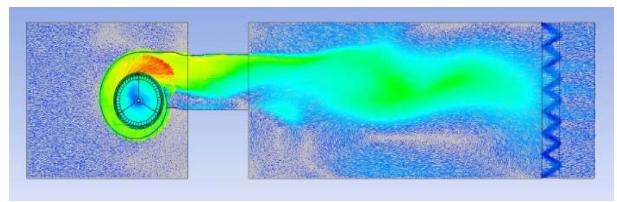
Şekil 15(a) Filtrenin 800 mm konumundaki akış çizgileri (fan devri 1235 d/d)



Şekil 15(b) Filtrenin 800 mm konumundaki akış çizgileri (fan devri 1235 d/d)



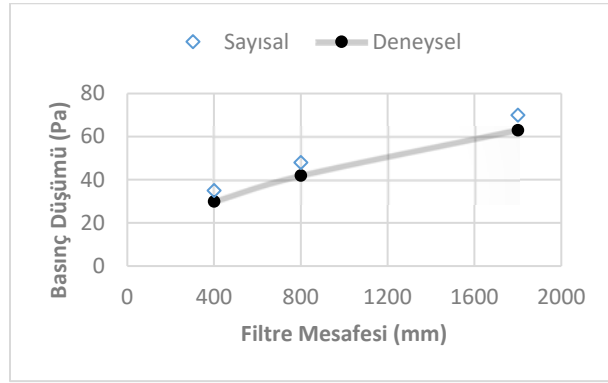
Şekil 16(a) Filtrenin 1800 mm konumundaki akış çizgileri (fan devri 960 d/d)



Şekil 16(b) Filtrenin 1800 mm konumundaki akış çizgileri (fan devri 960 d/d)

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Şekil 17’de boş hücre içindeki filtre konumunun basınç düşümüne etkisi gösterilmiştir. Filtrenin, fan çıkış kesitinden uzaklaşmasıyla basınç düşümünün arttığı görülmüştür. Bunun sebebinin, filtrenin fan çıkış kesitinden uzaklaştıkça boş hücre içerisinde hava akışının dağılması, düzensiz hava akışının basınç düşümünü attırdığı, fan çıkış kesitine yaklaştıkça filtrenin, hava akışının bölgesel yığılmalarını önlediği bir difüzör etkisi gösterip filtreden sonraki kısımlarda hava akışını daha iyi yönettiği düşünülmektedir. Filtrenin 400 mm konumundan 1800 mm konumuna getirilmesiyle basınç düşümü % 110 oranında artış göstermiştir.



Şekil 17. Filtre konumunun basınç düşümüne etkisi

SONUÇLAR

Bu çalışmada, klima santrallerinde kullanılan G4 filtrenin basınç düşümü ve akışa etkisi farklı fan devirleri ve filtre montaj konumuna göre araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. En az basınç düşümü değerinin fan çıkış kesitine en yakın konumda (400 mm) gerçekleştiği fan çıkış kesitinden uzaklaştıkça basınç düşümü değerinin arttığı tespit edilmiştir.
2. En az basınç düşümü değeri en düşük fan devir sayısında (780 d/d) gerçekleştiği, fan devir sayısının artmasıyla basınç düşümü değerinde arttığı tespit edilmiştir.
3. En iyi akış dağılımının, fan devir sayısının 780 d/d ve filtrenin 400 mm konumunda olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Özer M., Yücel N., Bir Ameliyathane Klima Santrali Tasarımı, Termodinamik Testleri Ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, 2007.
- [2] Bulgurcu H., Havalandırma Filtreleri, Bölüm-3
- [3] Jadidi M., Porous Media Modeling, ResearchGate, 2020.
- [4] Theron F., Joubert A., Coq L.L., Numerical and Experimental Investigations of the Influence of the Pleat Geometry on the Pressure Drop and Velocity Field of a

Pleated Fibrous Filter, Separation and Purification Technology, 182, 69–77, 2017

[5] Ansys Fluent 12.0 User's Guide - 7.2.3 Porous Media Conditions

[6] Mrad W., Theron F., Joubert A., Zgheib N., Coq L.L., Local Variations of air Velocity in the Vicinity of Filter Pleats in Transitional Airflow Regime Experimental and Numerical Approaches, Separation and Purification Technology, 1383-5866, 2021.

[7] Tronville P., Sala R., Minimization of Resistance in Pleated-Media Air Filter Designs: Empirical and CFD Approaches, HVAC&R Research, 9:1, 95-106, 2003.

[8] Bashaa N., Cochrane L., Culham S., Hamad F., Zulfıqur A., CFD Study of Filtration Process in Moulded Filters Within a Vacuum Pump, FILTECH G3 - Mist and Droplet Separation I, 2016.

[9] Shi B., Ekberg L. E., Langer S., Intermediate Air Filters for General Ventilation Applications: An Experimental Evaluation of Various Filtration Efficiency Expressions, Aerosol Science and Technology, 47:5, 488-498, 2013.

[10] Küllü Y., Akkuş N., Davlumbaz Sistemlerinde Hava Akış Performansının Deneysel Ve Simülasyon Çalışması İle İncelenmesi’’ T.C. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi Makine Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 2008.

[11] Feng Z., ve Long Z., Modeling Unsteady Filtration Performance of Pleated Filter, Aerosol Science And Technology, 626–637, 2016.

[12] Chen D.R., Pui D.Y.H., Liu B.Y.H., Optimization of Pleated Filter Designs Using a Finite-Element Numerical Model, Aerosol Science and Technology 23:4, 579-590, 1995.

[13] Yavaş F., Onbaşıoğlu H., Kuru Soğutucularda Lamel Giriş Tarafı Hava Hızı Profilinin Cfd Yazılımı İle Analiz Edilerek İyileştirilmesi., 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 2017

[14] Sönmez K., Kaya A., Klima Santrallerindeki Boş Hücreler İçin Tasarlanan Kesik Koni Profilli Delikli Difüzörün Akışa Ve Basınç Düşümüne Etkisinin Sayısal Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 2017.

[15] Özkan Y., Özsert İ., Cesur İ., Ayhan V., Duvar Akışlı Bir Partikül Filtresindeki Basınç Kaybının Deneysel ve Nümerik İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21 (5), 1023~1030, 2017.

SERT KABUKLU MEYVE ÇEKİRDEKLERİNİN KARIŞIMLARINDAN KİMYASAL AKTİVASYON İLE AKTİF KARBON ELDESİ

Tuğba UTKU* ve **Yunus ÖNAL****

*İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi, MALATYA

e-posta: tugba.utku@inonu.edu.tr

** İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, MALATYA

e-posta: yunus.onal@inonu.edu.tr

Özet: Sert kabuklu meyve çekirdeklerinden olan kayısı çekirdeği kabuğu, ceviz kabuğu, şeftali çekirdeği kabuğu, Antep fıstığı kabuğu ve badem çekirdeği kabuğu olan biyokütleler kullanılarak hazırlanan karışım karbonize edildikten sonra kimyasal aktivasyon yöntemi ile KOH kullanılarak aktif karbon elde edilmiştir. Meyve çekirdeği kabukları boyut küçültme işlemi yapılmadan işletmelerden alındığı şekli ile deneylerde kullanılmıştır. Biyokütleler kütsel oranları 1/1 olacak şekilde orijinal formunda karıştırılarak 400°C, 500°C, 600°C’de 100 ml/dk N₂ akış hızında 3°C/dk, 5°C/dk ve 10°C/dk ısıtma hızları ile maksimum sıcaklıkta 1 saat karbonize edilmiştir. Karbonizasyon işleminde fırın çıkışına geri soğutucu konularak piroliz sıvısı alınmış ve kütle denklüğünden katı, sıvı ve gaz verimleri hesaplanmıştır. Karbonize ürünlerden uygun miktarlarda alınarak kütsel oran 1:1, 1:2 ve 1:3 olacak şekilde KOH ile emdirme (impregnasyon) işlemi 800 °C’de ve 10°C/dk ısıtma hızında 1 saat kimyasal aktivasyon işlemi yapılmıştır. Elde edilen aktif karbonların BET Yüzey alanları ölçümleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle, Karbonizasyon, Kimyasal Aktivasyon, Aktif Karbon.

PRODUCTION OF ACTIVATED CARBON BY CHEMICAL ACTIVATION FROM HARD FRUIT SEEDS

Abstract: Activated carbon was obtained by using KOH by chemical activation method after the mixture prepared by using biomass of apricot kernel shell, walnut shell, peach kernel shell, pistachio shell and almond kernel shell, which is one of the hard-shelled fruit kernels. Fruit seed shells were used in the experiments as they were taken from the enterprises without size reduction process. By mixing the biomass in their original form with a mass ratio of 1/1, heating rates of 3°C/min, 5°C/min and 10°C/min at 400°C, 500°C, 600°C at 100 ml/min N₂ flow rate carbonized for 1 hour at maximum temperature. In the carbonization process, the pyrolysis liquid was taken by placing a refrigerant at the furnace outlet and solid, liquid and gas yields were calculated from the mass balance. Appropriate amounts of carbonized products were taken and the mass ratio was 1:1, 1:2 and 1:3 and impregnated with KOH for 1 hour at 800 °C and 10 °C/min heating rate. BET surface area measurements of the obtained activated carbons were made.

Keywords: Biomass, Carbonization, Chemical Activation, Activated Carbon.

Giriş

Nüfusun kırsaldan şehirlere göç etmesi her alanda endüstrileşmeyi beraberinde getirmiştir. Bunun sonucu çevre kirliliği daha kontrol edilebilir olurken gerek toplanabilir çöp, toplanabilir atık biyokütle ile gerekse

atık su miktarı çok büyük boyutlara ulaşmıştır. Çevre kirliliğine ilaveten insan ihtiyaçları için gıda üretiminin de sanayileşmesini sağlamıştır. Çevre kirliliğinde hava yanında su kirliliği önemli boyutlara ulaşmış olup arıtımda yeni teknolojiler yanında kaliteli adsorbanların kullanımını artırmıştır. Özellikle su arıtımında yüksek

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

yüzey alanı ve gözenekliliği sayesinde aktif karbon ön plana çıkmaktadır. Tıpta zehirlenme vakalarında aktif karbon solüsyonu kullanılmaktadır. İlaç üretiminde saflaştırma işleminde önemli adsorplayıcı olarak yaygın kullanıma sahiptir. Aktif karbon adsorpsiyon işleminden sonra rejenere edilip tekrar kullanılması yanında karbon içerikli malzeme olduğundan yakıt olarak kullanılabilir. Polimerik temelli membranlar ile birlikte evsel içme sularının sağlıklı bir şekilde kullanımında kullanılmaktadır. Uzay çalışmalarında havanın temizlenmesinde ve su arıtımında kullanılan çok önemli bir materyaldir.

Bunların dışında genel olarak aktif karbonlar, proses gazlarının saflaştırılmasından, sulu ortamdan organik kirliliklerin uzaklaştırılmasından, katalitik proseslerde katalizör olarak, elektrokimyasal sistemlerde elektrot materyali olarak, yeni nesil süper kapasitörlerin üretiminden, oldukça geniş endüstri kollarında yaygın kullanım alanı olan bir materyaldir. Yeni nesil enerji depolama sistemlerinde çok büyük öneme sahip olacağı açıktır. Çözücü buharlarının yoğun olduğu işletmelerde çözücü geri kazanımında aktif karbon adsorban olarak ucuz ve etkin kullanıma sahiptir. Toprakta altın eldesinde siyanürlü altın kompleksinin adsorpsiyonunda kullanılan tek materyaldir. Bilimsel olarak literatürde üzerinde en çok çalışılan materyallerden bir tanesidir.

Biyokütle, Geleceğin Hammaddesi ve Biyokütle Temelli Enerji

Geçmişten geleceğe yerkürede yaşayan bitki ve hayvanların kalıntıları fosil kaynakları oluşturmaktadır ve oluşturacaktır. Geçmişin ve geleceğin başlıca fosil kaynaklardan biri biyokütle olup, biyokütle terimi belirli bir zaman, alan ya da hacim ölçüsünde toprak üstünde ve altında yaşayan bitkisel ve hayvansal maddelerin miktarı olarak literatürde tanımlanır.

Genel olarak biyolojik kökenli yapıya sahip olup, fosil yapıya geçmemiş organik kökenli olan biyokütlenin kimyasal içeriğinde karbonun(C) yanı sıra hidrojen (H), azot (N), oksijen (O) ve çok da az miktarda alkali, toprak alkali ve ağır metaller içeren atomlar vardır. Ana bileşenleri, karbonhidrat içerikli bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan elde edilen enerji ise, biyokütle enerjisi olarak tanımlanır. Diğer bir ifadeyle, yüzyıllık dönemden daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvan artıkları, besin endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler biyokütle olarak tanımlanabilir [1,2].

Biyokütleyi oluşturan maddelerin %90'ı tarımsal atıklar, ormanlarda bulunan odunsu maddeler ve geri kalanı canlı popülasyondur. Yeryüzünde bulunan ormanların yıllık biyolojik üretiminin yaklaşık 5x10¹⁹ ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu üretim miktarı ziraat alanlar, çayırıklar, otlaklar, stepler, tundralar ve geri kalan vejetasyon formlarında fotosentez ile oluşan bütün birincil biyokütle miktarlarından daha fazladır [3].

Dünyanın petrol, doğalgaz ve kömüre olan bağımlılığı ve bu kaynakların hızla azalması yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyokütleyi alternatif yakıt olarak karşımıza çıkarmaktadır [4].

Biyokütle enerjisi ise diğer enerji kaynakları arasında 100 yıldan daha az zamanda kendini yenileyebilme özelliği ile kendisine olan talebi artırmış, karada veya suda yetişen her türlü bitkiyi içeren, kentsel, ormansal ve besin endüstrisi tarafından meydana gelen atıkların oluşturduğu organik maddelerin işlenmesiyle ortaya çıkan enerjiyi ifade eder hale gelmiştir [5].

Biyokütleden katı, sıvı ve gaz olarak biyoenerji üretilebilmektedir. Bu yakıtların sınıflandırılması ISO/TC tarafından yapılmıştır. Katı biyoyakıtlar ISO/TC 238 ile tanımlanırken, sıvı biyoyakıtlar ISO/TC 28/SC7'de tanımlanmıştır. Ülkemizde ise katı biyoyakıtlar, yakıt özellikleri ve sınıfları TS EN ISO 17225-1 standartlarına göre değerlendirilmektedir.

YÖNTEM

Karbonizasyon işlemi ve aktif karbon sentezi

Hiçbir ön işleme tabi tutulmadan alınan hammaddeler 100 er gram alınarak çelik küvete konulmuştur. Çelik küvet 3 ısıtma bölgesi fırında bulunan çelik reaktörün içerisine yerleştirilmiş ve çelik reaktör kapatılmıştır. Kapatılan çelik reaktörden 100ml/dk N₂ gazı geçirilerek inert atmosfer oluşturulmuştur. Fırın 3°C/dk, 5°C/dk ve 10 °C/dk ısıtma hızlarına ayarlanarak 400°C, 500°C ve 600°C sıcaklıklarda 1 saat süre ile karbonizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Fırın çıkışına bağlanan geri soğutucular yardımı ile sıvı ürün elde edilmiştir. Elde edilen sıvı ürün bir beher yardımı ile toplanarak tartımı alınmış ve yüzde verimi hesaplanmıştır. Maksimum sıcaklığa çıkarılan fırın oda sıcaklığında soğutulmaya bırakılarak çelik reaktör içerisinden çelik küvet alınmış ve karbonize ürünün tartımı ile verimi hesabı aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$V = a/b \times 100$$

V = Verim

a = Tartılan miktar (g)

b = Ham biyokütle miktarı (g)

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Katı ve sıvı ürün verimlerinden yüzde hesap ile gaz ürün verimi hesaplanmıştır.

Elde edilen karbonize ürünlerin homojenizasyonu sağlanarak yaklaşık olarak bir behere 20 gram alınan karbonize ürünün üzerine kütlece 1:1 oranında KOH ilave edilmiştir. KOH ın tamamen çözünebileceği miktarda saf su eklenerek karbonize ürün ile tamamen karışması sağlanmış ve beher 105°C deki etüve konulmuş ve suyun tamamen uzaklaşması sağlanmıştır. Bu süre yaklaşık 72 saat sürmüştür. Bu işlemler karbonize ürün üzerine kütlece 1:2, 1:3 KOH ilavesi için de aynen tekrarlanmıştır. Suyu uzaklaştırılan malzeme çelik küvete alınarak çelik reaktörün bulunduğu fırına yerleştirilmiş ve 100 ml/dk N₂ gazı geçirilerek inert atmosfer sağlanmış fırın 10°C/dk ısıtma hızı ile 800 °C de 1 saat boyunca aktivasyon işlemine tabi tutulmuştur.

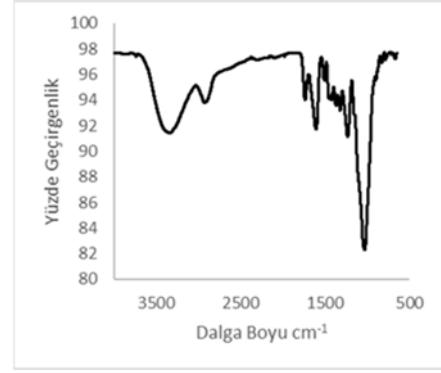
Aktivasyon işlemi tamamlanmış olan ürünün içinde bulunduğu fırın (Çapı 8 cm uzunluğu 120 cm olan reaktör) oda sıcaklığına gelene kadar soğumaya bırakılmıştır. Soğuma sonrası çıkarılan aktif karbon bir behere alınarak üzerine yavaşça seyreltik HCl ilave edilmiştir. Bu işlem reaksiyon bitene kadar devam etmiştir. Daha sonra reaksiyon sonucunda behere saf su ilave edilerek ısıtıcı yardımı ile sıvının kaynaması sağlanmıştır. Kaynama sonrası beher oda sıcaklığında soğumaya bırakılmış ve soğuyan karışım kaba süzgeç kâğıdı kullanılarak süzümüştür. Süzme işlemi saf su kullanarak Cl giderimi sağlanarak devam etmiştir. Klor giderimi sağlanmış aktif karbon kurumak üzere 105 °C lik etüve konulmuştur. Etüvde kuruyan malzeme alınarak agat havanda iyice öğütülerek deneylerde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir.

ARAŞTIRMA ve BULGULAR

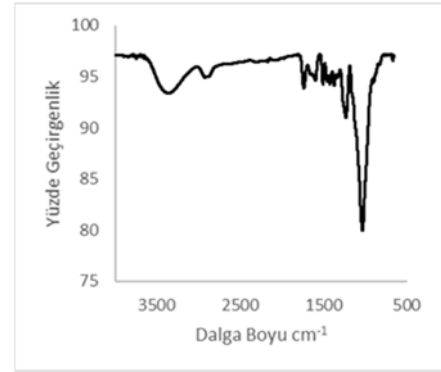
Hammaddelere ait hemiselüloz, selüloz ve lignin yapıları yüzde ağırlıkça Çizelge 1.1'de verilmiştir [6,7]. Buna göre, hemiselüloz, selüloz ve lignin oranları (% m/m) en yüksek sırasıyla, antep fıstığı kabuğu, badem kabuğu ve ceviz kabuğunda tespit edilmiştir.

Çizelge 1 : Hammaddelerin lignoselülozik analiz verileri(%m/m)

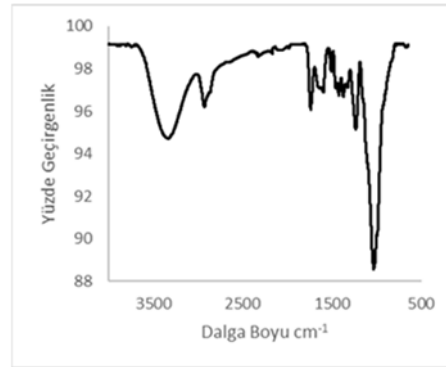
Numune	Hemiselüloz	Selüloz	Lignin
Antep Fıstığı Kabuğu	36,7	31,2	32,1
Ceviz Kabuğu	22,1	25,6	52,3
Şeftali Çekirdeği Kabuğu	24,3	26,6	47,7
Badem Kabuğu	30,8	39,7	29,5
Kayısı Çekirdeği Kabuğu	19,9	32,9	47,2



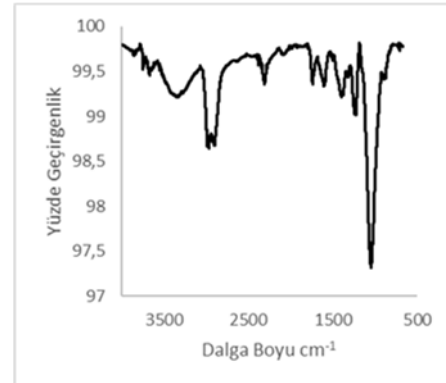
Şekil 1. Ceviz kabuğunun FTIR Spektrumu



Şekil 2. Şeftali çekirdeği kabuğunun FTIR spektrumu

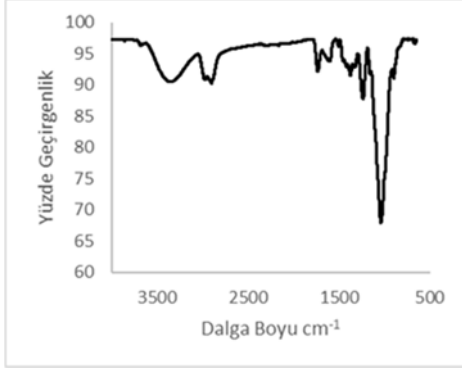


Şekil 3. Kayısı çekirdeği kabuğunun FTIR spektrumu

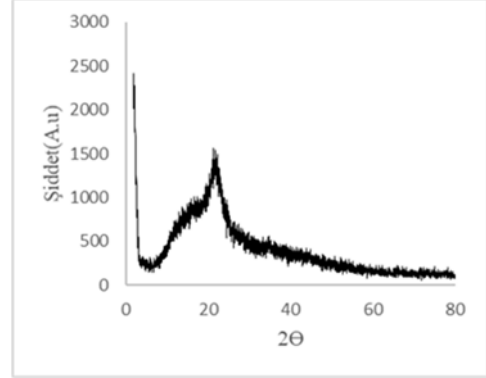


Şekil 4. Badem çekirdeği kabuğunun FTIR spektrumu

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

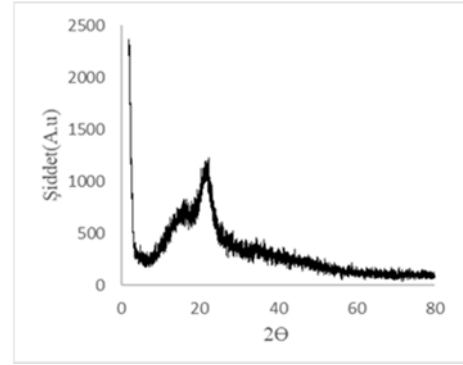


Şekil 5. Antep fıstığı kabuğunun FTIR spektrumu

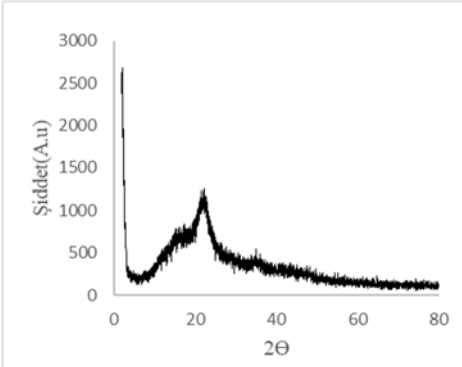


Şekil 8. Kayısı çekirdeği kabuğunun XRD spektrumu

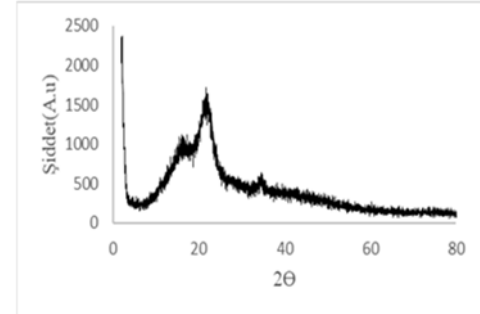
Çalışmada kullanılan beş farklı hammadde (ceviz kabuğu, şeftali çekirdeği kabuğu, kayısı çekirdeği kabuğu, badem kabuğu ve antep fıstığı kabuğu) biyokütlelerin FTIR analiz sonuçları Şekil 1-5'te gösterilmiştir. Tüm hammaddeler aynı makromoleküler yapıya sahip olup, selülozik yapılara ait gerilmeler açıkça görülmektedir. Kayısı, badem, antep fıstığı, ceviz ve şeftali çekirdekleri kabukları gibi ham biyokütlelerin FTIR spektrumlarının literatür verileri ile tamamen uyumlu oldukları belirlenmiştir [7-23].



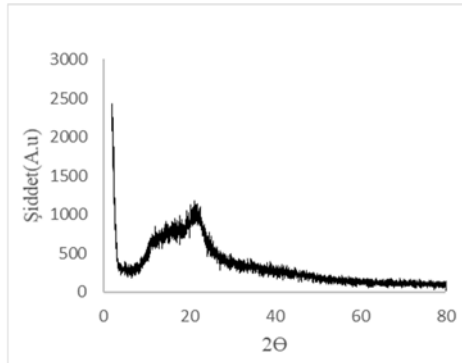
Şekil 9. Badem kabuğunun XRD spektrumu



Şekil 6. Ceviz kabuğunun XRD spektrumu



Şekil 10. Antep fıstığı kabuğunun XRD spektrumu



Şekil 7. Şeftali çekirdeği kabuğunun XRD spektrumu

Hammaddelere ait XRD izleri Şekil 6-10'da verilmiştir. XRD izleri değerlendirildiğinde FTIR verileri ile benzer şekilde, aynı makromoleküler yapıya sahip oldukları görülmektedir. Tüm hammaddeler hem amorf hem de kristalin birimler içermektedirler. Tüm örneklerin 4 farklı makromoleküler birim içerdiği belirlenmiştir. En belirgin makromoleküler birim oldukça kristalin yapı gösteren 22 2θ civarındaki yapıdır. Bu makromoleküler birim karbonizasyonda ve aktivasyonda grafen yapı oluşumlarına sebep olan önemli bir yapıdır [7,15,19,21,22].

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Çizelge 2 : Karışım karbonize ürünlere ait Katı, Sıvı ve Gaz Verimleri

KARIŞIM KARBONİZE ÜRÜNLER				
Numune Kodu	Deney Şartları	% Katı Verim	% Sıvı Verim	% Gaz Verim
T6	400 °C 100 ml/dk N ₂ Akış Hızı 3°C/dk Isıtma Hızı	32,5	41,1	26,4
T4	400 °C 100 ml/dk N ₂ Akış Hızı 5°C/dk Isıtma Hızı	33,0	35,2	31,8
T11	400 °C 100 ml/dk N ₂ Akış Hızı 10°C/dk Isıtma Hızı	32,1	38,3	29,6
T7	500 °C 100 ml/dk N ₂ Akış Hızı 3°C/dk Isıtma Hızı	29,2	40,7	30,1
T9	500 °C 100 ml/dk N ₂ Akış Hızı 5°C/dk Isıtma Hızı	28,5	39,4	32,1
T12	500 °C 100 ml/dk N ₂ Akış Hızı 10°C/dk Isıtma Hızı	28,7	30,9	40,4
T8	600 °C 100 ml/dk N ₂ Akış Hızı 3°C/dk Isıtma Hızı	27,6	41,3	31,1
T10	600 °C 100 ml/dk N ₂ Akış Hızı 5°C/dk Isıtma Hızı	26,7	40,1	33,2
T13	600 °C 100 ml/dk N ₂ Akış Hızı 10°C/dk Isıtma Hızı	26,4	26,9	46,7

Çalışmada kullanılan karışım karbonize ürünlere ait katı, sıvı ve gaz verimleri Çizelge 2’de verilmiştir. Sıcaklık artışı ile genel olarak katı ve sıvı verimi azalırken, gaz verimi artmaktadır. Bunu sebebi sıcaklık artışı ile makro moleküler yapıdaki düzenlenmede ayrılan birimler doğrudan gaz fazına geçmektedir. Yüksek sıcaklıklardaki karbonizasyonlarda gaz ürün Fischer Tropsch gibi proseslerde ham madde kaynağı olduğu için ayrıca enerji üretiminde enerji değeri yüksek olduğu için önemlidir.

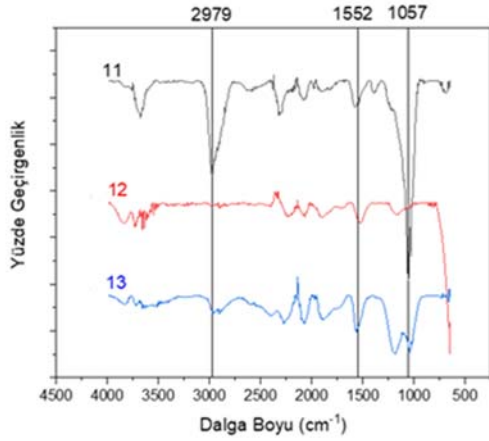
Aktif karbonların BET yüzey alanı ölçümleri

Karbonizasyonları tamamlanan hammaddelerin KOH ile aktivasyonu yapılarak elde edilen aktif karbon ürünlerine ait BET yüzey alan ölçümleri Çizelge 3’te verilmiştir. Buna göre en yüksek yüzey alanı 600 °C sıcaklık, 10°C/dak ısıtma hızında, 1:3 KOH emdirme oranı ile 1717.20 m²/gr olarak elde edilmiştir.

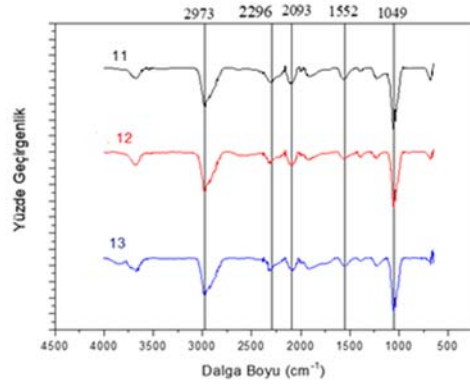
Çizelge 3 : Aktif karbonların BET yüzey ölçümleri

Karbonizasyon Sıcaklığı (°C)	Isıtma Hızı (°C/dk)	İmpregnasyon Oranı	S _{BET} (m ² /g)	S _{mikro} (m ² /g)	S _{mezo} (m ² /g)	
400	5	1:1	818,63	767,44	51,19	
		1:2	1056,18	998,52	57,66	
		1:3	1046,99	1011,11	45,88	
	3	1:1	727,93	685,26	42,67	
		1:2	1182,06	1010,39	171,67	
		1:3	1547,52	1019,33	528,19	
		1:1	686,83	635,96	50,88	
		1:2	936,45	804,32	132,14	
		1:3	1055,92	862,63	193,29	
600	10	1:1	394,05	394,05	-	
		1:2	1000,57	915,08	85,49	
		1:3	987,48	873,75	113,73	
500	5	1:1	662,92	645,60	17,32	
		1:2	967,49	865,37	102,13	
		1:3	1487,56	1268,89	218,68	
	600	1:1	594,62	561,33	33,29	
		1:2	1335,16	1175,21	159,95	
		1:3	1292,19	871,33	420,86	
400	10	1:1	721,18	660,52	60,66	
		1:2	819,46	742,88	76,58	
		1:3	1210,25	1061,90	148,36	
	500	1:1	577,01	557,89	19,13	
		1:2	834,72	761,36	73,36	
		1:3	1134,09	998,51	135,59	
		600	1:1	718,59	667,43	51,16
			1:2	1338,24	1197,64	140,59
			1:3	1717,20	1359,82	357,38

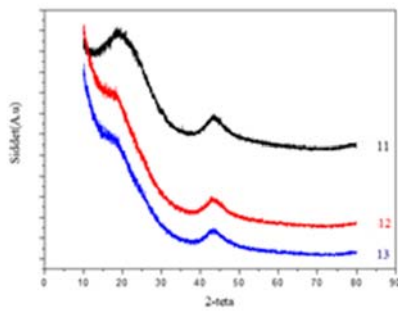
Yüzey alanı en yüksek ve en düşük çıkan aktif karbon örneklerinin FTIR spektrumları Şekil 11-12’de verilmiştir. Örnekler için 2973 cm⁻¹ civarında gözlenen zayıf geniş pik alifatik -C-H gerilmesine aittir. Bu pikin keskin çıkmaması aktif karbon yapısının düzlemsel grafitik yapıya dönüştüğünü göstermektedir. 1049 cm⁻¹’de örneklerde gözlenen genel olarak şiddetli büyük pik organik yapıdaki C-O-C gerilmelerine aittir [7,24,25].



Şekil 11. 600 °C, 3 °C/dk ısıtma hızında karbonize ürünün 1:1, 1:2 ve 1:3 KOH ile aktivasyon FTIR grafiği

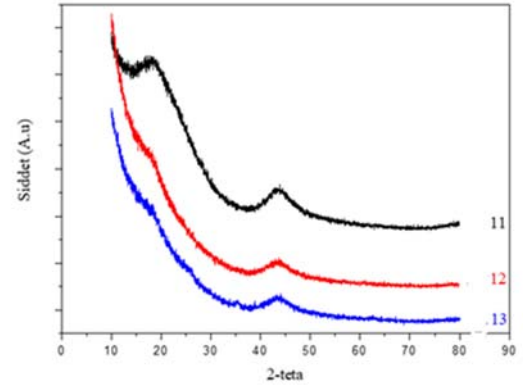


Şekil 12. 600 °C, 10 °C/dk ısıtma hızında karbonize ürünün 1:1, 1:2 ve 1:3 KOH ile aktivasyon FTIR grafiği

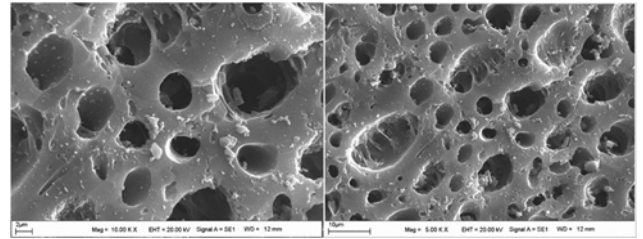


Şekil 13. 600 °C, 3 °C/dk ısıtma hızında karbonize ürünün 1:1, 1:2 ve 1:3 KOH ile aktivasyon XRD grafiği

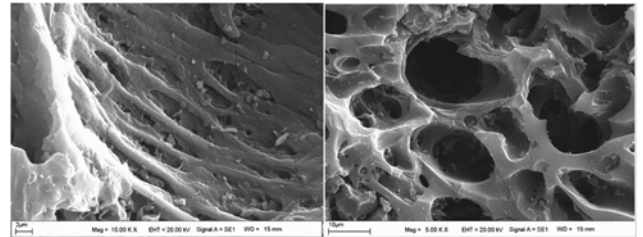
Yüzey alanı en yüksek ve en düşük çıkan aktif karbonların XRD izleri Şekil 12-13'de verilmiştir. Farklı karbonizasyon hızları ve ısıtma hızlarında farklı KOH impregnasyon oranları için aktif karbon yapısının genel olarak benzer olduğu görülmektedir. XRD izlerinde 23 ve 43 2θ değerlerindeki iki yay-van pik sırasıyla grafitik yapının 002 ve 100 ile 101 düzlemlerine aittir [22,163-165].



Şekil 14. 600 °C, 10 °C/dk ısıtma hızında karbonize ürünün 1:1, 1:2 ve 1:3 KOH ile aktivasyon XRD grafiği



Şekil 15. 600 °C, 3 °C/dk ısıtma hızında karbonize ürünün 1:1 KOH ile aktivasyon aktif karbonuna ait SEM görüntüleri



Şekil 16. 600 °C, 10 °C/dk ısıtma hızında karbonize ürünün 1:3 KOH ile aktivasyon aktif karbonuna ait SEM görüntüleri

Yüzey alanı en yüksek ve en düşük çıkan aktif karbonların SEM görüntüleri Şekil 15-16'da verilmiştir. Örneklerin yüzey morfolojileri kullanılan her bir hammaddeye ait aktif karbonun yüzey morfolojileri ile uyumaktadır. Karbonize örneklerde kısmen görünen düşük gözeneklilik KOH aktivasyonu sonucu oldukça belirgin hale gelmiştir. Farklı biyokütlelerin KOH ile etkileşim mekanizması farklı olduğu için yüzey alanı çok yüksek çıkmamakla beraber karışım biyokütle için oldukça önemli sonuçlar elde edilmiştir. SEM görüntüleri XRD ile uyum halinde grafitik yapı açıkça görülmektedir [16,18-22,24,25].

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Karbonizasyon sonucu katı verimi %26,40-33,00, sıvı verimi %26,90-41,30 ve gaz verimi %26,40-46,70 aralığında değişmektedir.

KOH kullanılarak yapılan kimyasal aktivasyon sonucu elde edilen aktif karbonların yüzey alanları 394,05-1717 m²/gram aralığında olup 1717 m²/gram ile en yüksek yüzey alanına sahip T1313 kodlu aktif karbon elde edilmiştir. Tüm aktif karbon örneklerinin büyük oranda mikro gözenekli olduğu belirlenmiştir.

Adsorpsiyon kapasiteleri aktif karbonların yüzey alanı dağılımına uygun değerlerde elde edilmiştir. Gözenekler boyut dağılımında gözeneklerin büyük oranda mikro olmakla beraber mikroya yakın mezo gözeneklerde oluşmuştur.

FTIR sonuçlarına göre aktif karbon örneklerinde KOH'ın aktivasyon etkisi sonucu özellikle C-O bağına ait titreşim gerilmesine ait pik görülmektedir.

XRD sonuçlarına göre aktif karbon örneklerin KOH'ın makromoleküler yapıdaki etkisi açıkça görülmektedir. Yapı büyük oranda amorf yapıya dönüşmüştür. 43 2θ'daki grafene yakın grafitik yapıya dönüşme söz konusudur.

KAYNAKLAR

[1] Obernberger I., Thek G., Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour, *Biomass and Bioenergy*, 27(6), 653-669, 2004.

[2] Kumar P., Barrett D.M., Delwiche M.J., Stroeve P., Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48(8), 3713-3729, 2009.

[3] Demirata M., Gün V., Avrupa ve Türkiye'deki Biyokütle Enerjisi, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1), 49-56, 2007.

[4] Gürdil G.A.K., Baz YÖ., Demirel Ç., Demirel B., Yakıt Peleti ve Briketi İçin Güncellenmiş Avrupa Birliği Standartları ve İlgili Parametreler, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2), 147-156, 2015.

[5] Acaroğlu M., Koçar G., Eryılmaz A., Acar M., Dok M., Biyoyakıtların Türkiye'deki Durumu Geleceği ve Yasal Sorunlar, *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası*,

Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, 1165-1199, Türkiye: Ankara Ocak 12-16, 2015.

[6] Demirbaş A., Combustion characteristics of different biomass fuels, *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(2), 219-230, 2004.

[7] Küçük İ., Farklı biyokütlelerden karbondioksit kullanılarak karbon moleküler elek özelliğinde aktif karbon üretimi ve uygulamaları, *Doktora Tezi, Ulusal Tez Merkezi*, 539409, 2019.

[8] Sostaric, T., Petrovic, M., Milojkovic, J., Lacnjevac, C., Cosovic, A., Stanojevic, M. & Stojanovic, M., Application of apricot stone waste from fruit processing industry in environmental cleanup: copper biosorption study, *Fruits*, 70(5) 271-280, 2015.

[9] Milena M. de Souza, Stephanie C. de Sa, Zmozinski, A.V., Peres, R.S. & Ferreira, C. A., Biomass as the Carbon Source in Intumescent Coatings for Steel Protection against Fire, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 55, 11961-11969, 2016.

[10] Omri, A., Ltaief, H.B.H. & Benzina, M., Study of retention of silver ions onto activated carbon prepared from almond shell: Approach for the treatment of liquid effluent from radiology, *ESAIJ*, 7(4), 2012.

[11] Li, X., Liu, Y., Hao, J. & Wang, W., Study of Almond Shell Characteristics, *Materials*, 11, 1782, 2018.

[12] Coşkun, R., Yıldız, A. & Delibaş, A., Removal of Methylene Blue Using Fast Sucking Adsorbent, *Journal of materials and Environmental Sciences*, 8(2) 398-409, 2017.

[13] Li, X., Qiu, J., Hu, Y., Ren, X., He, L., Zhao, N., Ye T. & Zhao X., Characterization and comparison of walnut shells-based activated carbons and their adsorptive properties, *Adsorption Science & Technology*, 38(9-10), 450-463, 2020.

[14] Morcali M. H., Zeytuncu, B. & Yücel, O., Platinum Uptake from Chloride Solutions Using Biosorbents, *Materials Research*, 16(2), 528-538, 2013.

[15] Komnitsas, K., Zaharaki, D., Pylotis, I., Vamvuka, D. & Bartzas, G., Assessment of Pistachio Shell

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- Biochar Quality and Its Potential for Adsorption of Heavy Metals, *Waste Biomass Valor*, 2015.
- [16] Ratana, J.K., Kaura, M. & Adirajua, B., Synthesis of activated carbon from agricultural waste using a simple method: Characterization, parametric and isotherms study, *Materials Today: Proceedings*, 5, 3334–3345, 2018.
- [17] Ogungbenro, A.E., Quang, D.V., Al-Ali, K.A., Vega, L.F. & Abu-Zahra, M.R.M., Synthesis and characterization of activated carbon from biomass date seeds for carbon dioxide adsorption, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104257, 2020.
- [18] Kong, X., Zhu, Y., Lei, H., Wang, C., Zhao, Y., Huo, E., Lin, X., Zhang, O., Qian, M., Mateo, M., Zou, R., Fang, Z. & Ruan, R., Synthesis of graphene-like carbon from biomass pyrolysis and its applications, *Chemical Engineering Journal*, 399, 125808., 2020.
- [19] Dujearic-Stephane, K., Panta, P., Shulga, Y.M., Kumar, A., Gupta, M. & Kumar, Y., Physico-chemical characterization of activated carbon synthesized from *Datura metel*'s peels and comparative capacitive performance analysis in acidic electrolytes and ionic liquids, *Bioresource Technology Reports*, 11,100516, 2020.
- [20] Habeeb, O.A., Kanthasamy, R., Saber, S.E.M. & Olalere, O.A., Characterization of agriculture wastes based activated carbon for removal of hydrogen sulfide from petroleum refinery waste water, *Materials Today: Proceedings*, 20(4), 588-594, 2020.
- [21] Prakash, M.O., Raghavendra, G., Ojha, S. & Panchal, M., Characterization of porous activated carbon prepared from arhar stalks by single step chemical activation method, *Materials Today: Proceedings*, Article in Press, 2021.
- [22] Wibawa, P.J., Nur, M., Asy'ari, M. & Nur, H., SEM, XRD and FTIR analyses of both ultrasonic and heat generated activated carbon black microstructures, *Heliyon*, 6(3), E03546, 2020.
- [23] El-Hendawy, A.N.A., Variation in the FTIR spectra of a biomass under impregnation, carbonization and oxidation conditions, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 75, 159–166, 2006.
- [24] Özdemir, Ç.S., Adsorptive removal of methylene blue by fruit shell: Isotherm studies, *Fullerenes, Nanotubes And Carbon Nanostructures*, 26(9), 570-577, 2018.
- [25] Kucuk, I. & Onal, Y., Low Cost Activated Carbon Synthesis, Characterization and Adsorption Applications, *NATURENGS, MTU Journal of Engineering and Natural Sciences*, 1(2), 32-38, 2020.
- [26] Zhao, G. & Huang, Y., Preparation and characterization of activated carbon fibers from liquefied wood by KOH activation, *Holzforschung*, 70(3), 195–202, 2016.

GELECEĞİN MALZEMESİ OLARAK DOĞAL BIYOKÜTLELERDEN ÜRETİLEN KARBON/GRAFEN KUANTUM NOKTACIK VE UYGULAMA ALANLARI

Yunus ÖNAL *, Seyithan BİNGÜL**, İncilay GÖKBULUT**

*İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, 44280 MALATYA
e-posta: yunus.onal@inonu.edu.tr

** İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 44280 MALATYA
e-posta: bseyit4@gmail; e-posta: incilay.gokbulut@inonu.edu.tr

Özet: Son yıllarda, karbon ve/veya grafen kuantum noktaları (KKN, GKN, CQD's, GQD's), küçük boyut, floresan emisyon, kimyasal kararlılık, suda çözünürlük, katalizör, kolay sentez ve işlevselleştirme gibi özelliklerinden dolayı artan bir ilgi görmektedir. Karbon noktaları olarak da adlandırılan karbon kuantum noktacığı (QD), 1-10 nm boyut aralığında bir tür sıfır boyutlu, yarı iletken kristal bir nanomalzeme olup, floresans özellikli nanopartiküllerin en yeni sınıfını oluşturmaktadır. Özel boyut aralıkları bu yapılara, optik özellikler açısından önemli faydalar sağlamaktadır. Biyokütle, çok yıllık ot, organik ev çöpmü, tarım kalıntıları, balıkçılık, kümes hayvanları, hayvancılık, ormancılık ve ilgili endüstriler gibi çeşitli kaynaklardan elde edilebilen karmaşık, bol, heterojen, biyolojik olarak parçalanabilen ve biyo-organik bir maddedir. Biyokütle atığı, KKN/GKN üretimi için yenilenebilir, çevre dostu, bol miktarda bulunan ve zararsız bir karbon kaynağıdır. Kararlı fizikokimyasal özelliklere sahip olan karbon kuantum noktacıkların, suda çözünme, biyoyumluluk, düşük toksisite, kimyasal inertlik, kolay fonksiyonelleştirme, çevre dostu ve çeşitli fotoluminesans özelliklerinden dolayı gelecekte pekçok uygulamalarda kullanılacağı öngörülmektedir

Anahtar Kelimeler: Karbon/Grafen, Kuantum noktacığ, Doğal, Biyokütle

CARBON/GRAPHENE QUANTUM DOTS PRODUCED FROM NATURAL BIOMASS AS THE MATERIAL OF THE FUTURE AND APPLICATIONS

Abstract: In recent years, carbon and/or graphene quantum dots (CCD, GCD, CQD's, GQD's) have received increasing attention due to their small size, fluorescent emission, chemical stability, water solubility, catalyst, easy synthesis and functionalization. Carbon quantum dot (QD), also called carbon dots, is a kind of zero-dimensional, semiconductor crystal nanomaterial in the size range of 1-10 nm, forming the newest class of fluorescent nanoparticles. Special size ranges provide these structures with significant benefits in terms of optical properties. Biomass is a complex, abundant, heterogeneous, biodegradable and bio-organic material that can be obtained from a variety of sources such as perennial grass, organic household litter, agricultural residues, fisheries, poultry, livestock, forestry and related industries. Biomass waste is a renewable, environmentally friendly, abundant and harmless carbon source for CCD/GCD production. Carbon quantum dots, which have stable physicochemical properties, are predicted to be used in many applications in the future due to their water solubility, biocompatibility, low toxicity, chemical inertness, easy functionalization, environmental friendliness and various photoluminescence properties.

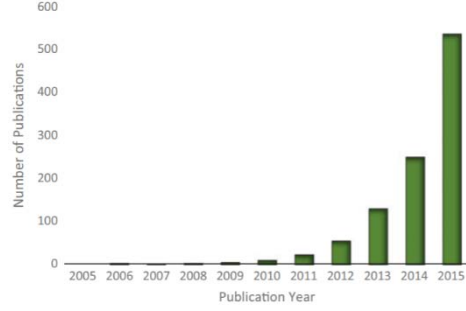
Keywords: Carbon/Graphen, Quantum dot, Natural, Biomass

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

1. KARBON KUANTUM NOKTACIK

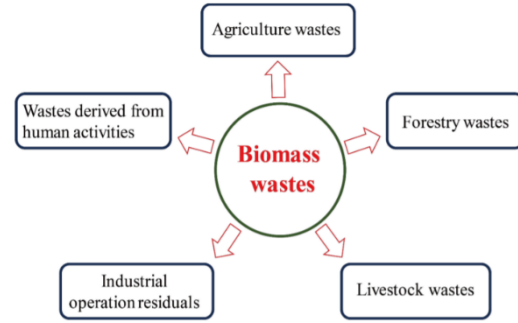
Bilim önceleri mikrodan makroya sentez ve üretim ile ilgili yoğun çalışmalar yapmakta idi. Karbon nano tüp sentezi ile mikrodan makroya oldukça düzenli nano yapılar sentezinde saflaştırma sürecinde bu yapıların içerisinde çok daha küçük yapıların varlığı belirlenmiştir. Bu tür yapılara boyutunu ifade etmek üzere quantum noktacık tanımlanması yapılmıştır. Bu keşif ile kuantum noktacıkların önceleri organik daha sonraları inorganik yapılarda da olduğu belirlenmiş ve yoğun çalışmalara başlanmıştır. Organik kuantum noktacık sentezinde önceleri sadece sitrik asit kullanılırken gelinen noktada karbon içeren her türlü madde/materyalden sentezlenebileceği ortaya konulmuştur. Özetle canlı cansız organik inorganik her türlü madde/malzeme embriyodan makromoleküle sentezlenmektedir. Bu sentez tamamlanmış olsa dahi en küçük yapı taşı makromoleküler yapı içerisinde yer almaktadır. Yapılan düşük sıcaklık ısıl işlemler ile yapı içerisinde yer alan her bileşenin kuantum noktacık bileşikleri ortaya çıkarılmaktadır.

Son yıllarda grafen, kuantum noktalar ve grafen kuantum noktacıklar, üzerinde yoğun olarak çalışılan nanoyapıların başında gelmektedir. Karbon noktaları olarak da adlandırılan karbon kuantum noktacığı (KKN), 1-10 nm boyut aralığında bir tür sıfır boyutlu, yarı iletken kristal bir nanomalzeme olup, floresans özellikli nanopartiküllerin en yeni sınıfını oluşturmaktadır [1]. Kuantum noktaları periyodik cetvelin II-VI, III-V grubu bileşiklerinden elde edilmekte olup, hemen hemen bütün yarı-iletken-metal bileşiklerinden kuantum nokta elde etmek mümkündür [2]. Bu yapılar arasında yer alan çok geniş yüzey alanına sahip grafenin yüzey modifikasyonları kolaylıkla yapılabilmekte bunun yanı sıra polimerlerle biyoyumlu hale getirilebilmekte ve yakın infrared ışınları (Near Infra Red, NIR) ile uyarılabilmektedirler. Üstün elektronik, kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip 2 boyutlu olan bu yapı süperkapasitörler, biyosensörler, görüntüleme ve ilaç salımı gibi çeşitli alanlarda kullanılabilir [3]. İlk olarak 2004 yılında elektroforez yoluyla tek duvarlı karbon nanotüplerin saflaştırılması sırasında ve daha sonra 2006 yılında grafit tozu ve çimentonun lazerle ablasyonu yoluyla elde edilmiştir [4]. O günden bu yana kuantum noktacık çalışmaları hız kazanarak, pek çok çalışma araştırmaya konu olmuştur.



Şekil 1.1. 2005-2015 yılları arasında başlığında “karbon noktacıkları” geçen bilimsel yayınların sayısı [5].

Şekil 1.1 ‘de 2005-2015 yılları arasında başlığında “karbon noktacıkları” geçen bilimsel yayınların sayısını göstermektedir. Biyokütle, çok yıllık ot, organik ev çöpü, tarım kalıntıları, balıkçılık, kümes hayvanları, hayvancılık, ormancılık ve ilgili endüstriler gibi çeşitli kaynaklardan elde edilebilen karmaşık, bol, heterojen, biyolojik olarak parçalanabilen ve biyo-organik bir maddedir.

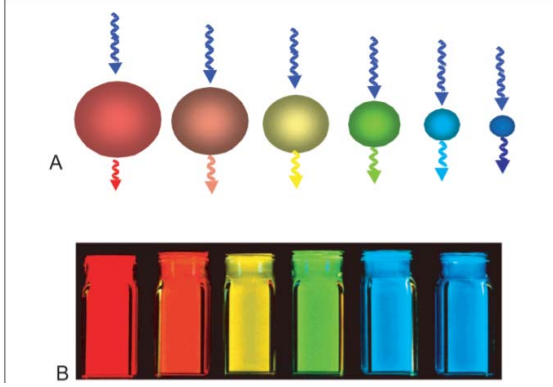


Şekil 1.2. Biyokütle kaynakları [6]

Başlıca biyokütle kaynakları Şekil 1.2 ‘de verilmiştir. Biyokütle atığı, esas olarak selüloz, hemiselüloz, lignin, kül, proteinler ve diğer bazı bileşenlerden oluşan doğal bir organik karbon kaynağıdır. Biyokütle atığı, C-nokta üretimi için yenilenebilir, çevre dostu, bol miktarda bulunan ve zararsız bir karbon kaynağıdır [6]. Bununla birlikte, biyokütle atıklarının çoğu şu anda atılmakta, depolanmakta veya açıkta yakılmakta olup, bu sadece kaynak israfına yol açmakla kalmayıp aynı zamanda insanları tehdit eden bazı çevre sorunlarına da neden olmaktadır. Son zamanlarda, biyokütle atıklarının C-nokta üretiminde hammadde olarak kullanılmasına yönelik bazı girişimler olmuştur. Nano malzemeler, 100 nm altındaki boyutlarda kuantum mekaniği özelliklerini göstermeye başlarlar. Küçük boyutları nedeniyle, bu parçacıklardaki elektronlar küçük bir alan (kuantum kutusu) içinde hapsedilir ve yarı iletken

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

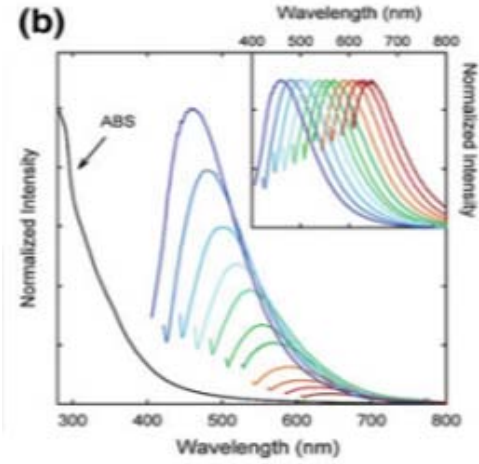
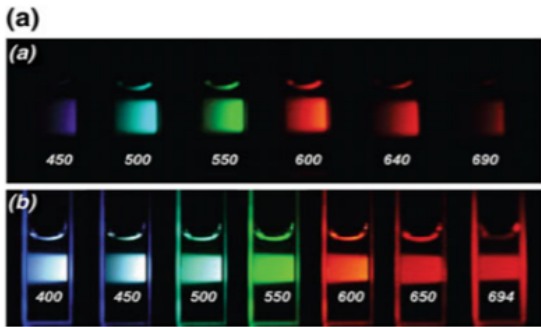
nanokristalin yarıçapı, eksiton Bohr yarıçapından (eksiton Bohr yarıçapı, iletim bandındaki elektron ile değerlik bandında geride bıraktığı boşluk arasındaki ortalama mesafedir) daha küçük olduğunda, Pauli'nin dışlama ilkesine göre enerji seviyelerinin kuantizasyonu ortaya çıkar [7].



Şekil 1.3. Kuantum noktalarının farklı renkleri.

(A) Nanokristaller ışığı emer ve ardından ışığı farklı bir şekilde yeniden yayar; angstrom ölçeğinde nanokristalin boyutu rengi belirler. (B) Aynı uzun dalga UV lambasıyla uyarılmış altı farklı kuantum nokta çözümü gösterilmiştir. [8].

Boyut küçüldükçe, en yüksek değerlik bandı ile en düşük iletim bandı arasındaki enerji farkı artar. Daha sonra noktayı uyarmak için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulur ve daha fazla enerji salınır, bu da yayılan ışıkta kırmızıdan maviye bir renk kaymasına neden olur. Bunun sonucunda nanomalzemeler, sadece nokta boyutunu değiştirerek aynı malzemeden herhangi bir renkte ışık yayabilmekte, ayrıca üretim sırasında herhangi bir renkte ışık yaymak üzere ayarlanabilmektedir [9]. Tipik uyarma bağımlı lüminesans spektrumları ve karşılık gelen renkler Şekil 1.4 'de gösterilmektedir.

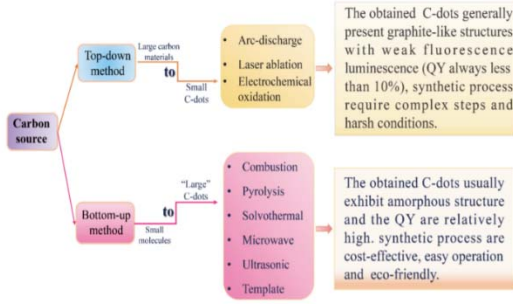


Şekil 1.4. Karbon noktalarının uyarılmaya bağlı ışıldaması. a 400 nm'de uyarılmış (a) ve farklı bant geçiren emisyon filtrelerinde kaydedilmiş veya belirtilen dalga boylarında uyarılmış (b) polietilen glikol (PEG)-pasifleştirilmiş Karbon Noktalarının fotoğrafları [10].

- 400 nm'de uyarılmış (a) ve farklı bant geçiren emisyon filtrelerinde kaydedilmiş veya belirtilen dalga boylarında uyarılmış (b) polietilen glikol (PEG)-pasifleştirilmiş Karbon Noktalarının fotoğrafları.
- b 20 nm artan artışlarla uyarılan Karbon Noktalarının floresan emisyon spektrumları

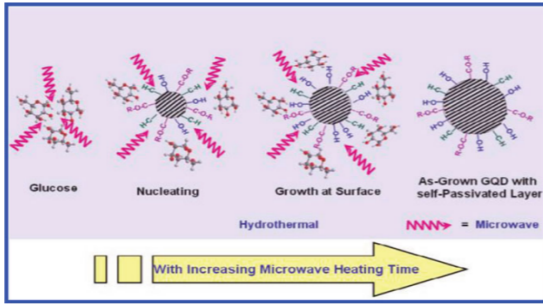
Karbon kuantum noktalar, farklı optik ve elektronik özellik ve ayarlanabilir boyutları ile ışık emisyonu, yüksek sinyal parlaklığı, uzun süreli foto kararlılık özellikleri göstermektedirler. Karbon kuantum noktalar üstün optik özellikleri yanı sıra, hazırlama sürecinde toksik metal elementlerin katılımını azaltarak, çevre üzerindeki olumsuz etkiyi azaltmakta düşük -maliyet ve yeşil sentez ortamı sağlamaktadır [11]. Söz konusu yapılar, organik boyalarla kıyaslandığında, fotolüminesans karbon bazlı kuantum noktaları, yüksek (sulu) çözünürlük, kolay modifikasyon ve ışıkla ağartmaya karşı yüksek direnç göstermektedir. Düşük toksisite ve iyi biyoyumluluk gibi üstün biyolojik özellikleri, onları biyogörüntüleme, biyosensör ve biyomolekül/ilâç dağıtımında potansiyel uygulamalara alternatif oluşturmaktadır. Bütün yarı-iletken metal bileşiklerden kuantum noktalarının elde edilmesinin yanı sıra en fazla kullanılan kuantum noktalar: CdSe, InAs, CdS, CdTe, ZnS, PbSe'dir [12]. Kuantum noktalar, genel olarak nano malzemelerin üretiminde olduğu gibi aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya iki temel yaklaşımla üretilmektedir. Şekil 1.5 'te C noktalarının sentezlenmesi için yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya yaklaşımların şematik gösterimi verilmiştir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

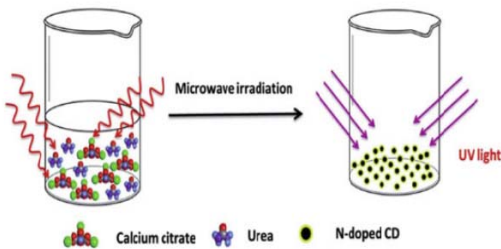


Şekil 1.5. C noktalarının sentezlenmesi için yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya yaklaşımların (QY, floresan kuantum verimini ifade eder) şematik gösterimi [6].

Yukarıdan aşağıya sentez yaklaşımında, yarı iletken olan yığın malzemeden yola çıkılarak kuantum noktalar elde edilmektedir. Yukarıdan aşağıya sentez, hidrotermal/solvotermal, elektrokimyasal, nanolitografi, asidik oksidasyon, mikrodalgasonikasyon destekli ve diğer kimyasal yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir. Şekil.1.6. de Karbon kaynağı olarak glukozun kullanıldığı hidrotermal yöntemi ile Şekil 1.7'te mikrodalga ısıtma yöntemi kuantum noktacık eldesi gösterilmektedir.



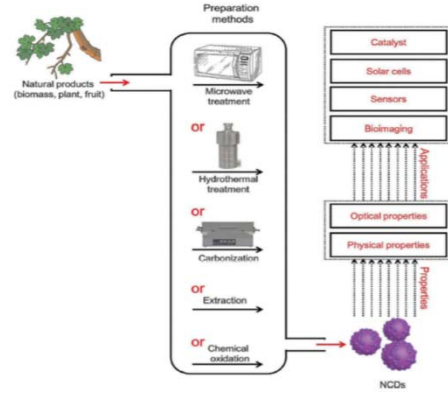
Şekil 1.6. Karbon kaynağı olarak glukozun kullanıldığı hidrotermal yöntemi ile kuantum noktacık eldesi [13].



Şekil 1.7. Mikrodalga ısıtma yöntemi ile kuantum noktacık eldesi [14].

Aşağıdan yukarıya sentez uygulamalarında ise küçük aromatik moleküller, glutamik asit, glukoz ve sitrik asit gibi küçük karbon hammaddelerinden sentez gerçekleştirilmektedir [12]. Sentez koşulları ve saflaştırma adımları daha karmaşık olsa da, bu

yöntemle elde edilen kuantum noktacıkların morfolojileri kontrol edilebilir ve boyutları homojen dağılım göstermektedir [15]. Aşağıdan yukarıya sentezde, fulleren açılımına dayanan ve piroliz yöntemleri kullanılmaktadır. Fulleren moleküllerinin yüksek sıcaklıkta, bir metal kristal yüzeyinde parçalanması temeline dayanmaktadır. Piroliz yönteminde ise karbon noktacıklar küçük organik moleküllerin karbonlaştırılması yoluyla sentezlenmektedirler. Çok farklı yöntemlerle sentezlenebilen karbon nokta yapılarının sentezinde pek çok bitki, meyve ve farklı organik materyaller gibi doğal materyallerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.



Şekil 1.8. Kuantum noktacıkların hazırlanması ve uygulanmasının farklı yollarının gösterimi [16].

2. UYGULAMA ALANLARI

Günümüzde kuantum noktacıklar ilgili araştırma ve çalışmalar ve bunlara yönelik uygulamalar giderek yoğunluk kazanmaktadır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

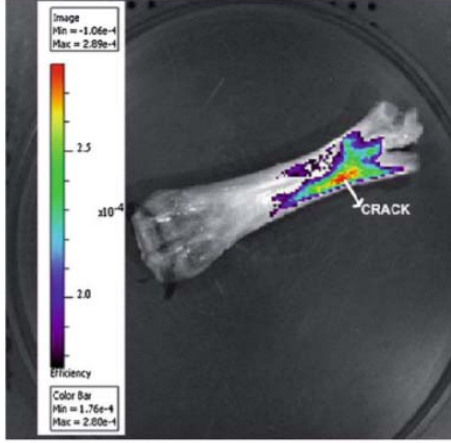
Tablo 1. Farklı biyokütle atıklarından solvotermal yöntemle üretilen C noktalarının özellikleri ve uygulamaları [6].

Biokütle	Hidrotermal koşullar	Flupresans kuantum verim	Uygulamalar
Buğday kepeği	180°C, 3 saat	-	İlaç salım
Şeker kamışı küspesi	190°C, 24 saat	-	İlaç salım
Atık gıdalar	200°C, 1.5 saat	-	Işık yayan diotlar
Portakal kabuğu	180°C, 12 saat	-	Fotokatalizler
Soğan atıkları	120°C, 2 saat	%28	Fe ⁺³ tespiti, çok renkli görüntüleme
Atık gıdalar	195°C, 225°C, 255°C, 12 saat	%28, %18, %10, %6 mavi, yeşil, sarı ve kırmızı K-noktacık için,	Fe ⁺³ tespiti
Tütün yaprakları	200°C, 3 saat	%27,9	3 çeşit tetrasiklin tespiti
Kahve granülleri	200°C, 6-10 saat	%24	Fe ⁺³ , Cu ⁺² tespiti
Pirinç kalıntıları	200°C, 12 saat	%23,48	Fe ⁺³ iyonları ve tetrasiklin tespiti
Bael yaprakları	170°C, 5 saat	%22	Fe ⁺³ tespiti,
Buğday samanı	250 °C, 10 saat	%20	etiketleme, görüntüleme ve algılama
Limon kabukları	200 °C, 12 saat	%14	Algılama ve fotokataliz
Buğday samanı ve bambu kalıntıları	180 °C, 4 saat	%13	hücre görüntüleme ve in vitro biyogörüntüleme
Kurutulmuş limon kabukları	200 °C, 6 saat	%11	Karmin tespiti
Tulsi yaprakları	180 °C, 4 saat	%9.3	PB ⁺² tespiti
Mangolia çiçeği	200 °C, 8 saat	%8.13	Fe ⁺³ tespiti
Bambu yaprakları	200 °C, 6 saat	%7.1	Hg ⁺² tespiti
Pomelo kabukları	200 °C, 3 saat	%6.9	PB ⁺² tespiti
Hindistan cevizi kabuğu	200 °C, 3 saat	-	pH sensörü
Karides kabukları	180 °C, 12 saat	%6.9	Nitrit tayini

Kuantum noktaların en önemli özelliği olan boyut kontrolü, renk skalası ortaya çıkarmaktadır. En küçük noktaların mavi ışımaya ve en büyük noktaların kırmızı ışımaya sağlanarak, güneş enerjisi, LED teknolojisi ve tıbbi görüntüleme uygulamalarında kullanılmaktadır. Kuantum noktalar; daha verimli çalışan güneş panelleri [17] daha az enerjiyle çalışan lazerler, LED aydınlatmalar, daha canlı renkler kazandırılmış plazma ve televizyon ekranları, biyo-ajanlar ve biyogörüntüleme gibi farklı alanlarda uygulanabilmektedir [9]. Hastalıkların, doku ve organ fonksiyonlarındaki aksaklıkların tanısı için kuantum noktaların kullanımı artmaktadır. CQD'ler, in vivo ve in vitro biyogörüntüleme, ilaç dağıtımını,

gen dağıtımını ve kanser tedavisi gibi çok yönlü biyomedikal uygulamalarda son yıllarda daha fazla rağbet görmektedir [9]. Yüzeyinde çok fazla fonksiyonel gruplar bulunduran, karbonizasyon derecesi değiştirilebilen karbon materyaller olarak bildirilen karbon noktacıklar optik ve kimyasal özelliklerinden dolayı farklı alanlarda, biyogörüntüleme, kimyasal-sensör, biyo-sensör, nanomedikal, biyomolekül/ilaç salınımı, ışık saçan diotlar, fotokatalizör ve optoelektronik araç uygulamalarında, fotodiyot, analitik kimya, elektronik gibi alanlarda da kullanılmaktadır [11, 17].

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



Şekil 2.1. Kalsiyum hedeflemeli karbon noktaları kullanarak kemik çatlağı tespiti [9].

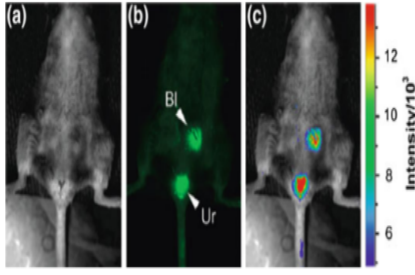
Tablo 2.1. Biyokütle atıklarından elde edilen karbon noktalarının birçok uygulama alanına genel bir bakış [6].

Uygulama alanı	Biyokütle atığı	Metod	Uygulama
Algılama	Küspe atığı Papatya taç yaprağı atığı Lignoselüloz atığı Sargassum sıvısı Mango kabukları Palmiye kabuğu atığı Atık çay kalıntıları Mum kalıntı isisi Gazyağı yakıt isisi	Hidrotermal Hidrotermal Hidrotermal Hidrotermal Hidrotermal Ultrasonik Kimyasal oksidasyon Kimyasal oksidasyon Kimyasal oksidasyon	Hg ⁺² tespiti Cu ⁺² tespiti Cu ⁺² tespiti DNA tespiti Mesotrion tespiti Nitrofenol tespiti Tetrasiklin tespiti Hg ⁺² ve Fe ⁺³ tespiti Pikrik asit, Fe ⁺³ tespiti Cu ⁺² tespiti
Görüntüleme	Soğan atığı Buğday samanı ve bambu kalıntıları Muz kabuğu atığı Lişi atığı Kavrulmuş gram kabukları Gıda atıkları İnek gübresi Ceviz kabukları <i>T. bispinosa</i> kabuğu	Hidrotermal Hidrotermal Hidrotermal Solvotermal Mikrodalga Ultrasonik Kimyasal oksidasyon Karbonizasyon ve kimyasal kesme Geri akış	Çok renkli görüntüleme ve Fe ⁺³ tespiti Hücre görüntüleme ve in vitro biyogörüntüleme in vitro biyogörüntüleme Çok renkli görüntüleme ve Fe ⁺³ tespiti in vitro biyogörüntüleme in vitro biyogörüntüleme Canlı hücre görüntüleme Hücreler arası biyogörüntüleme HücreSEL görüntüleme
İlaç salımı	Buğday kepeği Şeker pancarı küspesi	Hidrotermal Yakma ve hidrotermal	İlaç salımı Acetofinamen vasıtasıyla ilaç salımı

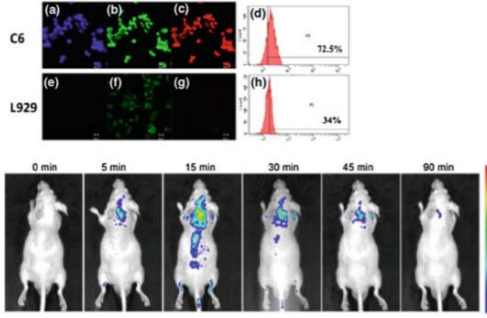
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

	Atık sago Karides kabukları Bambu yaprakları	Kataliz-serbest piroliz Mikrodalga Geri akış	Antikanser ilaç salımı ve kanser hücre görüntüleme İlaç salımı ve hedeflenmiş biyogörüntüleme İlaç salımı ve tümör görüntüleme
Fotokataliz	Kızartma yağı atıkları Portakal kabuğu Lignoselülozik atık Acı elma kabuğu Limon kabuk atıkları	Hidrotermal Hidrotermal Piroliz Piroliz Hidrotermal	Fotokataliz Fotokataliz Kirlenici kullanımına bağlı fotokataliz Fotokataliz Fotokataliz ve algılama
Diğerleri	Gıda atıkları Söğüt yaprakları Ananas kabuğu Portakal atık kabukları Çay ve ceviz kabukları Şeker pancarı küspesi Durian kabukları Soğan kabukları	Hidrotermal Hidrotermal Hidrotermal Hidrotermal Hidrotermal Geri akış ve Hidrotermal Piroliz mikrodalga	Işık emici diyetler Fluoresans mürekkep ve oksijen redüksiyon elektrokatalizleri Elektronik güvenlik araçları Nonlineer optik uygulamalar Çay granüllerinin ayrıştırılması Naftalin uzaklaştırılması Enerji depolama araçları Hızlandırılmış cilt yara iyileşmesi ve canlı hücre görüntüleme

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



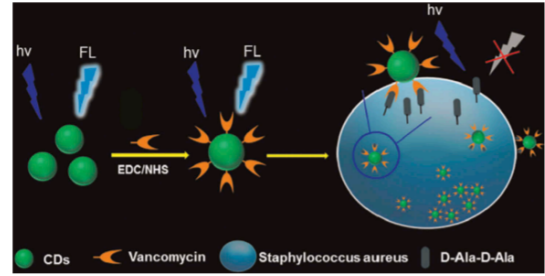
Şekil 2.2. Karbon noktaları ile in vivo floresan görüntüleme. Karbon Noktaları fareye damardan enjekte edildi ve 3 saat sonra görüntülendi.(a) parlak alan görüntüsü; (b) mesane (Bl) ve idrar (Ur) yolunda Karbon Noktalarının birikimini gösteren floresan görüntüsü (470 nm hariç); (c) Karbon Noktalarının dağılımını aydınlatan renk kodlu floresan haritası [18].



Şekil 2.3. Karbon kaynakları olarak spesifik hazırlanan karbon noktalarının in vitro ve in vivo hedeflenmesi. Karbon Noktaları, muhtemelen aşırı ifade edilen integrinlere bağlanma yoluyla, glioma kanser hücrelerini hedefleyen amino asit ligandlarından sentezlendi. Üst sıra hücre görüntüleme deneyleri [hariç. 405 nm (a, e), 488 nm (b, f), 555 nm (c, g)] ve kanserli C6 hücrelerinde kanserli olmayanlara kıyasla daha önemli etiketlemeyi yansıtan akış sitometrisi profilleri (d, h) L929 hücreleri. En alt sıradaki tüm vücut in vivo floresan görüntüleri, beyinde Karbon Noktalarının birikmesini ve ardından sistemik temizlenmeyi doğrulayan Karbon Noktaları ile damardan enjekte edilen glioma taşıyan farelerin floresan görüntüleri [18].Kuantum noktalar, kanser araştırma çalışmalarında erken tanıda, görüntüleme ve tedaviden önce arz etmekte ve kanserli hücreleri teşhis etmek için potansiyel bir aday olarak tanımlanmaktadır. Kuantum noktaları tıbbi tanı ve görüntüleme amaçlı floresan problemleri olarak kullanılabilir. İlaç taşıma ve görüntüleme sistemlerini bir araya getirerek kuantum noktalar, tanı ve tedavinin eşzamanlı gerçekleşmesine olanak sağlamaktadırlar. Kuantum noktaları yüzeyine, tümör hedefleme peptitleri ve anti-tümör ilaçlar, bağlanarak kompozit yapılar tasarlanmaktadır. Salva ve ark. (2011) yapmış olduğu çalışmada yumurtalık kanseri kemoterapisi için tümör hedef ajanı olarak kullanılan MUC1 (mucin) ve kanser tedavi amaçlı kullanılan

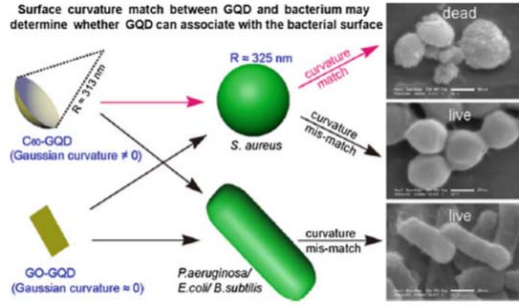
DOX ilacı kuantum noktası (QD) ile bir araya getirilerek QD-MUC1-DOX konjugatı hazırlanmıştır. DOX hedef hücreye kadar stabilitesini koruyabilmek için pH'a duyarlı bir hidrazon bağı ile kuantum noktasına bağlanmıştır. Bu sayede asidik ortam yaratan kanser hücresine ulaşana kadar bozulmadan (hidrolize olmadan) sistemde dolaşabilmektedir [19].

Kuantum noktaların biyolojik görüntüleme çeşitli uygulamaları vardır. Geleneksel floresan boya ve proteinlere kıyasla kuantum noktaları, geniş lüminesans spektrumlarına (ışık aralığı) sahip olması ve foto kararlılığı sayesinde daha belirgin ve uzun süreli görüntülemeyi sağlamaktadır [3]. Kuantum noktalarının geliştirilmiş fotostabilitesi, yüksek çözünürlüklü üç boyutlu bir görüntüde yeniden yapılandırılabilen birçok ardışık odak düzlemi görüntüsünün elde edilmesine izin vermektedir [20]. Ayrıca, kuantum nokta problemlerinin olağanüstü fotostabilitesinden yararlanılarak, moleküllerin ve hücrelerin uzun süreler boyunca gerçek zamanlı izlenmesi mümkün kılınmaktadır [21]. Kuantum noktaları, nanopartiküllere benzer antibakteriyel özelliklere sahip olabilmekte ve doza bağlı bir şekilde bakteriyostatik etki gösterebilmektedirler [22]. Kuantum noktalarının bakterileri inaktif hale getirmesi, hücrelerdeki antioksidatif sistemin işlevlerini bozması ve antioksidatif genleri düzenlemesi ve hücre duvarına doğrudan zarar vermesi şeklinde gerçekleşmektedir. Kuantum noktalarının hem gram pozitif hem de gram negatif bakterilere karşı etkili olduğu gösterilmiştir [23].



Şekil 2.4. Kuantum noktacı hazırlama yönteminin şematik bir gösterimi ve *S. aureus* bakteri tespitinden türetilen floresan sinyali [24].

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



Şekil 2.5. Grafen kuantum noktalarının şekle bağlı antibakteriyel özellikleri [25]

C60'tan üretilen GQD'ler, noktalar ve bakteri hücreleri arasındaki eğrilik eşleşmesi nedeniyle S. aureus'a karşı antibakteriyel aktivite sergiler. S. aureus hücreleri ile grafen oksitten sentezlenen GQD'ler arasındaki eğrilik uyumsuzluğu, antibakteriyel etki eksikliğini açıklayabilir. Benzer düşünceler, her iki GQD'nin P. aeruginosa'ya karşı minimal antibakteriyel etkilerini açıklayabilir.

SONUÇ

Geleceğin malzemesi olarak karbon içeren her türlü doğal biokütlelerden üretilen karbon/grafen kuantum noktalarının, gelecekte pek çok alanda öncülük yaratacağı öngörülmektedir. Kararlı fizikokimyasal özelliklere sahip olan karbon kuantum noktaları özellikle, suda çözünürlük, biyoyoumluluk, düşük toksisite, kimyasal inertlik, kolay fonksiyonelleştirme, çeşitli fotolüminesans ve çevre dostu özelliklerinden dolayı hayatımızda yer almaya devam edecektir. Hammadde kaynaklarının karbon içeren tüm katı maddeler olması gerek çevre

KAYNAKLAR

- [1]. Biçer A., Biçer Bilmişoğlu K., Kırmızı Soğandan Karbon Kuantum Noktaların Sentezi ve Fotolüminesans Özelliklerinin İncelenmesi. Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences Volume 24, Issue 1, 48-56, 2020
- [2] Öksel C., Koç Y, Yağlı H., Koç A. Kuantum Noktalı Güneş Hücreleri. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(2) 174-182, 2018.
- [3] Nurunnabi, M. Parvez, K. Nafiujjaman M. Revuri, V. Khan, H. A. Feng, X. and Lee, Y., Bioapplication of graphene oxide derivatives:

kirliliği gerekse maliyet açısından önemli avantajlardır. Üretim yöntemlerinin karmaşık olmaması basit ve ekonomik olması diğer önemli bir parametredir. KKN ve GKN dışında diğer materyal karbonize katı olarak kullanılabilmesi gibi aktif karbon üretiminde hammadde olarak kullanılabilir niteliktedir. Üretim yöntemine göre ortaya çıkabilecek sıvı ürünler kimyasal hammadde üretiminde kullanılabilir özelliklere sahiptir. Yine üretim prosesi gereği çıkabilecek gaz ürünler enerji üretiminde kullanılabilmesi gibi katalizör kullanılarak yeni kimyasalların üretiminde de kullanılabilir. Tüm bunlara ilaveten KKN/GKN üretimi yeşil mutabakat ile tam uyumaktadır. KKN ve GKN'lerin yüzey fonksiyonelliği uygun oksidasyon teknikleri ile istenilen fonksiyonellik kazandırılabilir. Bu fonksiyonel gruplar sayesinde KKN ve GKN'ler dışarıdan başta ilaç olmak üzere başka organik ve/veya inorganik bileşenler bağlanabilir. Bu işlem ile her iki materyalin kullanım alanları çok daha fazla alana yayılabilecektir. Bu konuda ilaç serbestleştirici sistemler çok büyük önem kazanmaktadır. KKN ve GKN'lerin boyutlarının çok küçük olması suda çözünmesi insan vücudunda en ince kapiler damar sistemlerine kadar ulaşma imkânı sağlamaktadır. Bu özellik tıp alanında hastalıkların tespiti ve tedavisinde çığır açacak bir özelliktir. Kimya endüstrisinde katalizör kullanımında az miktarda kullanım ile çok büyük üretimlerin yapılmasına olanak sağlayacak olup toksik olan heterojen ve/veya homojen katalizörlerin yerini alabilecektir. Hatta tüm bu katalizörlerin KKN/GKN formları sentezlenerek maliyet azaltmada ve çevre kirliliğinde çok büyük önem taşıyacaktır. Özetle; organik ve/veya inorganik KKN ve/veya GKN'ler gelecekte nano dünyada makro yapıda çok büyük değişiklikler yapacak kapasiteye sahiptir.

drug/gene delivery, imaging, polymeric modification, toxicology, therapeutic and challenges. *Royal Society Of Chemistry*, 5; 42141-42161, 2015.

[4] Xu, X., Ray, R., Gu, Y., Ploehn, H. J., Gearheart, L., Raker, K., Scrivens, W. A. Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single walled carbon nanotube fragments, *J. Am. Chem. Soc.*, 126 (40), 12736-12737, 2004.

[5] Koutsogiannis P., Thomou E., Stamatis H., Gournis D., Rudolf P. *Advances in fluorescent*

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- carbon dots for biomedical applications, *Advanced in Physics*, X, 5, 1, 1-38, 2020.
- [6] Kang C., Huang Y., Yang H., Fang Yan X., Chen P.Z. A Review of Carbon Dots Produced from Biomass Wastes, *Nanomaterials*, 10, 2316, 1-24, 2020.
- [7] Reimann SM, Manninen M. Electronic structure of quantum dots. *Reviews of Modern Physics* 74(4):1283-1342, 2002.
- [8] Durmuşoğlu E.G., Kuantum Nokta, *Türk Mühendisler Mimarlar Odası Birliği*, Teknik Yazı, 1-34
- [8] Watson A., Wu X., Bruchez M., Lighting Up Cells with Quantum Dots. *BioTechniques*, 34, 2, 296-303, 2003.
- [9] Pan M., Xie X., Liu K., Yang J., Hong L., Wang S. Fluorescent Carbon Quantum Dots—Synthesis, Functionalization and Sensing Application in Food Analysis. *Nanomaterials*, 10, 930. 1-25, 2020.
- [10] Sun Y.P., et al., Quantum-Sized Carbon Dots for Bright and Colorful Photoluminescence, *American Chemical Society* 128, 7756–7757, 2006.
- [11] Wang, D., Chen, J.F., Dai, L.. Recent Advances in Graphene Quantum Dots for Fluorescence Bioimaging from Cells through Tissues to Animals, Part. *Particle & Particle Systems Characterization*, 1-9, 2014.
- [12] Özata Ç. Nükleer Görüntüleme Sistemlerinde Kuantum Noktaların Kullanılması, 1,1, 6-11, 2016.
- [13] Tang L., Ji R., Cao X., Lin J., Jiang H., Li X., Teng K.S., Luk C.M., Zeng S., Hao J., Lau S.P., Deep ultraviolet photoluminescence of water-soluble self-passivated graphene quantum dots. *ACS Nano* 6, 5102–5110, 2012.
- [14] Xu M., He G., Li Z., He F., Gao F., Su Y., Zhang L., Yang Z., Zhang Y., A green heterogeneous synthesis of N-doped carbon dots and their photoluminescence applications in solid and aqueous states, *Nanoscale* 6, 10307–10315, 2014.
- [15] Iannazzo, D., Zicarelli, I. and Pistone, A. Graphene quantum dots: Multifunctional nanoplatforms for anticancer therapy. *Journal of Materials Chemistry B*, 5; 6471-6489, 2017.
- [16] Zhang X, Jiang M, Niu N, et al. Natural-product-derived carbon dots: from natural products to functional materials. *Chemistry Sustainability Energy Materials*, 11:11–24, 2018.
- [17] Huang, H., Lv, J. J., Zhou, D. L., Bao, N., Xu, Y., Wang, A. J., Feng, J. J., 2013. One-pot green synthesis of nitrogen-doped carbon nanoparticles as fluorescent probes for mercury ions, *RSC Adv.*, 3 (44), 21691-21696, 2013.
- [18] Zheng M., Ruan S., Liu S., Sun T., Qu D., Zhao H., Xie Z., Gao H., Jing X., Sun Z., Self-Targeting Fluorescent Carbon Dots for Diagnosis of Brain Cancer Cells, *ACS Nano*, 24;9(11):11455-61, 2015.
- [19] Savla R., Taratula O., Garbuzenko O., Minko T. Tumor targeted quantum dot-mucin 1 aptamer-doxorubicin conjugate for imaging and treatment of cancer. *Journal of Controlled Release*, 153, 1 (15) 2011, 16-22
- [20] Tokumasu, F; Fairhurst, Rm; Ostera, Gr; Brittain, Nj; Hwang, J; Wellems, Te; Dvorak, Ja (2005). Band 3 modifications in Plasmodium falciparum-infected AA and CC erythrocytes assayed by autocorrelation analysis using quantum dots, *Journal of Cell Science*, 118 (5): 1091–1098, 2005
- [21]. Dahan, M. (2003). Diffusion dynamics of glycine receptors revealed by single-quantum dot tracking, *Science*, 302 (5644): 442–5, 2003.
- [22]. Lu, Zhisong; Li, Chang Ming; Bao, Haifeng; Qiao, Yan; Toh, Yinghui; Yang, Xu (20 Mayıs 2008). Mechanism of Antimicrobial Activity of CdTe Quantum Dots, *Langmuir*, 24 (10): 5445–5452, 2008.
- [23]. Abdolmohammadi, Mohammad Hossein; Fallahian, Faranak; Fakhroueian, Zahra; Kamalyan, Mozghan; Keyhanvar, Peyman; M Harsini, Faraz; Shafiekhani, Azizollah, Application of new ZnO nanoformulation and Ag/Fe/ZnO nanocomposites as water-based nanofluids to consider in vitro cytotoxic effects against MCF-7 breast cancer cells, *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*. 45 (8): 1769–1777, 2017.
- [24] Zhong D, Zhuo Y, Feng Y, et al. Employing carbon dots modified with vancomycin for assaying gram-positive bacteria like Staphylococcus Aureus. *Biosens Bioelectron*. 74:546–553, 2015.
- [25] Hui L., Huang J., Chen G., Zhu Y., Yang L. Antibacterial Property of Graphene Quantum Dots (Both Source Material and Bacterial Shape Matter), *ACS Applied Materials & Interfaces*, 8, 20–25, 2016

**ÇAPRAZ BAĞLI POLİ(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-AKRİLOİL-*L*-TRİPTOFAN)
KOPOLİMERİNİN SENTEZİ ve Co(II) İYONLARININ SULU ÇÖZELTİLERDEN
ADSORPSİYONUNDA KULLANILMASI**

Mutlu CANPOLAT* ve **Giray TOPAL****

*Batman Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü Kimya
Teknolojisi Programı, 72100 BATMAN
e-posta: mutlu.canpolat@batman.edu.tr

** Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Kimya Eğitimi, 21100 DİYARBAKIR
e-posta: giray.topal@gmail.com

Özet: Bu çalışmada, öncelikle yeni *N*-akrilolil-*L*-triptofan akrilamid monomeri elde edilmiştir. Daha sonra *N*-akrilolil-*L*-triptofan monomerinin, çapraz bağlayıcı etilen glikol dimetakrilat (EGDMA) monomeri ve metil metakrilat (MMA) monomeri ile çapraz bağlı Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-akrilolil-*L*-triptofan) kopolimeri sentezlendi. Bu sentezde başlatıcı olarak benzoil peroksit (BPO), düzenleyici olarak da poivinilalkol (PVAL) kullanıldı. Sentezlenen monomer ve polimer FT-IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, katı-NMR ve elementel analiz teknikleri ile karakterize edildi. Çalışmanın ikinci aşamasında, sulu çözeltilerden Co(II) iyonlarının adsorpsiyon yöntemiyle poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-akrilolil-*L*-triptofan) çapraz bağlı kopolimeri ile uzaklaştırılması araştırıldı. Adsorpsiyon verimini etkileyen pH, başlangıç çözelti derişimi ve temas süresi parametreleri araştırıldı. Co(II) iyonu için kinetik incelemeler yapıldı. Elde edilen kinetik veriler Lagergren(yalancı birinci derece), Ho-McKay(yalancı ikinci derece), Weber Morris ve Elovich denklemlerine uygulandı. Yapılan kinetik deneysel veriler kobalt iyonlarının Ho-McKay hız denkleminde uyduğu belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Akrilamid, Çapraz Bağlı Kopolimer, Adsorpsiyon, Ho-McKay (yalancı ikinci derece)

**SYNTHESIS OF CROSS-LINKED POLY(EGDMA-co-MMA-co-N-ACRYLOYL-L-
TRİPTOPHAN) COPOLYMER AND USAGE FOR ADSORPTION OF CO(II) IONS
FROM AQUEOUS SOLUTIONS**

Abstract: In this study, firstly, new *N*-acryloyl-*L*-tryptophan acrylamide monomer was obtained. Then, a cross-linked Poly(EGDMA-co-MMA-co-*N*-acryloyl-*L*-tryptophan) copolymer of *N*-acryloyl-*L*-tryptophan monomer was synthesized with cross-linking ethylene glycol dimethacrylate (EGDMA) monomer and methyl methacrylate (MMA) monomer. In this synthesis, benzoyl peroxide (BPO) was used as initiator and poivinyalcohol (PVAL) was used as regulator. The synthesized monomer and polymer were characterized by FT-IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, solid-NMR and elemental analysis techniques. In the second stage of the study, removal of Co(II) ions from aqueous solutions by adsorption method with poly(EGDMA-co-MMA-co-*N*-acryloyl-*L*-tryptophan) cross-linked copolymers was investigated. The pH, initial solution concentration and contact time parameters affecting the adsorption efficiency were investigated. Kinetic studies were performed for Co(II) ion. Obtained kinetic data were applied to Lagergren(pseudo-first order), Ho-McKay(pseudo-second order), Weber Morris and Elovich equations. The kinetic experimental data showed that cobalt ions comply with the Ho-McKay rate equation.

Keywords: Acrylamide, Cross-linked Copolymer, Adsorption, Ho-McKay (pseudo-second order)

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

1. GİRİŞ

Su canlılar için hayati önem taşır. Bütün canlı organizmaları, biyolojik yaşamı ve tüm insan faaliyetlerini ayakta tutan sudur. Su kirliliği, çoğu ölümlerin ve salgın hastalıkların nedenleri arasında gösterilmektedir. Günde ortalama 14.000 insan doğrudan ya da dolaylı olarak su kirliliğinin sebep olduğu hastalıklar nedeniyle ölmektedir. Dünyada birçok ülkede bu kirliliğin azaltılması yönünde çeşitli çalışmalar yapılmaktadır [1-3]. Su kirliliğine neden olan kirleticiler arasında çeşitlikleri bakımından organik ve inorganik kimyasal maddeler oldukça önemli yer tutmaktadır. İnorganik su kirleticilerden ağır metallerin sulardan uzaklaştırılması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar arasında genel olarak iyon değişimi, kimyasal çökeltme, membran filtrasyonu, elektrokimyasal teknikler, biyolojik işlemler ve adsorpsiyon yer almaktadır. Bu yöntemler arasında adsorpsiyon ucuz ve pratik bir yöntemdir. Bu nedenle endüstriyel atık sulardan adsorpsiyon yoluyla ağır metallerin uzaklaştırılması için çeşitli adsorbanlar kullanılmaktadır [4-6]. Polimerik adsorbanlarla atık sulardan metal iyonlarının uzaklaştırılmasında kullanılırlar. Bunun başlıca nedenleri arasında özellikle polimerik adsorbanlarla atık sulardan ağır metallerin uzaklaştırılması seçici ve tekrar kullanılabilir olmalıdır. Azot, oksijen veya kükürt içeren fonksiyonel grupların bulunduğu monomerlerden oluşan polimerler metal iyonlarını adsorplamada oldukça etkili ve seçicidirler. Akrlamit türevleri içeren poliakrlamit kopolimerlerinin de metal iyonlarını bağlama kapasiteleri oldukça seçici ve yüksektir [7,8].

Bu çalışmada öncelikle akriloil klorür ile *L*-triptofan etkileştirilerek *N*-akriloil-*L*-triptofan kiral monomeri sentezlenmiştir. Sentezlenen bu monomerin yapısı FT-IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR spektroskopik yöntemleriyle aydınlatıldı. Daha sonra elde edilen monomer inert ortamda etilenglikol dimetakrilat (EGDMA) ve metil metakrilat (MMA) ile Benzoil peroksit (BPO) polimerizasyon başlatıcısı varlığında toluen içerisinde radikalik kopolimerizasyon yöntemiyle Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-akriloil-*L*-triptofan) kopolimeri sentezlendi. Sentezlenen kopolimerin yapısı FT-IR, katı-NMR ve elementel analiz teknikleri kullanılarak karakterize edilmiştir. Daha sonra bu kopolimer adsorban olarak sulu çözeltilerden Co(II) ağır metal iyonlarının uzaklaştırılmasında kullanılabilirliği araştırıldı.

Adsorpsiyon çalışmasında öncelikle farklı pH larda çözeltiler kullanılarak adsorpsiyon verimini etkileyen en uygun pH'lar belirlendi. Sonrasında Co(II) metal iyonları başlangıç derişimlerinin adsorpsiyona etkilerini belirlemek için belirlenen pH'larda hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki metal çözeltileri kullanılarak maksimum adsorpsiyonun gerçekleştiği başlangıç derişimleri belirlendi. Daha sonra Co(II) metal iyonunun adsorbanla etkileşiminin zamana bağlı değişimini gözlemlemek için değişik zamanlarda alınan numunelerde bulunan metal konsantrasyonları belirlenerek elde edilen veriler, yalancı birinci derece (Lagergren), yalancı ikinci derece (Ho-McKay), Weber Morris ve Elovich modellerine uygulandı. Bunun sonucunda adsorpsiyonların kinetiğinin hangi modele uyduğu belirlendi.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Çalışmada Merck veya Sigma Aldrich marka kimyasallar kullanıldı. Co(II) iyon çözeltileri, Co(NO₃)₂·3H₂O'nun saf suda çözülmesiyle hazırlandı. Çözeltilerin pH'ı da seyreltik NaOH ve HCl çözeltileri kullanılarak ayarlandı. Karakterizasyon çalışmalarında; Perkin Elmer Precisely Spectrum One marka FT-IR Spektrofotometresi, Bruker AV-400 marka ¹H-NMR ve ¹³C-NMR Spektrofotometresi, Bruker Superconducting FT.NMR Spectrometer Avance TM 300 MHz WB marka Katı-NMR Spektrofotometresi, CHNS-O Analyzer marka Elementel analiz cihazları kullanılmıştır. Adsorpsiyon deneylerinde adsorplanmadan kalan metal iyonu konsantrasyonunu belirlemede Agilent Analyst AAS 400 marka Atomik Adsorpsiyon Spektrofotometre cihazı ve SELECTA Unitronic Or model su banyolu çalkalayıcı kullanılmıştır.

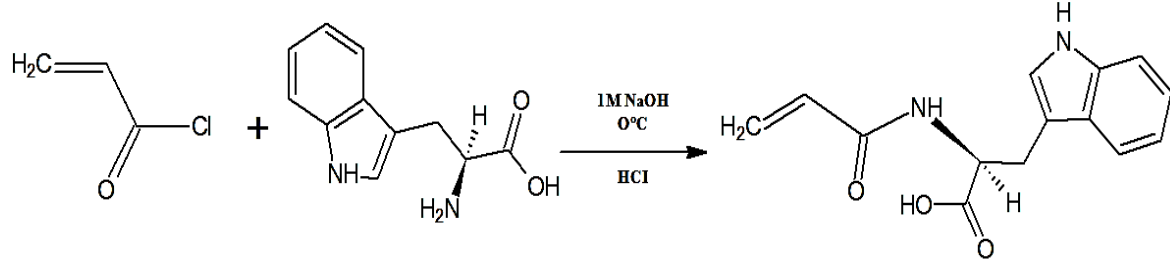
2.2. Metod

2.2.1. *N*-akriloil-*L*-triptofan Sentezi

250 ml hacimli bir beher içerisine 0.01 mol (2.04gr) *L*-triptofan alındı ve çözününceye kadar üzerine 1M NaOH çözeltisi ilave edildi. Sonra karışım buz banyosunda 0 °C ye kadar soğutuldu ve üzerine 0.01 mol (0.8 mL) akriloil klorür

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

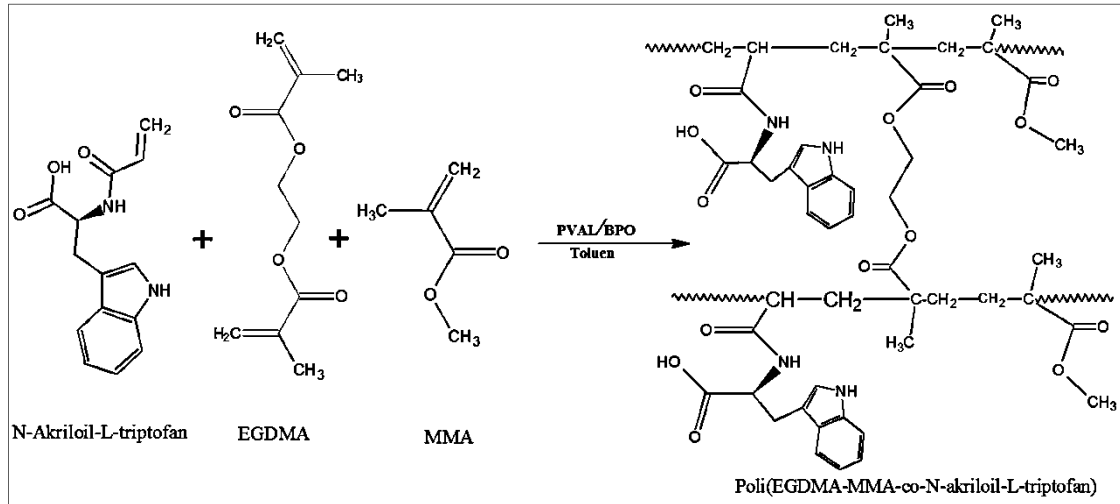
eklenerek karışım 2 saat karıştırıldı. Daha sonra karışım konsantre HCl çözeltisiyle pH sı 2 ye düşürülerek asitlendirildi ve katı maddenin çöktüğü gözlemlendi. Bir gece bu şekilde bekletildi ve çöken katı madde trompta süzülerek, eter, alkol ve saf su ile yıkanarak saflaştırıldı. (E.N=165-167 °C / m=1.9 gr / Verim=%74) (Şekil 1)



Şekil 1. N-akrilolil-L-triptofan Sentez Reaksiyonu

2.2.2. Çapraz Bağlı Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-Akrilolil-L-Triptofan) Kopolimerinin Sentezi

20 ml toluen, 6 ml MMA, 8 ml EGDMA ve 1.8 g N-Akrilolil-L-triptofan iki boyunlu bir şişeye alınarak manyetik karıştırıcıda 15 dakika karıştırıldı. Devamında sistemden N₂ gazı geçirildi ve polimerizasyon başlatıcı olarak 100 mg benzoilperokrit (BPO) eklenmiştir. Daha sonra bir beher içerisine yaklaşık 100 mg polivinil alkol (PVAL) alınarak 50 mL deiyonize suda çözülerek bu karışıma ilave edildi. Daha sonra manyetik karıştırıcıya kontakt termometre bağlanarak yağ banyosunda 65 °C'de 4 saat, 90 °C'de 2 saat karıştırılarak polimerizasyon gerçekleştirilmiştir [9] (Şekil 2).



Şekil 2. Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-akrilolil-L-triptofan) Sentezi

Polimerizasyon gerçekleştirildikten sonra karışım oda sıcaklığına soğutulmuştur. Sentezlenen kopolimer önce trompetten süzüldü. Daha sonra filtre edilen kopolimer bir behere yerleştirildi, 1 saat oda sıcaklığında etil alkol ile karıştırıldı ve tekrar süzüldü ve birkaç kez etil alkol ve birkaç kez deiyonize su ile yıkanarak saflaştırıldı. Daha sonra saflaştırılmış Çapraz Bağlı Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-akrilolil-L-triptofan) kopolimeri tromptan süzüldü ve 24 saat boyunca 50°C'de bir vakumlu fırında kurumaya bırakıldı.

2.2.3. Adsorpsiyon Çalışmaları

Adsorpsiyon deneyleri 25 °C sıcaklıkta ve 120 dakikaya kadar karıştırma süresinde gerçekleştirilmiştir. Tüm deneylerde, belirli konsantrasyonlarda 10 ml metal iyon çözeltisi içeren kapaklı bir konik şişeye 0.05 g adsorban ilave edildi. Şişeler daha sonra bir sıcaklık ve zaman kontrollü çalkalayıcıda çalkalandı. Dengeleme periyodundan sonra, berrak fraksiyon elde etmek için karışım santrifüjlendi. Adsorplanmadan kalan adsorbe edilmemiş metal iyon konsantrasyonu, Atomik Adsorpsiyon Spektroskopisi (Agilent Analyst AAS 400 modeli) ile belirlendi. Adsorplanan her iyonun miktarı Denklem 1 kullanılarak hesaplandı [10].

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m}$$

(1)

q_e (mg.g^{-1}) dengede adsorbantın kütle birimi başına çıkarılan metal iyonlarının miktarıdır, C_0 ve C_e (mg.L^{-1}) metal iyonlarının başlangıç ve denge konsantrasyonu, V (L) çözelti hacmi, m (g) ise adsorbant kütlesidir.

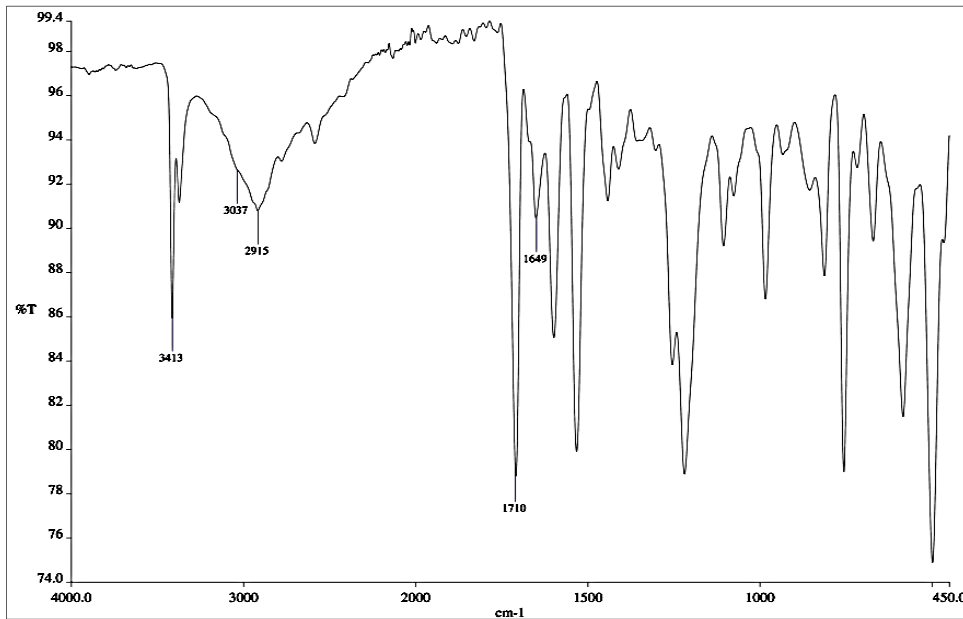
3. ÇALIŞMA SONUÇLARI

3.1. Karakterizasyon Çalışmaları

N-akriloil-*L*-triptofan monomerinin IR spektrumu incelendiğinde; 3413 cm^{-1} N-H gerilmesi, 3037 cm^{-1} vinilik =C-H gerilme, 1710 cm^{-1} C=O gerilme ve 1649 cm^{-1} $\text{H}_2\text{C}=\text{C}-$ gerilme titreşim bandları karakteristiktir (Şekil 3). *N*-akriloil-*L*-triptofan monomerinin $^1\text{H-NMR}$ ve $^{13}\text{C-NMR}$ spektrumları da yapı ile uyum içinde olduğu belirlendi. $^1\text{H-NMR}$ ve $^{13}\text{C-NMR}$ karakteristik pikleri aşağıdaki gibidir.

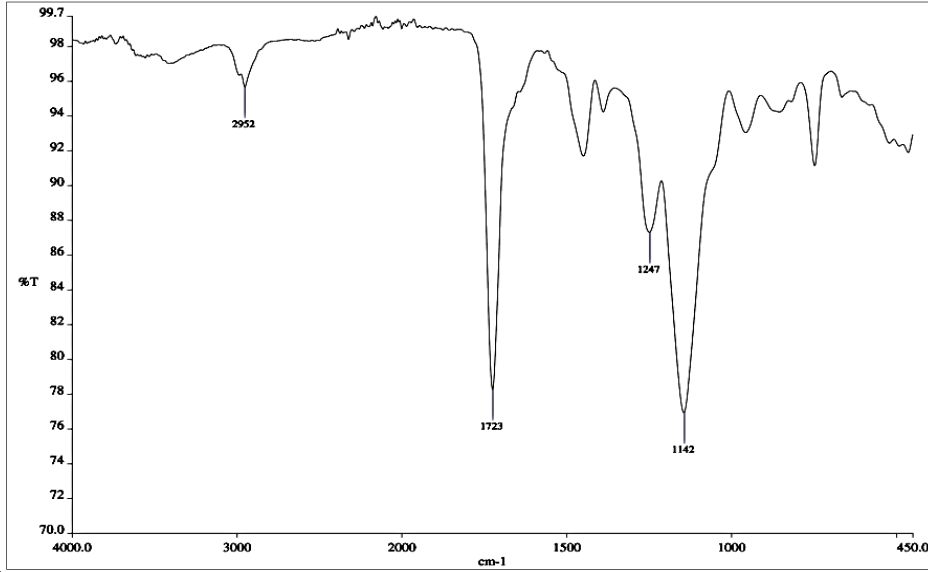
$^1\text{H-NMR}$ δ ppm: 0.9-1.10 m (2H) 2.44-2.50 m (1H), 3.43-3.46 m (1H), 3.84-3.93 m (2H), 4.8-5.33 (5H) Çözücü: DMSO- D_6 (Şekil 4).

$^{13}\text{C-NMR}$ δ ppm: 24.60 / 51.59 / 107.09 / 109.71 / 116.22 / 117.17 / 119.76 / 121.93 / 124.84 / 126.04 / 127.29 / 133.94 / 165.61 / 172.82 Çözücü: DMSO- D_6 (Şekil 5).



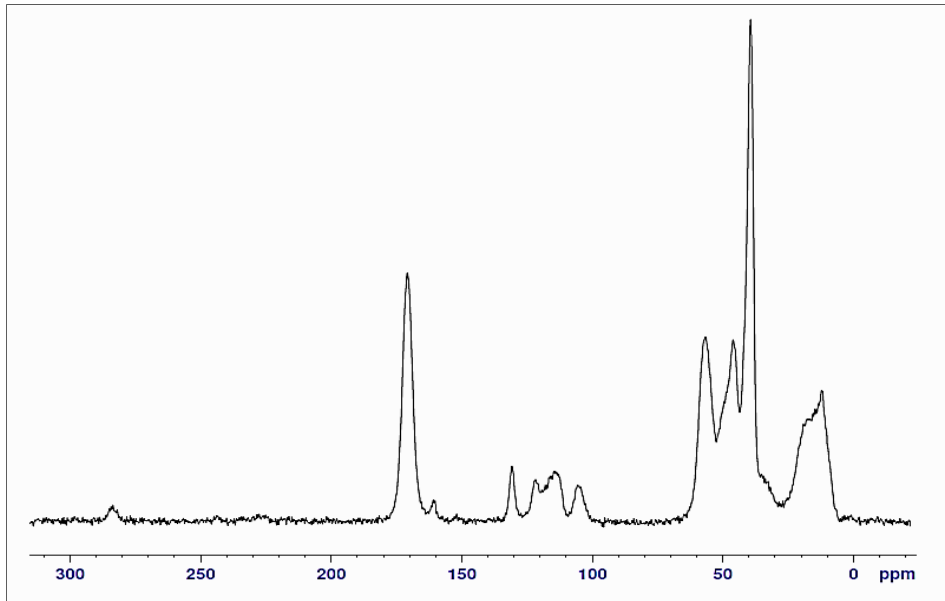
Şekil 3. *N*-akriloil-*L*-triptofan bileşiğinin IR spektrumu

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



Şekil 6. Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-akrilolil-L-triptofan) kopolimerinin IR spektrumu

Kopolimerin katı-NMR spektrumu incelendiğinde; 160-180 ppm aralığında -C=O piklerinin varlığı, 50-100 ppm aralığında vinilik C piklerinin kaybolması ve 0-60 ppm aralığında doymuş C pik alanındaki artış polimerizasyon gerçekleştiğini gösterir (Şekil 7).



Şekil 7. Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-akrilolil-L-triptofan) kopolimerinin katı-NMR spektrumu

Kopolimerin Element Analiz Sonuçları incelendiğinde; Yapısındaki nitrojen (%1.26) sadece N-akrilolil-L-triptofan monomerinden geldiği için elementel analizden yapılan hesaplama ile akrilamid monomerinin tamamının polimer zincirine bağlandığı anlaşılmaktadır.

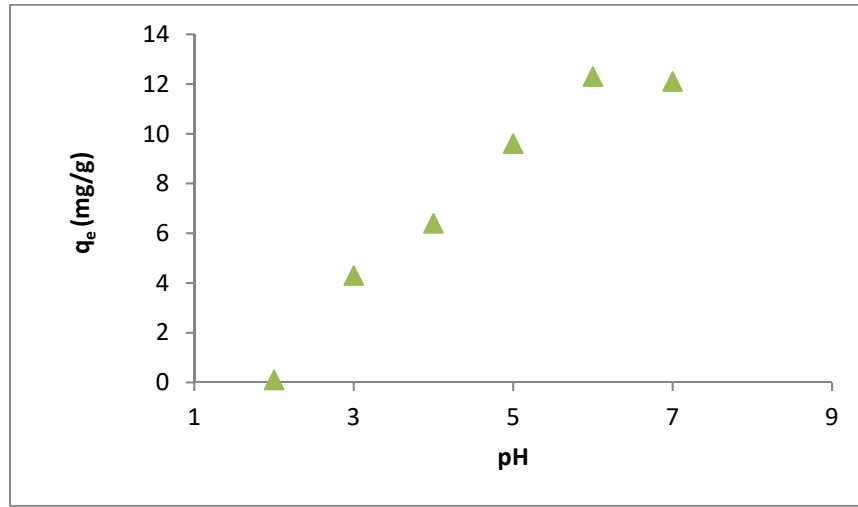
Tablo 1. Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-akrilolil-L-triptofan) Kopolimerinin Elementel Analiz Sonuçları

% N	%C	% H	%O	N-akrilolil-L-triptofan monomerinin takılma oranı (%)
1.26	59.66	7.02	31.57	99.2

3.2. Adsorpsiyon Çalışmaları

3.2.1. pH'ın Adsorpsiyon Üzerindeki Etkisi

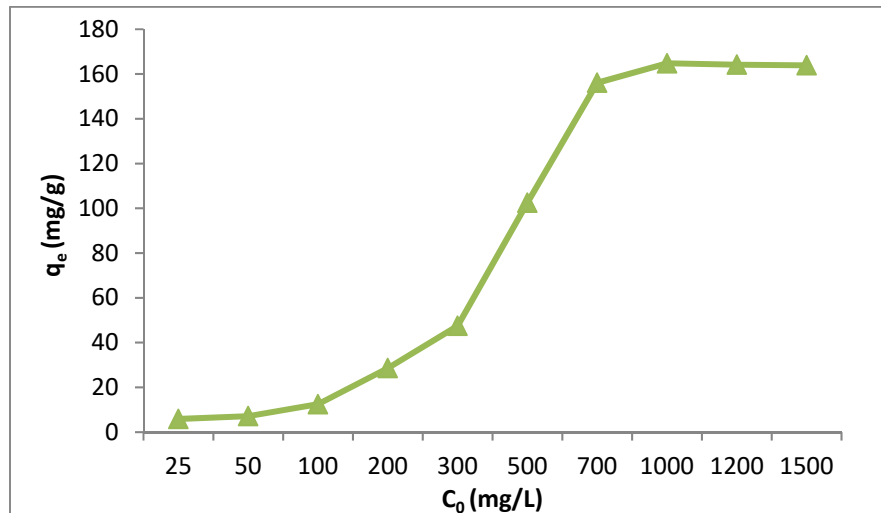
Metal iyonlarının çözünürlüğü pH'a bağlı olarak değişir. Co(II) metal iyonlarının çözeltileri pH 7'den sonra çökelmeye başladıkları için 2-7 pH aralığında çalışılmıştır. pH'ın adsorpsiyon üzerindeki etkisini belirlemek için farklı pH'larda 20 mL 100 mg L⁻¹ metal iyonu çözeltisine 0.05 g Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-akrilolil-*L*-triptofan) eklendi. Sirkülatör (SELECTA Unitronic Or) cihazında 25 °C'de 90 dakika çalkalandı. Çalkalama işlemi tamamlandıktan sonra çözeltilerde adsorpsiyondan kalan Co(II) iyonlarının konsantrasyonları Atomik Adsorpsiyon Spektrometresi ile belirlendi. Çalışmalar değerlendirildiğinde adsorpsiyon çalışmaları için en uygun pH değeri 6 olarak belirlendi (Şekil 8).



Şekil 8. Co(II) nin adsorpsiyonuna pH'ın etkisi (m=0.05 g Co(II) başlangıç konsantrasyonu: 100 mg.L⁻¹, t=90 dk).

3.2.2. Başlangıç Konsantrasyonunun Adsorpsiyon Üzerindeki Etkisi

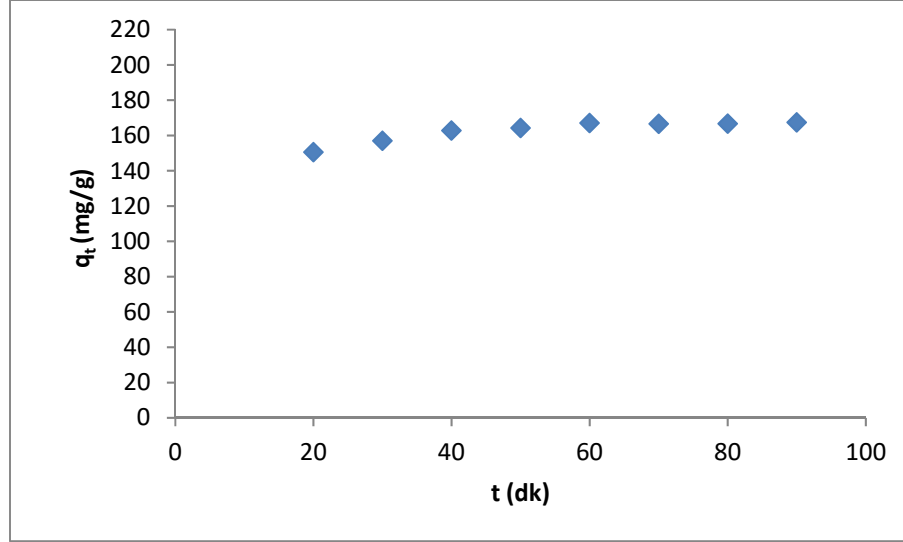
Co(II) iyonlarının başlangıç konsantrasyonlarının adsorpsiyon verimine etkisini belirlemek için pH 6'da hazırlanan farklı konsantrasyonlarda 20 mL metal iyonu çözeltileri 0.05 g Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-akrilolil-*L*-triptofan) kopolimeri üzerine ilave edilerek sirkülatörde 25 °C'de 90 dakika çalkalandı. Adsorplanmadan kalan Co(II) iyonlarının konsantrasyonları AAS cihazı ile belirlendi ve maksimum adsorpsiyonun gerçekleştiği başlangıç metal iyonu konsantrasyonu 1000 mg L⁻¹ olarak belirlendi (Şekil 9).



Şekil 9. Co(II) başlangıç konsantrasyonlarının adsorpsiyon üzerindeki etkisi (m=0.05 g, t=90 dk, pH=6).

3.2.3. Temas Süresinin Adsorpsiyona Etkisi

Co(II) iyonlarının Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-akrilolil-*L*-triptofan) kopolimeri ile etkileşiminin zamana bağlı değişimini gözlemlemek için 10-90 dakikalık aralık seçildi. pH 6'da 20 mL 1000 mg L⁻¹ metal solüsyonları alındı ve 0.05 g Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-akrilolil-*L*-triptofan) adsorbantına ilave edildi. Farklı zamanlarda alınan numunelerdeki adsorplanmadan kalan metal iyonları konsantrasyonları AAS ile belirlenerek doygunluğa ulaştıkları adsorpsiyon süreleri belirlendi (Şekil 10).



Şekil 10. Adsorpsiyon süresinin etkisi (m=0.05 g, Co(II) başlangıç konsantrasyonu: 1000 mg.L⁻¹, pH:6)

2.2.3. Kinetik çalışmalar

Co(II) iyonlarının Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-akrilolil-*L*-triptofan) üzerine adsorpsiyonunda zamanın ve hız sınırlayıcı adımın etkisini belirlemek için çeşitli kinetik modeller kullanıldı. Bunlar; yalancı birinci dereceden, yalancı ikinci dereceden, Elovich ve parçacık içi difüzyon (Weber-Morris) kinetik modelleri. Lagergren'in sözde birinci mertebeden denklemi, **Eşitlik 2** deki gibi ifade edilir [11].

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (2)$$

Burada q_e ve q_t (mg/g) sırasıyla dengede ve t zamanında adsorbe edilen miktarlardır. k_1 (min⁻¹) sözde birinci dereceden hız sabitidir. k_1 sabiti ve q_e değeri, $\ln(q_e - q_t)$ ve t arasındaki grafiğin eğim ve kaydırma değerinden hesaplanır. Ho-McKay'in sözde ikinci mertebeden denklemi aşağıdaki **Eşitlik 3**'te sunulmaktadır.

$$\frac{t}{q_t} = \frac{t}{q_e} + \frac{1}{k_2(q_e)^2} \quad (3)$$

Burada k_2 (g.mg⁻¹.dak⁻¹) yalancı ikinci dereceden hız sabitidir ve q_e denge adsorpsiyon kapasitesidir. q_e değeri ve k_2 sabiti, $t/q_t - t$ grafiğinin eğim ve kaydırma değerinden hesaplanır [12]. Elovich denklemi aşağıdaki **Eşitlik 4**'te sunulmaktadır.

$$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha\beta) + \frac{1}{\beta} \ln t \quad (4)$$

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

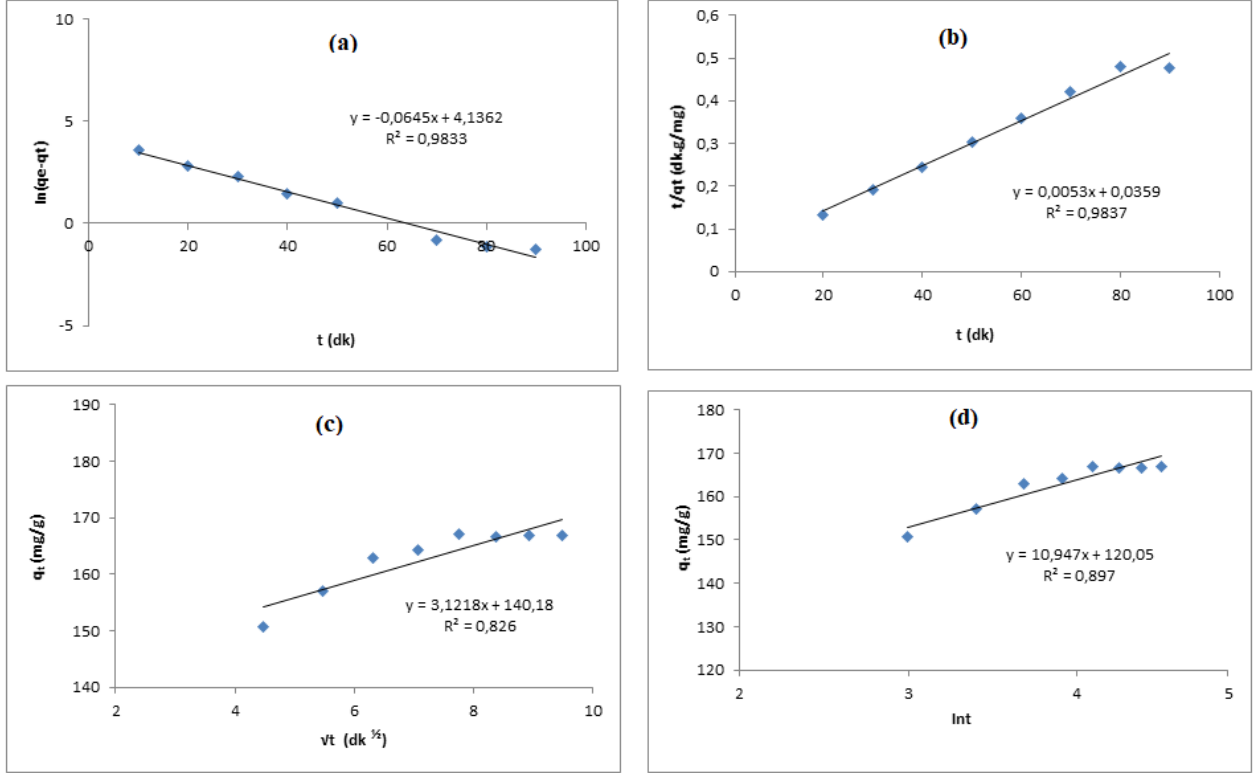
Burada α ($\text{mg.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$) başlangıç sorpsiyon hızıdır ve β (g.mg^{-1}) kimyasal adsorpsiyon aktivasyon enerjisi ve yüzey kaplaması ile ilgilidir. $1/\beta$, serbest adsorpsiyon bölgelerini temsil eder; grafik q_t 'ye karşı $\ln t$ 'dir ve genel Elovich denklemi adsorpsiyonda kimyasal adsorpsiyonu tanımlar [13].

Parçacık içi difüzyon (Weber-Morris) kinetik modeli, denklem 5'teki gibi ifade edilir [14].

$$q_t = k_d t^{0.5} + C$$

(5)

Burada K_d ($\text{mg.g}^{-1}.\text{min}^{-0.5}$) reaksiyon hız sabiti ve C , oluşan sınır tabakasının kalınlığına bağlı olarak elde edilebilecek kesişme noktasıdır.



Şekil 11. Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-akrilolil-L-triptofan) üzerinde Co(II) adsorpsiyonu için (a) Yalancı Birinci Derece (Lagergren) (b) Yalancı İkinci Derece (Ho McKay) (c) Weber-Morris (Parçacık İçi Difüzyon) (d) Elovich model grafikleri (0.05 g adsorban kütlesi, $C_0 = 1000 \text{ mg L}^{-1}$ ve $V = 10 \text{ mL}$, $T=298 \text{ K}$).

Table 2. Co(II) iyonunun Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-akrilolil-L-triptofan) ile adsorpsiyonuna ait kinetik sabitler

Lagergren		Ho-McKay	
Doğru Denklemi	$y = -0.0645x + 4.1362$	Doğru Denklemi	$y = 0.0053x + 0.0359$
k_1 (dk^{-1})	0.0645	k_2 ($\text{mg.g}^{-1}.\text{dk}^{-1}$)	0.0008
q_e (mg.g^{-1})	62.56	q_e (mg.g^{-1})	188.68
R^2	0.9833	R^2	0.9837
Weber morris		Elovich	
Doğru Denklemi	$y = 3.1218x + 140.18$	Doğru Denklemi	$y = 10.947x + 120.05$
C (mg.g^{-1})	140.18	β	0.0913
k_d ($\text{mg.g}^{-1}.\text{min}^{-0.5}$)	3.1218	α	$6.3.10^5$
R^2	0.8260	R^2	0.8970

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında yeni bir akrilamit monomeri ve yeni bir poliakrilamit içeren çapraz bağlı kopolimer sentezlenmiştir. Elde edilen tüm bileşikler çeşitli saflaştırma yöntemleriyle saflaştırılmış ve açık yapıları FT-IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, Elementel analiz ve Katı NMR teknikleri kullanılarak aydınlatılmıştır. Elde edilen spektroskopik veriler sentezlenen yapılarla uyum içerisindedir. Yapısı aydınlatılan poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-akrilolil-*L*-triptofan) kopolimeri adsorban olarak sulu çözeltilerden Co(II) iyonlarının uzaklaştırılmasında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Adsorpsiyon verimini etkileyen en uygun pH, başlangıç çözelti derişimi ve temas süreleri belirlenmiştir. Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-akrilolil-*L*-triptofan) kopolimeri ile yapılan sulu çözeltilerden Co(II) iyonlarının uzaklaştırılmasında adsorpsiyon kapasitesinin en iyi sonuç verdiği pH değerinin 6, başlangıç metal iyonu konsantrasyonları da 1000 mg/L olduğu bulunmuştur. 25 °C’de derişim kapasitesi Co(II) için ilk 10 dk’da hızlı bir artış göstererek 60 dk’da adsorpsiyon kapasitesi doyunluğa ulaşmış ve maksimum adsorpsiyon değeri ise 188.68 mg/g olarak belirlendi. Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-akrilolil-*L*-triptofan) kopolimeri üzerine Co(II) iyonunun adsorpsiyon kinetiğinin yalancı birinci derece (Lagergren), yalancı ikinci derece (Ho-McKay), Weber Morris ve Elovich modellerine göre R² değerleri sırasıyla (0.9833, 0.9837, 0.8260, 0.8970) olarak hesaplandı. Elde edilen veriler incelendiğinde Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-akrilolil-*L*-triptofan) kopolimeri üzerine Co(II) iyonlarının adsorpsiyonuna ilişkin en uygun kinetik modelin yalancı ikinci derece (Ho-McKay) hız kinetiği olduğu korelasyon katsayıları (en yüksek R² değeri) ile deneysel ve teorik qe değerleri karşılaştırılarak belirlendi.

KAYNAKLAR

- [1] Ofudje E.A., Awotula A.O., Hambate G.V., Akinwunmi F., Alayande S.O., Alukanni O.D., Acid activation of groundnut husk for copper adsorption: kinetics and equilibrium studies, *Desalination and Water Treatment*, 86:240–251, 2017.
- [2] Baysal Z., Cinar E., Bulut Y., Alkan H., Dogru M., Equilibrium and thermodynamic studies on biosorption of Pb(II) onto *Candida albicans* biomass, *Journal of Hazardous Materials*, 161:62–67, 2009.
- [3] Huang P., Li Z., Chen M., Hu H., Lei Z et al., Mechanochemical activation of serpentine for recovering Cu (II) from wastewater, *Applied Clay Science*, 149:1-7, 2017.
- [4] Brinza L., Nygård C.A., Dring M.J., Gavrilescu M., Benning L.G, Cadmium tolerance and adsorption by the marine brown alga *Fucus vesiculosus* from the Irish Sea and the Bothnian Sea. *Bioresourch Technology*, 100:1727–1733, 2009.
- [5] Gupta V.K., Jain R., Nayak A., Agarwal S., Shrivastava M., Removal of the hazardous dye-Tartrazine by photodegradation on titanium dioxide surface, *Materials Science and Engineering:C*, 1062-1067, 2011.
- [6] Altunkaynak Y., Canpolat M., Yavuz Ö., Adsorption of cobalt (II) ions from aqueous solution using orange peel waste: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 1-12, 2021
- [7] Denizli A., Garipcan B., Karabakan A., Senöz H., Synthesis and Characterization of poly(hydroxyethylmethacrylate-*N*-methacryloyl-(*L*)-glutamic acid) copolymer beads for removal of lead ions. *Materials Science and Engineering*, 25: 448-454, 2005.
- [8] Kesenci K., Say R., Denizli A., Removal of heavy metal ions from water by usingpoly(ethyleneglycol dimethacrylate-*co*-acrylamide) beads, *European Polymer Journal*, 38: 1443–1448, 2002.
- [9] Say R., Garipcan B., Diltemiz S.E., Denizli, A., Preparation of poly(hydroxyethylmethacrylate-*co*-ethacrylamidohistidine) beads and itsdesign as a affinity adsorbent for Cu(II) removal fromaqueous solutions, *Physicochemical and Engineering Aspects*, 196(2-3): 199 – 207, 2002.
- [10] Guo X., Wang J., (2019) A general kinetic model for adsorption: theoretical analysis and modeling. *Journal of Molecular Liquids*, 288: 111100, 2019.
- [11] Wu F.C., Tseng R.L., Juang R.S., Characteristics of Elovich equation used for the analysis of adsorption kinetics in dye-chitosan systems, *Chemical Engineering Journal*, 150: 366–373, 2009.
- [12] Feng N., Guo X., Liang S., Adsorption study of copper (II) by chemicallymodified orange peel, *Journal of Hazardous Materials*, 164: 1286–1292, 2009.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- [13] Wu F.C., Tseng R.L., Juang R.S., Initial behavior of intraparticle diffusion model used in the description of adsorption kinetics, *Chemical Engineering Journal*, 153: 1–8, 2009.
- [14] Kumar D., Gaur J.P., Chemical reaction- and particle diffusion-based kinetic modeling of metal biosorption by a *Phormidium* sp.-Dominated cyanobacterial mat. *Bioresourch Technology*, 102: 633–640, 2011.

**POLİ(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-(1-FENİLETİL)AKRİLAMİT) KOPOLİMERİNİN
SENTEZİ ve SULU ÇÖZELTİLERDEN Ni (II) İYONLARININ
UZAKLAŞTIRILMASINDA KULLANILMASI**

Mutlu CANPOLAT* ve **Giray TOPAL****

*Batman Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü Kimya
Teknolojisi Programı, 72060 BATMAN
e-posta: mutlu.canpolat@batman.edu.tr

** Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Kimya Eğitimi, 21100 DİYARBAKIR
e-posta: giray.topal@gmail.com

Özet: Bu çalışmada, öncelikle R-(+)-1-feniletıl, akrılolıl klorür ile tepkimeye sokularak *N*-(1-feniletıl)akrılamlıt monomeri elde edildi. Elde edilen *N*-(1-feniletıl)akrılamlıt monomerinin yapısı FT-IR, ¹H-NMR ve ¹³C-NMR teknikleri kullanarak aydınlatıldı. Daha sonra *N*-(1-feniletıl)akrılamlıt monomeri çapraz bağlayıcı etilenglikol dimetakrılát (EGDMA) monomeri ve metil metakrılát (MMA) monomeri ile radikalik polimerizasyon tepkimesiyle çapraz bağlı Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-(1-feniletıl)akrılamlıt) kopolimeri sentezlendi. Sentezde polimerizasyon başlatıcısı olarak benzoil peroksit (BPO), düzenleyici olarak da polivinilalkol (PVAL) kullanıldı. Sentezlenen polimerin yapısı FT-IR, katı-NMR ve elementel analiz teknikleri ile aydınlatıldı. Daha sonra Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-(1-feniletıl)akrılamlıt) kopolimeri adsorban olarak, sulu çözeltilerden Ni(II) iyonlarının uzaklaştırılması çalışmaları yapıldı. Adsorpsiyon çalışmalarında öncelikle adsorpsiyon verimini etkileyen pH, başlangıç çözelti derişimi ve temas süresi parametreleri belirlenerek Ni(II) iyonu için kinetik çalışmalar yapıldı. Elde edilen kinetik veriler Lagergren (yalancı birinci derece) ve Ho-McKay (yalancı ikinci derece) denklemlerine uygulandı. Yapılan kinetik deneysel veriler nikel iyonlarının Ho-McKay hız denkleminde uyduğu gösterdi.

Anahtar Kelimeler: Kopolimer, Adsorpsiyon, Lagergren (yalancı birinci derece), Ho-McKay (yalancı ikinci derece)

**SYNTHESIS OF POLY(EGDMA-co-MMA-co-N-(1-PHENYLETHYL)ACRYLAMIDE)
COPOLYMER AND USAGE FOR REMOVAL OF Ni(II) IONS FROM AQUEOUS
SOLUTIONS**

Abstract: In this study, firstly, R-(+)-1-phenylethyl was reacted with acryloyl chloride to obtain *N*-(1-phenylethyl)acrylamide monomer. The structure of the obtained *N*-(1-phenylethyl)acrylamide monomer was elucidated using FT-IR, ¹H-NMR and ¹³C-NMR techniques. Poly(EGDMA-co-MMA-co-*N*-(1-phenylethyl)acrylamide) is then cross-linked by radical polymerization with *N*-(1-phenylethyl)acrylamide monomer crosslinking ethylene glycol dimethacrylate (EGDMA) monomer and methyl methacrylate (MMA) monomer copolymer was synthesized. In the synthesis, benzoyl peroxide (BPO) was used as polymerization initiator and poivynilalcohol (PVAL) was used as regulator. The structure of the synthesized polymer was elucidated by FT-IR, solid-NMR and elemental analysis techniques. Then, studies were carried out to remove Ni(II) ions from aqueous solutions with Poly(EGDMA-co-MMA-co-*N*-(1-phenylethyl)acrylamide) copolymer as adsorbent. In adsorption studies, first of all, pH, initial solution concentration and contact time parameters affecting the adsorption efficiency were determined, and kinetic studies were carried out for Ni(II) ion. The kinetic data obtained were applied to the Lagergren (pseudo first order) and Ho-McKay (pseudo second order) equations. The kinetic experimental data showed that nickel ions comply with the Ho-McKay rate equation.

Keywords: Copolymer, Adsorption, Lagergren (pseudo first order), Ho-McKay (pseudo-second order),

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

1. GİRİŞ

Dünya genelinde artan sanayileşme ve kentleşme ile birlikte ağır metal kirliliğinin artması insan ve canlı yaşamını ciddi şekilde tehdit etmektedir [1]. Bu nedenle özellikle içme suyu kaynaklarında, tarım topraklarında, gıda maddelerinde ve hatta atık sularda ağır metaller düzeyinde kısıtlayıcı düzenlemeler getirilmiştir. Madencilik ve elektronik gibi birçok endüstri, yüksek ağır metal içeriğine sahip atıklar üretir. Bu endüstriyel atıklar genellikle su kaynaklarının ağır metallerle kirlenmesinden sorumludur [2,3]. Bazı metaller biyokimyasal faaliyetler için gerekli olmakla birlikte, Cu, Ni, Mn, Co, Pb, Cd ve Zn gibi bazı ağır metallerin fazlalığı ve hatta eser seviyeleri insan, hayvan ve bitkilerin yaşamını ciddi şekilde etkileyebilir [4,5]. Sanayi sektöründeki artış aynı zamanda ağır metal iyonlarının kullanımında da artışa neden olduğundan, ağır metaller endüstriyel faaliyetlerle sucul ortama belirtilen sınıran üzerinde deşarj edilmektedir. Bu da su akışlarının gün geçtikçe kirlenmesine yol açmaktadır [6]. Nikel, elektrokaplama, madencilik, arıtma ve boya endüstrilerinde yaygın olarak kullanılan toksik bir ağır metal iyonudur. Aşırı dozda nikel insan vücudunda biriktiğinde kronik astım, prostat ve gırtlak kanseri gibi tehlikeli sağlık sorunlarına neden olur [7,8].

Ağır metallerin atık sudan uzaklaştırılması için çeşitli yöntemler arasında kimyasal çökeltme, iyon değişimi, elektrokimyasal teknikler, membran filtrasyonu, biyolojik işlemler ve adsorpsiyon yer alır [9]. Bu yöntemlerden adsorpsiyon ucuz, kolay ve adsorpsiyon verimi daha yüksek olduğu için diğer yöntemlere göre daha avantajlıdır. Canlı organizmalar için zararlı olan ağır metallerin atık sulardan uzaklaştırılması için çeşitli adsorbanlar geliştirilmiştir [10]. Polimerik adsorbanlarla atık sulardan metal iyonlarının uzaklaştırılmasında kullanılırlar. Bunun başlıca nedenleri arasında özellikle polimerik adsorbanlarla atık sulardan ağır metallerin uzaklaştırılması seçici ve tekrar kullanılabilir olmasıdır. Azot, oksijen veya kükürt içeren fonksiyonel grupların bulunduğu monomerlerden oluşan polimerler metal iyonlarını adsorplamada oldukça etkili ve seçicidirler. Akrilamit türevleri içeren poliakrilamit kopolimerlerinin de metal iyonlarını bağlama kapasiteleri oldukça seçici ve yüksektir [11,12].

Bu çalışmada öncelikle akrilol klorür ile R-(+)-1-feniletil etkileştirilerek *N*-(1-feniletil)akrilamit kiral monomeri sentezlenmiştir. Sentezlenen bu monomerin yapısı FT-IR, ¹H-NMR ve ¹³C-NMR spektroskopik yöntemleriyle aydınlatıldı. Daha sonra elde edilen monomer inert ortamda Etilenglikol dimetakrilat (EGDMA) ve Metil metakrilat (MMA) ile Benzoil peroksit (BPO) polimerizasyon başlatıcısı varlığında toluen içerisinde radikalik kopolimerizasyon yöntemiyle Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-(1-feniletil)akrilamit) kopolimeri sentezlendi. Sentezlenen kopolimerin yapısı FT-IR, katı-NMR ve elementel analiz teknikleri kullanılarak karakterize edilmiştir. Daha sonra bu kopolimer adsorban olarak sulu çözeltilerden Ni(II) ağır metal iyonlarının uzaklaştırılmasında kullanılabilirliği araştırıldı. Adsorpsiyon çalışmasında öncelikle farklı pH larda çözeltiler kullanılarak adsorpsiyon verimini etkileyen en uygun pH belirlendi. Sonrasında Ni(II) metal iyonları başlangıç derişimlerinin adsorpsiyona etkilerini belirlemek için belirlenen pH'larda hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki metal çözeltileri kullanılarak maksimum adsorpsiyonun gerçekleştiği başlangıç derişimleri belirlendi. Daha sonra Ni(II) metal iyonunun adsorbanla etkileşiminin zamana bağlı değişimini gözlemlemek için değişik zamanlarda alınan numunelerde bulunan metal konsantrasyonları belirlenerek elde edilen veriler, yalancı birinci derece (Lagergren) ve yalancı ikinci derece (Ho-McKay) modellerine uygulanarak adsorpsiyonun hangi kinetik modele uyduğu belirlendi.

2. MATERYAL VE METOD

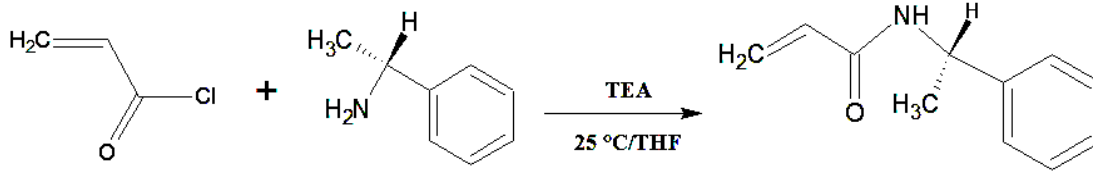
2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan tüm kimyasallar Merck ve Sigma Aldrich'den temin edilmiştir. Ni(II) iyon çözeltileri, Ni(NO₃)₂·2H₂O'nun saf suda çözülmesiyle hazırlandı. Çözeltilerin pH'ları seyreltik NaOH ve HCl çözeltileri kullanılarak ayarlandı. Karakterizasyon çalışmalarında; Perkin Elmer Precisely Spectrum One marka FT-IR Spektrofotometresi, Bruker AV-400 marka ¹H-NMR ve ¹³C-NMR Spektrofotometresi, Bruker Superconducting FT.NMR Spectrometer Avance TM 300 MHz WB marka Katı-NMR Spektrofotometresi, CHNS-O Analyzer marka Elementel analiz cihazları kullanılmıştır. Adsorpsiyon deneylerinde ise SELECTA Unitronic Or model su banyolu çalkalayıcı ve adsorplanmadan kalan metal iyonu konsantrasyonlarını belirlemede Agilent Analyst AAS 400 marka Atomik Adsorpsiyon Spektrofotometre cihazı kullanılmıştır.

2.2. Metod

2.2.1. *N*-(1-feniletıl)akrilamit Sentezi

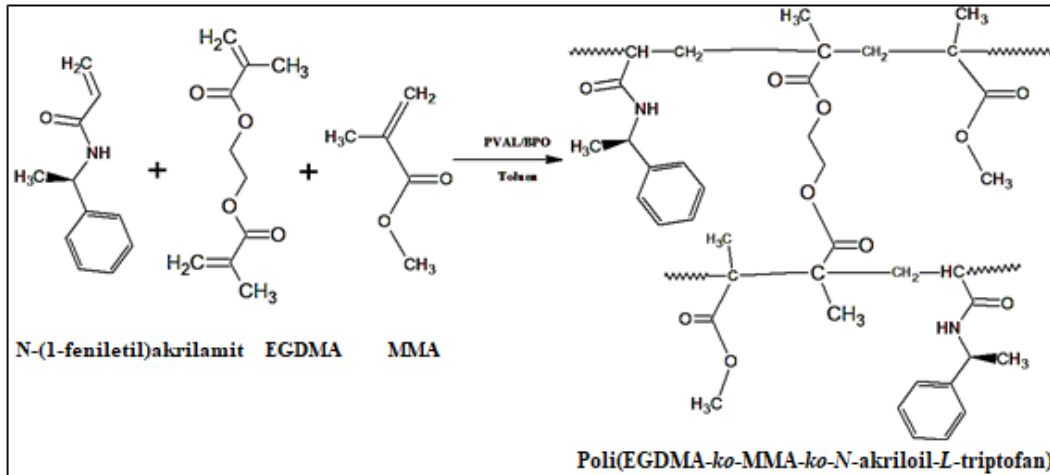
1.6 ml (0.02 mol) akriloil klorür ile 2.6 ml (0.02 mol) *R*-(+)-1-metilbenzılamin 150 mL THF içinde 2.8 ml (0.02 mol) TEA ile oda sıcaklığında manyetik karıştırıcıda 24 saat karıştırıldı. Oluşan tuz çökelekleri süzöldü ve süzöntüye saf su eklenerek sentezlenen ürün çöktüröldü. Daha sonra çöken beyaz renkli katı madde süzölerek etanolde kristallendirildi. (E.N=91 °C / m=3.1 gr / Verim: %89) (Şekil 1).



Şekil 1. *N*-(1-feniletıl)akrilamit Sentez Reaksiyonu

2.2.2. Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-(1-feniletıl)akrilamit) Kopolimeri Sentezi

İki boyunlu balon içerisine 20 ml toluen, 6 ml (56mmol) MMA, 8 ml (42mmol) EGDMA ve 1.2 gr (7mmol) *N*-(1-feniletıl)akrilamit alınarak manyetik karıştırıcıda karıştırıldı. Devamında sistemden N₂ gazı geçirildi ve üzerine polimerizasyon başlatıcı olarak 100 mg BPO ilave edildi. Sonra bir beher içerisinde 100 mg civarında PVAL alınarak 50 mL deiyonize suda çözüldü ve karışımın üzerine ilave edildi. Daha sonra manyetik karıştırıcıya kontakt termometre takılarak yağ banyosunda 4 saat 65 °C de, 2 saat 90 °C de karıştırılarak polimerizasyon gerçekleştirildi [13] (Şekil 2).



Şekil 2. Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-(1-feniletıl)akrilamit) Sentezi

Polimerizasyon gerçekleştirildikten sonra karışım oda sıcaklığına soğutulmuştur. Sentezlenen kopolimer önce trompetten süzöldü. Daha sonra filtre edilen kopolimer bir behere yerleştirildi, 1 saat oda sıcaklığında etil alkol ile karıştırıldı ve tekrar süzöldü ve birkaç kez etil alkol ve birkaç kez deiyonize su ile yıkanarak saflaştırıldı. Daha sonra saflaştırılmış Çapraz Bağlı Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-(1-feniletıl)akrilamit) kopolimeri tromptan süzöldü ve 24 saat boyunca 50°C'de bir vakumlu fırında kurumaya bırakıldı.

2.2.3. Adsorpsiyon Çalışmaları

Adsorpsiyon deneyleri 25 °C sıcaklıkta ve 120 dakikaya kadar karıştırma süresinde gerçekleştirilmiştir. Tüm deneylerde, belirli konsantrasyonlarda 10 ml metal iyon çözeltisi içeren kapaklı bir konik şişeye 0.05 g adsorban ilave edildi. Şişeler daha sonra bir sıcaklık ve zaman kontrollü çalkalayıcıda çalkalandı. Dengeleme periyodundan sonra, berrak fraksiyon elde etmek için karışım santrifüjlendi. Kalan adsorbe edilmemiş metal iyon konsantrasyonu, Atomik Adsorpsiyon Spektroskopisi (Agilent Analyst AAS 400 modeli) ile belirlendi.

Adsorplanan her iyonun miktarı Eşitlik 1 kullanılarak hesaplandı [14].

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m}$$

(1)

q_e (mg.g^{-1}) dengede adsorbanın kütle birimi başına çıkarılan metal iyonlarının miktarıdır, C_0 ve C_e (mg.L^{-1}) metal iyonlarının başlangıç ve denge konsantrasyonu, V (L) çözelti hacmi, m (g) ise adsorban kütlesidir.

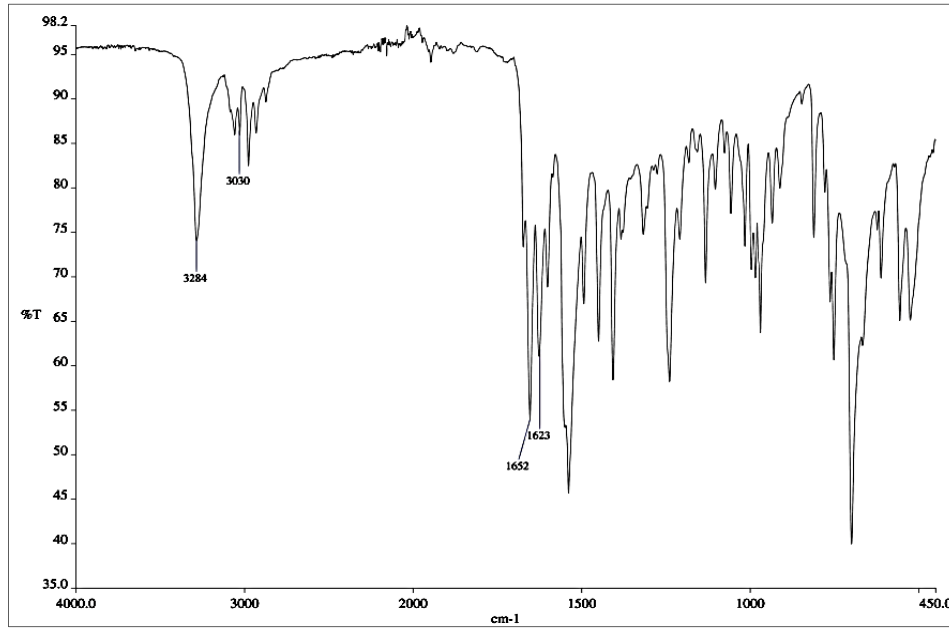
3. ÇALIŞMA SONUÇLARI

3.1. Karakterizasyon Çalışmaları

N-(1-feniletıl)akrilamit monomerinin IR spektrumu incelendiğinde; 3284 cm^{-1} N-H gerilmesi, 3030 cm^{-1} vinilik =C-H gerilme, 1652 cm^{-1} C=O gerilme ve özellikle 1623 cm^{-1} $\text{H}_2\text{C}=\text{C}-$ gerilme titreşim bandları karakteristiktir (Şekil 3). *N*-akrilolil-*L*-triptofan monomerinin $^1\text{H-NMR}$ ve $^{13}\text{C-NMR}$ spektrumları da yapı ile uyum içinde olduğu belirlendi. $^1\text{H-NMR}$ ve $^{13}\text{C-NMR}$ karakteristik pikleri aşağıdaki gibidir.

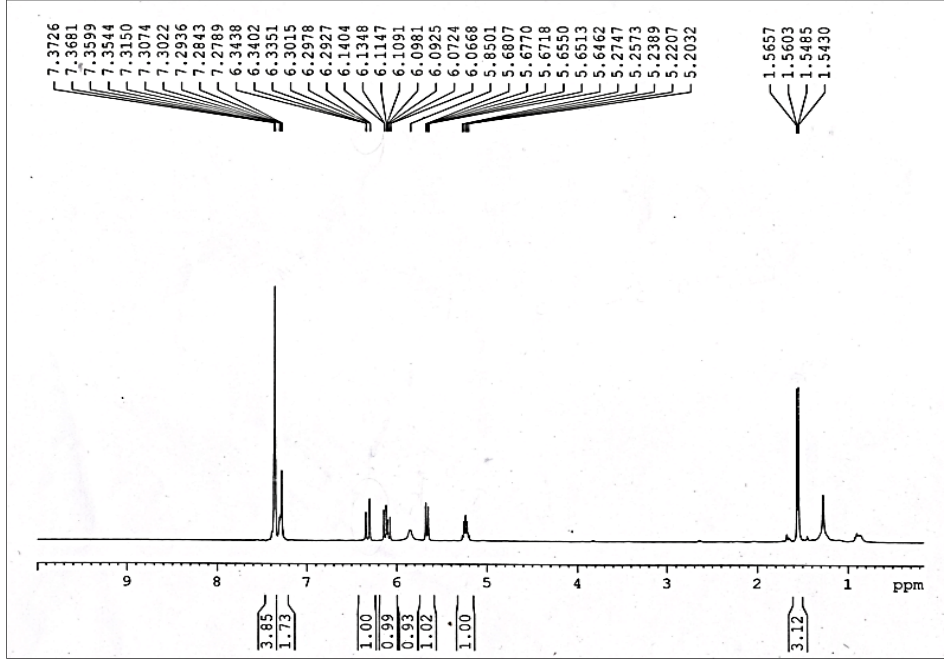
$^1\text{H-NMR}$ δ ppm: 1.5 d (3H), 5.20-5.27 m (1H), 5.64-5.68 m (1H), 5.85 bs (1H), 6.06-6.14 m (1H), 6.29-6.34 m (1H), 7.27-7.37 m (5H) çözücü: CDCl_3 (Şekil 4).

$^{13}\text{C-NMR}$ δ ppm: 21.58 / 48.8 / 126.29 / 126.72 / 127.50 / 128.74 / 130.82 / 142.92 / 164.54 çözücü: CDCl_3 (Şekil 5).

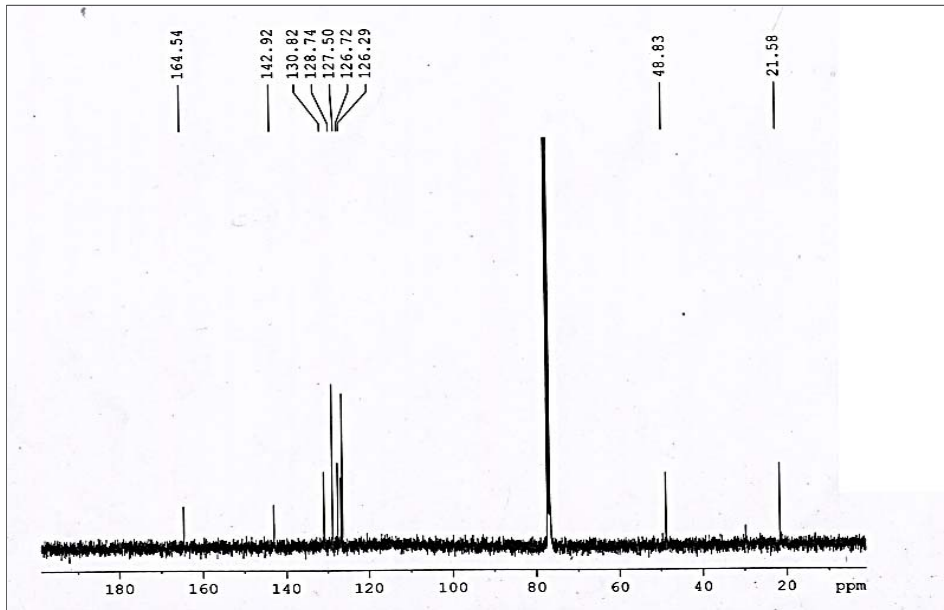


Şekil 3. *N*-(1-feniletıl)akrilamit bileşiğinin IR spektrumu

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



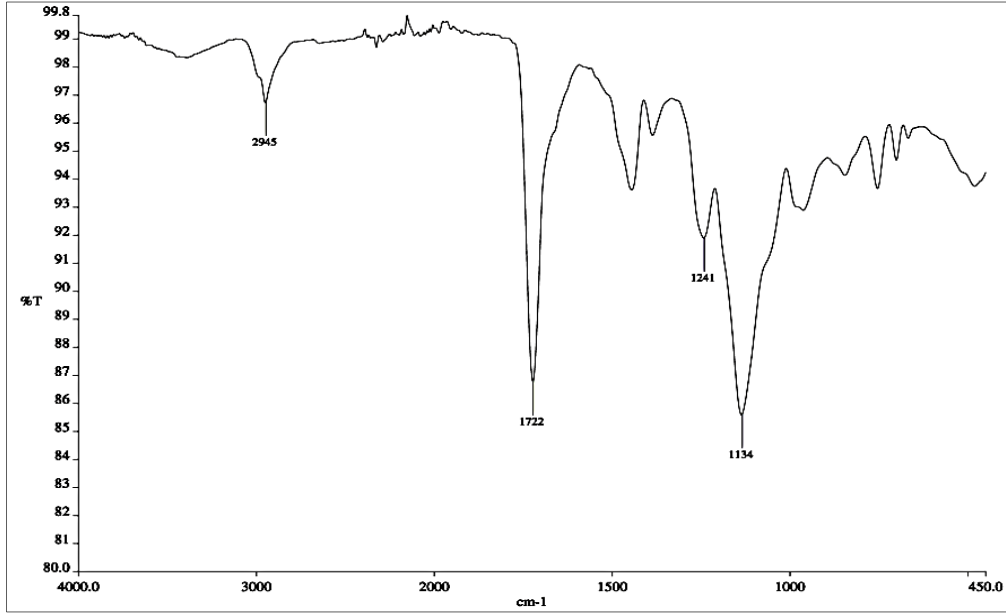
Şekil 4. *N*-(1-feniletıl)akrilamit bileşiminin ¹H-NMR spektrumu



Şekil 5. *N*-(1-feniletıl)akrilamit bileşiminin ¹³C-NMR spektrumu

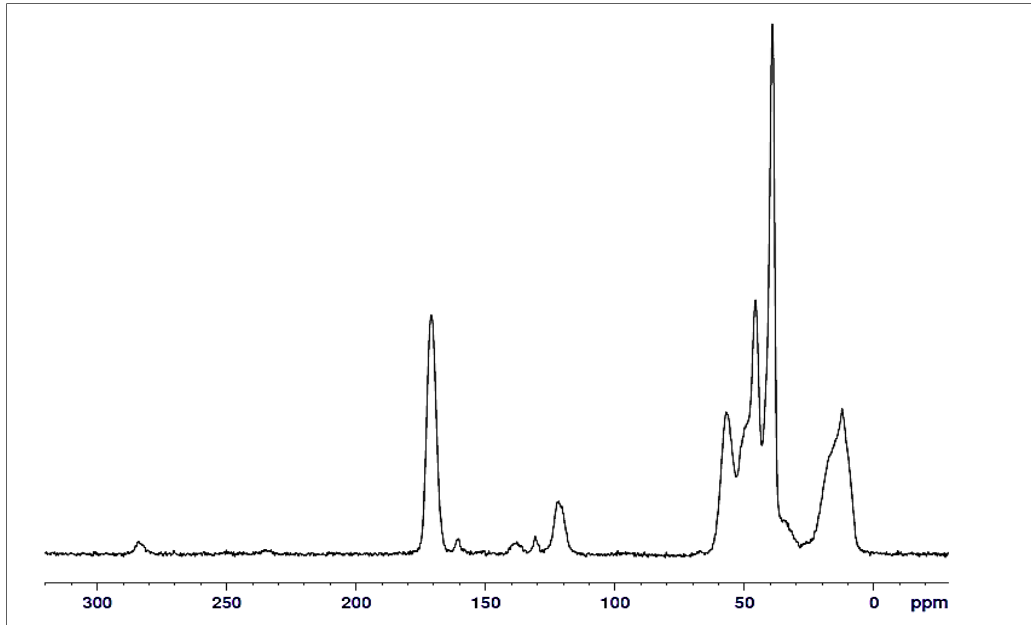
Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-(1-feniletıl)akrilamit) kopolimerinin IR Spektrumu incelendiğinde; 2945 cm⁻¹ alifatik ve aromatik C-H gerilme, 1722 cm⁻¹ C=O gerilme, 1241 cm⁻¹ ester C-O gerilme ve 1134 cm⁻¹ C-N gerilme titreşim bantları karakteristiktir. *N*-(1-feniletıl)akrilamit monomerinde gözlenen 3030 cm⁻¹ vinilik =C-H gerilme ve 1623 cm⁻¹ H₂C=C- gerilme titreşim bantlarının kaybolması, ayrıca 1241 cm⁻¹ Ester C-O gerilme titreşimi ve 1722 cm⁻¹ C=O gerilme titreşimleri kopolimerin büyük olasılıkla oluştuğunu göstermektedir (Şekil 6).

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



Şekil 6. Poli(EGDMA-ko-MMA-ko- N-(1-feniletıl)akrilamıt) kopolimerinin IR spektrumu

Kopolimerin katı-NMR spektrumu incelendiğinde; 160-180 ppm aralığında -C=O piklerinin varlığı, 50-100 ppm aralığında vinilik C piklerinin kaybolması ve 0-60 ppm aralığında doymuş C pik alanındaki artış polimerizasyon gerçekleştiğini gösterir (Şekil 7).



Şekil 7. Poli(EGDMA-ko-MMA-ko- N-(1-feniletıl)akrilamıt) kopolimerinin katı-NMR spektrumu

Kopolimerin Element Analiz Sonuçları incelendiğinde; Yapısındaki nitrojen (%0.63) sadece N-(1-feniletıl)akrilamıt monomerinden geldiği için elementel analizden yapılan hesaplama ile akrilamid monomerinin tamamının polimer zincirine bağlandığı anlaşılmaktadır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

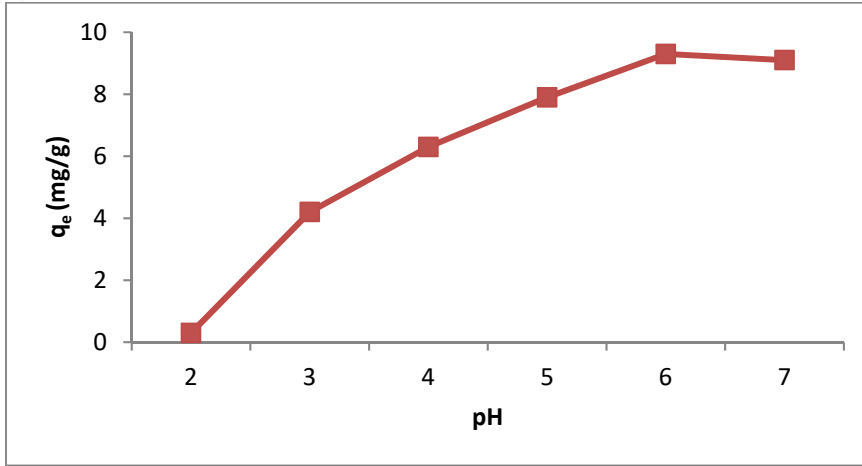
Tablo 1. Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*- *N*-(1-feniletil)akrilamit) Kopolimerinin Elementel Analiz Sonuçları

% N	%C	% H	%O	<i>N</i> -(1-feniletil)akrilamit monomerinin takılma oranı (%)
0.63	60.73	7.55	30.94	97.4

3.2. Adsorpsiyon Çalışmaları

3.2.1. pH'ın Adsorpsiyon Üzerindeki Etkisi

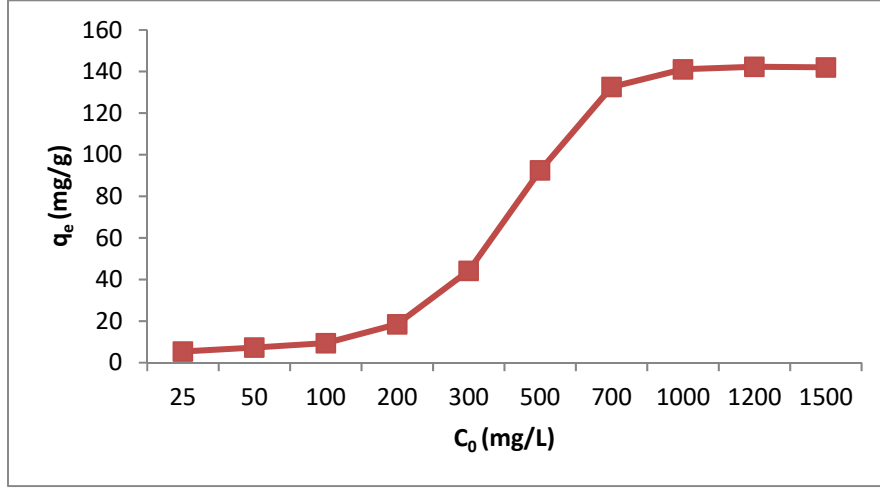
Metal iyonlarının çözünürlüğü pH'a bağlı olarak değişir. Ni(II) metal iyonlarının çözeltileri pH 7'den sonra çökelmeye başladıkları için 2-7 pH aralığında çalışılmıştır. pH'ın adsorpsiyon üzerindeki etkisini belirlemek için farklı pH'larda 20 mL 100 mg L⁻¹ metal iyonu çözeltisine 0.05 g Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-(1-feniletil)akrilamit) eklendi. Sirkülatör (SELECTA Unitronic Or) cihazında 25 °C'de 90 dakika çalkalandı. Çalkalama işlemi tamamlandıktan sonra çözeltilerde adsorpsiyondan kalan Ni(II) iyonlarının konsantrasyonları Atomik Adsorpsiyon Spektrometresi ile belirlendi. Çalışmalar değerlendirildiğinde adsorpsiyon çalışmaları için en uygun pH değeri 6 olarak belirlendi (Şekil 8).



Şekil 8. Ni(II) nin adsorpsiyonuna pH'ın etkisi (m=0.05 g Ni(II) başlangıç konsantrasyonu: 100 mg.L⁻¹, t=90 dk).

3.2.2. Başlangıç Konsantrasyonunun Adsorpsiyon Üzerindeki Etkisi

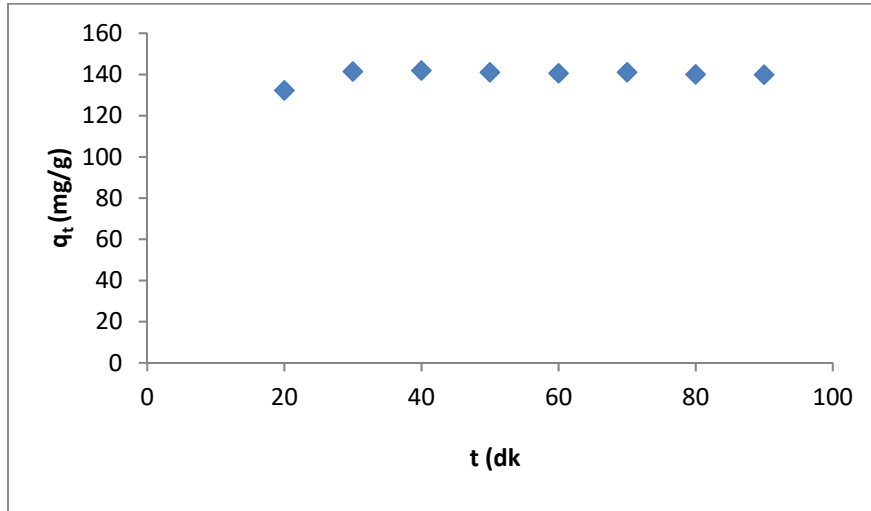
Ni(II) iyonlarının başlangıç konsantrasyonlarının adsorpsiyon verimine etkisini belirlemek için pH 6'da hazırlanan farklı konsantrasyonlarda 20 mL metal iyonu çözeltileri 0.05 g Poli(EGDMA-*ko*-MMA-*ko*-*N*-(1-feniletil)akrilamit) kopolimeri üzerine ilave edilerek sirkülatörde 25 °C'de 90 dakika çalkalandı. Adsorplanmadan kalan Ni(II) iyonlarının konsantrasyonları AAS cihazı ile belirlendi ve maksimum adsorpsiyonun gerçekleştiği başlangıç metal iyonu konsantrasyonu 1000 mg L⁻¹ olarak belirlendi (Şekil 9).



Şekil 9. Ni(II) başlangıç konsantrasyonlarının adsorpsiyon üzerindeki etkisi (m=0.05 g, t=90 dk, pH=6).

3.2.3. Temas Süresinin Adsorpsiyona Etkisi

Ni(II) iyonlarının Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-(1-feniletıl)akrilamit) kopolimeri ile etkileşiminin zamana bağılı değişimini gözlemek için 10-90 dakikalık aralık seçildi. pH 6'da 20 mL 1000 mg L⁻¹ metal solüsyonları alındı ve 0.05 g Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-(1-feniletıl)akrilamit) adsorbantına ilave edildi. Farklı zamanlarda alınan numunelerdeki adsorplanmadan kalan metal iyonları konsantrasyonları AAS ile belirlenerek doygunluğa ulaştıkları adsorpsiyon süreleri belirlendi (Şekil 10).



Şekil 10. Adsorpsiyon süresinin etkisi (m=0.05 g, Ni(II) başlangıç konsantrasyonu: 1000 mg.L⁻¹, pH:6)

2.2.4. Kinetik Çalışmalar

Ni(II) iyonlarının Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-(1-feniletıl)akrilamit) üzerine adsorpsiyonunda zamanın ve hız sınırlayıcı adımın etkisini belirlemek için Lagergren (yalancı birinci dereceden) ve Ho-McKay (yalancı ikinci dereceden) kinetik modelleri kullanıldı. Lagergren'in sözde birinci dereceden denklemi, **Eşitlik 2** deki gibi ifade edilir [15].

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (2)$$

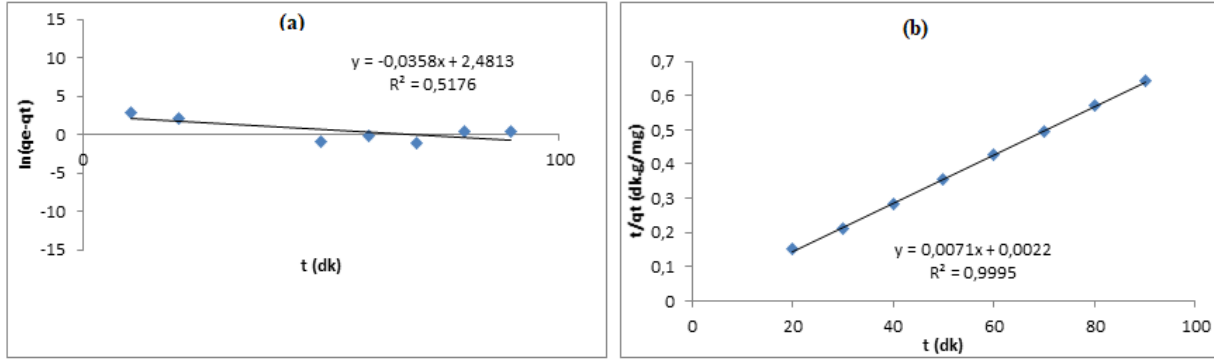
Burada q_e ve q_t (mg/g) sırasıyla dengede ve t zamanında adsorbe edilen miktarlardır. k₁ (min⁻¹) sözde birinci dereceden hız sabitidir. k₁ sabiti ve q_e değeri, ln(q_e - q_t) ve t arasındaki grafiğin eğim ve kaydırma değerinden hesaplanır.

Ho-McKay'in sözde ikinci mertebeden denklemi Eşitlik 3 deki gibi ifade edilir.

$$\frac{t}{qt} = \frac{t}{q_e} + \frac{1}{k_2(q_e)^2}$$

(3)

Burada k_2 ($\text{g.mg}^{-1}.\text{dak}^{-1}$) yalancı ikinci dereceden hız sabitidir ve q_e denge adsorpsiyon kapasitesidir. q_e değeri ve k_2 sabiti, t/qt - t grafiğinin eğim ve kaydırma değerinden hesaplanır [16].



Şekil 11. Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-(1-feniletil)akrilamit) üzerinde Ni(II) adsorpsiyonu için (a) Yalancı Birinci Derece (Lagergren) (b) Yalancı İkinci Derece (Ho McKay) model grafikleri (0.05 g adsorban kütle, $C_0 = 1000 \text{ mg L}^{-1}$ ve $V = 10 \text{ mL}$, $T=298 \text{ K}$).

Table 2. Ni(II) iyonunun Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-(1-feniletil)akrilamit) ile adsorpsiyonuna ait kinetik sabitler

Lagergren		Ho-McKay	
Doğru Denklemi	$y = -0.0358x + 2.4813$	Doğru Denklemi	$y = 0.0071x + 0.0022$
k_1 (dk^{-1})	0.0358	k_2 ($\text{mg.g}^{-1}.\text{dk}^{-1}$)	0.0229
q_e (mg.g^{-1})	11.96	q_e (mg.g^{-1})	140.85
R^2	0.5176	R^2	0.9995

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışma neticesinde *N*-(1-feniletil)akrilamit monomeri ve Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-(1-feniletil)akrilamit) kopolimeri sentezlendi. Elde edilen tüm bileşikler çeşitli saflaştırma yöntemleriyle saflaştırılmış ve açık yapıları FT-IR, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, Elementel analiz ve Katı NMR teknikleri kullanılarak aydınlatılmıştır. Elde edilen spektroskopik veriler sentezlenen yapılarla uyum içerisindedir. Daha sonra poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-(1-feniletil)akrilamit) kopolimeri adsorban olarak sulu çözeltilerden Ni(II) iyonlarının uzaklaştırılmasında kullanılabilirliği araştırıldı. Adsorpsiyon verimini etkileyen en uygun pH, başlangıç çözelti derişimi ve temas süreleri belirlenmiştir. Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-(1-feniletil)akrilamit) kopolimeri ile yapılan sulu çözeltilerden Ni(II) iyonlarının uzaklaştırılmasında adsorpsiyon kapasitesinin en iyi sonuç verdiği pH değerinin 6, başlangıç metal iyonu konsantrasyonları da 1000 mg/L olduğu bulunmuştur. $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de derişim kapasitesi Ni(II) için ilk 10 dk'da hızlı bir artış göstererek 30 dk'da adsorpsiyon kapasitesi doygunluğa ulaşmış ve maksimum adsorpsiyon değeri ise 140.85 mg/g olarak belirlendi. Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-(1-feniletil)akrilamit) kopolimeri üzerine Ni(II) iyonunun adsorpsiyon kinetiğinin yalancı birinci derece (Lagergren) ve yalancı ikinci derece (Ho-McKay) kinetik modellerine göre R^2 değerleri sırasıyla (0.5176, 0.9995) olarak hesaplandı. Elde edilen veriler incelendiğinde Poli(EGDMA-ko-MMA-ko-N-(1-feniletil)akrilamit) kopolimeri üzerine Ni(II) iyonlarının adsorpsiyonuna ilişkin en uygun kinetik modelin yalancı ikinci derece (Ho-McKay) hız kinetiği olduğu korelasyon katsayıları (en yüksek R^2 değeri) ile deneysel ve teorik q_e değerleri karşılaştırılarak belirlendi.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

KAYNAKLAR

- [1] Riaz U., Murtaza G., Saifullah Farooq M., Comparable effect of commercial composts on chemical properties of sandy clay loam soil and accumulation of trace elements in soil plant system, *International Journal of Agriculture And Biology*, 20, 85–92, 2018.
- [2] Baysal Z., Cinar E., Bulut Y., Alkan H., Dogru M., Equilibrium and thermodynamic studies on biosorption of Pb(II) onto *Candida albicans* biomass, *Journal of Hazardous Materials*, 161, 62–67, 2009.
- [3] Ofudje E. A., Awotula A.O., Hambate G.V., Akinwunmi F., Alayande S.O., Olukanni O.D., Acid activation of groundnut husk for copper adsorption: kinetics and equilibrium studies, *Desalination and Water Treatment*, 86, 240–251, 2017.
- [4] Brinza L., Nygård C. A., Dring M. J., Gavrilesco M., Benning L. G., Cadmium tolerance and adsorption by the marine brown alga *Fucus vesiculosus* from the Irish Sea and the Bothnian Sea, *Bioresource Technology*, 100, 1727–1733, 2009.
- [5] Ofudje E. A., Williams O. D., Asogwa K. K., Awotula A. O., Assessment of Langmuir, Freundlich and Dubinin–Radushkevich Adsorption Isotherms in the study of the biosorption of Mn(II) ions from aqueous solution by untreated and acid-treated corn shaft, *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 7, 1628–1634, 2013.
- [6] Manikandaraja P., Senthilkumar R., A study on degradation and characterization of heavy metals in industrial effluents waste using *Pseudomonas* sp. isolated from soil samples, *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research*, 1, 63-72, 2014.
- [7] Bhattacharyya K. G., Gupta S. S., Influence of acid activation on adsorption of Ni(II) and Cu(II) on kaolinite and montmorillonite: kinetic and thermodynamic study, *Chemical Engineering Journal*, 136, 1–13, 2014.
- [8] Altunkaynak Y., Canpolat M., Yavuz Ö., Adsorption of cobalt (II) ions from aqueous solution using orange peel waste: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 1-12, 2021.
- [9] Huang P., Li Z., Chen M., Hu H., Lei Z et al., Mechanochemical activation of serpentine for recovering Cu (II) from wastewater, *Applied Clay Science*, 149:1-7, 2017.
- [10] Tamjidi S., Esmaili H., Moghadas B. K., Application of magnetic adsorbents for removal of heavy metals from wastewater: a review study, *Materials Research Express*, 6, 10, 2019.
- [11] Denizli A., Garipcan B., Karabakan A., Senöz H., Synthesis and Characterization of poly(hydroxyethylmethacrylate-*N*-methacryloyl-(L)-glutamic acid) copolymer beads for removal of lead ions. *Materials Science and Engineering*, 25: 448-454, 2005.
- [12] Kesenci K., Say R., Denizli A., Removal of heavy metal ions from water by using poly(ethylene glycol dimethacrylate-*co*-acrylamide) beads, *European Polymer Journal*, 38: 1443–1448, 2002.
- [13] Say R., Garipcan B., Diltemiz S.E., Denizli, A., Preparation of poly(hydroxyethylmethacrylate-*co*-ethacrylamidohistidine) beads and its design as a affinity adsorbent for Cu(II) removal from aqueous solutions, *Physicochemical and Engineering Aspects*, 196(2-3): 199 – 207, 2002.
- [14] Guo X., Wang J., (2019) A general kinetic model for adsorption: theoretical analysis and modeling. *Journal of Molecular Liquids*, 288: 111100, 2019.
- [15] Wu F.C., Tseng R.L., Juang R.S., Characteristics of Elovich equation used for the analysis of adsorption kinetics in dye-chitosan systems, *Chemical Engineering Journal*, 150: 366–373, 2009.
- [16] Feng N., Guo X., Liang S., Adsorption study of copper (II) by chemically modified orange peel, *Journal of Hazardous Materials*, 164: 1286–1292, 2009.

EFFECT OF POTASSIUM PERMANGANATE (KMnO₄) ADDITIVE ON BIOFUEL-DIESEL BLEND

Deniz SÜTCÜ^a Selman AYDIN^b Fevzi YAŞAR^c

^aBatman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı
Batman/Türkiye tegm-deniz@hotmail.com

^bBatman Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Makine ve Metal
Teknolojileri Bölümü Batman/Türkiye selman.aydin@batman.edu.tr

^cBatman Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Kimya ve Kimyasal
İşleme Teknolojileri Bölümü Batman/Türkiye fevzi.yasar@batman.edu.tr

Abstract

In this study, biodiesel fuel obtained from waste vegetable oils and diesel fuel were mixed in certain proportions, and 1.51 mg of potassium permanganate solution (KMnO₄) was added to 100 ml of fuel in order to improve the physical and chemical properties of two of the prepared mixtures. These fuels were prepared in the form of D0 (diesel fuel), B24 (24% vegetable biodiesel and 76% diesel fuel), and PMB24 (24% vegetable biodiesel, 76% diesel fuel and KMnO₄ additive) and their physical and chemical properties were determined. Experimental fuels were tested in a single-cylinder diesel engine with Edy Current dynamometer at 15% (7.5kg) load and at constant 1500 rpm, and engine combustion and emission characteristics were investigated. In the experiments conducted with the prepared test fuels, it was observed that the biodiesel blended fuel gave higher values than the additive fuel in the cylinder internal pressure and net heat release values. In the emission values, it was observed that the HC and NO_x values increased depending on the increase in the engine load, and it was observed that the emission values of the additive fuels were higher than the diesel fuel.

Keywords: Waste vegetable biodiesel, Diesel engine, KMnO₄ additive, Combustion

POTASYUM PERMANGANAT (KMnO₄) KATKI MADDESİNİN BİYOYAKIT-DİZEL KARIŞIMLARINA ETKİSİ

Özet

Bu çalışmada atık bitkisel yağlardan elde edilen biyodizel yakıtı ile dizel yakıtı belli oranlarda karıştırılmış olup hazırlanan karışımlardan ikisine fiziksel ve kimyasal özellikleri iyileştirmek amacıyla 100 ml yakıtta 1,51 mg miktarında potasyum permanganat çözeltisi (KMnO₄) katkı olarak eklenmiştir. Bu yakıtlar D0 (dizel yakıt), B24 (%24bitkisel biyodizel ve %76 dizel yakıtı), ve PMB24 (%24 bitkisel biyodizel, %76 dizel yakıtı ve KMnO₄ katkısı) biçiminde hazırlandıktan sonra fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Deney yakıtları, Edy Current dinamometreli tek silindirli bir dizel motorda %15 (7,5kg) yükte ve sabit 1500 d/dk test edilmiş olup motor yanma ve emisyon karakteristikleri incelenmiştir. Hazırlanan test yakıtlarıyla yapılan deneylerde silindir iç basıncı ve net ısı salınımı değerlerinde biyodizel karışimli yakıtın katkılı yakıttan daha daha yüksek değerler verdiği gözlemlenmiştir. Emisyon değerlerinde ise motor yükünün artmasına bağlı olarak HC ve NO_x değerlerinin arttığı görülmüş olup katkılı yakıtların dizel yakıtına göre emisyon değerlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atık bitkisel biyodizel, Dizel motor, KMnO₄ katkısı, Yanma

1.GİRİŞ

Enerji ülkelerin ekonomik kalkınmadaki en temel öğelerinden biridir. Dünyadaki enerji kaynakları ülkeler arasında eşit olarak dağılmadığından enerji sorunu geçmişten günümüze kadar devam etmektedir. Gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkeler daha çok enerji ihtiyacı duymakla birlikte tükenebilir enerji kaynakları da bu konuda sorun teşkil etmektedir. Bu maksatla alternatif enerji kaynak arayışları ve buna yönelik çalışmalar hız kazanmış olup özellikle ulaşımda elektrikli ve hibrit motorlu araçlara yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Elektrikli araçlardaki batarya kapasitesi ve elektrik enerjisi üretim maliyeti henüz istenilen seviyede olmadığından fosil kökenli yakıtlar üzerindeki alternatif yakıt arayışları da devam etmektedir. Fosil kökenli yakıtlarda da emisyon değerlerini azaltmak için modifikasyonlar yapılmaktadır. Ulaşımda özellikle ağır taşımacılıkta kullanılan dizel motorlu araçlar için fosil kökenli yakıtlara alternatif yakıt çalışmaları da devam etmektedir. Bununla ilgili en yaygın çalışma biyoyakıtlar üzerinde yoğunlaşmakla birlikte farklı bitkiler ve atık yağlardan biyodizel üretimleri yapılmaktadır. Biyodizel üretiminde dört metot uygulanmaktadır. Bunlar; seyreltme, mikro emülsiyon oluşturma, piroliz ve transesterifikasyon yöntemleridir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan usul ise transesterifikasyon (alkoliz) metodudur (Fidan ve Alkan, 2014). Bu yöntemde düşük basınç ve sıcaklıkta yaklaşık %97 verimle baz katalizlibiyodizel yakıtı elde edilmektedir (Fayemiwo ve ark., 2016). Bu yöntemde trigliserit molekülünün alkol ve baz ile reaksiyona girer ve yağ esterleri ve gliserin oluşur (Özdemir ve Mutlubaş, 2016).

Dorado ve ark., (2003), yaptıkları bir çalışmada biyodizel yakıtını atık zeytinyağı metil esteri ile üretmiştir. Ürettikleri yakıtı bir dizel motorda kullanarak egzoz emisyon miktarlarını ölçmüşlerdir. Zeytinyağı metil esteri ile kükürt dioksit (SO₂), CO₂, azot oksit (NO) ve CO emisyonlarında azalma tespit edilmiş olup azot dioksit (NO₂) emisyonlarında artış görülmüştür.

Behçet ve ark.,(2012), bitkisel atık yağlar ve hayvansal yağlar (hamsi balık yağı) kullanarak biyodizel yakıtı elde etmiş olup bu yakıtı tek silindirli dizel motorda test etmişlerdir. Sonuçlarda biyodizel yakıtının emisyon değerleri normal dizel yakıtına göre daha düşük çıktığı bildirilmiştir.

Arpa ve ark. (2010), atık sıvı yağını alternatif yakıt olarak dört zamanlı hava soğutmalı atmosferik tek silindirli direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda 2000 d/dk ve 10 kW maksimum güçte incelemiştir. Yapılan araştırmaların sonucunda verimlilikte marjinal bir artış olduğunu gözlemlemiş olup atık sıvı yağı için elde edilen efektif basınç ve egzoz gazı sıcaklığının dizel yakıtına oranla ortalama bir değer olduğunu belirtmişlerdir. Özgül yakıt tüketiminin dizel yakıtına nazaran daha düşük olduğu tespit edilmiştir. CO, NO_x ve SO₂ emisyonları yaklaşık

olarak %14,7, %12,7, %22,5 oranda artış gözlenirken oksijen oranında yaklaşık %11,4 azalma olduğu tespit edilmiştir.

Agarwal ve Dhar (2011), neem yağından elde ettikleri biyodizel ile dizel yakıtını %20 oranda karıştırarak NB20 yakıtını üretmişlerdir. NB100 biyodizel yakıtı ve NB20 biyodizel karışımını referans dizel yakıtı ile yanma ve emisyon verileri bakımından Kirloskar marka tek silindirli dört zamanlı dizel deney motorunda test ederek karşılaştırmışlardır. Yapılan testlerde NB20 yakıtının özgül yakıt tüketimi dizel yakıtına göre % 2,4 oranında fazla olmuş olup buna karşın biyodizel yakıtları olan NB20 ve NB100'den sırasıyla %3, %13 daha fazla termal verimlilik elde edilmiştir. CO ve HC emisyonlarındaki biyodizel karışımli yakıtlarda daha düşük değerler elde edilirken NO_x emisyonu biyodizel karışımli yakıtlarda dizel yakıtına göre %30 daha fazla ölçülmüştür.

2. MATERYEL VE METOT

Potasyum permanganat (KMnO₄), koyu menekşe renkte kristal yapılı bir tuz olup klorun potasyum manganata etkisiyle elde edilir. Erime noktası 240 °C olup katı formdaki yoğunluğu 2,703 gr/cm³'tür. Alkol veya organik solventlerle çözelti haline getirilmekle birlikte %0,01 oranındaki çözelti yoğunluğu 1,01 gr/cm³'tür. Potasyum permanganat, boyahanelerde renk açıcı (indigo boyalar) olarak kullanılır. Su arıtmasında, yara tedavisinde, gliserin (veya şeker) ile ateş yakmakta ve kar üzerinde sinyal yapmakta da kullanılabilir. İstanbul'da bulunan kimya firmasından %0,01 gr/100 ml'lik potasyum permanganat çözeltisi (KMnO₄) temin edilmiştir. Hazırlanan biyodizel ve dizel yakıtı hacimsel olarak %12 ve %24 oranlarında karıştırılarak B0 (dizel yakıtı), B12 (%12 atık bitkisel biyodizel ve %88 dizel yakıtı), B24 (%24 atık bitkisel biyodizel ve %76 dizel yakıtı), PMB12 (%12 atık bitkisel biyodizel, %88 dizel yakıtı ve KMnO₄ katkısı) ve PMB24 (%24 atık bitkisel biyodizel, %76 dizel yakıtı ve KMnO₄ katkısı) yakıtları elde edilmiştir. Yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri geliştirmek ve aynı zamanda motordaki yanma davranışını iyileştirmek için hazırlanan yakıtların ikisine 100ml'ye karşılık 1.51 mg olacak şekilde potasyum permanganat (KMnO₄) çözeltisi eklenmiştir. Hazırlanan deney yakıtlarının analizleri tüm prosedürlere uygun olarak Batman Üniversitesi Petrokimya bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Tablo 2.1'de hazırlanan ve analizleri yapılan deney yakıtlarıyla ilgili kimyasal ve fiziksel parametreler verilmiştir.

Tablo 2. 1. Deney yakıtlarıyla ilgili kimyasal ve fiziksel parametreler

Yakıtlar/	B0	B24	PMB24
-----------	----	-----	-------

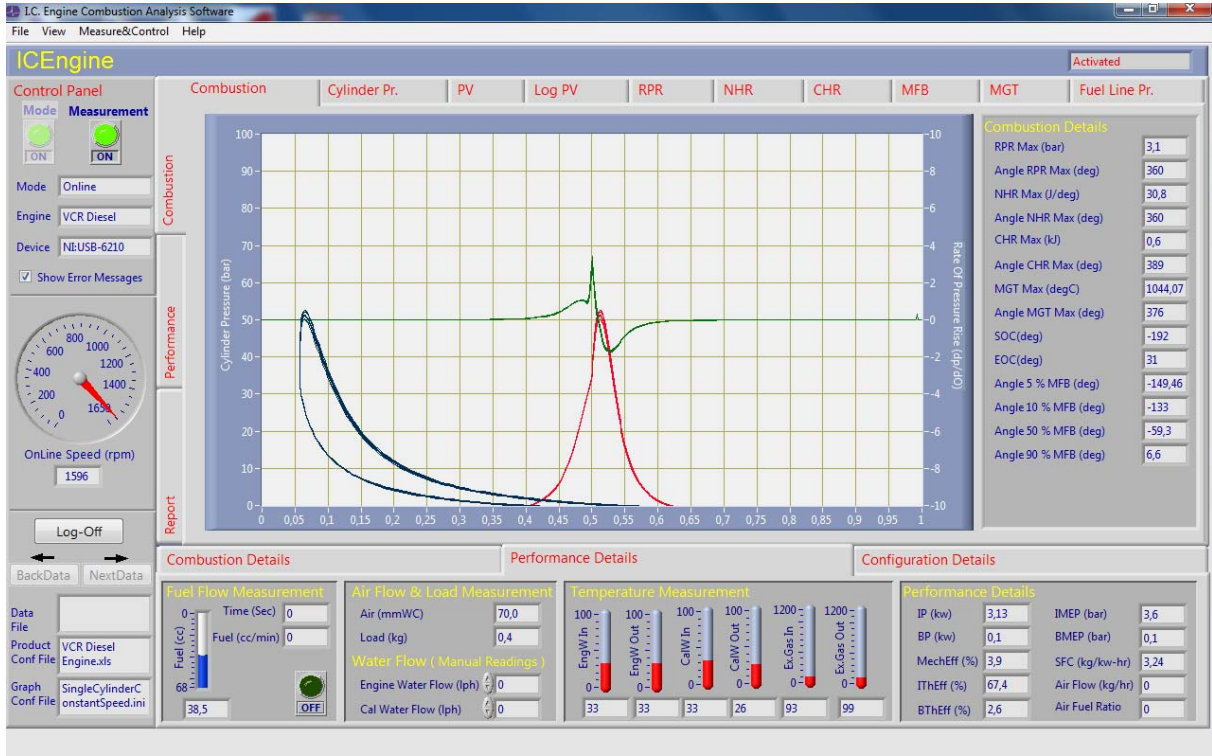
Parametreler			
Flash point (°C)	62,6	64,5	64,5
Viskozite (mm ² /sn)	3,348	3,5824	3,5924
Yoğunluk (g/cm ³)	0,833	0,851	0,852
Isıl değer (kJ/kg)	42713	39159	39173
Setan indeksi	52,23	49,27	49,39

Deney yakıtlarıyla yapılan çalışmanın çalışmanın teknik analizi Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü deney atölyesinde su soğutmalı, tek silindri, 4 zamanlı ve sıkıştırma oranı değişebilen direkt püskürtmeli Kirlaskor TV-1 dizel motorunda sabit (maksimum tork devri) 1500 d/dk' da 7,5kg yükte yapılmıştır. EddyCurrentdinanometre yük miktarı 0-50kg arasında olduğundan test deneyleri motorun yüklenmesine, %15 olarak karşılık gelmektedir. Değerlerin karşılaştırılmasından sonra D0, , B24, ve PMB24 yakıtlarıyla testler yapılmış olup test yakıtlarından elde edilen değerler ile dizel yakıtının değerleri grafiksel olarak karşılaştırılmıştır. Deneyde kullanılan test motorunun teknik özellikleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2. 2.Deney motorunun teknik özellikleri

Motor İsmi	Kirlaskor TV-1
Strok Sayısı	4
Silindir Sayısı	1
Soğutma Tipi	Su Soğutmalı
Dinamometre Tipi	EddyCurrent
Dinamometre Soğutma	Su Soğutmalı
Motor Gücü (kW)	5,2
Motor Hacmi (cc)	661
Silindir Çapı (mm)	87
Strok Uzunluğu (mm)	110
Sıkıştırma Oranı	17:1
Püskürtme Avansı	ÜÖN'den önce, 0-25 d arası
Yük Göstergesi	Dijital, 0-50 kg

Deney yakıtlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen yanma ve performans verilerin alındığı ICEngineSoft_9.0 programının ekran alıntıları değişik yüklerde olmak üzere Şekil 2.1'de verilmiş olup Şekil 2.2'de de deney test düzeneğinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2. 1. Testler sonucunda elde edilen yanma ve performans verilerinin alındığı ICEngineSoft_9.0 programının ekran görüntüsü

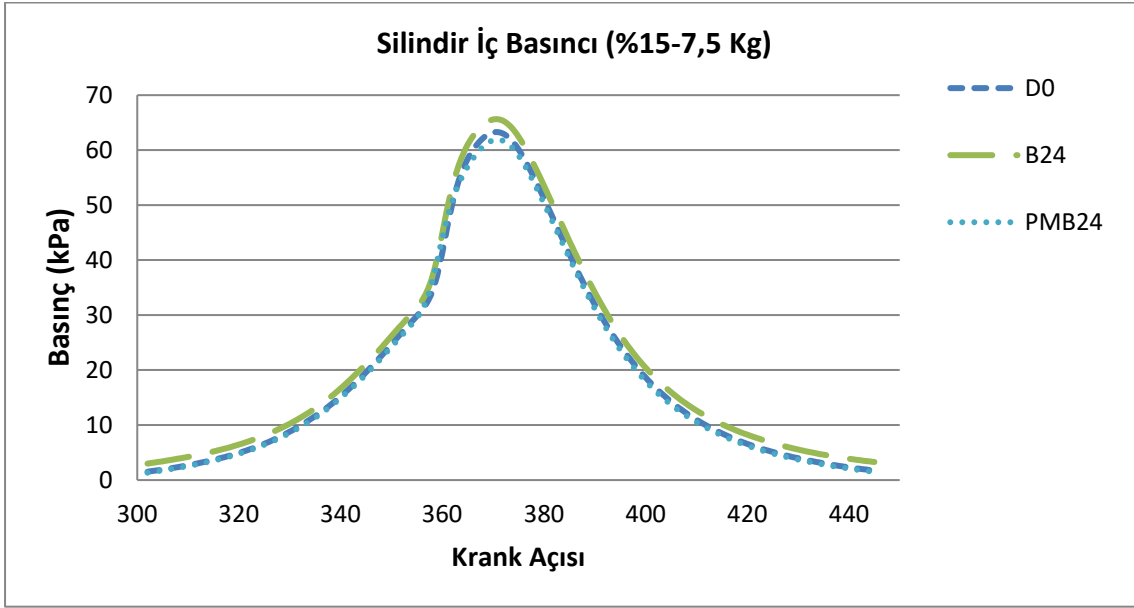


Şekil 2. 2. Deney test düzeneğinin görüntüsü

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Silindir iç basıncı, net ısı salınımı, NO_x emisyonu ve HC emisyon parametrelerinin değerlendirilmesi bu bölümde yapılmıştır.

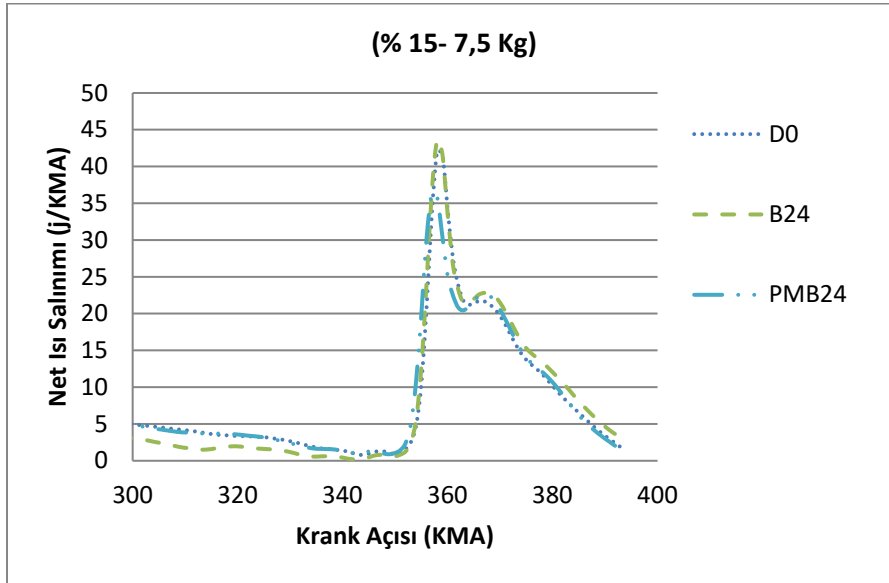
3.1. Silindir İç Basıncı Parametresinin Değerlendirmesi



Şekil 3. 1. Test yakıtlarının %15 yükteki krank açısına bağlı olarak silindir gaz basınç değişimi

Test yakıtları için sabit devir sayısında (1500 d/dk) ve 7,5kg-%15 yükte ölçülen silindir iç basınç değerlerinin krank mili açısına göre değişimleri Şekil 3.1’de verilmiştir. Silindir gaz basını krank mili açısına göre 360°-375° arasında meydana gelmiştir. Maksimum silindir iç basını tüm test yakıtları için 371 KMA’da 65.62 bar olarak B24 yakıtından elde edilmiştir. Hemen ardından 63.27 bar basınç ile D0 yakıtı gelmektedir. Tüm test yakıtları için silindir iç basını en az 61.91 bar olarak PMB24 yakıtından elde edilmiştir. 7,5 kg yükteki yapılan deney sonuçları incelendiğinde tüm test yakıtlarından elde edilen silindir iç basınçlarının birbirine yakın değerlerde olduğu görölmüştür. Bu durum dizel yakıtı ile biyodizel yakıt parametrelerin benzer olması ve elde edilen karışımların oksijen içeriğiyle açıklanabilir. Potasyum permanganat (KMnO₄) katkılı PMB24 yakıtı ile B24 yakıt verileri incelendiğinde; silindir iç basınç değerinin B24 yakıtında daha yüksek olduğu, bu bağlamda ilave edilen potasyum permanganat katkısının silindir iç basını yükseltici bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Dizel yakıtına alternatif olarak hazırlanan yakıt türlerinden B24 yakıtından yükün artışına bağlı olarak yüksek gaz basını elde edilmesi; B24 yakıtının ısıl değerinin dizel yakıtına yakın olması ve karışımdaki biyodizel oranına bağlanabilir.

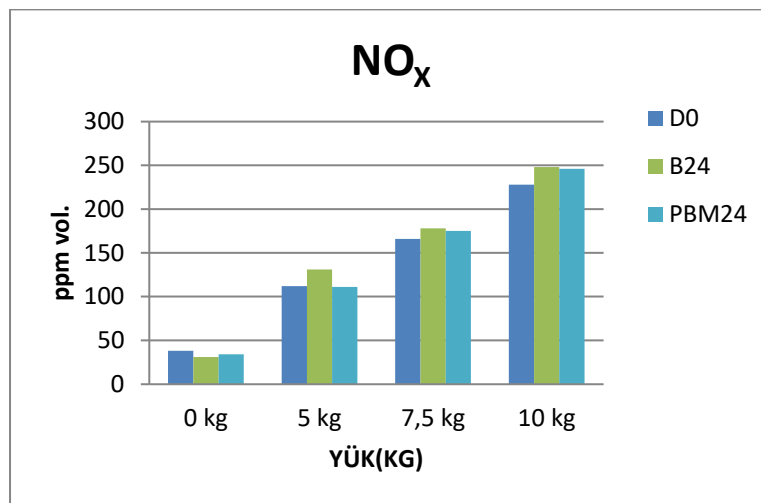
3.2. Net Isı Salınım Parametresinin Değerlendirilmesi



Şekil 3. 1. Test yakıtlarının %15 yükteki krank açısına bağlı olarak net ısı salınım değişimi

Test yakıtlarının %15-7,5kg yükündeki net ısı salınım değişimleri Şekil 3.2’de J/KMA cinsinden verilmiştir. Belirtilen yükte yapılan testte en yüksek net ısı salınım değerini 358°’de 43,54 J/KMA ile B24 yakıtı vermiş olup ardından sırasıyla D0 ve PMB24 yakıtları gelmektedir. En düşük net ısı salınım değerini ise 358°’de 35,87 J/KMA ile PMB24 yakıtı vermiştir. Tüm biyodizel yakıt karşımları dizel yakıtına göre daha az ısıl değer ve setan sayısına sahip olmakla birlikte yakıt tüketiminin artmasına bağlı olarak net ısı salınımı artmış olup yükün artmasıyla beraber D0 yakıtı yüksek ısıl değer ve setan sayısına bağlı olarak daha yüksek net ısı salınım değeri ürettiği görülmektedir.

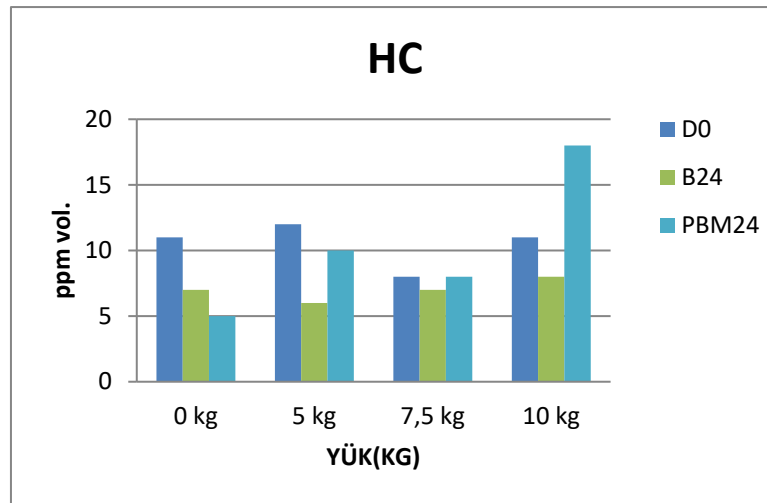
3.3. NO_x Emisyon Parametresinin Değerlendirilmesi



Şekil 3. 2. Test yakıtları için farklı yük durumlarında meydana gelen NO_x emisyon değişimleri

NO_x emisyonu oluşumunda yanma odası sıcaklığı ve hava-yakıt oranı gibi etkenler önem arz etmektedir. NO_x yüksek sıcaklıklarda meydana gelmekte olup yanma odası sıcaklığını 1800 °C' lere çıkmasını engellenerek ya da yüksek sıcaklıktaki geçen zaman kısaltılarak NO_x oluşumu azaltılabilmektedir. NO_x oluşumunu etkileyen bir diğer faktör ise hava fazlalık katsayısı olup bu değer artması reaksiyona giren gaz miktarını azaltacağı için NO_x emisyonunda da azalma oluşacaktır (Eliçin, 2011). Tüm test yakıtlarıyla farklı yüklerde (%0-0kg, %10-5kg, %15-7,5kg, ve %20-10kg) yapılan deneylerde elde edilen NO_x emisyon değişimleri Şekil 3.3'te gösterilmektedir. Grafikler incelendiğinde motor yükünün artmasıyla ortalama gaz sıcaklığı da artmakta olup buna bağlı olarak NO_x değerinin de arttığı görülmektedir. %15-7,5kg yükte yapılan testte en yüksek NO_x emisyonu B24, PMB24 ve D0 yakıtları için sırasıyla 178 ppm, 175 ppm ve 166 ppm olarak ölçülmüş olup motor yükünün artmasıyla biyodizel karışimli yakıt türlerinde NO_x oluşumu artmaktadır. Bu durum yüksek yük durumlarında yanma odası sıcaklıklarının artmasına ve kontrolsüz yanma safhasının uzamasına bağlanabilir.

3.4. HC Emisyon Parametresinin Değerlendirilmesi



Şekil 3.4. Test yakıtları için farklı yük durumlarında meydana gelen HC emisyon değişimleri

HC emisyonları yanma odasında yetersiz oksijen bulunması ve düşük ortam sıcaklığı ile yakıtın tam olarak yanamaması sonucu ortaya çıkmaktadır. Zengin karışımlarda HC emisyonları artarken fakir karışımlarda yanma değerlerinin kötüleşmesi ve eksik yanmadan dolayı da artış meydana gelmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda genelde motor yükü artışıyla silindir iç sıcaklığı artışı, yakıt tüketimi artışı ve hava miktarının sabit kalmasına bağlı olarak HC emisyonlarının da arttığı görülmektedir (Yaşar, 2016). Tüm test yakıtlarıyla farklı yüklerde (%0-0kg, %10-5kg, %15-7,5kg, ve %20-10kg) yapılan deneylerde elde edilen HC emisyon

değişimleri Şekil 3.4'te gösterilmektedir. Tüm test yakıt türleri için farklı yüklerde yapıla testlerde motor yükü artışına bağlı olarak HC emisyonları değişiklik göstermektedir. Yakıtlar arasındaki HC üretim farkının en az %15-7,5kg yükte olduğu görülmekteyken en fazla fark ise %20-10kg yükte gerçekleşmiştir. Test verileri incelendiğinde %15- 7,5kg yükte D0 ve PMB24 yakıt türlerinin daha fazla HC değeri verdiği görülmektedir. Ancak tüm yükler için B24 yakıtı en düşük HC emisyon değerini vermiştir. Bu durum biyodizel karışumlu yakıtların oksijen içeriğinin fazla olması, setan sayısı ve ısıl değer verilerinin dizel yakıtına yakın olmasıyla birlikte uygun karışım oranı gibi faktörlerin bir araya gelmesiyle açıklanabilir.

KAYNAKLAR

Agarwal, A., K., ve Dhar A., 2011. Performance, emissions and combustion characterization of biodiesel in a generator engine, *International Energy Journal*, 12, 105-114.

Arpa, O., Yumrutaş, R., Argunhan, Z., 2010. Experimental investigation of the effects of diesel-like fuel obtained from waste lubrication oil on engine performance and exhaust emission. *Fuel Processing Technology*, 91(10), 1241-1249.

Dorado, M.P. vd., 2003. Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil. *Fuel*, 82(11), 1311–1315.

Eliçin, K, A., 2011. Biyodizel yakıtla çalıştırılan küçük güçlü bir dizel motorun performans ve emisyonuna giriş hava basıncı etkisinin deneysel olarak araştırılması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Fidan, M., S., Alkan, E., 2014. Bitkisel hammaddelerden elde edilen biyodizelin alternatif enerji kaynağı olarak kullanılması, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Ormanlık ve Çevre Bilimleri ABD, GÜFBED/GUSTIJ 4 (2): 144-160.

Mutlubaş, H., 2016. Kitosan ile mikrodalga biyodizel üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.

Özdemir, Ö., Z., Mutlubaş, H., 2016. Biyodizel üretim yöntemleri ve çevresel etkileri, Kırklareli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Dergisi, 2, 129-143.

Fayemiwo, O. M., Senokoane, L., Mtshali, K., & Daramola, M. O., 2016. Influence of operating variables on the transesterification of waste cooking oil to biodiesel over sodium silicate catalyst: A statistical approach.

Yaşar, F., 2016. Yosun yağından biyodizel üretimi ve bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak kullanılması, Doktora Tezi, Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman.

EFFECT OF POTASSIUM PERMANGANATE (KMnO₄) ADDED FUEL BLEND ON COMBUSTION AND EMISSIONS OF A RESEARCH ENGINE

Deniz SÜTCÜ^a Selman AYDIN^b Cenk SAYIN^c

^aBatman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı Batman/Türkiye
tegm-deniz@hotmail.com

^bBatman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü
Batman/Türkiye selman.aydin@batman.edu.tr

^cMarmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü İstanbul/Türkiye
cenksayin@marmara.edu.tr

Abstract

In this study, 1.51 mg potassium permanganate solution (KMnO₄) was added to 100 ml of fuel in order to improve the physical and chemical properties of one of the prepared fuels after the reference diesel fuel and biodiesel fuel obtained from waste vegetable oils were mixed in certain proportions. These fuels were prepared in the form of D0 (diesel fuel), B12 (12% vegetable biodiesel and 88% diesel fuel) and PMB12 (12% vegetable biodiesel, 88% diesel fuel and KMnO₄ additive) and their physical and chemical properties were determined. Experimental fuels were tested in a single-cylinder diesel engine with Edy Current dynamometer, at 0%, 10%, 15% and 20% loads of the dynamometer and at a constant 1500 rpm, and engine combustion and emission characteristics were investigated. In the experiments conducted with the prepared test fuels, an improvement was achieved in the cylinder gas pressure and net heat release values with the additive fuel. In the emission data, it was observed that NO_x and HC emissions increased with the increase in engine load.

Keywords:: Waste vegetable biodiesel, Diesel engine, Emission, Additive KMnO₄, Combustion

POTASYUM PERMANGANAT (KMnO₄) KATKILI YAKIT KARIŞIMININ BİR ARAŞTIRMA MOTORUNUN YANMA VE EMİSYONLARI ÜZERİNE ETKİSİ

Özet

Bu çalışmada, referans dizel yakıtı ve atık bitkisel yağlardan elde edilmiş biyodizel yakıtı belirli oranlarda karıştırıldıktan sonra hazırlanan yakıtların birine fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmek amacıyla 100 ml yakıtta 1,51 mg miktarında potasyum permanganat çözeltisi (KMnO₄) katkı olarak eklenmiştir. Bu yakıtlar D0 (dizel yakıt), B12 (%12 bitkisel biyodizel ve %88 dizel yakıt) ve PMB12 (%12 bitkisel biyodizel, %88 dizel yakıt ve KMnO₄ katkısı) biçiminde hazırlandıktan sonra fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Deney yakıtları Edy Current dinamometreli tek silindirli bir dizel motorda, dinamometrenin %0, %10, %15 ve %20 yüklerinde ve sabit 1500 dev/dk'da test edilmiş olup motor yanma ve emisyon karakteristikleri incelenmiştir. Hazırlanan test yakıtlarıyla yapılan deneylerde; silindir gaz basıncı ve net ısı salınımı değerlerinde katkılı yakıtla iyileşme sağlanmıştır. Emisyon verilerinde ise motor yükünün artması ile beraber NO_x ve CO emisyonlarının arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Atık bitkisel biyodizel, Dizel motor, Emisyon, KMnO₄ katkısı, Yanma

1.GİRİŞ

İnsanoğlunun geçmişten günümüze en önemli sorunu enerji kaynakları ve bu kaynakların paylaşımı olmuştur. Ülkeler sahip oldukları coğrafi konum gereği enerji kaynaklarına ya çok yakın ya da çok uzak bir durumda olabilmektedir. Bunun sonucunda da bu kaynakların çıkarılması, dağıtımı, işlenmesi veya tekelleşmesi sorunları fazlasıyla ortaya çıkmaktadır.. Gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkeler daha çok enerji ihtiyacı duymakla birlikte tükenebilir enerji kaynakları da bu konuda sorun teşkil etmektedir. Bu maksatla alternatif enerji kaynak arayışları ve buna yönelik çalışmalar hız kazanmış olup özellikle ulaşımda elektrikli ve hibrit motorlu araçlara yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Elektrikli araçlardaki batarya kapasitesi ve elektrik enerjisi üretim maliyeti henüz istenilen seviyede olmadığından fosil kökenli yakıtlar üzerindeki alternatif yakıt arayışları da devam etmektedir. Fosil kökenli yakıtlarda da emisyon değerlerini azaltmak için modifikasyonlar yapılmaktadır. Ulaşımında özellikle ağır taşımacılıkta kullanılan dizel motorlu araçlar için fosil kökenli yakıtlara alternatif yakıt çalışmaları da devam etmektedir. Bununla ilgili en yaygın çalışma biyoyakıtlar üzerinde yoğunlaşmakla birlikte farklı bitkiler ve atık yağlardan biyodizel üretimleri yapılmaktadır.Biyodizel üretiminde dört metot uygulanmaktadır. Bunlar; seyreltme, mikro emülsiyon oluşturma, piroliz ve transesterifikasyon yöntemleridir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan usul ise transesterifikasyon (alkoliz) metodudur (Fidan ve Alkan, 2014). Bu yöntemde düşük basınç ve sıcaklıkta yaklaşık %97 verimle baz katalizlibiyodizel yakıtı elde edilmektedir (Fayemiwo ve ark., 2016). Bu yöntemde trigliserit molekülünün alkol ve baz ile reaksiyona girer ve yağ esterleri ve gliserin oluşur (Özdemir ve Mutlubaş, 2016).

Laureillard ve ark., (1988), Brüksel Üniversitesi'nden, G. Chavanne tarafından yapılan 422.87 patent numaralı çalışma şuan biyodizel olarak tanımlanan sıvı yakıt ile ilgili ilk çalışmadır. Bu çalışmada biyodizelden "*Palm Yağı Etil Esteri*" olarak söz edilmiştir. Söz konusu çalışmada biyodizeltransesterifikasyon yöntemi ile elde edilmiş olup katalizör olarak asit katalizörü kullanılmıştır. Leuven-Brüksel arasında çalışan ticari araçlarda test edilen bu yakıtın dizel yakıtlara göre tek farkı viskozite olarak değerlendirilmiştir. Viskozite değerinin yüksek olmasından dolayı yapılan çalışmalar ayçiçek yağı üzerinde yoğunlaşmıştır. 1988 yılında basılan bir makalede "*Biodiesel*" ismi geçmiş olup tüm dünyada yaygın olarak kullanılmıştır

Ulusoy ve ark., (2004), atık gıda yağlarından elde ettikleri biyodizeli dizel motora sahip bir araçta şasi dinamometresi kullanarak çeşitli testler yapmışlardır. Bu testler sonucunda biyodizel kullanımı ile tekerlek gücünde %2,03, tekerlek momentinde %3,35 azalma görülmüştür.

İvmelenmede 40 km/h'tan 100 km/h'a %7,32 oranında azalma olmuştur. Emisyon ölçümlerinde ise CO %8,59, HC %30,66, PM %63,33 oranında azalmıştır. CO₂ %2,62, NO_x %5,03 artmıştır. Buna karşın özgül yakıt tüketiminin %2,43 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Kale T.P. (2017), CI motorunda biyodizel ile yapılan deneylerde elde edilen yanma karakteristiklerini incelemiştir. Yapılan testlerdeki verilere göre biyodizel yakıtının özgül yakıt tüketimi dizel yakıtına göre daha fazla çıkmış olup buna karşın en yüksek silindir basıncı ve ısı yayma oranı da biyodizel yakıtından elde edilmiştir. Her iki yakıt türünde güç çıkışları hemen hemen aynıdır. Silindir basıncı artış oranı ve net ısı salınım değerleri biyodizel yakıtında dizel yakıtına göre daha yüksek çıkmış olup tüm testlerde NO_x emisyonubiyodizel yakıtında daha fazla ölçülmüştür. Bu deneyler ile biyodizelin dizel yakıtına alternatif bir yakıt olabileceği bildirilmiştir.

Adhıkesevan ve Rajadurai (2014), ayçiçeği, palmye ve karanja bitkilerinden ürettikleri biyodizel yakıtını %20 dizel yakıtıyla karıştırarak B20 yakıtı elde etmişlerdir. Bu üç farklı karışım ile sıkıştırma oranı değişebilen, tek silindirli, dört zamanlı ve 3,7 kW gücündeki Kirloskar dizel deney motorunda yüklü ve yüksüz durumda çalışmışlardır. Yapılan testlerde tüm yakıtların silindir gaz basınç değerleri birbirine yakın değerlerde ölçülmüş olup CO ve NO_x emisyonlarının yük arttıkça tüm yakıt karışımlarında da artmış olduğu gözlemlenmiştir.

2. MATERYEL VE METOD

Yapılan bu çalışmada, deneyler için Diyarbakır'da bir akaryakıt istasyonundan temin edilen dizel yakıt referans olarak belirlenmiş olup atık bitkisel yağlardan ise transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel üretilmiştir. İstanbul'da bulunan kimya firmasından %0,01 gr/100 ml'lik potasyum permanganat çözeltisi (KMnO₄) temin edilmiştir. Biyodizel ve dizel yakıtı hacimsel olarak B12 (%12 atık bitkisel biyodizel ve %88 dizel yakıtı) ve PMB12 (%12 atık bitkisel biyodizel, %88 dizel yakıtı ve KMnO₄ katkısı) yakıtları elde edilmiştir. Hazırlanan deney yakıtlarının analizleri tüm prosedürlere uygun olarak Batman Üniversitesi Petrokimya bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Tablo 2.1'de hazırlanan ve analizleri yapılan deney yakıtlarıyla ilgili kimyasal ve fiziksel parametreler verilmiştir.

Tablo 2. 1. Deney yakıtlarıyla ilgili kimyasal ve fiziksel parametreler

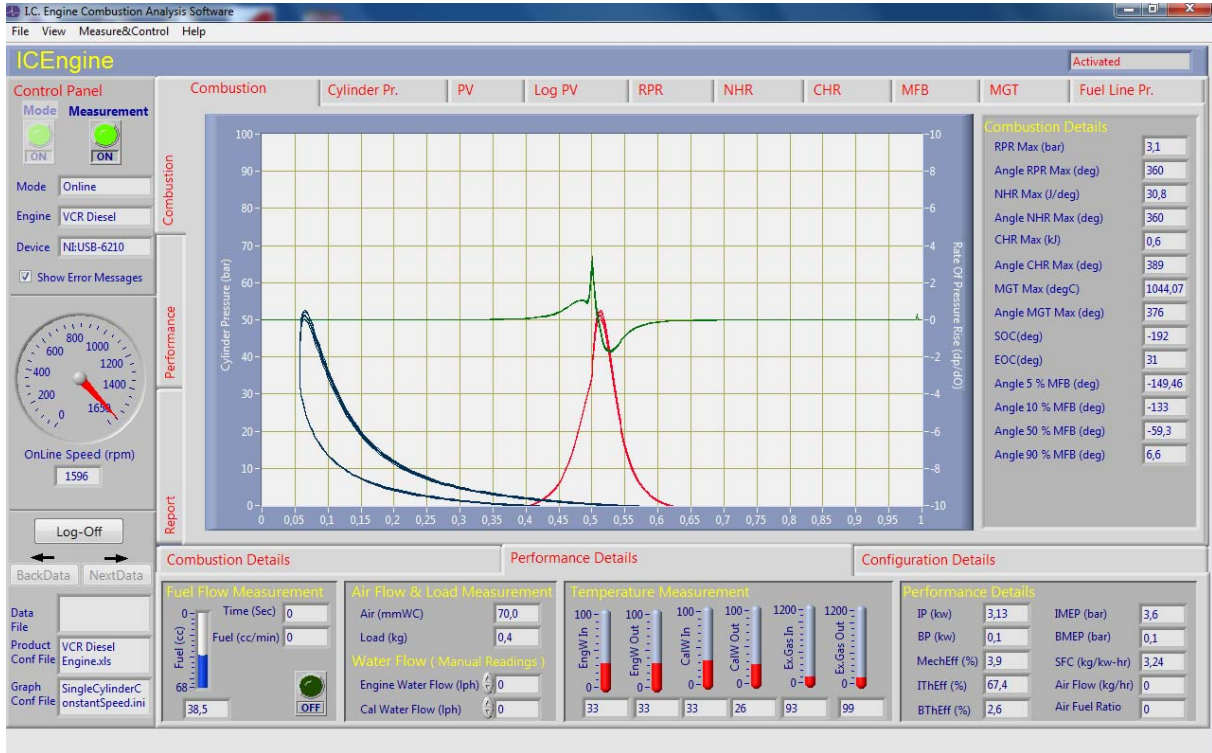
Yakıtlar/ Parametreler	D0	B12	PMB12
Flash point (°C)	62,6	63,5	63,5
Viskozite (mm ² /sn)	3,348	3,1083	3,1343
Yoğunluk (g/cm ³)	0,833	0,841	0,843
Isıl değer (kJ/kg)	42713	39027	39054
Setan indeksi	52,23	51,75	50,72

Deney yakıtlarıyla yapılan çalışmanın teknik analizi Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü deney atölyesinde su soğutmalı, tek silindirli, 4 zamanlı ve sıkıştırma oranı değişebilen direkt püskürtmeli Kirlaskor TV-1 dizel motorunda sabit (maksimum tork devri) 1500 d/dk' da 0kg, 5kg 7,5kg ve 10 kg yüklerinde yapılmıştır. Eddy Currentdinanometre yük miktarı 0-50kg arasında olduğundan test deneyleri motorun yüklenmesine, yaklaşık olarak dinanometrenin %0, %10, %15 ve %20 olarak karşılık gelmektedir. B0, B12 ve PMB12 yakıtlarıyla testler yapılmış olup test yakıtlarından elde edilen değerler ile dizel yakıtının değerleri grafiksel olarak karşılaştırılmıştır. Deneyde kullanılan test motorunun teknik özellikleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

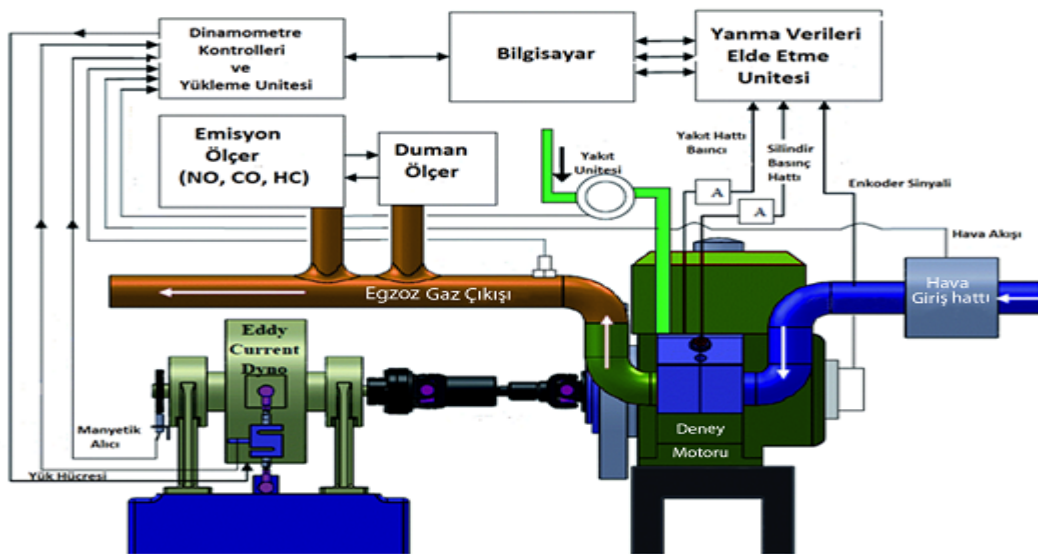
Tablo 2. 2.Deney motorunun teknik özellikleri

Motor İsmi	Kirlaskor TV-1
Strok Sayısı	4
Silindir Sayısı	1
Soğutma Tipi	Su Soğutmalı
Dinamometre Tipi	EddyCurrent
Dinamometre Soğutma tipi	Su Soğutmalı
Motor Gücü (kW)	5,2
Motor Hacmi (cc)	661
Silindir Çapı (mm)	87
Strok Uzunluğu (mm)	110
Sıkıştırma Oranı	17:1
Püskürtme Avansı	ÜÖN'den önce, 0-25 derece arası
Yük Göstergesi	Dijital, 0-50 kg

Deney yakıtlarıyla yapılan testler sonucunda elde edilen yanma ve performans verilerin alındığı ICEngineSoft_9.0 programının ekran alıntıları değişik yüklerde olmak üzere Şekil 2.1’de verilmiş olup Şekil 2.2’de de deney test düzeneğinin şematik görüntüsü ayrıca Şekil 2.3’te de yakıtların hazırlanması ve görüntüsü de verilmiştir.



Şekil 2. 1. Testler sonucunda elde edilen yanma ve performans verilerinin alındığı ICEngineSoft_9.0 programının ekran görüntüsü



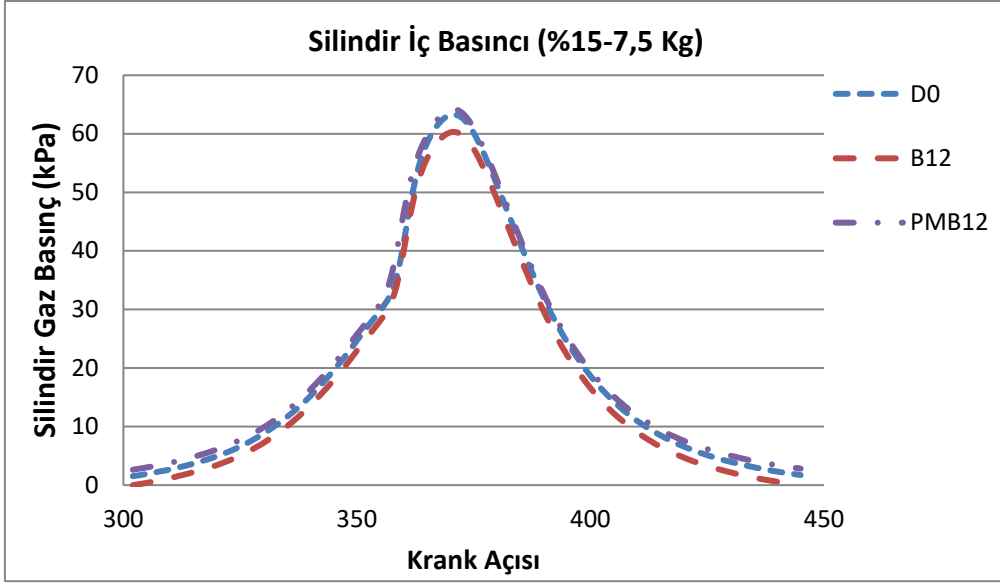
Şekil 2. 2. Deney test düzeneğinin şematik görüntüsü



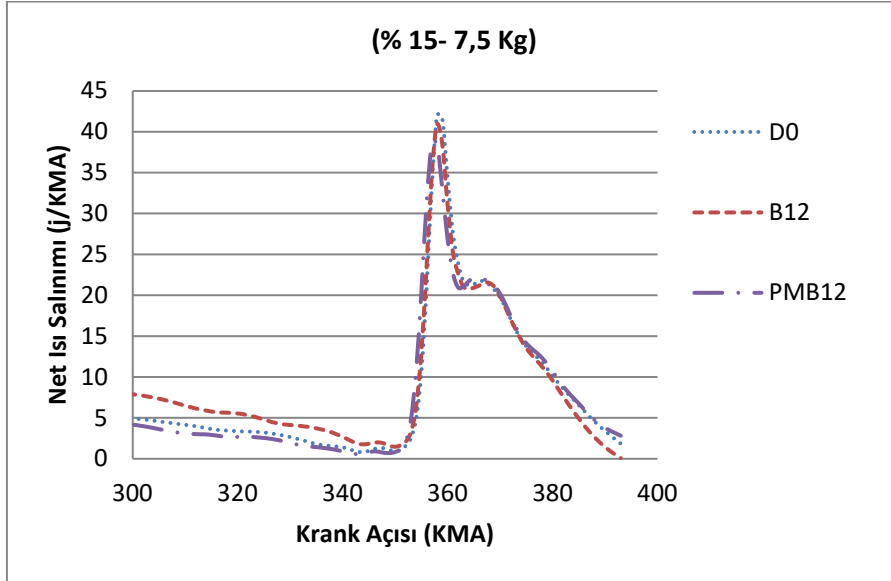
Şekil 2. 3.Yakıtların hazırlanma ve analiz görüntüsü

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Test yakıtları için sabit devir sayısında (1500 d/dk) ve farklı motor 7.5 kg yükünde ölçülen silindir gaz basınç değerlerinin krank mili açısına göre değişimleri Şekil 3.1’de verilmiştir. Maksimum silindir gaz basıncı tüm yakıtlar için krank mili açısına göre ÜÖN’den sonra 11°’de meydana gelmiştir. Bu durum dizel yakıtı ile biyodizel yakıt parametrelerin benzer olması ve elde edilen karışımların oksijen içeriğiyle açıklanabilir. Potasyum permanganat (KMnO₄) katkılı PMB12 yakıtı incelendiğinde, PMB12 yakıtının silindir gaz basınç değerinin B12 yakıtından daha fazla olduğu ve tüm yakıtlar içinde en yüksek basınç değeri veren ikinci yakıt türü olduğu görülmektedir. Dizel yakıtına alternatif olarak hazırlanan yakıt türlerinden PMB12 yakıtlarının yükün artışına bağlı olarak yüksek gaz basıncı elde edilmesi; B12 yakıtının ısı değeri dizel yakıtına yakın olması ve karışımdaki biyodizel oranına bağlanabilirken, PMB12 yakıtı için daha düşük orandaki karışıma katılan katkı maddesinin silindir gaz basıncı için olumlu sonuçlar vermesi olarak değerlendirilebilir.



Şekil 3. 1. Test yakıtlarının %15 yükteki krank açısına bağlı olarak silindir gaz basıncı değişimi

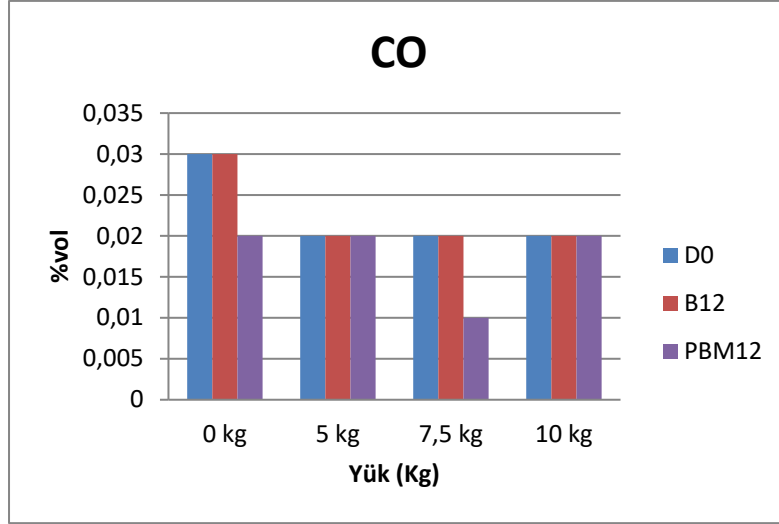


Şekil 3. 2. Test yakıtlarının %15 yükteki krank açısına bağlı olarak net ısı salınımı değişimi

Test yakıtlarının %15-7,5kg yükündeki net ısı salınım değişimleri Şekil 3.2’de J/KMA cinsinden verilmiştir. Grafik incelendiğinde tutuşma gecikmesinden sonra ilk yanma PMB12 yakıtında gerçekleşmiştir. Daha sonrada dizel yakıtında gerçekleşmiştir. Tutuşma gecikmesinin kısılması motor gürültü seviyesinin de azalmasına olanak vermektedir. Tüm biyodizel yakıt karışımları dizel yakıtına göre daha az ısıl değer ve setan sayısına sahip olmakla birlikte yakıt

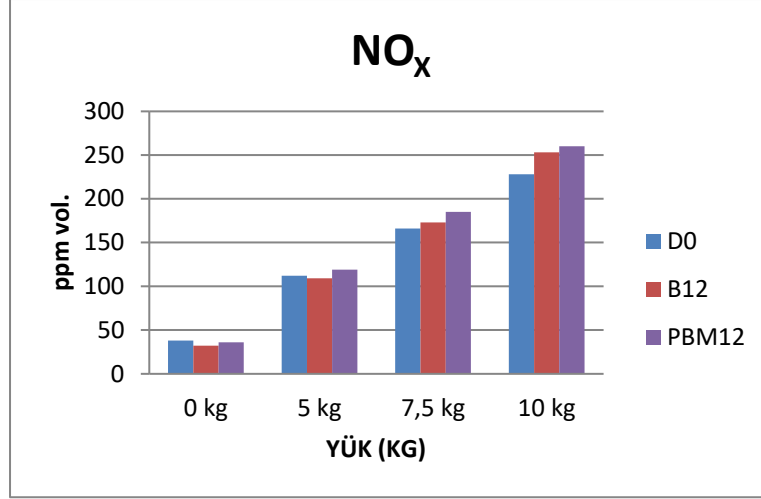
tüketiminin artmasına bağlı olarak net ısı salınımı artmış olup yüksek yükte beraber D0 yakıtı yüksek ısı değer ve setan sayısına bağlı olarak daha yüksek net ısı salınım değeri üretmiştir.

3.3. CO ve NO_x Emisyon Parametresinin Değerlendirilmesi



Şekil 3. 4. Test yakıtları için farklı yük durumlarında meydana gelen CO emisyon değişimleri

Hava yakıt oranı CO oluşumunda önemli bir etkiye sahip olmakla birlikte CO₂ değeri de buna bağlı olarak değişmektedir. Dizel motorlar fakir karışimli çalıştıklarından düşük CO üretirler ancak yanma odasında yetersiz oksijen olması CO üretimi artırmaktadır. Hava yakıt oranı düşükse yakıt yanma için gerekli oksijeni bulamadığından CO olarak kalacaktır. Hava yakıt oranı yüksek ise oksijen miktarının yeterli olmasıyla yakıttaki karbon CO₂'ye dönüşecektir (Eliçin, 2011). Bu bağlamda hava yakıt oranı hacimsel CO oluşumunda doğrudan bir etkiye sahiptir. Tüm test yakıtlarıyla farklı yüklerde (%0-0kg, %10-5kg, %15-7,5kg, ve %20-10kg) yapılan deneylerde elde edilen CO emisyon değişimleri Şekil 3.3'da gösterilmektedir. Tüm veriler incelendiğinde tüm yakıt türlerinde motor yükü artmasıyla CO üretiminin düştüğü görülmektedir.



Şekil 3. 4. Test yakıtları için farklı yük durumlarında meydana gelen NO_x emisyon değişimleri

NO_x emisyonu oluşumunda yanma odası sıcaklığı ve hava-yakıt oranı gibi etkenler önem arz etmektedir. NO_x yüksek sıcaklıklarda meydana gelmekte olup yanma odası sıcaklığını 1800 °K'ne çıkmasını engellenerek ya da yüksek sıcaklıktaki geçen zaman kısaltılarak NO_x oluşumu azaltılabilmektedir. NO_x oluşumunu etkileyen bir diğer faktör ise hava fazlalık katsayısı olup bu değer artması reaksiyona giren gaz miktarını azaltacağı için NO_x emisyonunda da azalma olacaktır (Eliçin, 2011). Tüm test yakıtlarıyla farklı yüklerde (%0-0kg, %10-5kg, %15-7,5kg, ve %20-10kg) yapılan deneylerde elde edilen NO_x emisyon değişimleri Şekil 3.4'da gösterilmektedir. Grafikler incelendiğinde motor yükünün artmasıyla ortalama gaz sıcaklığı da artmakta olup buna bağlı olarak NO_x değerinin de arttığı görülmektedir. Maksimum NO_x emisyonu tüm yakıtlar için %20-10kg yükte, en düşük %0-0kg yük şartlarında ölçülmüştür. Bütün yakıtlarda motor yüklendikçe NO_x emisyonları artmıştır. Yüksek yük durumlarında yanma odası sıcaklıklarının artmasına ve kontrolsüz yanma safhasının uzamasına bağlanabilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmasından elde edilen sonuçlardan; atık bitkisel yağlardan elde edilen biyodizel yakıt karışımlarının ve KMnO₄ katkılı karışimli yakıtların dizel motorunda kullanılabilirdiği, bu yakıtların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin referans dizel yakıt değerlerine yakın olması sebebiyle alternatif bir yakıt olabileceği görülmektedir. Ayrıca test yakıtlarıyla yapılan deneylerde bazı yanma safhalarında ve emisyon verilerinde biyodizel karışimli yakıtların referans dizel yakıtından daha iyi sonuçlar verdiği ve diğer deney verilerinde de dizel yakıtına

yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu bağlamda gelecek teknolojik gelişmelerle birlikte elektrikli araçların yaygınlaşması kaçınılmaz olsa bile özellikler ağır yük taşımacılığında (gemi, tren ve tanker) gerekli güç ve tork için dizel motorların kullanılması sürecektir. Ayrıca fosil kökenli petrol ürünlerin tükenebilir olması, alternatif yakıt arayışlarını ve çalışmalarını devam ettireceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

Adhıkesevan, C. ve Rajadurai J., S., 2014. Influence of B20 biodieselblends on diesel engine combustion, *Journal of the Japan Institute of Energy*, 93, 675-683.

Eliçin, K, A., 2011. Biyodizel yakıtla çalıştırılan küçük güçlü bir dizel motorun performans ve emisyonuna giriş hava basıncı etkisinin deneysel olarak araştırılması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Fidan, M., S., Alkan, E., 2014. Bitkisel hammaddelerden elde edilen biyodizelin alternatif enerji kaynağı olarak kullanılması, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Ormancılık ve Çevre Bilimleri ABD, GÜFBED/GUSTIJ 4 (2): 144-160.

Fayemiwo, O. M., Senokoane, L., Mtshali, K., & Daramola, M. O., 2016. Influence of operating variables on the transesterification of waste cooking oil to biodiesel over sodium silicate catalyst: A statistical approach.

Kale, T., P., 2017. Combustion of biodiesel in CI Engine. *International Journal of Applied Research*, 3(3), 145-149.

Laureillard, J., Largeau, C. & Casadevall, E., 1988. Oleic acid in the biosynthesis of the resistant biopolymers of *Botryococcus braunii*. *Phytochemistry*, 27(7), 2095–2098.

Mutlubaş, H., 2016. Kitosan ile mikrodalga biyodizel üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.

Özdemir, Ö., Z., Mutlubaş, H., 2016. Biyodizel üretim yöntemleri ve çevresel etkileri, Kırklareli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Dergisi, 2, 129-143.

Ulusoy, Y., Tekin, Y., Cetinkaya, M., & Karaosmanoglu, F., 2004. The engine tests of biodiesel from used frying oil. *Energy Sources*, 26(10), 927-932.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

FOMO (Fear of Missing Out)'NUN ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN SATIN ALMA
DAVRANIŞLARINA ETKİSİ ÜZERİNE NİTEL BİR ARAŞTIRMA

Arzu ŞEKER*

*Batman Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Finans Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü,
72060BATMAN

e-posta: arzu.seker@batman.edu.tr

Özet İnsanların çevrim içi ve çevrim dışı sosyal deneyimler ile başkalarının hayatıyla ilgili bilgi sahibi olmak, yaygınlaşan sosyal medya araçları ile oldukça kolay hale gelmiştir. Bu etkileşim çok sayıda fırsat sağlarken, kişinin sosyal çevresindeki herhangi bir etkinliği kaçırma korkusu (FoMO), sosyal medyanın ve hızlı iletişim biçimlerinin ortaya çıkmasının potansiyel bir dezavantajıdır. Zira sürekli başkalarıyla bağlantıda kalma ve bilgi tüketmeye bağımlı hale gelinmesi, bunun eksikliğinde ise FoMO hissi yaşanması kaçınılmaz olmaktadır. Gelişmeleri kaçırma korkusu olarak adlandırılan FoMO (Fear of Missing Out), yeni ancak aslında bilinen bir olgudur. Bu çalışmada günümüz ergenlerinin ve genç yetişkinlerin deneyimlerinde çok daha belirgin görülen FoMO'nun, katılımcıların ürün ve hizmet satın alma davranışları üzerindeki etkilerinin tespiti amaçlanmaktadır. Çalışma iki aşamalı gerçekleştirilmiş ve nitel yöntem kullanılmıştır. Birinci aşamada 78 üniversite öğrencisine bir salonda FoMO kavramı, anlamı, sosyal medya ilişkisi, eksiklik hissi ve kıtlık algısı gibi ilişkili kavramlar detaylı şekilde anlatılarak FoMO'yu anlamaları sağlanmaya çalışılmıştır. İkinci aşamada ise FoMO ölçeğindeki sorular sorularak verilen yanıtlara göre FoMO hissi yaşadığını düşünen ve gönüllülerden oluşan 14 kişilik iki ayrı odak grup oluşturulmuştur. Yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılarak odak görüşmeler yapılmış ve betimsel analiz tekniğiyle analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre FoMO etkisinde rekabetçi davranış ve kıtlık algısının katılımcıların satın alma davranışlarına olumlu etkilerinin olduğuna yönelik temalar belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: FoMO, Gelişmeleri Kaçırma Korkusu, Satın Alma Davranışı, Kıtlık Algısı.

A QUALITATIVE STUDY ON THE EFFECT OF FOMO ON UNIVERSITY STUDENTS'
PURCHASING BEHAVİOR

Abstract: It has become quite easy with the widespread social media tools to have information about people's online and offline social experiences and the lives of others. While this interaction provides numerous opportunities, the fear of missing out on any activity in one's social circle (FoMO), is a potential disadvantage of social media and the advent of rapid forms of communication. Because it is inevitable to be dependent on staying in touch with others and consuming information, and in the absence of this, it is inevitable to experience the feeling of FoMO. FoMO (Fear of Missing Out), called the fear of missing out, is a new but well-known phenomenon. It is aimed to determine the effects of FoMO, which is more evident in the experiences of today's adolescents and young adults, on the product and service purchasing behaviors of the participants. This study was carried out in two stages and qualitative method was used. In the first stage, 78 university students were tried to understand FoMO by explaining the concept of FoMO, its meaning, social media relationship, sense of lack and perception of scarcity in detail in a hall. In the second stage, two separate focus groups of 14 volunteers who thought that they had the feeling of FoMO were formed according to the answers given by asking questions from the FoMO scale. Focus interviews were conducted using a semi-structured interview form and analyzed with descriptive analysis technique. According to the findings, the themes were determined that competitive behavior and scarcity perception had positive effects on the purchasing behavior of the participants under the FoMO effect.

Keywords: FoMO, Fear of Missing Out, Purchasing Behavior, Perception of Scarcity

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Giriş

Günümüzün dijital odaklı dünyasında sosyal ağlar, kullanıcılara kendilerini geliştirme yeteneği sunan yaygın bir güç haline gelmiştir [1]. İnternet ve sosyal medya aracılığıyla bilgiye erişimin hızı ve kolaylığı, insanları, bilgi tüketmeye bağımlı hale getirerek eksikliğinde de FOMO duygusu yaşamalarına sebep olmaktadır [2]. İnternet ve sosyal medya, özellikle gençlerin bilgiye erişim, içinde yaşadığı toplum ile iletişim kurma, kendisini ifade etme, kabul ve değer görme, dikkate alınma, çevresine uyum sağlama, ilgi çekme, bilgi paylaşımı, öğrenme ve eğlenme gibi sosyal ihtiyaçlarını karşılarken aynı zamanda kişisel tatmin ve doyuma ulaşmalarını da sağlamaktadır [3].

Genel anlamda FoMO, insanların kendileri açısından önemli olan bir etkinliği veya gelişmeyi kaçırdıklarını düşündüklerinde yaşadıkları endişe veya kaygı bozukluğu olarak ifade edilebilir. Aslında insan yaşamında yeni olmayan bu kavram pazarlama literatürüne Dan Herman (2012) [4] tarafından FoMO'nun tüketici davranışını etkileyen güçlü bir motivasyon kaynağı olduğuna yönelik çalışması ile girmiştir. FoMO, başkalarının yaptıklarıyla sürekli bağlantıda kalma arzusuyla karakterize olup, başkalarının bireyin kendisinde eksik olan deneyimleri yaşayabildiğine dair yaygın bir kanıdır [1]. FoMO, Türkçe literatüre Gelişmeleri Kaçırma Korkusu olarak girmiştir.

Hızlı iletişim biçimlerinin ve sosyal medyanın yükselmesiyle birlikte bireylerin FoMO'yu deneyimleme olasılığı artmıştır. FOMO, ayrıca, akıllı telefonların hem kullanım sıklığı hem de uyumsuz biçimleriyle de ilişkilidir. Genç nesillerin sosyal medyayı çok sık kullanmasıyla FoMO, özellikle sosyal medyaya yüksek katılımı bağlantılıdır. Sosyal medya yaygınlığı ve başkalarıyla bağlantı kurmaya yönelik gelişimsel ihtiyaçlar nedeniyle, FoMO, yaşça daha büyükler nazaran günümüz ergenlerinin ve genç yetişkinlerin deneyimlerinde daha belirgindir. FoMO'yu doğuran ilişki türü, daha genç yaştakilerde zaman içinde değişerek yakın arkadaşların faaliyetlerini kaçırmaya daha sıkıntılı olabileceği, aile etkinliklerinden dışlanma hissinin ise daha yaşlı yetişkinler için daha fazla endişe verici olabileceği de mümkündür [5].

Yaygın olarak kullanılan sosyal medya platformlarında yer almak özellikle gençler tarafından, hayatı yakalamak ve hayatın içinde olmak şeklinde algılanmaktadır. Genç yetişkinlerin büyük çoğunluğunun, arkadaşlarının ve akranlarının yaşamlarını merak ettikleri, başkalarının neler yaşadığını, neler yaptığını ve gündemdeki olayları gözden kaçırma riskiyle ya da korkusu karşı karşıya kaldıklarında endişe duymaktadırlar [6]. Gündemdeki olayları ve etkinlikleri kaçırma korkusu olan bu

bireyler, hayatlarında eksikliğini hissettikleri sevgi, ilgi, dikkat çekme, şefkat gibi duyguları ve yalnızlıklarını sosyal ağlarda yaptıkları paylaşımlarla ve etkileşimlerle gidermeye çalışmaktadırlar [7].

Özellikle, sabah uyandığında ilk yaptığı şey telefonuna bakmak olan, yemek yerken bile sürekli telefonunu kontrol eden, gerçek sosyal ortamlarda bir araya gelindiğinde bile bu davranışı gerçekleştiren gençler screen ve teenager sözcüklerinden oluşan "screenager" olarak ifade edilmektedir. Bu bireyler sosyal ağlardaki hesaplarını sürekli olarak kontrol etmekte, kaç kişinin yorum yaptığını, kaç beğeni aldıklarına, takipçi sayılarına, bu sayının ne kadar arttığına bakıyorsa ve sürekli bir hesap kitap içerisinde çevresindekileri takip ediyorsa bireyin FoMO sendromuna yakalandığı söylenebilir. Arkadaşlarının herhangi bir şeyi kendinden önce keşfettiğini, deneyimlediğini ya da okuduğunu fark ettiklerinde endişeye kapılan gençler, sürekli bir huzursuzluk ve tedirginlik içerisindeyler. Öfke, stres, karamsarlık ve sıklıkla duygusal çöküşler yaşamaktadırlar. Bu bireylerde mutluluk ve haz veren dopamin hormonunun salgılanmasını sağlayan cep telefonuna sürekli bakmaya ilişkin teknoloji bağımlılığı da FoMO'nun artmasına sebep olduğu söylenebilir [8].

Bireylerin yaşadığı bu kaçırma korkusu genellikle olumsuz bir durum gibi görülse de işletmeler tarafından bu durumun avantaja dönüştürülebilmesi olanağı son yıllarda fark edilmiştir. Buna istinaden pazarlamacılar tarafından sıklıkla kullanılan "sakın kaçırma", "kaçırılmayacak bir fırsat" gibi tüketicileri tetikleyici reklam mesajları ile bireylerdeki FoMO'yu harekete geçirme stratejisi olarak kullanılmaktadır [9]. Yine işletmelerce ürün ve hizmetlerin yetersiz veya kıt olduğu algısını yaratarak mesaj ilettiği tüketicilerde, kaçırma korkusu yaratabilmektedirler [10]. Bu doğrultuda kıtlık algısına kapılan tüketiciler, başkalarının alışveriş deneyimlerini ve paylaşımlarını gördüklerinde gelişmeleri kaçırma korkuları bu kez yerini alışveriş deneyimlerini kaçırma korkusuna bırakabilmektedir. Bu korku tüketicilerde en iyi deneyimleri başkalarının yaşayacağı, en iyi ürünlerin başkaları tarafından alınacağı ve kendilerinin iyi ürün veya iyi deneyim fırsatlarını kaçırabilecekleri korkusu haline gelebilmektedir. Bu kaçırma korkusu ve kaygısı, bireylerin sosyal medya kullanımlarını kontrol edememelerine sebep olabilmektedir [11]. Bu kontrol edememe durumu tüketim yönlü davranışlarına da yansımakta, FoMO hissiyle içgüdüsel alımlarını arttırabilmektedirler.

Sosyal medya özellikle ergenler ve genç yetişkinler için günlük yaşamın ayrılmaz ve her an ulaşılabilir bir parçası haline gelmesinin sonuçlarından birisi de bazı bireyler için bir sıkıntı kaynağı haline gelen FoMO'nun incelenmesi ve pazarlamacılar açısından

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı özellikle 1999-2000 ve sonrasında doğanları kapsayan Z kuşağına mensup bireylerde FoMO'nun satın alma davranışlarına olan etkilerini incelemektir.

Araştırmanın Yöntemi ve Bulgular

Literatür incelemesinde görüldüğü üzere tüm çalışmaların nicel yöntemler kullanılarak yapıldığı bu nedenle de derinlikli veri elde ederek destekleyici veya farklı bulgularla bir bakış açısı geliştirilebilmesi amacıyla bu çalışmada nitel yöntem kullanılması tercih edilmiştir. Araştırmanın evrenini 2020-2021 güz yarıyılında eğitim gören Batman Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Bankacılık ve Sigortacılık öğrencileri oluşturmaktadır. Bu evrenin tercih edilme sebebi, yüksekokul bünyesinde bulunan bu bölümün müfredatında pazarlama, tüketici davranışı, kıtlık algısı ve satın alma davranışı gibi konuların yer almasından dolayı öğrencilerin bu konular hakkında bilgi sahibi oldukları varsayımdır. Ayrıca üniversite öğrencilerinin genelini Z kuşağından olmaları vesilesiyle üniversite öğrencilerinden seçilmişlerdir. Nitekim araştırmanın konusu ile genç bireyler arasında güçlü bir etkileşim söz konusudur.

Araştırmada veri toplamak için odak görüşme tekniği kullanılmıştır. Odak grup görüşmesi, önceden belirlenmiş bir grup katılımcının, sınırları önceden belirlenmiş bir konu hakkındaki düşüncelerini öğrenmek için planlanmış bir tartışma tekniği serisidir [12-13]. Katılımcıların düşüncelerini öğrenme yöntemi olan odak grup görüşmelerinin 6-8 katılımcıdan oluşturulması önerilir. Bireysel görüşme tekniğine nazaran odak grup görüşmelerinde ulaşılması zor sayıdaki katılımcı araştırmaya dâhil edebilmektedir. Odak grup görüşme yöntemi pazarlama alanındaki araştırmalarda etkinlikle kullanılmaktadır [13]. Görüşmelerde yorum gerektiren açık uçlu sorular sorulmalıdır, sorular günlük dil kullanımına, sohbet tarzına uygun olmalı ve teknik dilden arındırılmış olmalıdır [12-14].

Çalışmada iki aşamayla katılımcı seçimi gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada pazarlama dersi almış 78 bölüm öğrencisine bir salonda FoMO kavramı, anlamı, sosyal medya ilişkisi, eksiklik hissi ve kıtlık algısı gibi ilişkili kavramlar detaylı şekilde anlatılarak FoMO'yu anlamaları sağlanmaya çalışılmıştır. İkinci aşamada ise Przybylski ve ark.,[1]'nın literatüre kazandırdığı FoMO ölçeğindeki sorular sorularak verilen yanıtlara göre FoMO hissi yaşadığını düşünen ve gönüllülerden oluşan toplam 14 kişilik iki ayrı odak grup oluşturulmuştur. Yaşları 20-22 arası değişen katılımcıların 6'sı kadın 8'i erkek olup, odak gruplar 3'er kadın ve 4'er erkekten oluşturulmuştur. Bu gruplarla yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılarak her biri yaklaşık 60-70 dakika süren odak

görüşmeler yapılmıştır. Görüşme sorularının büyük kısmı Przybylski ve ark., [1], Gökler vd. [15], Hodkinson, [10] 'nın çalışmalarından ve ölçeklerinden esinlenilerek hazırlanmış, ayrıca görüşmeler esnasında verilen cevap ve yorumlara istinaden farklı sorular da sorulmuştur. Başlıca araştırmanın amacı açıklanmış ve katılımcıların kısaca kendilerini tanıtmalarıyla görüşmelere başlanmıştır. Görüşmeler önceden kendilerinden izin alınarak görüntülü şekilde kayıt altına alınmış, daha sonra yazılı hale getirilmiştir. Elde edilen bu veriler betimsel analiz tekniğiyle analiz edilmiş ve analiz sürecinde öncelikle, görüşmeler esnasında alınan notlardan da faydalanarak görüntü kayıtları çözümlenerek metin haline getirilmiştir. Çözümleme yapıldıktan sonra, kayıtlar ikinci kez izlenerek yapılan çözümlenmeler kontrol edilmiştir.

Katılımcıların yaş aralığı 20 ila 22 arasında olup 6 kadın ve 8 erkek olmak üzere 14 kişiden oluşmaktadır. Katılımcıların tamamı yoğun bir şekilde sosyal medya kullandığını belirtmiştir. En sık ve en yoğun kullanılan sosyal medya platformu Instagram olup, onu Youtube ve Twitter takip etmekte ve paylaşım yapmaktadırlar. Katılımcılar genellikle yakın arkadaşlarını, influencerları, spor kulüplerini, popüler kişilikleri ve az da olsa aile üyelerini takip etmektedirler. Erkek katılımcılar 'E', kadın katılımcılar ise 'K' ile numaralandırılarak belirtilmiştir. Analizler sonucu ortaya çıkan temalar "FoMO ve Rekabetçi Davranış, FoMO ve Kıtlık Algısı ve FoMO ve Satın Alma Davranışı" şeklinde belirlenmiştir.

❖ FoMO ve Rekabetçi Davranış

Çeşitli durumlara karşı kişisel tepki vermeyi tetikleyen rekabetçi davranışa tüketici açısından bakıldığında; ürün ile ilgili seçenekler tüketici zihninde belli olsa bile, aynı tüketici genellikle diğer tüketicilerin veya rakiplerinin davranışına göre karar verdiği görülmektedir. Bunun yanı sıra kişinin hedeflerine ulaşmasında motive edici bir güç olmakla beraber rekabetçilik, performansı da olumlu etkilemektedir [16]. Nitekim katılımcıların da bu yönlü ifadeleri cinsiyet fark etmeksizin doğrular niteliktedir;

E7. Eğer istiyorsam bir şeyi maddi manevi şartlarımı çok zorlarım. Neden benim de olmasın ki. Neden ben de bunu yaşamayayım ki derim.

K3. Özellikle girişimci kadınların yaptığı işler ilgimi çok çekiyor. Bende yapmalıyım diyorum. Onlar gibi başarılı olabilirim. Hatta daha başarılı olabilirim. Biraz da kıskanıyorum sanki hayat kaliteleri yükseliyor, marka giyinmek, ne

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

bileyim fiyatlara bakmadan istediğim şeyi satın alabilmek istiyorum.

Belk'e [17] göre, rekabetçi yapıya sahip bireyler, özellikli ürün ve hizmetleri satın alarak kendini daha iyi ve daha güçlü hissetmekte ve imajını belirlemektedir. Bu bireyler özel, yeni ve kıt ürünleri satın alarak imajı geliştirebilmekte, algılanan kıtlığı, rekabetçiliğiyle ilişkilendirerek kıt ürünü elde etmenin, bu rekabette başarılı olduğunu düşünmekte ve kendisini başarılı hissetmektedir. Rekabetçi davranış, piyasaya çıkan en son ve yeni teknoloji ürünleri, son model arabalar gibi lüks mallarda tüketicilerin satın alma davranışlarını etkilemektedir [18]. Rekabetçi tüketici, sosyal açıdan statü sağlayan ürünleri satın alarak ya da sınırlı sayıdaki kıt ürünleri satın aldığımda özel bir başarı elde ettiğini düşünmekte, kendisini daha iyi tanımlamadığını ve kimliğini daha rahat ifade ettiğini düşünmekte, kendilerini diğerlerinden farklı ve eşsiz hissetmektedirler [19].

E2. Mesela paylaşıyorlar ya işte arabayla filan poz veriyorlar, markasını gösteriyorlar kıyafetlerinin, pahalı bir saat markası var onu filan. Ben en pahalı olanı almak istiyorum. Yurtdışına bir yere gidiyor ben de gitmek isterim, benim ne eksikim var. Hatta daha iyisini isterim daha güzel yerlere gitmek isterim. Eğer yapmaya karar vermişsem param var veya yok fark etmez çalışırım, gidebildiğim kadar sonuna kadar çabalarım.

E4. Konserlere gidemediğim zamanlarda hele ki arkadaşlarım gitmişse çok üzülüyorum ve orda olmayı çok istiyorum. Neden şartlarımı zorlamadım ki diye kızıyorum kendime. Güçlü bir mutluluk vereceğini düşündüğüm her şeye sahip olmak için bütün koşullarımı sanırım zorlarım. En son altın kaplama hamburgerden haberdar oldum mesela Youtube'da. Biraz pahalı ama deneyimlemeyi çok isterim. İlgimi çok çekti.

K1.Neden ben de yaşamayayım ki duygusu çok yoğun oluşuyor bende. Tabi imkânlar kısıtlı olunca içindeki her şeyi yaşayamıyor veya sahip olamıyorsunuz. Ama arkadaşlarımın yaşantılarında gördüklerim ya da kullandıkları eşyalarda, giyimlerinde vs benzerini aynısını hatta daha güzelini daha kalitelisini deneyimlemek isteği beliriyor. Belki özenti diyeceksiniz ama öyle hissediyorum şimdi. İlerleyen yaşlarda

değişecek belki bilmiyorum. Maddi eksiklikler engel olsa da aslında bu beni daha çok ders çalışmaya da itiyor diyebilirim. Başarılı olup iyi bir iş sahibi olup istediğim gibi yaşayabilmemi sağlayacak iyi bir gelire sahip olmalıyım diyorum.

❖ **FoMO ve Kıtlık Algısı**

İnsan zihinde var olan ekonomik karar alma mekanizmalarının algısal, sosyal ve duygusal önyargılarından oluşan ve baskın bir yönü olan kıtlık kavramının [20], içsel (kişisel) ve dışsal (toplumsal) kaynaklı olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır [21]. Gerek içsel gerekse dışsal kaynaklı olsun kıtlık algısı, tüketici nezdinde özgürlük kaybını ifade etmektedir. Bu algıyla tüketici de özgürlüğünü kaybetmemek adına kıt algıladığı ürün ve hizmetleri hemen ve daha fazla satın alma isteğinde olmaktadır [22]. Kıtlık algısı, tüketicide ürün veya hizmetlerin bulunurluğu ile ilgili endişedir. Bu endişe, ilerde bulamama korkusundan dolayı tüketiciyi söz konusu ürünü veya hizmeti hemen satın almaya itmektedir. Başkaları almadan önce o ürüne sahip olmaya dönük davranışa yönlendirmektedir [23].

Pazarlama dünyası ise bu algıyı, “son bir tane kaldı”, “acele edin”, “bu etkinlik için birkaç bilet kaldı” ve “kampanyada son saatler/günler” gibi tüketicide ürünleri kaçırmamam adına aciliyet duygusu oluşturarak etkileyebilmektedirler [24]. İçsel veya dışsal kaynaklı olması fark etmeksizin oluşan kıtlık algısı, ürün, hizmet veya promosyonların algılanan değerini arttırmakta ve daha fazla satın alınmasına yardımcı olmaktadır [25]. Kıtlık yüksek talebin bir sonucu olması vesilesiyle genellikle ürün ve hizmet değerlendirmeleri üzerinde de pozitif bir etkiye sahiptir [24]. Tüketicilerde kıtlık algısı arttıkça gelişmeleri kaçırma korkusunun da artacağı düşünülebilmektedir [10-4]. Dolayısıyla kaçırma korkusu, özellikle sosyal medya ortamlarında başkalarınca yapılan paylaşımlardaki deneyimleri yaşamaktan, ürün ve hizmetlere sahip olmaktan mahrum kaldıklarını hissedebilmektedirler ki bu da kıtlık algısı ile gelişmeleri kaçırma korkusunun birbirini besleyerek tüketici davranışlarını etkilediğini göstermektedir [26]. Katılımcılardan elde edilen verilere göre, FoMO'ya sahip tüketicilerin kıtlık algısını tetikleyen pazarlama faaliyetleri sonucu satın alma davranışlarının olumlu yöne evirildiği görülmektedir;

E1.Beğendiğim veya ilgimi çeken bir ürünün tükeneyeceği, almaya yetişemeyeceğim endişesi yaşadığımda bir sonraki ayı zorluyorum. . Kampanya bitmek üzere mesela, nakit param yoksa

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

eğer sonraki aydan içeri giriyorum. Yani sonraki bütçemden harçayabiliyorum.

K5. Bu tükenebilir hemen almam lazım duygusu oluyor. Sevdiğim ürünler olunca hele, o kampanyalar filan çok etkili oluyor gerçekten. Normal fiyatı belki de aslında kampanya adı altında olunca alma isteği doğuyor bir an önce. O ürün aslında bitmeyecek biliyorsun ya da fiyatı çok ta düşmemiş ama yine de o psikolojiye giriyorsun.

E4.İki hafta önce Trendyol'da sepetime eklediğim ürünleri sanki başkası alacak ta bana kalmayacakmış duygusuna girdim hemen satın aldım. Hâlbuki aynı ürünlerden binlercesi var bunu da biliyorum ama neden öyle hissettim bilmiyorum.

E8. Kampanyalarda liste hazırlıyorum ve tükenir diye kaygılanıyorum. Bu duygu oluyor bende.

K6. Ben alışveriş yapmayı çok seviyorum. Bir kız grubumuz var ve benzer veya aynı şeyleri alıyoruz, kullanıyoruz. Instagram'dan takip ettiğim arkadaşlarımın neler yaptığını merak ederek izliyorum. Birbirimize tavsiyelerde de bulunup paslaşıyoruz. Marka takıntım hiç yok ama böyle indirim günleri olduğunda kendimi mağazada buluyorum. Sanki herkes kapışacak ve bana kalmayacak. İnternette de alışveriş yapıyorum. En çok Trendyol'a giriyorum, fiyatları bana göre daha uygun geliyor. Keşke çok param olsa sürekli alışveriş yapsam.

❖ **FOMO ve Satın Alma Kararına Etkisi**

Başkalarının deneyimlediklerini deneyimleme veya sahip olma ya da satın alma isteğinin genellikle oluştuğunu ancak maddi yetersizliklerden ötürü hayata geçirmekte zorlandığı ortaya çıkan önemli bir sonuçtur. Bu da katılımcıların öğrenci olmaları vesilesiyle ekonomik kısıtları nedeniyle FoMO hissini yaşanmasının satın alma ile sonuçlanmasını zorlaştırmaktadır. Ancak katılımcıların tamamı satın alma veya deneyimleme isteğinin şiddetine göre koşullarını sonuna kadar zorladıklarını veya zorlayabileceklerini ifade etmişlerdir. Bazı ürün veya hizmetlerden sosyal medya aracılığıyla haberdar olduklarını ifade eden katılımcılar bu durumdan hoşnut olduklarını belirtmişlerdir;

E8. En çok seyahatle ilgili deneyimler ilgimi çekiyor, bunun dışında giyim ile

ilgili paylaşımlar dikkatimi çekiyor. Kendi aracı olanlar gibi gezebilmek çok isterdim. Paylaşımlarda veya üzerlerinde gördüklerimden etkilenip satın aldığım veya satın almak istediğim çok oluyor. Bilgi de alıyorum tabi eğer olumlu olursa almaya çalışıyorum. Arkadaşlarımla aynı şeyleri giymek daha yakın hissetmemi sağlıyor.

K2. Maddi kaygım olmasa belki de Instagram'da gördüğüm çok şeyi satın alırım. Özellikle takip ettiğim ünlülerde gördüklerimi. İnanın çok tahrik oluyorum ama düşünüyorum o kadar gücüm yok satın almaya. Mesela, tatil süresince kim nereye gitmiş gördüm ve hani yalan olmasın çok istedim aynı ya da daha güzel yerlere gitmiş olmayı.

K.5. İmkânım varsa, beğenmişsen ve bana yararı olduğunu düşündüğüm bir ürünü tabi ki satın alırım. Bazen alıyorum da. Genelde kozmetik ürünleri alıyorum. Bir de almayı düşündüğüm ihtiyacım şeyler oluyor mesela. Arkadaşlarımda görünce hemen alıyorum, bazen soruyorum onların fikirlerini. Sizin anlattığınız FoMO hissiyle alışveriş yapıyor olduğumu farkettim. Genellikle çoğunluk memnun kalmışsa kontrol ediyorum, ne kadar kişi almış, hele popülerse, çok kullanılıyorsa alırım denerim en azından.

E4.Karavanla seyahat paylaşımları çok ilgimi çekiyor. Çok imreniyorum ben de bir karavan alıp öyle seyahatler yapabilmeyi çok istiyorum. Bir gün mutlaka yaparım diye düşünüyorum. Onun dışında özellikle arkadaşlarımla yaşadıklarını deneyimleme isteğim çok şiddetli oluyor.

Sonuç ve Değerlendirme

Gelişmeleri kaçırma korkusu olarak adlandırılan FoMO hissini genellikle ergen ve genç yetişkinlerde yoğun olarak görüldüğü bilinmektedir. Katılımcılarla yapılan odak görüşmelerde FoMO'nun bireylerde hem rekabetçi yönünü açığa çıkardığı hem de kıtlık algısıyla beslenen FoMO'nun satın alma davranışları üzerinde oldukça olumlu etkisinin olduğu görülmüştür. Katılımcıların çoğunlukla sosyal medyada takip ettikleri arasında en fazla yakın arkadaşları ve akranlarından etkilendikleri, satın alma kararlarını baskılayan en önemli hususun ise üniversite öğrencisi olmaları vesilesiyle ekonomik yetersizlik olduğu belirlenmiştir. FoMO, bu yaş grubundaki tüketicilerde satın alma kararını, işletmelerin tutundurma faaliyetlerine nazaran daha

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

fazla olumlu yönde etkilemektedir. Yine kitlelik algısının FoMO üzerinde FoMO'nun da alışveriş üzerinde pozitif etkisi açıkça anlaşılmaktadır. Bu araştırmada Şahin ve Çavuş'un [27] FoMO'nun genç tüketicilerin satın alma davranışı üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu çalışmaları, Can ve Şen'in [28] işletmeler tarafından oluşturulan algılanan kitlelik sonucunda psikolojik bir tepki göstererek satın alma davranışının etkilendiği şeklindeki çalışmalarının sonuçlarını destekleyen sonuçlara varılmıştır. Ayrıca bu çalışma, sosyal medya ve FoMO başlıklarının önemine de vurgu yapmaktadır.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları mevcuttur. Kısıtlı zamandan ötürü araştırma Batman Üniversitesi SBMYO öğrencileri örneklemini üzerinde yürütülmüştür. Çalışma daha farklı ve daha geniş evren üzerinde tekrarlanabilir. Farklı evrenler çerçevesinde yapılan çalışmalar kapsamında çeşitli karşılaştırmalar yapılabilir. Ayrıca, araştırmayı farklı değişkenlerle, farklı boyutlar eklenerek farklı temellere dayalı sonuçlar elde edebilirler.

Kaynakça

[1] Przybylski, A. K., Murayama, K., DeHaan, C. R., Gladwell, V., Motivational, Emotional, and Behavioral Correlates Of Fear Of Missing Out, *Computers in Human Behavior*, 29(4), 1841-1848, 2013. DOI: 10.1016/j.chb.2013.02.014

[2]Çetinkaya, F.Ö., Şahbaz, R.P., Gelişmeleri Kaçırma Korkusunun Kuşaklar Üzerindeki Tatil Satın Alma Niyetlerine Etkisi, *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*. Special Issue (4), 152-167, 2020. DOI: 10.21325/jotags.2020.676

[3]Eşitti, Ş., Bilgi Çağında Problemlerli İnternet Kullanımı ve Enformasyon Obezitesi: Problemlerli İnternet Kullanımı Ölçeğinin Üniversite Öğrencilerine Uygulanması, *İstanbul Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*, 49, 75-97, 2015.

[4] Herman, D., The Fear of Missing Out by Dan Herman.2012. [http://www.danherman.com/The-Fear-of-Missing-Out-\(FOMO\)-by-Dan-Herman.html](http://www.danherman.com/The-Fear-of-Missing-Out-(FOMO)-by-Dan-Herman.html) Erişim Tarihi: 01.11.2021.

[5] Barry, C., Wong, M., Fear of missing out (FoMO): A generational phenomenon or an individual difference?. *Journal of Social and Personal Relationships*, 1-15, 2020. DOI: 10.1177/0265407520945394

[6] Baker, Z. G., Krieger, H., LeRoy, A. S., Fear of Missing Out: Relationships with Depression, Mindfulness, and Physical Symptoms, *Translational Issues in Psychological Science*, 2(3), 275-282,2016.

[7] Yıldırım, S., Kişioğlu, A., Teknolojinin Getirdiği Yeni Hastalıklar: Nomofobi, Netlessfobi, FoMO,

Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 25(4), 473-480, 2018.

[8] Odabaşı, Y., "FOMO" Bir Pazarlama Silahı Olabilir mi? Brandmap. <https://www.brandmap.com.tr/brandmap-makale9>. 2019.

[9] Aydın, H., Sosyal Medya Trendi Olan FoMO'nun Pazarlama Alanında Kullanımı Üzerine Literatür Taraması", *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 1-9, 2018.

[10] Hodkinson, C., Fear of Missing Out' (FOMO) Marketing Appeals: A conceptual model, *Journal of Marketing Communications*, 25:1, 65-88, 2016. DOI:10.1080/13527266.2016.1234504

[11] Ozan Ş., Odabaşı, H.F., Yeni Köye Eski Adet: Sosyal Medyada Gelişmeleri Kaçırma Korkusu. *3.Uluslararası Öğretim Teknolojileri ve Öğretmen Eğitimi Sempozyumu*, 9-11, KTÜ, Trabzon, Eylül, 2015.

[12] Baş T., Çamır, M., Özmaldar, B., *Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayınevi.2008.

[13] Yıldırım, A., Şimşek, H., *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri* (6. Baskı). Ankara: Seçkin Yayınevi, 2008.

[14] Kruger, R.A., Casey, M.A., Focus group: A Practical Guide for Applied Research (3rd ed., p.157). *Thousand Oaks, CA: Sage Publications*. 2000.

[15] Gökler, M.E., Aydın, R., Ünal, E., Metintaş, S., Sosyal Ortamlarda Gelişmeleri Kaçırma Korkusu Ölçeğinin Türkçe Sürümünün Geçerlilik ve Güvenilirliğinin Değerlendirilmesi, *Anadolu Psikiyatri Dergisi*, 17(1), 52-59, 2016.

(16) Angst, C. M., Agarwal, R., Kuruzovich, J., Bid or Buy? Individual Shopping Traits as Predictors of Strategic Exit in Online Auctions, *International Journal of Electronic Commerce*, 13(1), ss.59-84, 2008.

[17] Belk, R.W., Possessions and the Extended Self, *Journal of Consumer Research*, 15(3), ss.139-67, 1988.

[18] Mowen, J. C., Exploring the Trait of Competitiveness and Its Consumer Behavior Consequences, *Journal of Consumer Psychology*, 14(1-2), s.52-63, 2004.

[19] Richins, M. L., Special Possessions and the Expression of Material Value, *Journal of Consumer Research*, 21-3, 522-33,1994.

[20] Verhallen, T. M., Robben, H. S. J., Scarcity and Preference: An Experiment on Unavailability and

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Product Evaluation, *Journal of Economic Psychology*, 15, ss.315-331, 1994.

[21] Oses-Eraso, N., Udina, F., Viladrich- Grau, M., Environmental Versus Human-Induced Scarcity in the Commons: Do they Trigger the Same Response?, *Environmental and Resource Economics*, 40(4), 529-550,2008.

[22] Lynn, M., Scarcity Effects on Value: A Quantitative Review of the Commodity Theory Literature, *Psychology and Marketing*, 8, ss.43-57, 1991.

[23] Byun, S-E., Sternquist, B.,The Antecedents of in-Store Hoarding: Measurement and Application in the Fast-Fashion Retail Environment, *International Review of Retail Distribution ve Consumer Research*, 18, 133-147, 2008.

[24] Lee S.Y., Mukherjee, A., The Effect of Scarcity on Product Evaluation. *In NA - Advances in Consumer Research*, 38, 552-553, 2011.

[25] Aggarwal, P., Jun, S. Y., Huh, J. H., Scarcity Messages: A Consumer Competition Perspective, *Journal of Advertising*, 40(3), ss.19-30, 2011.

[26] Barnes, S., Don't Think, Just Drink!': An Ethnographic Study into Why Young People Engage with Alcohol-Fuelled Leisure Markets of the Night-Time Economy. *Plymouth Law and Criminal Justice Review*, 9, 33-54, 2017.

[27] Şahin, E., Çavuş, B.F., Sosyal Medya Algısı ve Fomo'nun Tüketici Satın Alma Davranışına Etkisinin Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma: Selçuk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Örneği, *Fırat Üniversitesi İİBF Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt:4,Sayı:1, 149, 2020.

[28] Can, P., Şen G., Algılanan Kıtlığın Psikolojik Etkilerinin Satın Alma Davranışı Üzerindeki Rolü, *Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi elektronik Dergisi*, e-GİFDER, Cilt:6,Sayı:2, ss. 866-897, Eylül 2018.

BİREY BAZINDA İKİ DİLLİLİĞİN YARARLARI

Emin YAŞ

*Batman Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Batı Dilleri ve Edebiyatları Bölümü, 72060 BATMAN

e-posta: emin.yas@batman.edu.tr

Özet: Bilim insanları tarafından iki dillilik (bilingualism) aynı anda iki dili kullanma yeteneği (yazma veya konuşma) olarak ifade edilmektedir. İki dillilik bireysel olarak hangi yararlar sağlamaktadır? sorusu bu araştırmanın temelini oluşturmaktadır. Bu soruya yanıt vermek için alanla ilgili literatür taraması yapılmış ve bir yanıt bulunmaya çalışılmıştır. Dolayısıyla, bu çalışma literatür taramasından elde edilen verilere dayanarak gerçekleştirilmiştir. Bu açıdan, mevcut araştırma nitel bir araştırmadır. Çocukluktaki İki Dilliliğin dört yeteneği (decoding: işitme ve okuma; encoding: yazma ve konuşma) kullanma bağlamında yetişkinlikteki İki Dillilikten daha sağlam ve istikrarlı olduğu gerçeği dikkatlere sunulmaktadır. Bu akademik çalışma, bireysel düzeyde İki Dilliliğin iyi bir bilişsel gelişim sağladığını ortaya çıkarmıştır. Yine matematiksel sorunları daha iyi kavrama ve çözmeye ve daha komplike görevleri yerine getirme; dış dünyayı işlemede daha hızlı ve keskin olma; daha iyi bir somut ve soyut düşünme yetisine sahip olma; daha iyi mantıksal çıkarımda bulunma; sorunlara odaklanma ve çözmeye; daha iyi hatırlama gücüne sahip olma; başka dilleri daha kolay öğrenme becerisine sahip olma... vb. gibi yararlılardan söz etmemin olası olduğu anlaşılmıştır. Öte yandan, son zamanlarda hızla gelişen fMR teknolojisi (beyin filmi) bize İki Dilliliğin beyne faydaları konusunda muazzam kanıtlar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İki Dillilik, Dil Edinimi, İkinci Dil, Yabancı Dil

BENEFITS OF BILINGUALISM ON AN INDIVIDUAL BASIS

Abstract: Bilingualism is expressed by scientists as the ability to use two languages at the same time (writing or speaking). The question 'What individual profits does bilingualism provide?' is the essence of this research. In order to answer this question, a literature review was conducted on the field and an answer was tried to be found. Therefore, this study was carried out based on the data obtained from the literature review. In this respect, the current research is a qualitative research. Attention is drawn to the fact that childhood bilingualism is more robust and stable than adult bilingualism in terms of using the four abilities (decoding: hearing and reading; encoding: writing and speaking). This academic study revealed that Bilingualism at the individual level provides good cognitive development. Again, It has been understood that it is possible to talk about the benefits such as better understanding and solving mathematical problems and performing more complicated tasks; being faster and sharper in processing the outside world; having a better concrete and abstract thinking ability; better logical inference; focusing and solving problems; having better recall power; having the ability to learn other languages more easily...etc. On the other hand, the rapidly developing fMR technology (brain film) recently provides us with tremendous evidence of the brain benefits of Bilingualism.

Keywords: Bilingualism, Language Acquisition, Second Language, Foreign Language

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞ

İki Dilliliğin geçmişine bakıldığında 20.yy'ın başlarından aynı yüzyılına ortalarına kadar zihinsel düzey için olumsuz bir vaka olduğu, iki dilli öğrenmenin çocuk için problemler yarattığı, erken yaşta öğrenilen ikinci dilin onun kafasını karıştırdığı, bireylere yapılan sözlü testlerde alınan düşük puanın sebebi olduğu ve hatta kişileri bilişsel olarak gerilettiği düşünülüyordu. Fakat konuya ilişkin yapılan araştırmalarda kişinin yaşı, sosyo-ekonomik geçmişi, yaşam koşulları, savaşlardan kaynaklı ailevi ve psikolojik durumları hesaba katılmamaktaydı. Daha sonraki on yıllarda iki dilliliğin kişinin bilişsel düzeyine ne kadar avantaj sağladığına ait araştırmalar peş peşe gelmeye başladı [1].

Bu çalışmanın amacı iki dilliliğin bireysel olarak hangi yararlar sağladığını ortaya çıkarmaktır. Bu doğrultuda alanla ilgili literatür taraması yapılmıştır. Herhangi bir denek grubundan elde edilmiş verilere dayanmadığı için nitel bir araştırmadır.

Konuya ilişkin bir literatür tarandığında bilim insanları arasında ne kimin iki dilli olabileceği ne de iki dilliliğin tanımı, türleri ve özellikleri konusunda ortak bir görüşün olmadığı görülmektedir. Alan yazında iki dillikle (bilingualism) ilgili farklı tanımlamalar bulunmasına rağmen genellikle aynı anda iki dili kullanma yeteneği (yazma veya konuşma) olarak ifade edildiği görülmektedir. Genel hatlarıyla şu türlerinin olduğunu söylemek mümkündür: Eksiltici İki Dillilik, Birleşik İki Dillilik, Uyumlu İki Dillilik, Yardımcı İki Dillilik, Eklemeli İki Dillilik... vb. [2]

Çocuklukta iki dilliliğin dört yeteneği (decoding: işitme ve okuma; encoding: yazma ve konuşma) kullanma bağlamında yetişkinlikteki iki dillilikten daha sağlam ve istikrarlı olduğu gerçeği dikkatlere sunulmaktadır. Bilim dünyasında yapılan deney/araştırmalar sonucunda iki dilliliğin gerek çocuklukta gerekse yetişkinlikte olumlu taraflarının olumsuz taraflarından daha ağır geldiği bildirilmektedir [3].

Dil bilginleri arasında hangi iki dillilik türünün nasıl adlandırılacağı ile ilgili kesin bir yargı olmamasına karşın bunu genellikle edinildiği/öğrenildiği süreç ya da yaş belirlemektedir [4]. Süreç itibarıyla çocuklukta iki dillilik veya yetişkinlikte iki dillilik olmak üzere ikiye ayırmak olasıdır. İki dilliliğin psikoloji, sosyoloji, tarih, felsefe, politik bilimler ve daha birçok disiplinle bağlantılı olduğu bilinmektedir. İki dilliliğin bir birey boyutu bir de toplum boyutu bulunmaktadır.

İki dilliliğin bireysel bazda çok fazla yararlarının olduğu belirtilmektedir. Beyne faydaları konusunda

son zamanlarda nöroloji alanında büyük gelişmeler kaydedilmektedir. Bunlardan birisi fMR (beyin filmi ya da nöron-görüntüleme) teknolojidir [5]. Bu teknolojinin bize sağladığı çok önemli kanıtlara iki dilliliğin bireysel yararları bölümünde verilecektir.

Öncelikle alan yazındaki terminolojiye bir bakış atılacak, iki dilliliğin bazı tanımlarına değinilecek, sebepleri üzerine durulacak ve en son yararlarından söz edilip sonuç ve yorum kısmına geçilecektir.

İKİ DİLLİLİK TERMİNOLOJİSE BİR BAKIŞ

İki dillikle ilgi çok sayıda kavram bulunmaktadır. En önemli olanlara bir bakalım. Tek dilli genellikle ana dilden başka bir dil konuşmayan veya kullanmayan kişiye denir. Bu dili kullanma durumuna da **Tek Dillilik** denilmektedir [6]. **Ana Dil** yerine bazen **Çevre Dili** ya da **Yerel Dil** kavramı kullanılsa da tek dil denildiğinde ana dil kullanmayı tercih ediyoruz. İki Dilli, bir dilden (çoğunlukla ana dil) başka bir dili kullanan veya konuşan bir kişi olarak adlandırmak mümkündür. Sözü geçen her iki dili konuşma veya kullanma haline de **İki Dillilik** diyebiliriz. Kendi ana dilinden başka iki tane dil bilen kişilere çok dilli ve yaşanan bu sürece de **Çok Dillilik** demek mümkündür. Bazı bilim insanları ikiden fazla (örneğin 3 ya da 4) dili kullanma veya konuşma durumuna bile İki Dillilik disiplini içerisinde değerlendirmektedir [7].

Erken yaşlarda edinilmelerine göre bazı adlandırmaların yapıldığı görülmektedir. **Eşzamanlı İki Dillilik** erken çocukluk döneminde (doğduktan sonra iki dil öğrenilmeye başlanır) edinilmiş iki dil demektir ve iki dili kullanma ve konuşma durumunu ifade etmektedir. Sıralı/Eklemeli **Ardıl İki Dillilik** ise birinci dil edinim süreci tamamlandıktan sonra, hemen hemen 3 yaştan önceki dönem, üzerine başka bir dilin inşası haline gelmiş sürece denmektedir. Burada temel şart ana dil yani birinci dil edinim döneminin tamamlanmış olmasıdır. Eşzamanlı iki dilliliğe göre ikinci dil edinimi biraz geç tamamlanmaktadır.

Eken İki Dilliliğe karşı bir **Geç İki Dillilik** diye bir terim mevcuttur. Böylesi iki dillilik genellikle kritik dönem sonrası (12 yaş sonrası), yani yetişkinlikte öğrenilen dildirler. **Eksiltmeli İki Dillilik** kavramı şunu ifade etmektedir: Birey ikinci bir dil öğrendiğinde bu dil birinci dilini olumsuz etkileyip kayba uğratmaktadır. Bunun tam tersi de olasıdır. Yani, öğrenilen ikinci bir dil birinci dili olumsuz etkileyip onun kaybına yok açmamıştır. Buna da **Artırmalı İki Dillilik** denir.

Bunlardan başka sosyal yaşanmışlık bakımından iki dilliliğin kategorize edildiğini görmekteyiz. Bir tanesi **Elik İki Dillilik** diğeri de **Halk İki Dilliliği/Azınlık İki Dilliliği**dir. Her iki durum da kişinin kültürel

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

kimliğine ve toplumsal konumuna bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Eğer bir dil çok az kişi tarafından konuşulur ve hayatın ekonomik, teknolojik, siyasal ve diğer alanlarında iyi bir statüsü bulunmuyorsa toplumsal değeri düşüktür. Kişinin ya da dilin sahip olduğu sosyal statü düşükse buna **Halk İki Dilliliği** denir. **Elik İki Dillilik** de bunun tam tersi yani kişi veya sahip olduğu iki dil yüksek kıymete sahiptir; yani elitlerdir.

Öte taraftan, **İki dilliliği dengeli, baskın ve sınırlı** diye üç kısma ayıran dil bilimciler de vardır [8]. Bunda dil beceri dereceleri dikkate alınarak yapıldığı görülmektedir. Birincisinde yani dengeli iki dillilikte kişi her iki dil edinim döneminden iyi bir şekilde geçtiği, her iki dilin de bilişsel açıdan konuşmacı pozisyonuna vardığı söylenmektedir. İkincisindeyse kişi ikisini bilmekte, dil becerisine sahip olmakta ancak bir dil kendi sistemi bakımından baskın hale gelmekte ve onu konuşan kişi çoğunlukla onu tercih etme eğilimini ifşa etmektedir. Başka bir deyişle kişinin daha etkin ve yektin olduğu dili kullanma durumu söz konusu olmaktadır. Üçüncüsünde kişi her iki dilde de iyi olmayan bir seviyede olmamaktadır. Birey her iki dili de normal bir şekilde konuşmasına rağmen dil edinim dönemini istenildiği ölçüde yaşamamış/bilişsel bir biçimde başarıya ulaşmamıştır görüşü yer almaktadır.

İKİ DİLLİLİĞİN BAZI TANIMLARI

Bilim dünyasında iki dillilik kavramı için farklı tanımlamalar yapılmaktadır. Birkaç tanesini burada saydıktan sonra tartışmaya kısmına geçilecektir.

Geniş anlamda iki dillilik bir dili konuşan ve kullanan bir kişinin bu dilden başka bir dili konuşması ve kullanması olarak tanımlanabilir. Dar anlamda iki dillilik bir kişinin iki tane dil sistemini ana dil/birinci dil düzeyinde kontrol edip ona sahip olmasıdır. Daha önce iki dillilik bilim insanları tarafından nasıl tanımlanmıştır? Ona bakalım:

Başka bir dil tam anlamıyla öğrenildiği zaman doğuştan sonra öğrenilen dilin ortadan kaldırılmasını beraberinde getirmemişse netice itibarıyla bu durum iki dillilik olarak adlandırılmalıdır. Örnek olarak dile getirilecek kişiler şunlar olabilir: Herhangi bir sebepten dolayı göç edenler veya yabancı bir dili öğrenen insanlar. Ancak birey iki dilli olarak kabul gördüğü andan itibaren kesinlikle hiçbir insan o kişinin sözü edilen dilde yeterli olup olmadığı ya da ne kadar yeterli olduğu konusunda bir tespit yapamaz. Nedeni farklılığın bir göreceli kavram olmasıdır [9].

Bloomfield'in görüşü çok eski olmasına rağmen daha kapsamlı ve içeriği anlamlı olan bir görüştür. Farklılığın göreceli olması kavramını ifade etmesi

başlı başına önyargıları bertaraf etmeye yönelik bir fikir niteliğindedir.

Diğer tanımlamaları verelim:

Eğer iki dil de iyi düzeyde biliniyorsa o iki dilliktir. Bunu saymazsak, başka haller söz konusuysa o zaman 'yarı-dillilik' (semi-lingualism) vardır dememiz gerekir [10].

Webster iki dilli olmayı ana dilli kullanan bir kişinin konuşkan olma özelliği gösterdiği gibi iki dile sahip olup onları konuşma olarak ifade etmektedir. İki dilliliği ise devamlı bir şekilde iki dili kullanma diye açıklamaktadır [11].

Yukarıda verilen tanımlamalara zıt düşecek bir tanım Macnamara [12] tarafından yapılmaktadır. Ona göre iki dillik bir kişinin ana dilinden başka bir dilde dört yetenekten birinde ('decoding' olan duyduğunu anlama ve konuşulanı anlama; 'encoding' olarak konuşma ve yazma) asgari düzeyde bir yetiye sahip olmaktadır. Bu tanımlamanın daha mantıklı olduğunu düşünebiliriz. Çünkü dil dediğimiz olgu dört yetenekten oluşmaktadır. Bir yetenekte ana dil/birinci dil düzeyinde bir yetiye sahip olan bir kişinin o dilin sistemine iyi derece hakim olduğunu kanıtlamış olmaktadır.

İKİ DİLLİLİĞİN SEBEPLERİ

Politik, sosyal ve ekonomik ilişkiler sonucunda insanlar ikinci bir dil öğrenmeye ihtiyaç duymaktadırlar. Küreselleşmenin çok hızlı bir hal alması bu ihtiyacı müthiş derecede artırmıştır. Öte yandan savaş, kıtalık, işsizlik ve daha birçok sebepten dolayı yurtdışına doğru yaşanan göçler ikinci bir dil öğrenmeyi artırmaktadır. Yine evlenmeler iki dillilik oranı artıran diğer sebepler arasında sayılabilir. İş dünyasının yapacağı uluslararası toplantılar aynı şekilde bilim adamlarının konferans, sempozyum veya diğer bilimsel etkinlikleri ikinci dilin öğrenmesini gerektiren sebepler arasında göstermek mümkündür. Dijitalleşmenin hızla artması yeni iş alanlarının yaratılmasına yol açmakta ve bu iş alanlarında çalışma için ikinci dil şartı aranmaktadır. Gençlerin de ikinci dili yurtdışına çıkmadan da öğrenip piyasada muhtelif işlerde çalışabilmektedirler. Tüm bunlar ve daha burada sayılamayacak birçok nedenden dolayı iki dillilik oranı gittikçe artmaya devam etmektedir.

İki dilliliği deneyimlenin birçok yolu mevcuttur. İnsanların konuştuğu dille ülkelerinde konuşulan dil farklı olan birçok Afrika ülkesi vardır. Sözelimi bu coğrafyadaki onlarca devlette yaşayan insanların bir yerel dilleri ve bir de ulusal dil haline gelen kolonyalizmin dilleri vardır. İngilizce, Fransızca veya Afrikaanca bunların arasına girmektedir [13]. Öte

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

yandan, yaşadığımız çağın Lingua Frankası olan İngilizce olmadan tıp, teknoloji ve bilimden söz etmek neredeyse insansız olmuştur. Kısacası dünyadaki herhangi bir kişiyle veya devletle iletişim kurmak için İngilizce bilmek gerekmektedir. O yüzden Mackey 'Çoğu ülkede eğitim görmek demek otomatik olarak iki dilli olmak demektir' der [14].

Yaşlılıkta başka bir dili öğrenme çoğu zaman büyük ölçüde gayret gerektirmektedir. Bu da kaçınılmaz olarak kişide bir motivasyonun olmasını zorunlu hale gelmektedir. Bu motivasyon çok çeşitli şartlar neticesinde ortaya çıkabilmektedir. Söz konusu şartları aşağıdaki gibi sınıflandırmak olasıdır [15]:

- Başka bir dili konuşanları tarafından bir ülkenin işgal veya fethedilmesi
- Ekonomik veya diğer belirli alanlarda diğer dilleri konuşanlarla iletişim kurma ihtiyacı veya isteği
- L1'den başka bir dilin kullanılmasının gerekli olduğu bir ülkeye göç
- Başka bir dilin kullanımını içeren dini inanç ve uygulamaların benimsenmesi
- Birinci dil erişiminin başka bir dilde yeterlilik gerektirdiği yerlerde eğitim deneyimlerini sürdürme ihtiyacı veya arzusu
- Başka bir dil bilgisi ile desteklenen mesleki veya sosyal ilerleme arzusu
- Diğer kültürlerin insanları hakkında daha fazla bilgi sahibi olmaya ve onların teknolojilerine veya edebiyatlarına erişmeye olan ilgi

OLGU OLARAK İKİ DİLLİLİK

Dünya nüfusunun 2/3'nin iki dilli olduğu tahmin edilmektedir [16]. Küreselleşen bir dünyada seyahat ve ulaşımın artması sonucu şimdiye kadar tarihte olmamış kadar insanlar veya devletler arası ilişkiler sıklaşmıştır ve iki veya daha fazla dili öğrenme isteği ve zorunluluğu ön plana çıkmıştır. Başlı başına seyahatin olması demek insan hareketinin artması demektir ki bu da bireylerin ikinci bir dil öğrenmesini zorunlu kılmıştır. Aynı şekilde devletler arası ilişkilerin artması sonucu ekonomilerin ve kültürlerin iç içe geçmesine neden olmuş bu da otomatikman ikinci bir dilin hatta bir değil birden çok dilin öğrenmesini gerektirmiştir. İşte bu yüzden İngilizcenin hegemonyası artmış Lingua Franca dil rolünü üstlemiştir. Geçen 3 milenyum boyunca İngilizcenin bu rolünü Yunanca, Latince veya Fransızca yerine getiriyordu. Gerek tarihteki bu diller gerekse günümüzdeki İngilizce bize yeryüzünde iki

dillik (ya da 'çok dilliliğin 'in) olgusunun ender bir şey olmadığını göstermektedir.

Global açıdan bakıldığında iki dillik de çok dillilik de büyük kesimler tarafından tatbik edilen biçimler olduğu gerçeği gözden kaçmamalıdır. Tahminen dünyadaki 5.000 dilin 200 tanesi devlet dilidirler (ya da devlet başına 25 dil). Bu yüzden devletler arası iletişim ve ulaşımın sağlanması için kişilerin iki dilli olması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır [17].

İkinci dil öğrenmenin bir bireysel bir de sosyal boyutu vardır. Sosyal bağlama en çok değinen dil bilimcilerin başında Colin Baker ([18]) gelmektedir. Ona göre iki dillilik bireysel açıdan çözümü sağlandığında sorunun yarısı çözüme kavuşacaktır. Öte taraftan sorunun diğer yarısı dil konuşan grupların nasıl var olduklarını ve nasıl değiştiklerini tahlil etmekten geçmektedir. Bu ilişkisiyle toplumsal iki dillik, iki dillilik bilimin ana temasından bir tanesidir. Böylesi iki dillikte 'diglossia' kavramı öne çıkmaktadır. Bu şu demektir: Bir dilin farklı versiyonlarına sahip toplumlar yan yana yaşamaktadırlar. Ama prestij sebeplerinden dolayı birisi resmi diğeri resmi olmayan dil statüsüne sahiptir. Arapça konuşan toplumlar buna iyi bir örnek teşkil etmektedir [19]. Birçok yerel Arapça lehçeler bulunmasına rağmen dil bilimsel açıdan biraz farklı ama prestijli olan bir lehçe resmi dil konumuna yükseltilmiş durumdadır. Toplumsal iki dilliliğin içine alıp incelediği diğer kavramlar dil değişimi, dil temasları, dilin saygınlığı ve dilin yayılması sayılabilir.

İkinci dil öğrenmede yaşın etkisi alan literatüründe yaygın bir şekilde işlendiği görülmektedir. Buna karşılık yaşın birinci dil öğrenmede etkisi pek fazla araştırmacıların dikkatini çekmemiştir [20]. Bu konuda, genellikle ikinci dilin öğrenilmesinde yaşın olgunlaşmanın yarattığı sınırlıklar çerçevesinde ya da değişkenler içerisindeki yerinin önemli olduğu şekilde işleyen bilim adamlarına rastlanmaktadır [21].

İKİ DİLLİĞİN BİREYSEL YARARLARI

Çağdaş literatürde iki dilliliğin olumlu taraflarından söz edildiği kadar bazı olumsuz taraflarından da söz edilmektedir. Önce kimi dezavantajlarından söz edilecek daha sonra yararlarına geçilecektir.

Kimi yayınlarda iki dilliliğin bazı dezavantajları ya da maliyetleri konusunda araştırmalar rastlanmaktadır. Dil öğreniminde gözle görülebilecek kadar bir gecikmenin olduğundan söz edilmekte fonolojik, sözcük sayısı ve dil bilgisi dizgelerinde bir müdahalenin yaşanabileceği ve her iki dilin sözcük dağarcığında muhtemel bir düşüşün görülebileceği belirtilmektedir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Örneğin Lee P. [22] olası bazı zihinsel olumsuzluklara ilişkin dile getirdiği açıklamalarında bazı dil bilgisi yapılarında ve sözcüklerde gecikmenin olabileceğinden bahsetmektedir. Fakat, şunu belirtmek gerekir ki bunun her birey için geçerli olamayacağıdır. Çünkü kişisel farklılıkların dikkate alınması gerekmektedir.

İki dilli insanlar konuşurken veya dili kullanırken her iki dilde de bazı hatalar yapabilmekte ya da iki dilde bazı karışıklıklar yaşayabilmektedirler. Bu sistematik olmadığı müddetçe gayet normal karşılamak gerekir. Çünkü dil denen dizge çok yönlü boyutları olan sofistike bir mekanizmadır.

Bireyler ikinci dili öğrendiklerinde ikinci dilin sisteminden geçtikleri için birinci dillerinin özelliklerinin farkına varırlar ve daha iyi tanırırlar. İki dilli olmanın sosyal, ekonomik, bilimsel çalışmalar, kariyer yapma, ikinci bir kültürün anahtarına sahip olma, devlet ilişkileri, ticaret, teknoloji ve daha burada sayılamayacak kadar alanda olumlu etkisi vardır.

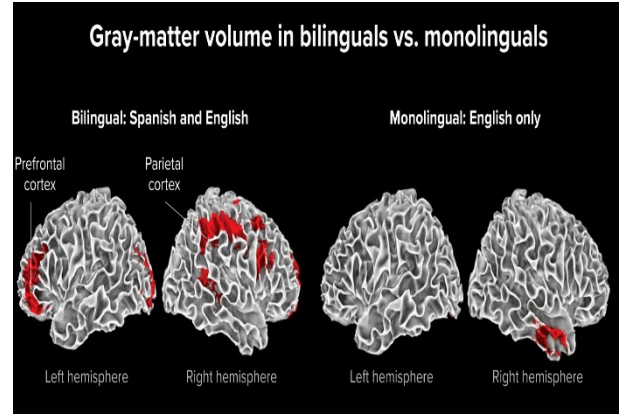
İki dilliliğin sayısız kazanımlarının olduğu kaçınılmaz bir gerçekliktir [23]. Zihinsel esneklikte bir artmanın olduğu görülmüştür. Dikkat ile bağlantılı bilişsel işlevlerin gelişiminde çok büyük faydaları bulunduğundan söz edilmektedir. Herhangi bir sorunun çözümünde birden çok stratejinin devreye sokulduğu gözlemlenmiştir. Üst dilsel farkındalık bakımından bir artmanın yaşandığı ve kişinin çok daha fazla iletişim deneyimlerine sahip olduğu rapor edilmektedir.

Matematiksel sorunları daha iyi kavrama ve çözüme ve daha komplike görevleri yerine getirme; dış dünyayı işlemede daha hızlı ve keskin olma; daha iyi bir somut ve soyut düşünme yetisine sahip olma; daha iyi mantıksal çıkarımda bulunma; sorunlara odaklanma ve çözüme; daha iyi hatırlama gücüne sahip olma; başka dilleri daha kolay öğrenme becerisine sahip olma... vb. gibi yararlıdan söz etmemin olası olduğu bildirilmektedir. Bunlardan başka, aşağıda iki dilliliğin yönetsel işlevler ve yaşlılık konusundaki görüş ve tespitlere yer verilecektir.

Yönetimsel işlevler, insanları maymunlardan ve diğer hayvanlardan farklı kılan en karmaşık beyin işlevleridir. Bunlar çoğu zaman beynin (evrimsel terimlerle) en yeni olan kısımlarında görülmektedir: gelişmiş işlemeden sorumlu olan prefrontal kortekste; kelimeleri ve anlamları birbirine iliştiirmede görevi olan iki taraflı supramarjinal giruslarda; ve ön singularatta. Araştırmalar, iki dilli deneyimin bu alanların yapısında değişiklik yaptığını göstermektedir. Vaka incelemelerinde, her şeyden önce, gri madde hacminde artışların olduğu bildirilmektedir. Şunu belirtmekte yarar vardır:

Beyin, nöron adı verilen ve her biri bir hücre gövdesine ve dendrit adı verilen küçük dallanma bağlantılarına sahip hücrelerden meydana gelmektedir.

Gri madde, bize kaç hücre gövdesinin ve dendritin var olduğunu göstermektedir. İki dilli deneyim ve bu dillerle geçen yaşantı gri maddeyi daha yoğun yapmaktadır, bunun sonucunda daha fazla hücre oluşmaktadır. Bu durum daha sağlıklı bir beyne işarete etmektedir [24].



Şema 1: Skibba R., (2018)'den alınmıştır. Şemada görüldüğü üzere İspanyolca ve İngilizce iki dilli bir beyinin içindeki gri/beyaz sadece İngilizce konuşan bir kişinin beyinin içindeki gri madde hacminden kıyasla daha fazla fazladır.

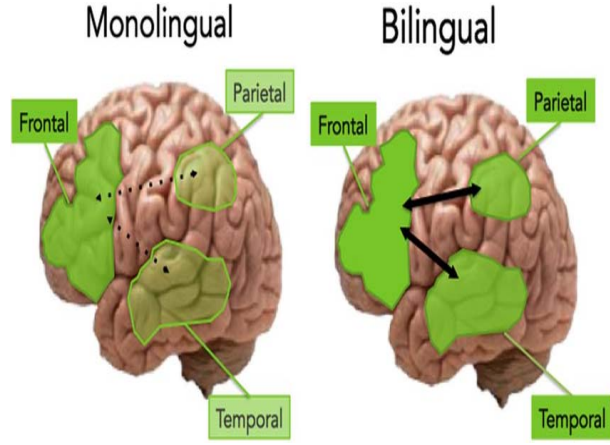
İki dillilik beyaz maddeyi de etkiler. Bu madde, şemada gözlemlendiği gibi, nöronları diğer nöronlara bağlamak için nöronların içinden çıkıp gelen ve ana izdüşümleri olan aksonları kaplayan yağlı bir maddedir. Beyaz madde, mesajların sinir ağları arasından ve beyne doğru hızlı ve verimli bir biçimde iletilmesini gerçekleştirmektedir; başka bir deyişle yol açmaktadır. İki dillilik, insan yaşlandıkça, beyaz maddenin bütünlüğünü desteklemekte ve ilerletmektedir. İnsanın oynaması için daha fazla nöron sağlamakta ve iletişimin en iyi biçimde yerine gelmesi için aralarındaki bağlantıları kuvvetlendirmekte veya muhafaza etmektedir.

Yaşlanma ve iki dillilik arasındaki ilişki tıp alanındaki gelişmeler sayesinde beyin görüntülemeye önemli kanıtlar sunmaktadır. İki dilliliğin yaşlanma ve bilişsel kontrol üzerindeki etkisi nöro-görüntüleme sayesinde belirlenebilmektedir.

Aşağıda tek dilli bir beyin ile iki dilli bir beyinin karşılaştırılması yapılmıştır. Tek dilli beyinin üzerindeki siyah noktalar, soldaki beyin, yaşlanmanın başladığını göstermektedir (bir de parietal/çepersel ve temporal/şakak taraflarındaki). Sağ taraftaki beyinse, iki dili bir insana ait olan bir beyindir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Görüldüğü üzere burada yaşlanma belirtileri henüz görülmemektedir [25].



Şema 2, üç araştırmacıdan (Grant A., Dennis N., Li P., 2014) alınmıştır.

İki dilli olan bir beyinde arka bölgelerin korunmasını göstermektedir (parietal/çepersel ve temporal /şakak korteks dahil). Aynı zamanda bilişsel rezervlere yardımcı olan yan ve arka tarafları arasında bir bağlantılılığın varlığına işaret etmektedir.

Tek dili ve iki dilli yetişkin insanlar üzerine yaptıkları araştırmada yaşam boyu süren iki dilliliğin bilişsel rezervlere katkıda bulunduğunu bildiren başka araştırmacılar da vardır. Mesela; Gold B. T., Nathan F. J., Powell D., K., [26].

İki dilliliğin yararları konusunda sonuçlar ortaya koyan başka bir çalışma Elma Blom, Aylin C. Küntay, Marielle Messer Josje Verhagen, Paul Leseman [27] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmanın bazı sonuçları aşağıda verilmiştir.

- Çalışan bellek görevlerinde engelleme ötesinde iki dilli faydalar bulunur.
- İki dillilik, düşük SES geçmişine sahip ardıl iki dilli çocuklarda çalışma belleğini geliştirir.
- Hem depolama hem de işlemeyi içeren dilden bağımsız çalışan bellek görevlerinde iki dilli faydalar bulunur.
- Daha yüksek iki dilli yeterlilik, daha iyi sözlü çalışma belleği performansı ile ilişkilidir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İki Dilliliğin gerek birey bazında gerekse toplum bazında avantajları ve dezavantajları konusunda bilim

dünyasında ortak bir görüş bulunmamaktadır. Nedeni muhtemelen metodolojik başta olmak üzere deneyde kullanılan denek sayısının az olması, sosyal, siyasal, etnik ve ekonomik sebeplerin de olaya karışma olasılığının bulunmasıdır.

Şunu da söylemek gerekir ki fen bilimlerde bilimsel bir araştırma sonuçları kesin sonuçları ortaya koyabilirken sosyal bilimlerde bu her zaman mümkün olamamaktadır. İşte tam bu yüzden bazı bilim insanları sonuçları istedikleri gibi ortaya koymak isteyebilmektedir. Bunlar genellikle birinci dünya ülkelerinde göçmen karıştırları veya nasyonal düşünceleri ağır basan bilim insanları olarak karşımıza çıkabilmektedirler.

Her şeye rağmen araştırmacıların çoğu avantajların dezavantajlarından daha fazla olduğuyla ilgili deneyler yapmışlar ve önemli sonuçlar elde etmişlerdir. Bunlar arasında yürütücü işlev [28] sırasında avantajın olması, bireylerde üst dil farkındalığının [29] iyi derece gelişmiş olması, fonetik algı [30] düzeyinin çok olumlu olması, bilişsel esneklik [31] payının çok iyi görünmesi, yaratıcı düşünme [32] faaliyetinin üstünlük sağlaması gibi avantajlar sayılabilir.

Bu akademik çalışma, bireysel düzeyde İki Dilliliğin iyi bir bilişsel gelişim sağladığını ortaya çıkarmıştır. Özellikle beyin görüntüleme fMR teknoloji sayesinde iki dilliliğin muazzam yararları bildirilmektedir. Örneğin yönetsel işlevlerin iyi yerine getirilmesi; yaşlanmaya karşı çok faydalı olması; bunama semptomlarının başlamasında (Alzaymır/Alzheimer veya benzeri beyin hastalıkları) gecikme yapması en çok dikkat çeken sonuçlardır. Kısacası, bu araştırma iki dilliliğin kimi dezavantajları bildirilmesine karşın, birey bazında yararlarının çok daha fazla olduğu gerçeğini gözler önüne sermektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Antoniou M., (2019). Annual Review of Linguistics; The Advantages of Bilingualism Debate, The MARCS Institute for Brain, Behavior and Development, Western Sydney University, Penrith, New South Wales 2751, Australia.
- [2] Baker, C. (2007). Foundations of bilingual education and bilingualism. Fourth Edition. Multilingual Matters LTD. UK.
- [3] Kalkan, B. (2014). Benefits of being bilingual in the 21st century. Daily Sabah journal. Retrieved January 11, 2015, from <http://www.dailysabah.com/life/2014/09/10/benefits-of-being-bilingual-in-the-21st-century>.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- [4] Izura C., and Ellis A. W. (2002). Age of acquisition effects in word recognition and production in first and second languages *Psicológica* 23, 245-281)
- [5] Bialystok, E. (2017). The bilingual adaptation: How minds accommodate experience. *Psychological Bulletin*, 143(3), 233–262.
- [6] Rampton, B. (1990) Displacing the "native speaker": Expertise, affiliation and inheritance *ELT Journal*, 44, 97-101
- [7] Karen Barto Muriel Saville-Troike (2016). *Introducing Second Language Acquisition* (Cambridge Introductions to Language and Linguistics)
- [8] Uyar, G. (2012); "İki Dillilik (Bilingualism)", *Dilim*, Ankara Üniversitesi Dilbilim Topluluğu S. 9, Ankara.
- [9] Bloomfield, L. (1933); *Language*, Holt Rinehard and Winston (Edt.), New York.
- [10] Kielhöfer, B.-Jonekeit, S. (1998); *Zweisprachige Kindererziehung*, 10. Auflage, Stauffenburg Verlag, (p.98) Tübingen.
- [11] Hamers, Josiane F.; Blanc, Michel H., *Bilinguality and Bilingualism*, Cambridge University Press, Cambridge UK, 2000, p.6.
- [12] Grosjean, François, *Life with Two Languages-An Introduction to Bilingualism*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts/ London, England 1982, p.35.
- [13] a.g.e.
- [14] Grosjean, F., (1982). *Life with Two Languages-An Introduction to Bilingualism*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts/ London, England
- [15] Crystal, D. (1997a). *Dictionary of Linguistics and Phonetics* (Fourth Edition). Oxford: Blackwell. (ed.) (1997b). *The Cambridge Encyclopedia of Language* (Second Edition). Cambridge: Cambridge University Press.
- [16] Bialystok E, Sullivan MD, ed. 2017. *Studies in Bilingualism*, vol. 53: *Growing Old with Two Languages: Effects of Bilingualism on Cognitive Aging*. Amsterdam: Benjamins.
- [17] Bhatia Tej K.; Ritchie W. C. (2004). *The handbook of bilingualism* Author: Malden, MA : Blackwell Pub.
- [18] Baker C.,(1993). *Foundations of bilingual education and bilingualism*. Academic consultant: Ofelia Garcia. Clevedon (England) & Philadelphia: Multilingual Matters.
- [19] Baker C., Sylvia Prys Jonesc (1998). *Encyclopedia of Bilingualism and Bilingual Education*. Multilingual Matters, 758.
- [20] Kroll, J. F., & de Groot, A. M. B. (2005). Preface and acknowledgements. In J. F. Kroll & A. M. B. Groot (Eds.), *Handbook of bilingualism: Psycholinguistic approaches* (pp. v– vi). New York: Oxford University Press.
- [21] DeKeyser, R. M. (2012). Age effects in second language learning. In S. M. Gass & A. Mackey (Eds.), *The Routledge handbook of second language acquisition* (pp. 442– 460). London: Routledge.
- [22] Lee P. (1996). Cognitive Development in Bilingual Children: A Case for Bilingual Instruction in Early Childhood Education, *The Journal of the National Association for Bilingual Education* Volume 20, 1996 - Issue 3-4
- [23] Diamond J. (2010). The benefits of multilingualism. *Science* 330:332–33.
- [24] Skibba R., (2018). How a second language can boost the brain; Being bilingual benefits children as they learn to speak — and adults as they age in *Knowable Magazine* (retrieved at 7.10.2021 23:45)
- [25] Grant A., Dennis N., Li P., (2014). Cognitive control, cognitive reserve, and memory in the aging bilingual brain in *Frontiers in Psychology* ·
- [26] Gold B. T., Nathan F. J., Powell D., K., (2013). Lifelong bilingualism contributes to cognitive reserve against white matter integrity declines in aging. *Neuropsychologia* Volume 51, Issue 13, November 2013, Pages 2841-2846
- [27] ElmaBlom, Aylin C. Küntay, Marielle Messer Josje Verhagen, Paul Leseman (2014) The benefits of being bilingual: Working memory in bilingual Turkish–Dutch children. *Journal of Experimental Child Psychology* Volume 128, December 2014, Pages 105-119
- [28] Bialystok E, Martin MM. 2004. Attention and inhibition in bilingual children: evidence from the dimensional change card sort task. *Dev. Sci.* 7:325–39
- [29] Cummins J. (1978). Bilingualism and the development of metalinguistic awareness. *J. Cross-Cult. Psychol.* 9:131–49
- [30] Mark Antoniou, Patrick CM Wong (2015). Poor phonetic perceivers are affected by cognitive load

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

when resolving talker variability, The Journal of the Acoustical Society of America.

[31] Adi-Japha E., Jennie Berberich-Artzi Afaf Libnawi (2010). Cognitive Flexibility in Drawings of Bilingual Children, Child Development 81(5):1356-66.

[32] Lee H, Kim KH. (2011). Can speaking more languages enhance your creativity? Relationship between bilingualism and creative potential among Korean American students with multicultural link. Personal. Individ. Differ. 50:1186–90

ATONAL MÜZİĞİN İKİNCİ YENİ ŞİİRİNE ETKİSİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Ferhat Korkmaz*, Zeynelabidin Rüzgar*

* Batman Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü, 72060 BATMAN

* Doktora Öğrencisi, Van YYÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü

e-posta: ferhat.korkmaz@batman.edu.tr; ruzgarmarmara@hotmail.com

Özet: İkinci Yeni, Türk şiirinde önemli bir değişim ve dönüşümü gerçekleştiren bir edebiyat, özeldense şiir hareketidir. Garip hareketinden hemen sonra 1950'li yıllarda ortaya çıkan İkinci Yeni hareketi, Türk şiirinde köklü bir yenilik ortaya koyar, o günden bugüne devam eden kimi edebî tartışmaların ortaya çıkmasını sağlar.

Şiirde ses ve ahenk unsurları şiirin iç ve dış yapısını oluşturan en önemli hususlar arasındadır. İkinci Yeni hareketinin doğuşunda şiir ve müzik ilişkisi tartışılan konuların başında gelmektedir. İkinci Yeni şiiri için anlamsızlık ve kapalılık vurgusu yapılırken bir yandan da şiirde sağlanan müzikalitenin atonal olduğu ileri sürülmektedir. Çalışmamızda İkinci Yeni şairleri ve eleştirmenlerin atonal müzik hususundaki değerlendirmeleri ve atonal müziğe ilişkin unsurların İkinci Yeni şiirine yansımaları üzerinde durulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İkinci Yeni, Atonal Müzik, Şiir

A REVIEW ON THE EFFECT OF ATONAL MUSIC TO THE İKİNCİ YENİ POETRY

Abstract: The İkinci Yeni is a literary movement that has made an important change and transformation in Turkish poetry. The İkinci Yeni movement, which emerged in the 1950s right after the Garip movement, introduces a radical innovation in Turkish poetry and provides the emergence of ongoing debates even today. Sound and harmony elements in poetry are among the most important aspects that make up the inner and outer structure of the poem. In the birth of the İkinci Yeni movement, the relationship between poetry and music is one of the most discussed topics. While emphasizing the meaninglessness and closure for the İkinci Yeni poem, it is often claimed that the musicality provided in the poem is atonal. In our study, the evaluations of the İkinci Yeni poets and critics on atonal music and the reflections of the elements of atonal music on the Second New poetry are emphasized.

Keywords: İkinci Yeni, Atonal Music, Poetry

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞ

Türk şiirinde İkinci Yeni hareketi son derece önemli bir aşamayı ifade etmektedir. Türk şiirinin çağdaş anlamda Batı şiiriyle bir koşutluk kurması büyük ölçüde İkinci Yeni hareketi sayesinde. Hareketin ortaya çıktığı ve geliştiği ilk yıllardan itibaren yoğun bir tartışma zemini bulması, benimsendiği ve yaygınlaştığının en önemli kanıtıdır. Öyle ki İkinci Yeni'nin tartışma ortamına soktuğu poetik meseleler bugünün şiiri açısından da önem arz etmektedir.

Garip şiirinin kanıksanmaya başladığı 1950'li yıllardan başından itibaren kimi belirtileriyle ortaya çıkan İkinci Yeni hareketinin esaslı olarak tartışıldığı yer Pazar Postası adlı yayındır. İkinci Yeni, çağlar boyunca oluşan Türk şiirinde mantıksal çizgiyi ve geleneği bertaraf etmiş; şiirde dil, anlam, gerçeklik bakımından yepyeni görüşler getirmiştir. Garip'in şiirde kırdığı sanatsallık ve yapmacıklık, İkinci Yeni şiirinin mecrasının belirlenmesini sağlamış; ancak Türk şiiri bu yeni hareketle daha ileri taşınmış, modern çizgisine kavuşmuştur.

Yazar ve şairler, 1950'li yılların başından itibaren Birinci Yeni'nin Türk şiirinde önemli bir dönüşümü sergilediği görüşünde birleşmişler ve bazı istisnalar dışında bu hareketin sanat anlayışına uygun eserler ortaya koymuşlardır. Garip'ten sonra belirli bir oluşum sürecine giren İkinci Yeni şiirine kimi eser, dergi ve gazetelerde zamanla örnek sayılabilecek şiirler yayımlanmıştır. 1956 yılının sonlarına doğru ise, İkinci Yeni şiirinin öncü şairleri olan Edip Cansever, İlhan Berk, Cemal Süreya, Sezai Karakoç, Turgut Uyar ve Ece Ayhan'ın poetik görüşleri ışığında, pek çok şair eser vermiştir.

İkinci Yeni ifadesi şüphesiz ki Birinci Yeni'nin ardından gelen yenilik olduğu için kullanılmıştır. Ancak bu ifadeyi, Birinci Yeni yani Garip şiirinin devamı olarak değerlendirmemek gerekir. Bu bağlamda, "İkinci" ifadesi "post" ifadesinin karşılığı olarak yani Postmodernizmin Modernist akımının devamı olmadığı; ancak ondan kaynaklandığı ve sonra geldiği için bu adlandırmayı alması biçiminde değerlendirilmelidir. İkinci Yeni şiiri de Birinci Yeni'nin devamı değil; ondan kaynaklanmış ve sonra gelmiştir.

1950'li yıllarda belirli aralıklarda yayımını sürdürmüş olan Yeditepe, A, Yenilik, Şiir Sanatı ve Seçilmiş Hikâyeler gibi sayfalarını her türlü yeniliğe açmış ve İkinci Yeni poetikasına uygun şiirler yayımlayan dergilerin yanında Pazar Postası'nın İkinci Yeni

hareketinin doğmasında üstlendiği önemli rolden söz etmek gerekmektedir. Özellikle Muzaffer Erdost'un 16 Haziran 1956'dan itibaren Pazar Postası'nda Yazı İşleri Müdürlüğü görevine getirilmesiyle, açıkça İkinci Yeni şiirinden söz edilmeye ve İkinci Yeni'nin Türk edebiyatında uzun seneler boyunca konuşulacak edebî tutumunun nedenleri açıklanmaya başlanmıştır. Her ne kadar, İkinci Yeni şiirinin etrafında toplandığı belli bir yayımın olmadığı yönünde görüşler sarf edilse de hareketin esas yayım organı Pazar Postası'dır. Yukarıda adlarına değindiğimiz dergiler ise, İkinci Yeni hareketine destek olmuştur. Bu anlamıyla Pazar Postası, İkinci Yeni'nin geniş olarak tartışıldığı ve konuşulduğu bir gazete olarak Türk edebiyat tarihindeki yerini almıştır (Korkmaz, 2012: 51-52).

İkinci Yeni şiirinin ortaya çıkışı sırasında üzerinde durulan sanatların başında müzik, resim, sinema ve tiyatro gelmektedir. Pazar Postası'nın sayfaları incelendiğinde, müzik, resim, sinema ve tiyatroya bağımsız bölümlerin ayrıldığı görülecektir. Adını zikrettiğimiz her dört sanatın İkinci Yeni şiirinin üzerinde önemli ölçüde etkileri bulunmaktadır. Bu etkinin bağımsız olarak incelenmesi gerektiği kanaatinden hareketle ortaya koyduğumuz bu çalışmada ise konunun kapsamını daraltmak ve konu üzerinde derinlemesine analiz yapmak açısından atonal müzik bağlamında İkinci Yeni şiiri incelenmiştir. Zira İkinci Yeni şiirinin doğuşu sırasında atonal müzik konusu ile İkinci Yeni şiiri arasında koşutluğun kurulmaya çalışıldığı görülmektedir.

1. İKİNCİ YENİ ŞİİRİNİ BESLEYEN SANAT: MÜZİK

Türk şiirine biçim ve içerik açısından yeni bir alan açan İkinci Yeni hareketi, yarattığı etki bakımından günümüz şiirini dahi etkilemeye devam etmektedir. Kendinden önceki şiir geleneklerinden tamamen farklı, anlamı parçalayıp yeni bir imgesellik kurarak şiiri hapsediği biçimsel yapı ve mantıksal dizgeden kurtarmıştır. İkinci Yeni şiirinde dizinin anlamsal bütünlüğü yerine kelime yerleşmiştir. Şiirdeki bu yeni duyuş ve parçalı yapı, o döneme kadarki şiir için şiirde kaos algısı yaratmıştır: "... önce kendi başlarına farklı yollardan çıkarak, anlaşmaksızın ve birbirlerinden habersizce ortak bir 'başkalık'ta buluştuklarına göre, bu şiirsel değişimi başlangıçta 'ortak bir hareket' olarak ele almak, topluca incelemek mümkün değildir." (Karaca, 2013: 91)

İkinci Yeni şiiri, İkinci Dünya Savaşı'nın Avrupa'da ortaya çıkardığı savaş sonrası sanat ortamının Türkiye'ye yansımaları betimlemektedir. Dünyada

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

gelişen çok sesli yönetim ve açık toplum inancı, İkinci Yeni'nin poetik yaklaşımını da belirlemiştir. Bu hareketin şairlerinin pek çoğu, sinema, resim, eleştiri, müzik gibi farklı alanlarla da ilgilidir. Şairlerin çok sesliliğinin gelişmesini sağlayan bu durum, poetik yazılarından anlaşılmaktadır. Karaca, İkinci Yeni şairlerinin, gerçeğe, akıl ve mantığa, anlama, konu ve öyküye bakışları ile non-figüratif resim anlayışı ile benzerliğinin hemen göze çarptığını, ayrıca İlhan Berk, Cemal Süreya, Ece Ayhan ve Edip Cansever'in resme yakın ilgisi olduğunu ifade eder (Karaca, 2013: 411) İlhan Berk, düşünce yazılarında Picasso, Paul Klee, Max Ernst ve Miro'dan söz eder. Berk'in resimle ilgisi daha çok çağının sanatını anlamak üzerinedir: "İlkokulda, ortaokulda, öğretmen okulunda okurken de öyleydim. Resim üzerine çok şey okudum. Ama bütün bu okumalar resmi şiirin dışında düşünmediğim zamanlar da olmuştur. Beni buna iten resim yapma, resim sevgim değildi. Genel olarak çağının sanatını anlamak özlemiydi." (Cemal Süreya, 1981: 91). Cemal Süreya da yazılarında resim-şiir ilişkisine değinmiştir. Cemal Süreya, Marc Chagall'dan etkilenmiştir. "Üvercinka Dedi ki", "Ressam Kalabalığı", "Cemal Süreya'ya Üç Soru" yazılarında resim şiir ilişkisine değinir. Edip Cansever'in resim albümlerinin olduğunu ve resme ilgi duyduğunu biliyoruz.

İkinci Yeni şairlerinin düşünce dünyasını şekillendiren unsurlardan önemli olanlarından biri de şüphesiz müziktir. Özellikle Ece Ayhan'ın "Ben sanıldığı gibi Şiir'den değil Müzik'ten gelirim, geliyorum. (...) Sözelimi 1953-54'te her pazar İlhan Mimaroglu'nun açıklamalı plak konserlerine bu İzmirli arkadaşlarımla giderdim sabahları." (Aktaran Cemal Süreya, 2002: 168). Demesi dikkat çekmektedir. Ece Ayhan'ın Dipyazılar eserinde de şiirlerinde yapı olarak müzikten faydalandığını söyler. Fakat onu asıl etkileyen atonal müziktir. Cemal Süreya da nesir yazılarında bu konuya değinir: "Günümüzde plastik sanatlardaki, müzikteki genel yönelişlerle yazıdaki gelişimler arasında koşutluklar var mı? İletişim araçlarıyla, siyasayla ortaya çıkan geçici ya da sürekli sürtüşmeler bunları nasıl etkiliyor? Dün nasıldı? Kısacası, kültürün bütün belirtilerini iç içe, hiç değilse yan yana görmeye çalışmak gönülçelen bir uğraş gibi geliyor bana." (Cemal Süreya, 2002: 66) Cemal Süreya'nın kastettiği koşulluk bu türlerin birbirleriyle etkileşim halinde olması yani birbirlerini beslemeleridir. Cemal Süreya, başka bir yazısında da hayatın özü olarak gördüğü şiirin yanında müziğin, bu özü daha da incelttiğini söyler: "Güneşte küçük bir koy var. Biri oraya şavklı mahşer otobüsleriyle gitmişti. O koy, o otobüsler, o şavk hayatın özüdür. Müzik daha da özüdür." (Cemal Süreya, 2002: 233) der. İkinci Yeni şairlerinden Edip

Cansever de bir söyleşisinde şiirde dış ses ve iç sese önem vermek istediğini söyler. İç ses ve dış ses kavramları, şiirin müzikalitesiyle ilgili olarak ele alınabilir. İlhan Berk de yeni şiiri değerlendirirken özden çok sesin önemli olduğunu, şiirdeki müziğin anlamın yerine geçtiğini ve kaba kuvvet olarak gördüğü ham sözün ton, ses ve dizem gibi müzikal unsurlarla konum kazanıp anlamın yerine geçtiğini söyler. (Berk, 1992: 324) Turgut Uyar'ın şiir ve nesirlerinde müzik konusuyla ilintili pek çok husus bulunmaktadır. Uyar, şiirde hikâyeye karşı olduğunu söyler. Bu sözün derinliği ile şiir dilinin daha çok sezdirme amaçlı olması gerektiği sonucu çıkarılabilir. Kemal Bek, Tomris Uyar'ın yayına hazırladığı Şiirde Dün Yok mu Turgut Uyar Üzerine İnceleme eserinde "Turgut Uyar'ın Şiirinde müzik, müziksiz yapamıyor izlenimini verecek ölçüde yoğundur. Sözelimi, 'Doksan iki dosya' diyorsa ('Meymenet Sokağı'na vardım', Dünyanın En Güzel Arabistanı), bunu sayının yarattığı somutluk için olduğu kadar, 'do' müziği uğruna da diyor. Ancak, müziği en önemli anlatım yollarından biri olarak kullandığına dikkat etmek gerekiyor. Örneğin, yinelemeler, müzik getirmenin yanı sıra, salt yineleme oluşlarıyla çok çeşitli anlamlar iletiyor; Turgut Uyar'ın şiirinde başlı başına bir inceleme konusu." (Bek, 1999: 229).

2. ATONAL MÜZİK

Müzik sanatı, 20. yüzyılda iki yönlü bir gelişim göstermiştir. Bunlardan ilki önceki dönemin müziğini geliştirip devam ettirme diğeri ise karşı çıkarak yeni bir yol açma şeklindedir. İkinci yol, atonal müzik tarzıdır. Atonal müzik, var olan müzik sistemine karşı ortaya çıkmıştır. Schönberg'in majör ve minör tonalitelere dayanan armoni sistemine gerek duymayan ilk bestelerini tamamlaması o dönem müziği için bir devrim niteliğindedir. Geçmişle bağları koparma, müziğin belirli bir merkez ve nota armonisini esas alan gelenekten tamamen kopuş şeklindedir. Soyut resimle birlikte gelişen atonal müzikte, sanatçının yorumu ön plandadır. Yorum ön planda olduğu için her sanatçı kendi sesinin peşindedir. Merkezi bir sisteme bağlı olmadan gelişen bu teknik, akorların belirsizlik duygusu yaratan yeni birleşimleri, egzotik diziler ve yoğun kromatik doku, müzikte izlenimci araçlar olarak yer alır (Bulur, 2009: 14-15).

İkinci Dünya Savaşı'nda sonraki dönemde müzik, yeni bir duyula yeniden yorumlanır. Bu alanda kullanılan yeni kavram, kelime ve dil, bir tür farklılığı ortaya koyar. Ebru Bulur bu dönem müziğinin özelliklerini "Yarım ton olmayan perdeler, geleneksel olmayan tınılar ya da yeni tını kaynakları ve geleneksel materyallerin farklı kullanımı, kuvvetli

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

mikroritmik kalıpların kullanımı ve geleneksel olmayan notasyon” (Bulur, 2009: 11) şeklinde ele alır.

Çok sesli, bireyselliği öne çıkaran, ortak bir merkezden hareketle eser vücuda getirmeyen atonal müzik, Sembolist şairlerden duyuş bakımından, Ekspresyonist ressamlardan soyut imgeler ve dolayısıyla da anlamın, alıcı tarafından zihinde yorumlanması bakımından Ekspresyonizmden aynı zamanda Freud’un insan derinliğini ortaya koyduğu Psikanalitik kuramdan hareketle çeşitli bakımlardan sanatlarını besledikleri söylenebilir. Bunun yanı sıra yüzyılın başlarından itibaren edebiyatta ve sanatın diğer türlerinde merkeze alınan bütünlüklü insan portresi yerine parçalanmış, kimi zaman hastalık derecesinde takıntılı, eksik, zafiyet gösteren yeni insan tipinin odak alınması da dönemin sanat ruhuna uygun, merkeziyetten uzak olan bu anlayışı beslemiştir.

Atonal müziğin önemli bir yanı da esere, çok yönlü anlaşılma ve değerlendirme imkânı tanınmasıdır. Sanatın alışılmış kalıpları kırılarak yeni bir mecrada akışı, ona farklı bir görünüm kazandırır. Umberto Eco bu hususu şöyle açıklamaktadır: “...cok-anlamlılık (plurivocite) değeri kendisini belirginleştiren biçimleri belirginleştirir; öyle ki, bunların estetiksel başarısı ancak ona gönderme yapma yoluyla tadılabilir, değerlendirilebilir ve açıklanabilir. Başka bir deyişle, atonal bir kompozisyon, tonal dilbilgisinin kapalı ilişkileri karşısında bir çeşit “açılış”ı gerçekleştirmeyi düşünmüş olduğu göz önünde tutulmaksızın değerlendirilemez: Ve bu kompozisyon bunu başarabilirse ancak geçerli olur.” (Eco, 1992: 58).

3. ATONAL MÜZİĞİN İKİNCİ YENİ ŞİİRİNE ETKİSİ

Türk edebiyatında şiir-müzik ilişkisi, daha çok şairlerin şiirde yarattıkları iç ve dış ahengin bütünlüklü yapısı için kullanılmıştır. Ahmet Haşim, Sembolizmin etkisiyle, şiirde kullanılan kelimelerin bir mana oluşturmaktan ziyade müziğin yarattığı etkiye benzeyen bir his yaratma durumuna dikkat çeker ve şiirin sözden ziyade musikiye yakın olması gerektiğini ifade eder. Dolayısıyla anlamın yerine sesi tercih eder. Yahya Kemal’de ahenk ve ses unsurlarının birleşimiyle birlikte kullanılan sözcüklerin, dizelerin musikisini bozmayacak şekilde kullanılması oluşturur. Bundan dolayı Tanrı’dan kendisine bir ses yaratan kudreti vermesini ister. Nazım Hikmet’te ise bu ses daha çok tabiatın dış sesidir. Haykıran insan seslerine tabiatın ve kimi zaman makine çarklarının sesi karışır. Şiirin müzikalitesini gerçek dünyanın sesleri sağlar.

1950’li yılların ortalarından itibaren Türk şiirini, yeni bir varoluş ortaya koyarak kuran İkinci Yeni hareketinin beslendiği kaynaklardan biri de Batı

kaynaklı bir müzik olan atonal müziktir. İkinci Yeni şiirini poetik yönüyle atonal müzik bağlamında değerlendirmek mümkündür. Bu konu hakkında çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır. Fakat bu değerlendirmelerde İkinci Yeni şiiriyle atonal müzik arasında ilişki kurulmakla birlikte bu ilişkinin şiirsen düzlemdeki yansımaları genellikle göz ardı edilmiştir. Ece Ayhan “Ayağa Kalkarak ‘İkinci Yeni’ Akımı” yazısında kendi şiiriyle atonal müziği ilişkilendirir fakat bu ilişkinin nasıl olduğunu açıklamaz. (Ece Ayhan, 1999: 59-60). İkinci Yeni ile atonal müzik arasındaki paralelizmi yalnız aykırı olması yönüyle değerlendirmek gerekir. Hüseyin Cöntürk “Yeni Şiir ve Yeni Müzik” yazısında atonal müziğin “beklenmedik şekilde hava değiştirme”, “birden askıda kalma” ve “bir yola alışmadan başka bir yola atılma” şeklinde açıklar. Bu müzikler karşısında ise hissedilen duygunun çoğunlukla “anlamsızlık” olduğunu ve “bazı yeni şiirler karşısında da duygusal durumumuzun böyle olduğu”nu ifade eder. (Cöntürk, 1960:75) Cöntürk’ün İkinci Yeni şiiriyle atonal müziği bağdaştırdığı nokta, Asım Bezirci’nin de ifade ettiği İkinci Yeni şiirinin anlamsız bulunması yönüyledir. Fakat aynı zamanda bu müziğin “aykırı” bir müzik olduğunu da belirtir. Bu yapının hem İkinci Yeni’de hem de atonal müzikte ortak olduğunu söyler. Bu ortak yapıların özelliğinin ise alışılmışın dışına çıkarak dinleyici veya okuyucuda bir çeşit “yadırgatma” ve “aykırılık” duygusunu uyandırmasıdır (Cöntürk, 1960: 75-80). Cöntürk’ün burada kullandığı “yadırgatma” ve “aykırılık” kavramlarıyla Rus Biçimcilerinin “yabancılaştırma” kavramı arasında bir paralellik vardır. “Yabancılaştırma” kavramı, temelde var olan bir yapıyı değiştirip farklılaştırarak bir nevi şok hissi uyandırıp alışılmışın dışına çıkarma ve bu yolla dikkati üzerine çekmektir. Bu yolla sanat eseri alışılmışı kırarak odak noktası olur. Fakat İkinci Yeni şiiri sadece bu yönüyle değil çeşitli yönlerden atonal müzikle benzer özellikler gösterir.

3.1. ÇOK SESLİLİK BAĞLAMINDA ŞİİR

Atonal müziğin özelliklerinden biri olarak kabul edilen ve çeşitli müzik enstrümanlarının müzik parçasının içerisinde kendi seslerini kaybetmeden kimi zaman da tek bir enstrümanın alışılmış tonal ahengin ritmik bütünlüğünü bozacak şekilde ön plana çıkması, tonal müzik yapısını bozan bir işleyiştir. Bu müzik yapısında her enstrüman kendi özellikleriyle vardır. Burada amaç, bütün oluşturmaktan ziyade parçalı, bölünmüş bir yapı olarak ortaya çıkmaktır.

Atonal müziğin birleşimden yoksun parçalanmış bütünlüğüyle İkinci Yeni hareketi arasında bir koşutluk vardır. İkinci Yeni’nin ortaya çıkışı, bir akımdan ziyade hareket olarak algılanışı, ortak bir

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

poetik anlaşma olmadan, kendilerine ait belirli bir yayın organı olmadan, bir gruplaşmadan ziyade (Dikkat edilirse İkinci Yeni için grup ifadesi pek kullanılmaz) bireysel poetik anlayışların ön plana çıktığı ve çok sesliliğin hâkim olduğu bir yapıdır. Oysa kendi dönemlerinden hemen önce ortaya çıkan Garip akımı şairleri, kendi poetik anlayışlarını ortaya koymak için ortak yayın çıkarırlar. Bunun yanı sıra Maviciler olarak bilinen grup Mavi dergisi etrafında, Hisar topluluğu da Hisar dergisi etrafında ortak bir edebi anlayış çerçevesinde bir araya gelirler. Bireysel duyusun önem kazanması, dönemin ruhuna modernizmin getirdiği bir uygun olma hali olmakla birlikte bu etkinin İkinci Yeni hareketine etkisinin atonal müzik yoluyla olduğu söylenebilir. Çünkü Batı sanatını eş zamanlı olarak yakından takip eden hareket üyeleri aynı zamanda İkinci Dünya Savaşı'ndan tekrar yaygınlaşmaya başlayan atonal müziği de tanımışlardır. Özellikle Ece Ayhan, kendi şiiriyle atonal müzik unsurlarının benzer olduğunu dile getirmiştir. Bu hususta Alaattin Karaca (2013), Ece Ayhan'ın İkinci Yeni şiiri içinde müzikten en çok yararlanan ve şiir-müzik ilişkisini kuran şair olduğunu dile getirmektedir (s.418).

Dolayısıyla İkinci Yeni içerisinde yer alan her şairin kendi sesinin peşine düşüp bunu sözün musikisi bağlamında ön plana çıkarması atonal müzik konusunun tartışılmasını sağlamıştır.

3.2. KURALLARI YIKMA VE YENİ BİR ŞİİR DİLİ YARATMA

Türk edebiyatının temelde beslendiği kaynaklar divan ve halk şiiri gelenekleridir. Bu iki gelenek, yüz yıllarca Türk şiirini şekil ve içerik bakımından beslemiştir. Batı etkisinin başladığı Tanzimat döneminde, şekilsel olarak devam eden gelenek, içerik bakımından değişimlere uğrar. Divan şiiri biçimleri kullanılmakla birlikte içerikte çeşitli yenilikler yapılmıştır. Servet-i Fünun döneminde ise Batı edebiyatından alınma yeni şekiller kullanılmakla birlikte içerik bakımından eski geleneğin devamı sayılabilecek bir şiir dili kullanılmıştır. Aynı durum Fecr-i Ati Topluluğu için de geçerli olmuştur. Milli Edebiyat dönemi ve Cumhuriyet döneminde ise milli şiir geleneği sayılan halk edebiyatı geleneği sürdürülmüştür. Cumhuriyet döneminde şiirde, zihinsel kopuşun önemli örneklerini Nazım Hikmet verir. Nazım Hikmet'in şiirleri, şekil ve içerik bakımından iki şiir geleneğimizden de farklıdır. O dönemde yaygınlaşmaya başlayan fütürist akımın yarattığı terminoloji ve fikrîsel bağlamda da beslendiği Rus şair Mayakovski etkisi vardır. Gerçi onun şiiri ses tonu bakımından Halk şiiri- özellikle varsağı- özellikleri gösterse de "Putları Yıkıyoruz" diyerek eski şiir geleneğine karşı tutumunu ortaya

koyar. Fakat şiirde asıl yıkıcı, yol açıcı hamleyi Garip hareketi yapar. O döneme kadarki tüm şiir anlayışlarını yıkarak şiiri, hapsoldüğü şekli yapıdan kurtarır. O dönem içerisinde çokça eleştirilen bu tutum şiire ayrıca yeni bir yol açma bağlamında önemli bir görev yüklenmiştir. Fakat şiir bağlamında o döneme kadarki en büyük değişim, İkinci Yeni ile olur. İkinci Yeni, yeni bir şiir dilini öne sürer. Anlamı dizeden koparıp alışılmış imgeleri de yıkarak anlamın rastlantısal şekilde ortaya çıktığı bir şiir yaratmıştır. Bu hususta Alaattin Karaca, şunları dile getirmektedir: "... verili şiire, verili dile, verili gerçeğe, verili düşünceye, verili tarihe, verili imgeleme, alışılmış kavrayış biçimine ve 'algı ortalaması'na başkaldırmışlardır. Bu başkaldırının özünde, kendilerinden önceki egemen şiir anlayışlarına; dolayısıyla egemen politikanın Tanzimat'tan sonra kültürü ve doğal olarak şiiri, kendilerine uygun bir tarzda biçimlendirmesine de bir tepki vardır." (Karaca, 2013: 193) İkinci Yeni'nin yarattığı bu yeni şiir dilinde eskinin daha çok iki yönlü şiir dünyasına da bir karşı çıkış vardır. Eski şiir dilinin mesaj yüklü duygusalılığıyla ahenkli söylemi birleştiren yapısına karşı İkinci Yeni'nin anlamsızlık derecesine varan söylemiyle geleneksel mantık dizimini bozan, dili adeta mesaj ileten araç olmaktan çıkarıp bir araca dönüştüren yapısı arasındaki farklar o dönem için bir uçurum yaratmıştır. Bu durum, İkinci Yeni şairleri için kendilerinden önceki şiir geleneklerine basit bir karşı çıkış değildir. Onlar geleneği reddetmez. Hatta Sezai Karakoç, yeni bir duyula gelenekten beslenen biridir. İlhan Berk ve Turgut Uyar şiir kitaplarına geleneksel şiir şekilleri isimlerini vermişlerdir. Edip Cansever, arkalarında büyük bir şiir geleneğinin olduğunu söyler. Cemal Süreya, iyi bir şairin kendinden önceki şiir geleneklerini bilmesi gerektiğini söyler fakat o geleneğe bağlı kalarak çerçeve dışına çıkmadan şiir yazmanın da bir kısır döngü olduğu kanısındadır.

İkinci Yeni şiiriyle kuralları yıkma bağlamında benzer özellik gösteren atonal müzik, klasik dönemden beri var olagelmiş tonal müziğin kurallarını yıkarak müziğe yeni bir alan açar. 12 ton müzik olarak da tanımlanan atonalite ile o döneme kadar birbiriyle uyumsuz görünen sesler, perdeler kullanılarak, müzikte yeni bir ritmik düzen oluşturulmak istenmiştir. Dolayısıyla gelenekselden tam bir kopuş ve alışılmış müzik düzenine bir başkaldırı söz konusudur. Schönberg'in alışılmışın dışındaki müziği melodik sürprizlerle doludur. Klasik dinleyici, anlamak için çaba harcamalıdır (Rosen, 1975: 298-327). İkinci Yeni şiirinde görülen dilsel sapmalar bu yönüyle değerlendirilebilir.

3.2.1. DİLSEL KURALLARIN YIKILMASI

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

İkinci Yeni, kendinden önceki şiir dilini yıkan bu yolla şiir evrenini değiştiren, yeni bir algıyla düşünceyi geliştiren hem yıkıcı yani kaos yaratan hem de yeni bir düzenleyiş getiren bir şiir hareketi olarak önce alışılmış dil mantığına saldırır. Dolayısıyla yeni bir algılama, düşünce biçimi yaratmak için dilin olanakları sonuna kadar zorlanır. İkinci Yeni'nin kullandığı alışılmamış dilsel sapmalardan dolayı onu anlaşılabilirlikle itham eden Asım Bezirci bu şiiri "Değiştirim, Karıştırım, Özgür Çağırışım, Soyutlama, Anlamsızlık, Us Dışına Çıkma, Güç Anlaşılma, Okurdan Uzaklaşma" gibi başlıklar altında açıklamıştır (Bezirci, 1974). İkinci Yeni şairleri de yazılarında, bilinçli olarak yeni bir şiir dili yarattıklarını ifade eder. İlhan Berk, Galile Denizi'nde bilerek dili bozmak istediğini; Cemal Süreya'nın yeni bir şiir dili oluşturup, dilde yangınlar yaratmak amacıyla olduğunu; Ece Ayhan'ın dili, grameri, sentaksı değiştirdiklerini söylemesi, Edip Cansever'in de şiire yeni olanaklar getirmek amacıyla şiir dilini değiştirdiklerini söylemesi esas itibarıyla yeni şiir dilinin en önemli hususudur.

İkinci Yeni'nin dilde yaptıkları bu dezenformasyonu atonal müzik alanında beste yapan müzisyenler de yapmışlardır. Bulur, çalışmasında bu durumu "Asimetrik, değişikliğe uğramış ritimler, pürüzlü ve karmaşık melodik çizgilerle tını, armoni ve kontrpuandan ayrı olarak, başlı başına önem kazanmış; karmaşık ritmik stiller geliştirmişlerdir." (Bulur, 2009: 2) İfadelerini kullanır. Öznelliğin, kişisel duyusun ön plana çıktığı bu dönemde, sanat türlerinin kaçınılmaz şekilde birbirlerini etkiledikleri söylenebilir. Dolayısıyla İkinci Yeni'nin ile atonal müzik arasında bu açıdan önemli ölçüde paralellikler kurulabilir.

3.2.2. ALIŞILMAMIŞ BAĞDAŞTIRMALAR YOLUYLA ALIŞILMIŞ MANTIK KURALLARININ YIKILMASI

Şiir dili, çağrışımsal değeri olan kelimelerle kurulu bir yapıdır. Edebiyatın daha özeldede de şiirin temel özelliklerinden biri, mantıktan ziyade duyguya hitap ederek insanda his uyandırmaktır. Bunu yaparken günlük dilin sıradanlaşmış ifadeleriyle değil, dilin anlam katmanları arasında değişik ilgiler bulup bunları söz öbekleriyle etkili bir biçimde bir araya getirmesiyle mümkün kılar. Bu söz öbekleri, insan zihninin derinliklerinde nesnelere arasında kurulan bağlantıların birer sonucudur. Bu bağlantılar çoğu zaman bölündüklerinde birbirleriyle ilgisiz ve mantık dışı gibi görünseler de his ve hayal yaratmada bir nakış gibi güzellik duygusu uyandırır. Sürrealistler, sanatı aklın ürünü olmaktan ziyade bilinçaltının bir yansıması olarak görürler. Ekspresyonistler de bu sebeple öznelliği ön plana koyarlar. Dolayısıyla sanat,

hem öznel duygular hem de bilinçaltının bir yansımasıdır. Bundan dolayı da eserlerde bireysel görüntülerin çağrışımsal bir dille aktarılması kaçınılmazdır. Bu dönemde Sürrealizm ve ekspresyonizm edebi akımları hem atonal müziği hem de şiiri etkilemiştir. Alışılmamış çağrışımsal ifadelerin İkinci Yeni şiirine yansımada hem bu akımların sanatta yansımaları hem de atonal müziğin etkisiyle olduğu görülür:

"Bakıyorum Amerikan bir gök sıkılıyorrum kalkıyorum" (Berk, 2003:243)

"Çok oldu, bir akşam beni sıkıverdi etin türküsü" (Berk, 2003:244)

"Gökyüzüydünüz İngiliz akşamıma" (Berk, 2003:265)

"İşte A,D,Z, saçın gecesi" (Berk, 2003:273)

"Kıl çadırlarımızı söker artık yalnız ağzının yangınına dururum/

Düşer krallar." (Berk, 2003:274)

"Çingene kızları denizi dört ucundan tutup getirdiler" (Berk, 2003:226)

Cemal Süreya

"Gülün tam ortasında ağlıyorum" (Cemal Süreya, 2004:12)

"Bir yanda Sirkeci'nin tiren dolu kadınları (Cemal Süreya, 2004:25)

"Kırmızı bir kuştur soluğum" (Cemal Süreya, 2004:11)

"Kırmızı bir at oluyor soluğum" (Cemal Süreya, 2004:11)

"Güneşin linç edildiği bir akşam" (Cemal Süreya, 2004:37)

"Gözü bağlı bir leylak kokusu ovadan" (Cemal Süreya, 2004:84)

"Sonra o gider sesini yıkardı" (Cemal Süreya, 2004:59)

"Köpekler gizli bir dağı havlar" (Cemal Süreya, 2004:68)

"Saatler yağmuru gösteriyor"(Cemal Süreya, 2004:69)

"Ve denizin gişesinde oturan kısa boylu saat kulesi" (Cemal Süreya, 2004:100)

"Gözlerimiz bozuluyor kanımızın gürültüsünden" (Cemal Süreya, 2004:75)

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

“Lacivert bir çingiraktır ölüm” (Cemal Süreya, 2004:107)

“Biber ki yasa dışı önderidir sebzelerin” (Cemal Süreya, 2004:148)

“Saat Çini vurdu birden; p i r i n ç ç ç”

Ben gittim bembeyaz uykusuzluktan

Kibrit çak masmavi yanardı sesin

Ormanlara ormanlara yüzünün sesi

En gizli kelimeleri akıttırdı ağzıma” (Cemal Süreya, 2004:48)

(...)

Ece Ayhan

“Haykırarak süslüyor bir tahtirevan’ı, karartılmış

“Babadan doğma bir çıplaklık”

(...)

böğürtlen lekeli bir güvercin

uçurlarken görürseniz

galata’dan

leğen denizlere doğru. (Ece Ayhan, 1982: 71)

“Merhaba diyoruz ölü teyzelerimize çocuklar” (Ece Ayhan, 1982: 133)

“Yüzüklerinde altın parmaklar takılıymış ve” (Ece Ayhan, 1982: 133)

“Çın çın ötüyor balıklar” (Cansever, 2003: 29)

“Güneş bir pazartesi olarak mı duruyor burnunuzda” (Cansever, 2003: 36)

“Üstelik beni sevmek haşlanmış pirinçleri beyazlatır Günaydın” (Cansever, 2003: 23)

Sizi görmüyor muyum dikkat! trenlere çikolata yediriyorum(Cansever, 2003: 23)

Turgut Uyar

“Çöl olmasa, en dişi kavunlar olmasa” (Uyar, 2011: 189)

“O yorgun ve tükenmez merdivenler saatinde” (Uyar, 2011: 192)

“Ev adamları lâtince sulara başladığı zaman” (Uyar, 2011: 196)

“bir ot sesinden, bir at akşamından” (Uyar, 2011: 205)

“Dizlerimiz suların akıyordu” (Uyar, 2011: 192)

“Katlanılmaz bir uykunun sonunu kesip biçtiler” (Uyar, 2011: 223)

“yakalım karanlığın kıllarını” (Uyar, 2011: 209)

“Büyük ölümün azı dişleri takırdar uzakta” (Uyar, 2011: 209)

“Kokusu bütün kokusu kaşındırır balkonları” (Uyar, 2011: 209).

3.3. ŞİİRİN DEĞİŞEN DIŞ GÖRÜNTÜSÜ: AMORF ŞİİR

Şiiri oluşturan dizelerin büyük boşluklar bırakma, şiirin görüntüsünün çeşitli yollarla müzik notaları veya resim sanatına özgü şekilsel dizaynlarla oluşturulması İkinci Yeni şiirinde görülen bir özelliktir:

Bir yerdeyim Ceneviz eskimiş

Denizin Safalarında enuzak yosunları aralıyorum

Gecesafranlarımı, suikindilerimi açıyorum. Seni

görmemiştin işte çıplaktık.

karanlıktı.

K

L

R

A

A

K

L

A

Ç

S

O C U K (Berk, 2003:297)

Yine İlhan Berk’in şiirinde harf dışında sembol olarak Σ’yi kullanması ve şekilsel sapma yaparak şiiri alışılan biçimden koparması şiire yeni bir bakış açısı getirmiştir.

“sevdim bir uzak

...

Σ’den gelerek sana,

giderek seni/” (Berk, 2003:299)

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

İlhan Berk'in "Çarık" şiirinde de buna benzer biçimsel sapma örneği vardır. Dikey bir sütun şeklini almıştır.

"Bir elma koçanını kemiriyordu

Önümüze ilk çıkan adama

Tutup güldük

Alman mı

Dedik

Kaç

Dedi

Beş

Dedik" (Berk, 2003:121)

İlhan Berk'in bir diğer şiiri de "Keçi Yolu" dur bu şiiri de dik bir keçi yolu şeklinde ya da dik bir merdiven şeklinde tasarlamıştır:

"Keçi yoluyum

Sana

tam

a

k

ş

a

m

o

l

u

r

k

e

n" (Berk, 2003:1411)

Başka bir şiiri de "Çok Yaşasın Sayılar, I," şiirinde yapar. Bir rakamı için bire benzeyen şekilsel bir hat veya dik bir merdiven şeklinde gösterir:

"Yalnız 1. bir o hırslı, böndür.

"Aklınca her şeyi sıraya koyar.

Gene yalnız o biçim yoksunudur:

Yukardan

aşağıya

doğru

u

z

a

n

m

a

k

t

a

n"

(Berk, 2003:1303)

"Çok Yaşasın Sayılar, I," şiirinde bu kez sıfır için gökten yere doğru yataylaşan bir merdiven s

1

f

1

r

1

n

y

u

t

a

n

b

i

r

s

a

y

1

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

o
l
d
u
ğ
u
n
u
o
k
u
d
u

m (Berk, 2003:1313)

şeklinde oluşturur:

Berk'in bunun dışında "Boğaziçi" şiirinde bahsettiği bir ölünün mezar taşına yazılmış gibi duran şiirini mezar taşı şeklinde, "Bir Gayya Kuyusu şiirini piyale şeklinde yazdığı ayrıca kimi rakam ve harfler üstüne yazdığı şiirlerinde de harf ve rakamları şiirlerinde birer resim gibi kullandığı da görülür.

Cemal Süreya'nın "Mübeccel İzmirli" şiirinde görsel sapma olarak son sözcüklerin bodrum katına inen merdiven şeklinde düzenlenişi, biçimsel görüntü olarak şiir-resim ilişkisi şeklinde değerlendirilebilir:

Sularda değil o aradığınızı

Bodrumlarda

bodrumlarda

bodrumlarda!" (Cemal Süreya, 2004: 181)

Cemal Süreya, "Striptiz" şiirini müzik notaları şeklinde yukarıdan aşağıya düzenler:

"Usul usul giyinir

Sabahları evinde

İşte do, sonra sırasıyla

re

mi

fa

sol

la" (Cemal Süreya, 2004: 156)

3.4. SESSEL DÖNÜŞTÜRÜM

İkinci Yeni şiirinin önemli özelliklerinden biri de sesli dönüşümün örneklerini sunmasıdır. Bu dönüşüm, sözcüğün yazımından ziyade öznenin psikolojik durumunun belirlediği işitme şeklinde gerçekleştirilir. Sesli dönüşümde, anlam silikleştirilmek istenmektedir. Sesli dönüşüme Ece Ayhan ve Turgut Uyar'dan örnekler sunulabilir:

"Dirim kısa/ ölüm uzundur cehennette/ herhal abiler" (Ece Ayhan, 1982: 15)

"Kendini doğuruyordu bir cinaedi. Dimdoğru." (Ece Ayhan, 1982: 70)

"Topağacıdan apartmanlarda odası bulunmaz" (Ece Ayhan, 1982: 17) (Apartman ve han kelimelerinin birleştirilmesiyle)

"Düzgün sürmüş güzeligeliş (Ayhan, 1982: 69)

"Çürüğe çıkarılacak bir tümce; Saçları kurşun ağırlıklı (Ayhan, 1982: 45)

"Ustangul Türkçesi" (Ece Ayhan, 1982: 45)

"36 sularının bir bâbil'den bir piçi miyop bir oğlanı" (Ece Ayhan, 1982: 4123)

"Aksi şeytan! Sivil Şiir'in öncülerinden sayılan ve pirimiz Şeyh Galip civan ne var yanaklı yeniyetmeliğinde, şıkırdım ve benli arkadaşlarıyla Konya'ya kaçmıştır." (Ece Ayhan, 2008: 237) (Çıtkırıldım ve şıkırdım kelimelerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuştur)

"Yüzükuyulu çevrilirse sırtında daha büyük bir yara görülür. Raspop kafasıyla porne türevleri." (Ece Ayhan, 2008: 103) (Yüzü koyun ve kuyu kelimelerinin birleştirilmesiyle)

"Değimsiz bir öğrenciydi, eprimeyecek dudu. Ayakyazısından leh ovasında dolaştırılacaktır alırdı." (Ece Ayhan, 2008: 113)

"Böylesi haftalık resimler görür ve bacaklanır abiler" (Argo bir ifade olan cinsel organ yerine kullanılan orta bacak ifadesiyle ayaklanmak kelimesinin birleştirilmesiyle)

"Medrese 'gözetimevi'ndeki sanıklar, mahkûmlar ve deliler bir gece yarısı kimseye belli etmeden 'atlı'

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

tarmvaylarla bir gece yarısı Taşkasap'dan Şişli'ye taşınmıştır.” (Ece Ayhan, 2008: 198)

(Gözlem evi sözcüğünün örneklenmesiyle oluşturulmuştur).

“toprağa aksınlar dediği. Bu karanslak bir şeydi...” (Uyar, 2011: 211)

“O zaman bütün İstanbulistan Vizansiyadan kalan sarıdaydı

Vizansiyanın rengi eski bir yapraktır. (Uyar, 2011: 207)

3.5. ŞİİRİN DEĞİŞEN RİTMİ: KADANS

Kadans (Cadance) ifadesi Batı edebiyat eleştirisinde kullanılan bir terimdir. Türkçeye “ton değişimi” olarak çevirebileceğimiz bu kavram, şiirde veya nesirde ifadenin düşen ve yükselen ritim özelliklerini ifade eder. “Sözün yükselen ve düşen ritmi, özellikle de serbest şiir veya nesirdeki birbiriyle dengeli ifadelerin yükselen ve düşen ritmi demektir. Bir ifade veya cümlenin sonunda vuku bulan ses perdesindeki yükseliş veya düşüşe de kadans denir. Kadans, söyleyiş sırasında ses perdesindeki yükselme veya düşmelerin eşliğinde tekerrür eden vurgulama veya vurgu düşmeleriyle ilişkilidir ve bunu, vezinli bir şiirdeki tam veya düzenli ritimlerle karıştırmamak gerekir. Serbest şiirde ve nesirde ritim, büyük ölçüde kadans dediğimiz bu vurgudaki yükselme ve düşmelerin tekerrüründen doğar.” (Huyugüzel, 2019: 257).

İkinci Yeni şiirinin atonal müzik konusunda en dikkate değer bağlantısı şiirin ritmik oluşumudur. Şiirdeki seslerin uyum oluşturacak biçimde işlenişi, belli aralıklarla düzenli olarak tekrarlanan birtakım ses olayları sayesinde. Şiir, başlangıcından sonuna kadar o ritim üzerine inşa edilir. Lirik tarzda yazılan şiirde genel ritim havası, sessiz, yavaş ve küçük adımlarla ilerlerken epik şiirin ritmi çoğu zaman baştan sona kadar yüksek bir ses perdesiyle ilerler. Fakat İkinci Yeni şiirinde bu tekdüze ritmi bozan şiir örnekleri vücuda getirilir. Şiirin dramatik örgüsü içinde değişen duygu durumları yükselen ve alçalan ritim özellikleriyle sunulur. Şiirdeki duyguların birbiriyle olan ilintisizliği seslerin oluşum dizgesine de yandır. Coşkulu bir sevinç, şiirde zaman zaman aniden yerini hüzne bırakır. Atonal müziğin yapısıyla uygunluk arz eden bu durum, İkinci Yeni şiirine anlamsal ve ritimsel bir genişlik sağlar. Cemal Süreya'nın “Üvercinka” şiirindeki şu dizeleri örnek olarak sunabiliriz:

“Böylece bir kere daha boynunlayız sayılı yerlerinden

En uzun boynun bu senin dayanmaya ya da umudu kesmemeye

Laleli'den dünyaya doğru giden bir tramvaydayız”

Şiirin başlangıcında yer alan bu dizelerde şiirin ritmi, alışılmış, heyecansız, yumuşak bir tonda ilerlerken sonra gelen dördüncü dize ritmi aniden yükseltip doruğa çıkarır:

“Birden nasıl oluyor sen yüreğime elliyorsun”

Şiirin ilk bölümünün en yüksek tonda söylenmiş dizesidir. Ani bir oluş ve verilen refleksif yüksek bir tepkiye benzeyen bir havası vardır.

Sonraki bölüm doruğa yükselen ritim, süzüle süzüle aşağı iner.

“Ama nasıl oluyor sen yüreğime eller ellemez

Sevişmek bir daha yürürlüğe giriyor

Bütün kara parçalarında

Afrika dahil”

Şiirin, aşağı düşen ritmi yeni bölümün başlangıcındaki iki dizeyle tekrar yükseltilir:

“Aydınca düşünmeyi iyi biliyorsun eksik olma

Yataкта yatmayı bildiğin kadar”

Üçüncü dize ise, şiirin ikinci bölümündeki en yüksek tondaki dizesidir:

“Sayın Tanrıya kalırsa seninle yatmak günah, daha neler”

Biraz itiraz, biraz hiddet, biraz karşı koyma tonundaki yükselişle, doruğa çıkan ritim sonraki dizede dibe iner:

“Boşunaymış gibi bunca uzaması saçlarının”

Fakat şair, yere düşen ritmi yeniden göğe çıkarır birden:

“Ben böyle canlı saç görmedim ömrümde”

İçinde şaşkınlık ve hayranlığın verdiği bir heyecanla yeniden ayağa kaldırır şiirin tonunu.

Fakat devam eden dizeler yine ritmi dibe kadar indirir:

“Her telinin içinde bir kalp çarpıyor

Bütün kara parçaları için

Afrika dahil”

(Cemal Süreya, 2004:38)

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Şiirin devam eden bölümlerinde, buna benzer yükseliş ve alçalışlarla ritim, sürekli olarak değişir. Düşen ritim birden yükseltilir, yükselen ritim birden düşer. İçinde şaşkınlık, hayret, kabullenme ve red gibi duygusal tepkilere karşılık gelen ani yükseliş ve alçalışlar tonun değişimiyle görünür kılınır.

Ece Ayhan'ın "Mor Külhanı" şiirinde de buna benzer bir durum vardır:

"1. Şiirimiz karadır abiler

Kendi kendine çalan bir davul zurna

Sesini duyunca kendi kendine güreşmeye başlayan

Taşınır mal helalarında kara kamunun

Şeye dar pantolonlu kostak delikanlıların şiiridir

Aşk örgütlenmektir bir düşünün abiler

2. Şiirimiz her işi yapar abiler

Valde Atık'de Eski Şair Çıkmazı'nda oturur

Saçları bir sözle örülür bir sözle çözülür

Kötü caddeye düşmüş bir tazenin yakın mezarlıkta

Saatlerini çıkarmış yedi dala gerilmesinin şiiridir

Dirim kısa ölüm uzundur cehennette herhal abiler"
(Ece Ayhan, 1982: 15)

Şiirin 1 ve 2 olarak ayrılan kısımlarında 1'in ve 2' nin ilk dizeleri ve son dizeleri yüksek perdeden bir seslenme geri kalan kısımları ise normal şiirsel akışında devam etmektedir. Şiirin devam eden 3, 4, 5 ve 6. kısımları da aynı 1 ve 2'deki akış gibi devam etmektedir. Ece Ayhan'ın "Kendi Kendinin Terzisi Bir Kambur" şiirinde de şiir içinde seslenmelerin olduğu kısımlar yüksek, geri kalan kısımlar ise düşük bir ritimle ilerler

E dip Cansever'in "Yangın" şiirinde ritmin bu şekilde değişimi görülür:

"Dışarı çıkıyorsanız dikkat! çiçeklerle karşılaşmayın

Ya da koklamayın onları, iyisi mi, yüzünüzü örtün şapkanızla

Ya da düşünmeyin hiç, ben bakın öyle yapıyorum

Neden diyeceksiniz, insandaki sevgiliyi eskitiyor bu çiçekler

Güneşe benzetiyorlar adamı, masaya vurmuş koyun butlarına

Pek tuhaf! ben de sahadanda yumurtayı kıskanırım.
(Cansever, 2003: 23)

Şiirin birinci dizesiyle son dizesinde yüksek ritim diğer dizelerde ise daha düşük bir ritim özelliği göze çarpmaktadır.

İlhan Berk'in "Balad" şiirinde benzer ritim değişimleri görülür:

(...)

"Böyle güneşlere
bayılıyorum çok güneşlere

Hafif otlar yürüyor evlere
pis İstanbul'lara

Şey ile şeysiz geçiyorum o
kapanık güneşlere

Siz bir durma benim
karanlığımı yadsıyorsunuz

Sokağa çıkmayın diyorum
çıkmanın duymuyor musunuz

Benimle gelen o büyük
sıkıntıdan gelenlerdi

Ta Galile içlerinden
yürüyerek gelmişlerdi

Biriniz beni görmediniz ne
kadar bağırdımsa

Denizler baktığım tüm o
denizler gösterdi bana

Bir yalnızlık yeryüzündeki
kapılar, bir o gördüm."

Sunu

(Berk, 2002: 28)

İkinci Yeni şiirinde şaşkıncalı ritim değişimleri pek çok şiirin yapısında kendisinde yer bulmuştur. Kuşkusuz bunda dönemin müzik duyusu olan atonalitenin etkisi büyüktür.

4.SONUÇ

1950'li yıllarda ortaya çıkıp gelişen İkinci Yeni hareketi, biçim ve içerik bakımından Türk şiirine pek çok yenilik getirmiştir. Yeni bir duyusla dil evrenini değiştiren İkinci Yeni'ye mensup şairler, şiirin o güne kadar alışılmış dil mantığından kopararak şiire yeni anlam ve biçim imkânı sağlamışlardır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

İkinci Yeni şiirini besleyen kaynaklardan biri de atonal müziktir. 1900'lü yılların ilk çeyreğinde Batı müziğinde alışılmış tonal sisteme karşı ortaya çıkan atonal müzik, yerleşik olan müzik düzenini önemli ölçüde etkilemiştir. Schönberg'in majör ve minör tonalitelere dayanan armoni sistemine gerek duymayan ilk bestelerini tamamlaması o dönem müziği için bir devrim niteliğindedir. Geçmişle bağları koparma, müziğin belirli bir merkez ve nota armonisini esas alan gelenekten tamamen kopuş şeklindedir. Bu yöntem, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonraki dönemde daha da yaygınlaşmıştır.

Atonal müziğin İkinci Yeni şiirine etkisi kabul edilen bir gerçeklik olup pek çok şair ve eleştirmen bu duruma ilişkin değerlendirmeler yapmışlardır. İkinci Yeni şiirine atfedilen anlamsızlık, anlamın rastlantısal olarak ortaya çıkması yönündeki değerlendirmeler, sessel ve söz dizimsel sapmalar açısından İkinci Yeni şiiri ile atonal müzik arasında bağ oluşturulur. Çok seslilik, yeni bir şiir dili yaratma, dilsel kuralların yıkılması, şiirin değişen dış görüntüsü yani görsel sapmalar ve şiirin değişen ritmi ve kadans atonal müzik ve İkinci Yeni ilişkisinin başka bir yönüdür. Özetle İkinci Yeni şiiri, Schönberg'in atonal müzik çalışmaları gibi bir şey anlatmaz, klasik bir ritim kaygısının peşine düşmez; sadece parçaları bir araya getirip yeni bir bütünlük kurar. Şiirle bir beklentiye karşılamak istemez, klasik bir anlatım amaçlamaz; aksine kendi varlığını yine kendi özülüyle kurmak ister. İkinci Yeni ve atonal müzik övgü ve kabul vizesi almaya çalışmaz. Kendisi olmak ister, var oluşunu kendinde gerçekleştirir. Şiirin ve müziğin amacı yoktur, amaç yine kendisidir. Var olduktan sonra da kendini anlatmaya çabalamaz.

5.KAYNAKLAR

Berk, İlhan (1998). Çok Yaşasın Sayılar. İstanbul: Adam Yayınları.

Berk, İlhan (2002). Eşik. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Berk, İlhan (1992). El Yazılarına Vuruyor Güneş. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Berk, İlhan (1996). Avluya Düşen Gölge. İstanbul: Adam Yayınları.

Berk, İlhan (2003). Toplu Şiirler. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Bezirci, Asım (1974). İkinci Yeni Olayı. İstanbul: Tel Yayınları.

Bulur, Ebru (2009). "20. Yüzyıl Müziğinde Atonal Yaklaşımlar" Yayınlanmamış Lisansüstü Tez:

İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müzik Anasanat Dalı Kompozisyon Sanat Dalı.

Cansever, Edip (2003). Yerçekimli Karanfil. İstanbul: Adam Yayınları.

Cemal Süreya (2004). Sevda Sözleri. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Cemal Süreya, (2002). Güvercin Curnatası. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Cöntürk, Hüseyin (1960) *Çağının Şairi*, adergisi yayımları, İstanbul.

Ece Ayhan (1982). Yort Savul. İstanbul: Adam Yayınları.

Ece Ayhan, (2008). Sivil Denemeler. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Eco, Umberto (1992). Açık Yapıt. İstanbul: Kabalcı Kitabevi.

Huyugüzel, Ömer Faruk (2019). Eleştiri Terimleri Sözlüğü. İstanbul: Dergah Yayınları.

Karaca, Alaattin (2013). İkinci Yeni Poetikası. İstanbul: Hece Yayınları.

Korkmaz, Ferhat (2012). İkinci Yeni Limanı Pazar Postası. Salkımsöğüt: Erzurum.

Rosen, Charles (1975). "Schonberg and Atonality" The Georgia Review Vol. 29, No. 2 (Summer 1975), pp. 298-327.

Uyar, Turgut (2011). Büyük Saat. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞ

Zorunlu göç yaşayan bireylerin sorunları üzerine düşünüldüğünde ilk akla gelen onların yaşadıkları savaş travmasıdır; bir savaşın ortasında kalmak, yürüyerek, araçla, yaşadığı yeri terk etmek gibi. Ancak bununla birlikte bireylere sorulduğunda savaştan kaçan bu insanlar en çok savaştan kaçma hallerini değil de günlük yaşamlarına ait sorunları anlatırlar. Bu açıdan ele alındığında, göç eden bu bireyler aslında iyilik hallerini olumsuz yönde etkileyen bir dizi sorunu bildirmektedirler.

Bu çalışma, ülkelerindeki iç savaş nedeniyle 2011 yılından itibaren yerlerini terk etmek zorunda kalmış Suriyeli bireyler arasında günlük yaşamları dahilinde yaşadıkları durumlar, ortamlar, psikolojik yapıları gibi çok boyutlu bir alanda olası stres kaynaklarını tanımlamak ve bu stres kaynaklarının sınıflandırılmasına ve ölçülmesine temel teşkil etmek amacıyla, farklı stresörler arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla yapılmıştır. İkincil stres kaynaklarına yönelik geçerli ve güvenilir bir ölçme aracının geliştirilmesi özellikle Orta Doğu'da mültecilerle çalışan araştırmacı ve uygulayıcılar için yararlı bir araç olabilir. Böylece bu çalışma zorunlu göç eden bireylerde ikincil stres kaynaklarını ölçmeye yönelik geçerliliği ve güvenilirliği olan bir ölçme aracı geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliği (BMMYK/UNHCR), 2013 raporunda, 50 milyondan fazla kişinin zorla yerlerinden edildiği ve bu insanların %86'sının gelişmekte olan ülkelerde (düşük/orta gelir) bulunduğunu rapor etmiştir [1]. Dünya genelinde mültecilerin dağılımı birbirinden farklılık gösterir. Sayılar ve oranlar sıklıkla ve hızla değişebilir. Birkaç sene öncesine kadar mültecilerin üçüncü büyük yeri olan Suriye, bugün mülteci durumundadır [2]. BMMYK'e (UNHCR) göre Türkiye, çatışmaların başladığı 2011 yılından beri oldukça büyük bir Suriyeli nüfusu ağırlamaktadır [3].

Ülkelerindeki bir iç savaş nedeni ile zorla yerlerinden olan mültecilerin refahına (well-being) yönelik yapılan araştırmaları kapsayan yazınlar, doğrudan savaştan kaynaklanan travmatik stres kaynakları (örneğin, akrabaların ve yakınlarının işkence görmesi, yaralanması veya ölümü) ile göç ettikleri ve yeni bir yaşama başladıkları bölgenin ortamından kaynaklanan (örneğin, belgeleme sorunları ve hane kalabalıklığı) stresler arasında bir ayırım yapmaktadır. Bazı çalışmalar yeni bir yaşama başladıkları bölgenin ortamından kaynaklanan stres

kaynaklarını “günlük stres kaynakları- daily stressors” olarak nitelendirirken [4;5] diğer çalışmalarda “stresli sosyal durumlar- stressful social conditions” olarak nitelenmektedir [6]. Ayrıca, üçüncü bir tanım olarak bazı çalışmalarda da bu çevresel stres kaynakları için “sürekli stres kaynağı-ongoing stressors” terimi kullanılmaktadır [7].

En yaygın olarak kullanılan “günlük stres kaynakları” terimi ile ilgili bir sorun, araştırmacılar tarafından tartışılan stresörlerin bazılarının günlük olarak gerçekleşmemesidir (örneğin fiziksel saldırı). “Günlük stres kaynakları” teriminin sorunlu olduğu bir başka alan da travmatik streslerin aksine, bu bağlamda savaş travmasına atıfta bulunmasına rağmen, “günlük stres kaynakları” düşük yoğunluklu stresörlerdir ve bu hali ile kafa karışıklığına yol açmaktadır. Gerçekte bir iç savaş sonrası zorunlu göç sırasında ortaya çıkan stresörler, yüksek yoğunluklu travmatik stres kaynaklarını da (örneğin, aile içi şiddet ve cinsel saldırı) içerebilmektedir. Bu nedenle, yapılacak olan bu çalışma ile doğal afetler literatüründe kullanılan “ikincil stres kaynakları-secondary stressors” teriminin kullanılması Lock ve arkadaşlarının ([8]) kullanmayı önerdiği üzere düzenlenmiştir. Lock ve arkadaşları ([8]), “ikincil stres kaynakları” terimini savaşın kendisinden kaynaklanan ya da savaşla ilgisi olmasa bile yaşanan günlük hayatta devam eden geçici ya da kronik problemlere atıfta bulunarak “ikincil stres kaynakları-secondary stressors” terimini kullanmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerde yaşayan zorunlu göçe maruz kalmış bireylere ilişkin alan yazınlar, bu tür stres kaynaklarına ilişkin örnekler sunmaktadır. Örneğin, Afganistan'daki mülteciler arasında yapılan bir çalışmada aşırı kalabalık konut, yoksulluk, işsizlik, güvenlik durumu, evdeki şiddet, kötü sağlık ve kirlilik birer stres kaynağı olarak verilmektedir [9]. Ayrıca El-Shaarawi ([10]), Mısır'daki mülteciler arasında iş, eğitim ve sağlık hizmetlerinin yanı sıra geleceğe ilişkin belirsizlik durumuna ek olarak, sosyal izolasyon ve aileden ya da arkadaşlardan ayrılma, yaşam standartlarında düşüş durumlarını birer stres kaynağı olarak ortaya koymaktadır. Sudan'daki Darfur mültecilerinde olduğu gibi, bilinmeyen, aşına olunmayan ulaşım araçları kullanmak bile bu insanlar için stresli olarak bulgulanmıştır [11].

Her ne kadar yer değiştirme, güvensiz bir ortamdan ve istikrarsızlıktan kaçış olarak görünse de genelde ilerleyen zamanlarda mülteciler kendilerini

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

istikrarsız ve güvensizliğin başka bir formunda kendilerini bulurlar [12]. Roberts ve Browne ([13]), savaşın akıl sağlığı üzerindeki etkisine odaklandıkları yazılarında zayıf akıl sağlığının genellikle "kaygı bozukluğu" (kaygı, post travmatik stres bozukluğu), duygudurum hastalıkları (depresyon, bipolar bozukluk), madde kötüye kullanım (alkol, madde bağımlılığı) bağlamında tanımlandığını göstermişlerdir. Silahlı çatışma ortamından etkilenmiş nüfusun iyi olma hali üzerine iki yaklaşım bulunmaktadır: Travma odaklı klinik yaklaşım klinik müdahalelere dayanır ve bu yaklaşımda savaş nedenli travmatik deneyimler sıkıntı kaynağı olarak ele alınır. Diğer taraftan psiko-sosyal destek yaklaşımı, sıkıntıyı, tam olarak savaş ile ilgili görmez ve kişinin stres kaynaklarını azaltmak için kendini iyileştirme kapasitesi ile yeniden yapılandırmasında sıkıntıyı tüm sorunların toplam yönetimi olarak ele alır. Klinik yaklaşım önemli bir yaklaşımdır ancak psiko-sosyal desteğe bazı pratik nedenlerden dolayı dikkat vermek gerekmektedir (klinik alanda yeterli profesyonel/uzman çalışanın bulunmaması, mültecilerin kendi kapasiteleri üzerine farkındalık geliştirilmesi gerekliliği) ve kuramsal neden olarak (ikincil stres kaynakları, klinik yaklaşımın düşündüğünden daha fazlasıyla birçok mülteciyi etkiler). Bu nedenle, bu bireylerin stres kaynaklarının ne olduğunun tespitine yönelmek önemlidir. Ayrıca, bu stres kaynaklarının, savaş ve yerinden edilmeye yönelik toplumsal tepkilerle şekillendirildiğine yönelik yerel halk ile olan etkileşimin etkisini sınamak da önemli bir katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada, zorunlu göçe maruz kalan bireylere yönelik stres kaynaklarını ölçmek amacıyla finansal stresörler, temel hizmetlere erişimle ilgili stresörler, belirsizlik ile ilişkili stresörler, yasal stresörler, iç-grup ile ilişkilere ilişkin stresörler, güvenlik ile ilişkili stresörler ve dış grupla ilişkilere yönelik stresörler (yerel halk ile temas stresörleri) olmak üzere yedi boyutlu bir yapıdan oluşan ölçeğin geçerlik ve güvenilirlik ölçümleri istatistiksel olarak elde edilmesi amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Katılımcılar

Çalışmanın örneklemini Mersin ve Adana'daki mahallelerde yaşayan 382 zorunlu göçe maruz kalan Suriyeli bireyler oluşturmaktadır. Mersin ve Adana, Suriye sınırlarına yakın ve yoğun Suriyeli mülteci nüfusu ile Türkiye'nin en büyük şehirleridir [14]. Mayıs 2019'da başlayan veri toplama süreci

üç ay sürmüştür. Çalışmaya katılma kriterleri, 18 yaş ve üstü ve Türkiye'de yaşayan Suriyeli geçici koruma kapsamında olmaktır. Araştırmacı, bu kriterleri karşılayan katılımcıları, Arapça olarak isimli bir anketi yanıtlamaya davet etmiş ve katılımcılardan Türkiye'ye geldikten sonra geçen aya odaklanarak kendi deneyimlerine dayalı bir dizi stres kaynakları konusu hakkında bilgi vermeleri istenmiştir. Cinsiyet dağılımına göre katılımcıların %58.6'sı (N = 382) erkektir. Katılımcıların ortalama yaşı 33.25 (sd= 11.6, 18-65). Ek olarak, katılımcıların sadece Türkiye'de yaşadıkları süre ortalama 5.9 yıldır. Örneklem büyüklüğü alan yazında işaret edilen olması gereken yeterliliğe sahiptir [15].

Çalışmanın etik izni Çukurova Üniversitesi Araştırma Etik Kurulu tarafından Mayıs 2019'da onaylanmıştır.

İşlem

Ölçek Geliştirme ve Madde Seçim Prosedürü

Ölçeğin ilk geçerlilik çalışması 2019'da Ürdün'de bulunan zorunlu göçe maruz kalmış Suriyeli bireylerle gerçekleştirilmiştir. Kapsamlı ve sağlam bir ölçek geliştirmek için ilk olarak alan yazına dayanarak kapsamlı bir literatür taramasından sonra, göç bağlamında ilgili ikincil stres öğelerini ve alt boyutlarını belirlemek için yazarlar görüşlerini paylaşmış ve 52 maddelik bir başlangıç havuzu oluşturulmuştur. Ölçek (İkincil Stres Kaynağı Ölçeği), araştırmacılar tarafından İngilizce yazılmış ve Arapçaya çevrilmiş ve daha sonra iki uzman ve iki dilli araştırmacı tarafından bağımsız olarak geri çevrilmiştir. Daha sonra, orijinal ve geri çeviriler arasındaki tutarsızlıkları değerlendirmek ve çözmek ve gerektiğinde kültürel bağlamın ele alınması konusunda fikir birliğine varmak için Batılı bir araştırmacıyla tartışılmıştır. Anketin ortaya çıkan ön versiyonu, maddelerin ifadesinin kavramsal olarak kesin ve kültürel olarak bilgilendirilmiş olmasını sağlamak amacıyla uzman bir Arap akademisyenin girdisiyle daha da rafine edilmiştir.

Türkiye'de yapılan bu çalışmada ölçeğin son hali deneyimli psikologlar tarafından öncelikle Suriyeli mültecilere yaşadıkları yerde uygulanmıştır. Sonrasında 75 Suriyeli mülteci üzerinde pilot uygulama yapılmış ve istatistiksel analizler sonucunda ölçeğin güvenilirlik ve geçerliliğini belirlemek üzere 382 katılımcı ile (eksik değerlerin atanması ve aykırı değerlerin incelenmesi ve

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

normal dağılım varsayımının kontrol edilmesi) doğrulama aşamasına geçilmiştir.

BULGULAR

Geçerlik Çalışmaları

İlk analiz dalgasında olduğu gibi (Ürdün örnekleme), MPLUS'ta Doğrulamalı Faktör Analizleri gerçekleştirilmiştir. Toplam örneklem büyüklüğü, eksik veri içeren gözlemler de dahil olmak üzere 382 Suriyeli yetişkindir.

Veri analizine başlamadan önce her iki analiz yöntemi için varsayımlar test edilmiştir. Veri setinde uç değerleri tespit etmek için Cook's ve Leverage değerlerine bakılmış ve uç değerler verilerden temizlenmiştir. Çok değişkenli normal dağılıma bakılmış verilerin çok değişkenli normal dağılım sergilemediği ve bundan dolayı Doğrulamalı Faktör Analizi için parametre kestirim yöntemi olarak Maximum Likelihood Robust (MLR) yöntemi tercih edilmiştir. Değişkenler arasında doğrusal ilişki olup olmadığını belirlemek için ZPRED-ZRESID saçılma diyagramına bakılmış ve doğrusal ilişkilerin bulunduğu gözlenmiştir. Madde puanları arası ilişkilere yönelik hesaplanan korelasyon katsayıları incelenmiş ve .80'den büyük değer olmadığı, dolayısıyla çoklu bağlantı sorunu bulunmadığı tespit edilmiştir. Tüm bu sayıtların incelenmesinden sonra analizlere başlanmıştır. Doğrulamalı Faktör Analizleri maddelerin içeriği dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Ölçme araçları ile ölçülmesi amaçlanan psikolojik yapıların geçerliğine kanıt sağlamak amacıyla kullanılan doğrulamalı faktör analizinin geçerliği için alanyazında önerilmiş olan indeksler bulunmaktadır. Bu indekslere genel anlamda uyum indeksleri adı verilmektedir. Yapısal eşitlik modelleme ile ilgili alanyazın incelendiğinde birçok uyum indeksinin olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu indekslerden hangisinin raporlanacağı araştırmacıların alması gereken önemli bir karar haline gelmiştir. Alanyazın incelendiğinde birçok farklı yazar tarafından farklı görüşler önerilmiştir. Brown ([16]), χ^2 , SRMR, RMR, RMSEA, CFI, TLI (NNFI) indekslerinin raporlanmasını gerektiğini önerirken; Kline ([17]), (2011), RMSEA, χ^2 , CFI ve SRMR indekslerinin raporlanması gerektiğini önermiştir.

Uyum indekslerinin önerilen konfigürasyonu doğrulamak için kabul edilebilir olmaması durumunda, hem modifikasyon indeksleri hem de

faktör yükleri, belirli bir ögeyi analizden çıkarmak veya tutmak için ana kriter olarak belirlenmiştir.

Ölçek Boyutlarına Göre Doğrulamalı Faktör Analizi Sonuçları

Ölçek 52 maddeden oluşmaktadır (Cronbach $\alpha = .74$). Ölçeğin katılımcılara yönelik yönergesi; *Lütfen, aşağıda verilen cümleler ile bize Türkiye'ye geldikten sonraki durumunuz ile ilgili deneyimlerinizi geçen aya odaklanarak söyleyin* şeklindedir. Yönergenin ardından katılımcılardan ilgili boyutun ifadelerini, *Hiçbir zaman olmadı* ile *Her zaman oldu* arasında beşli Likert tipi ile yanıtlaması istenmiştir.

Finansal Stres Kaynakları (Financial Stressors)

Bu boyutu ölçmek için on göstergeden oluşan bir set amaçlanmıştır. *Sabit bir gelirim olması, Yiyecek almak için yeterli paramun olması* bu boyuta örnek maddeler olarak verilebilir (Cronbach $\alpha = .72$). Yapılan analiz sonucunda uyum indeksleri anlamlı bir sonuç vermemiştir ($\chi^2 (35) = 325.62$, $p < .001$; RMSEA = .14, $p < .001$; CFI = .63; TLI = .53; SRMR = .11). Birkaç alternatif modeli test ettikten sonra, bu öge setinde iki farklı gizil (latent) faktörün olduğu sonucuna varılmıştır: İlk olarak, temel malları (econ1, econ2, econ3) elde etmek için paranın mevcudiyeti ile ilgili üç göstergeden oluşan bir faktör tanımlanmıştır. İkinci olarak, insanların yaşam koşullarına atıfta bulunan (econ6, econ7, econ8, econ 9) dört göstergeli içeren başka bir faktör belirlenmiştir. Ek bir Doğrulamalı Faktör Analizi yoluyla, bu boyutların aralarındaki korelasyon sifıra yakın olduğu ($\beta = .11$, $p = .10$) ve her iki faktörün Finans boyutu altında bir arada var olabileceği sonucuna varılmıştır ($\chi^2 (19) = 23.512$, $p = .23$; RMSEA = .02, $p = .92$; CFI = .99; TLI = .99; SRMR = .02).

Temel hizmetlere erişim (Access to basic services)

Bu boyutu ölçmek için hazırlanan ifadeler örnek olarak *Fiziksel sağlık servisi, Psikolojik sağlık servisi* verilebilir (Cronbach $\alpha = .66$). Bu boyutu ölçmek için dokuz göstergeden oluşan bir set amaçlanmıştır ancak yapılan analiz sonucunda uyum indeksleri anlamlı bir sonuç vermemiştir ($\chi^2 (20) = 198.46$, $p < .001$; RMSEA = .15, $p < .001$; CFI = .61; TLI = .45; SRMR = .10). Analizin ilk dalgasında olduğu gibi (Ürdün örnekleme), aynı yapının parçası olarak sadece üç öge (serv8, serv9, serv10) birlikte düşünülerek anlamlı bir uyum indeksi sağlanmıştır ($\chi^2 (0) = 0.00$, $p < .000$; RMSEA = .00, $p < .001$; CFI = 1.00; TLI = 1.00; SRMR = .00). Bu nedenle, sonuçta ortaya çıkan

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

faktör, insanların daha geniş bir hizmet kümesinden ziyade sınırlı türdeki hizmetlere (yani eğlence hizmetleri ve STK'lar tarafından sunulanlar) erişimini ölçebilir. Bu faktörün konfigürasyonunun, orijinal olarak Alfadhli ve Drury ([18]), tarafından ikincil stresör tipolojilerinde tanımlanan boyutla eşleşmesi dikkat çekicidir.

Belirsizlik

Bu boyutu ölçmek için (örnek madde, *Gelecek hakkında karar verebiliyor olmak*; Cronbach $\alpha = .71$) altı göstergeden oluşan bir set amaçlanmış ancak yapılan analiz sonucunda uyum indeksleri anlamlı bir sonuç vermemiştir ($\chi^2(20) = 198.46$, $p < .001$; RMSEA = .15, $p < .001$; CFI = .61; TLI = .45; SRMR = .10). Böylece, yalnızca üç öğenin (crtn3, crtn4, crtn6) uygun bir çözümün parçası olduğunu doğrulanmıştır ($\chi^2(0) = 0.00$, $p < .000$; RMSEA = .00, $p < .000$; CFI = 1.00; TLI = 1.00; SRMR = .00).

Yasal stresörler (Legal Stressors)

Bu boyutu ölçmek için (örnek madde, *resmi belgelerin yenilenmesi zorluğu, örneğin, BMMYK kaydı ve Ulusal güvenlik kimliği*; Cronbach $\alpha = .64$). ankete altı madde dahil edilmiştir. Bir maddenin (lg11) düşürülmesini içeren bir çözüm, iyi bir uyum indeksi sunmaktadır ($\chi^2(2) = 3.31$, $p = .19$; RMSEA = .04, $p = .459$; CFI = .98; TLI = .96; SRMR = .01). Bu nedenle, yasal stres etkeni, beş göstergeden oluşan bir gizil değişken olarak düşünülebilir.

İç-Grup ile ilişkiler (In-group Relations Stressors)

Bu boyutu ölçmek için (örnek madde, *Diğer mültecilerin kendi aralarında çok rekabetçi/saldırgan olduklarını hissettim*; Cronbach $\alpha = .67$) ankete sekiz madde dahil edilmiştir. Ancak, sonuçlar ilk analiz dalgasında (Ürdün örnekleme) elde edilenlerle aynıdır. Sonuç olarak, sadece üç (rfg1, rfg3, rfg5) maddenin aynı gizli faktöre ait olduğu doğrulanmıştır ($\chi^2(0) = 0.00$, $p < .001$; RMSEA = .00, $p < .001$; CFI = 1.00; TLI = 1.00; SRMR = .00). İstatistiksel sonuçlara dayanarak, bu boyutun odak noktasının, katılımcılar arasında oluşturulan topluluk duygusu ya da kayıp akrabalara yönelik duygulardan çok mülteciler ve ev sahibi topluluk arasındaki ilişkilere dayanarak yanıtlandığı düşünülebilir.

Güvenlik endişeleri

Bu boyutu ölçmek için (örnek madde, *Sözel saldırıya maruz kaldım*) ankete dört madde dahil edilmiştir. Güvenlik analizleri ölçeğin güvenilirlik

değerinin düşük olduğunu göstermiştir (Cronbach $\alpha = .25$). Yine de, dört maddenin aynı gizli faktöre ait olduğu doğrulanmıştır ($\chi^2(5) = 14.40$, $p = .01$; RMSEA = .07, $p = .17$; CFI = .95; TLI = .91; SRMR = .04).

Dış grup ilişkileri (Yerel Halk)

Bu boyutu ölçmek için (örnek madde, *Yerel halk benden faydalanmaya çalışmaktadır, örneğin, alacağımız ürünlerin fiyatını arttırmaktadırlar*; Cronbach $\alpha = .76$) ankete dokuz madde dahil edilmiştir. Sonuç olarak, sadece üç (Turk7, 8,9) maddenin aynı gizli faktöre ait olduğu doğrulanmıştır ($\chi^2(0) = 0.00$, $p < .000$; RMSEA = .00, $p < .000$; CFI = 1.00; TLI = 1.00; SRMR = .00). Bu nedenle, bu maddeler için oluşturulan ölçek, mültecilerin ev sahibi topluluk üyelerinin onlar hakkında ne düşündüklerine ilişkin üst algılarını ölçmeye odaklanabilir.

Tanımlanan tüm faktörleri entegre eden Doğrulayıcı Faktör Analizleri

Yukarıda bahsedilen tüm yapıları birinci dereceden faktörler olarak tek bir modelde bir araya getirdiğimizde önerilen modelin verilere iyi uymadığı görülmüştür ($\chi^2(349) = 648.10$, $p < .001$; RMSEA = .47, $p = .785$; CFI = .89; TLI = .87; SRMR = .05).

İlk analiz dalgasında (Ürdün örnekleme) elde edilen sonuçlara benzer şekilde, hem *Yasal Stresörlerin* hem de *Dış-grup İlişki Stresörlerinin* diğer faktörlerle aynı ikincil stres etkenlerinin parçası olmadığı bulunmuştur ($\chi^2(194) = 316.72$, $p < .001$; RMSEA = .04, $p = .975$; CFI = .93; TLI = .92; SRMR = .04).

TARTIŞMA

Ölçek geliştirme ve uyarlama çalışmalarında ölçme araçlarından elde edilen ölçümlerin geçerliğine kanıt sağlamak amacıyla çoğunlukla yapısal eşitlik modeller ailesinin bir üyesi olan Doğrulayıcı Faktör Analizi kullanılmaktadır. Ölçek geliştirme ve uyarlama çalışmalarında yapısal eşitlik modellerinin çoğunlukla kullanılmasının nedeni, ölçülen değişkenler arasındaki nedenselliğin yapısal olarak test edilmesi ve tahmin edilmesinden kaynaklanmaktadır [19].

Doğrulayıcı faktör analizinde tüm grubun aynı evrenden geldiği ve ölçme aracının tüm yanıtlayıcılar için aynı yapıyı temsil ettiği varsayılmaktadır. Bu varsayım sağlanmadığında sonuçlar yanlışlık içermekte ve bu durum yapının eksik temsil edilme durumunu ortaya çıkarmaktadır

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

[20]. Yapının eksik temsil edilmesi durumunda ölçümlerin geçerliği olumsuz etkileneceğinden bu varsayımın test edilmesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda mevcut çalışmada kodeğişkenlerden gizil yapıya yollar tanımlanarak evren heterojenliği test edilmiştir.

Bu araştırmada Türkiye’de yaşayan zorunlu göç maruz kalmış Suriyeli bireyler ile örneklem grubu oluşturulmuştur. İlk olarak sadece ölçek maddeleri ve gizil yapıdan oluşan standart Doğrulatoryı Faktör Analizi test edilmiştir. Yapılan Doğrulatoryı Faktör Analizleri incelendiğinde ölçeğin bütün maddeleriyle birlikte uyum indeksinin kabul edilebilir değerler almadığı bulunmuştur. Bu durum, model veri uyumsuzluğu; yanlış model tanımlama, değişkenler arası yüksek ya da düşük korelasyon, varsayımların karşılanmaması gibi durumlardan kaynaklanabilmektedir.

SONUÇ

Türkiye, 2011 senesinden beri ülkelerindeki savaştan kaçan büyük bir Suriyeli nüfusa ev sahipliği yapmaktadır. Gerek toplumsal gerekse politik olarak karşı karşıya kalınan bu probleme uyum zorlukları her kademede yaşanmaktadır. Bu problemlerin aşılmasındaki en büyük katkılardan biri de zorunlu göç yaşama durumundaki bireylerin algı ve psikolojilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirmektir.

Bu çalışma ile ülkemizde bulunan Suriyeli bireylerin bir taraftan zorluk yaşadıkları alanlar belirlenirken diğer taraftan alan yazınlarında geçen günlük stres kaynaklarının kapsamı ele alınarak, alana katkı sağlanması amaçlanmıştır. Yapılan Doğrulatoryı Faktör Analizleri incelendiğinde ölçeğin bir bütün olarak uyum indeksinin kabul edilebilir değerler almadığı; ancak her bir boyutun ayrı ayrı kabul edilebilir uyum indekslerine sahip olabileceği gözlenmiştir. Model veri uyumsuzluğu; yanlış model tanımlama, değişkenler arası yüksek ya da düşük korelasyon, varsayımların karşılanmaması gibi durumlardan dolayı her boyut ayrı ayrı geçerlik ve güvenilirlik açısından anlamlı değerlere sahip olmasına karşın ölçeğin, tüm boyutları ile bir bütün olarak Türkiye’den alınan örneklem doğrultusunda kullanılması mümkün görünmemektedir. Bu son çalışmada elde edilen veriler ve Ürdün verilerinin sunmuş olduğu bilgiler doğrultusunda ölçeği yeniden düzenleyerek yeni bir örneklem ile istatistikî çalışmaların revize edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] UNHCR (2014). UNHCR Global Trends 2014. <https://www.unhcr.org/statistics/country/556725e69/unhcr-global-trends-2014.html>. Erişim 13.Mart.2021
- [2] Quosh, C. (2013). Mental health, forced displacement and recovery: integrated mental health and psychosocial support for urban refugees in Syria. *Intervention, 11*(3), 295-320.
- [3] UNHCR (2015). UNHCR Global Trends 2015. <https://www.unhcr.org/statistics/unhcrstats/576408cd7/unhcr-global-trends-2015.html>. Erişim 13.Mart.2021
- [4] Miller, K. E., Omidian, P., Rasmussen, A., Yaqubi, A., & Daudzai, H. (2008). Daily Stressors, War Experiences, and Mental Health in Afghanistan. *Transcultural Psychiatry, 45*(4), 611–638.
- [5] Schafer, A., Masoud, H., & Sammour, R. (2014). Mediation of daily stressors on mental health within a conflict context: a qualitative study in Gaza. *Intervention, 12*(2), 171–186.
- [6] Riley, A., Varner, A., Ventevogel, P., Taimur Hasan, M. M., & Welton-Mitchell, C. (2017). Daily stressors, trauma exposure, and mental health among stateless Rohingya refugees in Bangladesh. *Transcultural Psychiatry, 54*(3), 304–331.
- [7] Tay, A. K., Rees, S., Chen, J., Kareth, M., Lahe, S., Kitau, R., ... Silove, D. (2015). Associations of Conflict-Related Trauma and Ongoing Stressors with the Mental Health and Functioning of West Papuan Refugees in Port Moresby, Papua New Guinea (PNG). *PLoS One, 10*(4).
- [8] Lock, S., Rubin, G. J., Murray, V., Rogers, M. B., Amlôt, R., & Williams, R. (2012). Secondary stressors and extreme events and disasters: a systematic review of primary research from 2010-2011. *PLoS Currents, 4*.
- [9] Panter-Brick, C., Eggerman, M., Mojadidi, A., & McDade, T. W. (2008). Social stressors, mental health, and physiological stress in an urban elite of young Afghans in Kabul. *American Journal of Human Biology, 20*(6), 627–641.
- [10] El-Shaarawi, N. (2012). *Living an uncertain future: An ethnography of displacement, health, psychosocial well-being and the search for durable solutions among Iraqi refugees in Egypt*. Case

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Western Reserve University ProQuest Dissertations Publishing.

[11] Badri, A., den Borne, H. W., & Crutzen, R. (2013). Experiences and psychosocial adjustment of Darfuri female students affected by war: An exploratory study. *International Journal of Psychology*, 48(5), 944-953.

[12] Moulin, C. (2010). Border languages: Rumours and displacements of international politics. *Alternatives*, 35(4), 347-371.

[13] Roberts, B., & Browne, J. (2011). A systematic review of factors influencing the psychological health of conflict-affected populations in low-and middle-income countries. *Global Public Health*, 6(8), 814-829.

[14] Göç İdaresi Genel Müdürlüğü (2021). <https://www.goc.gov.tr/gecici-koruma5638>. Erişim: 10. Mart. 2020.

[15] Iacobucci, D. (2010). Structural equations modeling: Fit indices, sample size, and advanced topics. *Journal of Consumer Psychology*, 20, 90-98.

[16] Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York: Guilford Publications.

[17] Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling*. New York, NY: Guilford Press.

[18] Alfadhli, K., & Drury, J. (2018). A typology of secondary stressors among refugees of conflict in the Middle East: The case of Syrian refugees in Jordan. *PLoS currents*, 10.

[19] Erkorkmaz, Ü., Etikan, İ., Demir, O., Özdamar, K., & Sanisoğlu, S. Y. (2013). Doğrulayıcı faktör analizi ve uyum indeksleri. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 33(1), 210-223.

[20] Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment. *American Psychologist*, 50(9), 741-749.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

ROMA MUTFAK KÜLTÜRÜ

Nurjian ÖZDEMİR*

*Dicle Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Arkeoloji Bölümü, 21830 DİYARBAKIR
e-posta: 20907004@ogr.dicle.edu.tr

Özet: Yemek yeme refleksi insanoğlu için temel içgüdülerden biridir. Bundan dolayı başlangıçtan günümüze kadar yemek yeme ihtiyacı hayatımızı şekillendirmiştir. Bu serüvenin ilk belki de en önemli noktası ateşin bulunması ve bunun yemek yapımında kullanılmasının keşfidir. Daha sonra eldeki malzemenin zamanla değişmesi örneğin; tarımın gelişmesi ve hayvanların evcilleştirilmesiyle birlikte malzeme çeşitliliği artmıştır. Mutfak yapısı da ihtiyaçların artması ve mekânların genişlemesiyle birlikte daha büyük ve özel alanlar oluşturmuştur. Bu süreç dönemsel olarak gelişim göstermiştir. Bu durumu yemek kültüründe de görmek mümkündür. Başlangıçta doymak için yapılan yemekler estetik ve hiyerarşik kaygılarla birlikte yeni boyutlar kazanmıştır. Bu hiyerarşi anlayışı Yunan ve Roma kültürlerinde daha da belirginleşerek keskin hatlar oluşturmuştur. Roma'nın son dönemlerine doğru gelindiğinde öncesinde kölelerin çalıştığı depo alanı olan mutfak, daha sonra zenginlere ait ziyafetlerdeki gösteriş kaygısıyla beraber özel aşçıların çalıştığı daha geniş ve özel alanlara dönüşmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yemek, Mutfak , Roma.

ROMAN CUISINE CULTURE

Abstract: The eating reflex is one of the basic instincts for human beings. Therefore, the need to eat has shaped our live from the beginning to the present. The first, perhaps most important point of this adventure is the discovery of fire and its use in cooking. Then, the material at hand changes over the time for example; with the development of agriculture and the domestication of animals, material diversity has increased. The kitchen structure has also created larger and special areas with the increase in needs and the expansions of the spaces. This process has developed periodically. It is possible to see this situation in the food culture as well. In the beginning meals made for satiety have gained new dimension with aesthetic and hierarchical concerns. This sense of hierarchy became more evident in Greek and Roman cultures and formed sharp lines. Towards the end of Rome, the kitchen, which used to be a warehouse where slaves worked, was later transformed into larger and more private areas where private cooks worked to show off at the feasts of the rich.

Keywords: Food, Cuisine, Rome.

Giriş

Yemek yemek insan hayatı için önemli bir role sahiptir. Bu nedenle insanlar çağlar boyu yemek arayışıyla hayatlarını şekillendirmiştir. Bu yolculuk esnasında keşiflerde bulunmuşlardır ve bu keşifleri hayatlarına entegre ederek ilerlemişlerdir. Bu işleyiş ve artan bilgi birikimi günümüz mutfak kültürünü oluşturmuştur.

Bu çalışmada bu yemek serüveninin kültür haline geldiği Roma dönemini ele alarak çerçeveyi daraltıp daha derin bir araştırma yapmayı hedefledim.

Bu çalışmayı yaparken Antik dönem yazarlarının yanı sıra yakın dönemde bu alanda yazılmış kitap, makale ve tezleri inceleyerek çalışmayı sürdürdüm.

Yemek Yeme Kültürünün Gelişimi

Yemek yeme insanların çağlar boyunca yaptığı bir gereksinim olduğu gibi insanlığın gelişiminde de önemli bir yere sahiptir. İnsanlar, evrim süreçleri ve doğanın evrimsel dönüşümüyle yemek kültüründe de aşamalar kat etmiştir. Bu aşamalar, 10.000 yıl önce sona eren Würm buzul çağının bitmesi ve içinde bulunduğumuz Holosen olarak nitelendirdiğimiz dönemin başlamasıyla [1] ivme kazanmıştır. İnsanların avcılık ve toplayıcılıktan, tarıma geçmesiyle doğanın akışı içerisinde kendisine yeni alanlar oluşturmuştur. Tarımla birlikte bir bölgede sabit kalma ve ekim alanlarının gelişip çeşitlenmesiyle artan ürünlerini depolama ihtiyacı nedeniyle konut mimarisinde de değişimler yaşanmıştır. Artan ürünlerle birlikte çevreyi tanıyıp anlamaya başlayan insanlar, çevreyi gözlemleyerek kendi yaşamına entegre etmeye başlamıştır. Buna örnek olarak hayvanların evcilleştirilmesini ve onlardan elde ettikleri süt ve diğer ürünleri mutfak çeşitliliğinin bir parçası yapmaları gösterilebilir. Örneğin neolitik dönemde sütün meşe palamuduyla mayalanarak yoğurt olarak tüketildiği görülmektedir.[2] Bu da bize besin düzenlerinin oldukça çeşitli

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

olduğunu göstermektedir. Artan yemek ve malzeme bilgisiyle Roma dönemine bakıldığında ise yemek çeşitliliğinin oldukça çeşitlendiği geniş bir besin düzeninin olduğu görülmektedir.

Mutfak kavramının gelişimi

Günümüzde mutfak yapısı olarak adlandırılan özel alanlar ihtiyaçlara göre şekillenmiştir. Paleolitik dönemde insanlar geçici barınaklarda yaşadıkları için sabit bir mutfaka ihtiyaç duymamışlardır. Fakat ateşin kullanılması ve bu alanın giderek özelleşmesi mutfak türevi bir oluşum olarak görülebilir. Neolitik dönemde ise mutfak yapısının belli belirsiz oluşmaya başladığı görülmektedir. Tarımın gelişmesi ile birlikte sabit mekana geçilmesi, ocağın geliştirilmesi ve artı ürünlerin depolanabilmesi için depolama alanları geliştirilmiştir. Buna örnek olarak Çatalhöyük evleri verilebilir. Çatalhöyük evleri iki odalı ve girişleri üstten yapılan konutlardır. Bu konutların ilk odası yatak odası ve ocağın bulunduğu alanı kapsamaktadır. İkinci odanın çatısı daha alçak yapılarak depolanacak olan malzemenin daha soğuk ve güvende tutulduğu alanlardır.[3] Yiyeceklerin korunaklı bir şekilde saklanması için geliştirilen yöntemlerin bir benzerini de Roma döneminde de görebiliriz. Roma mutfak kültüründe yiyecekler kurutulup çatılara asılarak korunmaktaydı. [4] Roma döneminde de yapıların küçük bir kısmı mutfak ve depo alanı olarak kullanılmıştır. Çatalhöyüktekinе benzer şekilde insanların yiyeceklerini uzun süre bozulmadan koruyabilmesi için yöntem geliştirdiği görülmektedir.

Roma Mutfak Mimarisi

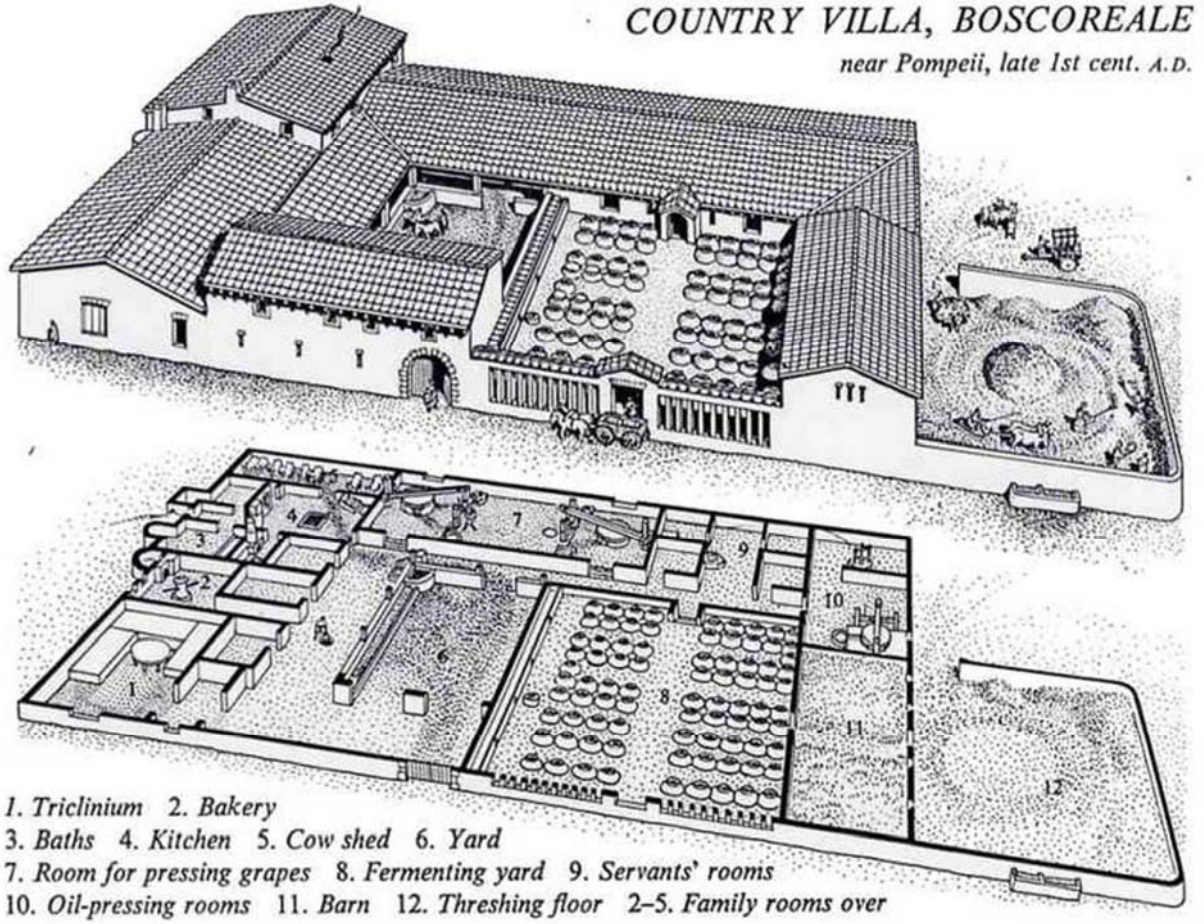
Roma mutfak mimarisine dair bilgileri Vitruvius'un bize aktardıklarından öğrenmekteyiz. Konut mimarileri genellikle kişinin statüsü ve ihtiyaçlarına göre şekillenmekteydi.[5] Kişinin statüsüne göre, konut içerisindeki mutfak (Culina) alanının ve mutfakla bağlantılı olarak inşa edilen yemek odasının (Triclinium) [6] genişliği, büyüklüğü ve sayısı değişebilmekteydi. Bunların yerleşimi ise çevre koşulları ve ihtiyaçlara göre belirlenmiştir. Yemek odalarının yerleşim yerleri de kışlık ve bahar ayları için yapının farklı cephelerine bakmaktadır. Kışlık yemek odalarının akşam güneşi ve ısısından faydalanabilmesi için güneybatıya yapılmaları gerekirken, ilk bahar ve sonbahar da kullanılacak olan yemek odalarının ise doğuya bakmaları gerekir.[7]

Vitruvius konut mimarisini anlatırken iki farklı mimari yapıdan bahseder. Bunlar klasik konut yapısı ve çiftlik evi olarak farklılıklar içerir. Konutların çeşitliliği mekanların düzenlerine göre belirlenir. Çiftlik evlerinde mutfakla bağlantılı bir çok alan yer alırken, klasik konut yapısında ise sadece mutfak ile yemek odası yer almaktadır. Bu kaynakta çiftlik evleriyle ilgili kapsamlı bilgiye ulaşabilmekteyiz. Bu kaynakta, çiftlik evlerinin mimarisinde mutfağın konulacağı alan ve etrafında yer alması gereken mekanları ve bunların ısı dengesini ayrıntılı bir şekilde bulabilmekteyiz. Çiftlik evlerinde mutfağın, avlunun en sıcak kısmına inşa edilmesi gerektiğini belirten Vitruvius, bu şekilde ısı dengesinin korunabileceğini belirtmiştir. Bunun yanı sıra mutfakla bağlantılı olarak yağ odalarının mutfağın hemen yanında olması gerektiği, bu şekilde zeytini işlemenin daha kolay olacağı düşünülmüştür. Yağ odasının yapının güney cephesinde yer almasının nedeni ise yağın çok soğumaması olarak belirtilmektedir. Boyut olarak bu odalar yüz yirmi galon alabilecek boyutta olmalıdır.[8] Çiftlik evlerinde ahırlar evin sıcak cephesinde yer almalıdır fakat mutfak ısısından uzak olması gerekmektedir. Çünkü ateşe yakın olan hayvanların etlerinin sertleşeceği ama güneş ışığıyla postlarının parlayarak daha lezzetli olacağı belirtilir.[9] Vitruvius, tahıl odalarının da kuzeyde yer alması gerektiği ve bu şekilde daha soğuk kalarak daha uzun ömürlü olacağı ve mısır kurdu ve tahılları yiyen diğer böceklerden uzak olacağını belirtmektedir.[10]

Ayrıca yemliklerin de mutfaktan ayrı ve doğuya doğru yapılmaları gerekmektedir. Bu şekilde kış mevsiminde hayvanların sabah saatlerinde yemlerini yerken güneş ışığıyla postlarının parlayarak daha lezzetli olacaklarını belirtir.[11]

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Fotoğraf 1 Vitruvius'a göre çiftlik evi çizimi



Roma Dönemi Öğünleri ve Ziyafet Kültürü

Roma döneminde de günümüzdeki gibi öğünlerin olduğunu görüyoruz. Bunlar İentaculum(kahvaltı), Prandium (öğlen yemeği), Cena (akşam yemeği) ve şuan bizim litaratürümüzde olmayan fakat o dönem de geç saatlerde yenilen bir öğün olan Vesparna'dır. Kahvaltı öğünü olan İentaculum için çok daha hafif yiyecekler tecih edilmiştir. Öğlen yemeği olan Prandium da daha ara bir öğün olup kahvaltı öğününde olduğu gibi daha hafif yiyecekler yer verilmiştir. Akşam yemeği olan Cena ise bir Romalı için tek ve en önemli ana öğündür. Yemek öğünleri ve tüketilecek yiyeceklerde statüye göre belirlenmiştir. İentaculum ve ara öğün olan Prandium da ise fakir olan kesimin tahıl odaklı bir diyetle beslenirken üst düzey bireylerin daha çeşitli yiyecek ve ekmeğe çeşidi tükettiklerini görüyoruz.[12] Ana öğün olan Cena öğününde de bu farkı görmekteyiz fakirlerin et tüketimi oldukça nadirken zenginlerin diyetlerinde fazlasıyla et çeşidi ve sebze çeşidinin olduğunu hatta bununla gurur duyduklarını kaynaklarda görmekteyiz. Öyleki bu öğünü kendi içerisinde de bölümlere ayırdıklarını görmekteyiz. Bunların sırasıyla; Gustatio yani başlangıç bölümü bu bölümde hafif yiyecekler ve ballı şarabın ikram edildiğini, ikinci ve ana bölüm olan Prima Mensa'da ise ana yiyecekler olan et ve sebzeler sunulup ardından son bölüm olan Secunda Mensa'da ise farklı meyveler, tatlılar ve çerezlerin sulduğu görülmektedir. [13] Burada sunulan yiyeceklerde kişinin statüsü ve zenginliğine göre çeşitlenmekteydi.

Roma ziyafet kültürüne ait bilgileri yine antik kaynaklardan edinmekteyiz. Kaynaklar aracılığıyla öğünlerde neler sunulduğu ve bunların nasıl servis edildiğini bulabilmekteyiz. Buna örnek olarak Petronius'un yazdığı Satyricon kitabı verilebilir. Bu kitapta Trimalchio adlı bir soylunun verdiği akşam yemeğinde(Cena) davetlilere sunduğu yiyecekler oldukça dikkat çekicidir. Bu sunumlar esnasında prima mensa yani akşam yemeğinin ana bölümünden hemen önce 12 burcu temsil eden bir tepsi hazırlamıştır. Tepside sırasıyla Koç burcunu temsilen koçbaşı üzerinde

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

bezelye, Boğa burcunu temsilen sığır eti, İkizler burcunu temsilen bir çift böbrek, Yengeç için bir taç(?), Aslan için afrika inciri, Başak için domuz göbeği, Terazi için muffin ve yanında bir parça kek, Akrep için küçük bir deniz balığı, Yay için boğa gözleri ve Oğlak için istakoz, Kova için kaz ve son olarak Balık burcu için de iki adet kefal kullanmıştır. Tepsinin ortasında otların üzerinde bir petek koymuştur. Bu sunumu da bir mısırlı kölenin yaptığını belirterek sınırların ve köle ticaretinde ne kadar yaygın olduğu görülmektedir.[14]Ziyafetlerin dikkat çeken bir diğer yanı ise bu kadar yemeğin sunulması ve hepsinin tüketilebilmesi çokta mümkün değildir. Romalılar bunada bir çözüm bulmuşlardır. Vomitoria (Çıkış anlamına gelmektedir) yapmaya yani yediklerini çıkararak yeme kapasitelerini iki katına çıkarmışlardır. Bunun yanı sıra misafirlerin kendileriyle gelirken tüy getirmelerini ve bu şekilde yediklerini çıkardıklarını da kaynaklardan edinmekteyiz. Sık sık bunu başvurulması bir müddet sonra hazımsızlık çekmelerine neden olmuştur. Bunun yanı sıra yemeklerin yatarak yenilmesi aslında sürekli olarak yapılmadığını daha çok özel günlerde yapıldığını görmekteyiz.[15]

Kullanılan Yiyecekler

Roma döneminde kullanılan yiyecekler Roma İmparatorluğunun sınırlarına ve coğrafi bölgelere göre çeşitlilik gösterse bile besin düzeninin temelini tahıllar oluşturmaktaydı. Günümüzde kullanılan bir çok besin Roma döneminde keşfedilmediği için Roma mutfağında da görülmemektedir. Bunlara örnek olarak Roma dönemi sonrasında keşfedilen yeni kıtalarla birlikte, Amerika kıtasından domates, patates, biber, mısırın ve kırmızı biberin getirilmesi, Afrika ile Asya kıtasından çay, limon, kahve ve portakalın getirilmesi verilebilir.[16] Roma dönemi besin düzeninde ise otların ve baharatların yoğun bir şekilde kullanıldığını ve bunların aynı zamanda ilaç yapımında da kullanıldığını görmekteyiz.[17]. Sofralarda tüketilen besinlere bakıldığında tahılların, şarap ve balın ana besinler niteliğinde olup bir çok öğünde kullanılırken bunun yanı sıra kırmızı etin, balık çeşitleri ve diğer et çeşitlerinin de kullanıldığı görülmektedir.sebze olarakta yabani havuç, marul,soğan, kuşkonmaz, sarımsak , turp, fasulye ve pancarında kullanıldığı görülmektedir.[18]

Garum Sosu

Roma döneminin vazgeçilmez soslarından biri ve belkide en önemlisi garum sosudur.Balıkların belirli bölgelerinin fermante edilmesiyle yapılan bir soster.Bu sosun bir çok yemekte kullanıldığı ve en erken örneklerinin klasik dönemde kullanıldığı görülmektedir. [19]Sosun kullanıldığı en erken örnekler ıspanyanın güneyinde karadenize kadar olan bölgeler olduğu görülmektedir. Sosun yapımında farklılıklaryer almaktadır. Bazı örneklerde balığın sadece iç organları fermante edilirken bazı örneklerde balığın tamamının tuzla fermante edildiği görülmektedir. Garumun kaliteli olması onun ne kadar uzun süre fermante edildiğiyle orantılıdır. Kaliteli bir sosun üçaya kadar fermante edildiği görülmektedir.[20]

Yazarlar

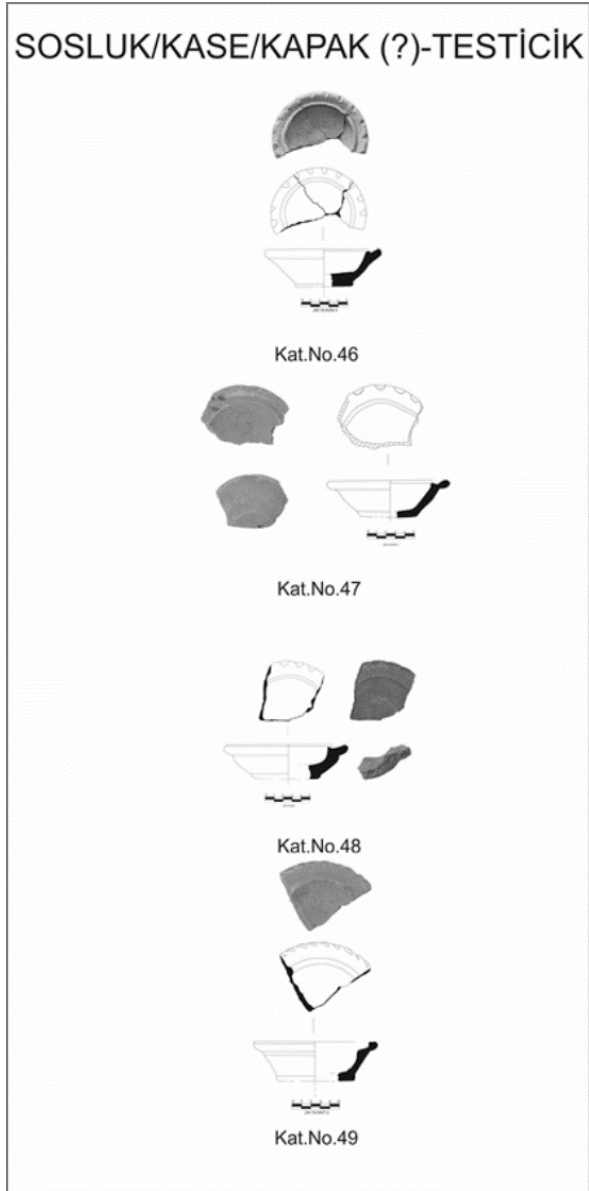
Günümüze kadar bir çok antik yazarlar ve eserleriyle karşılaşmaktayız fakat yemek kültürü ve yemek kitabıyla birebir eşletirilen çok fazla yazar günümüze kalmamıştır. Bunlardan bizim için en önemlilerinden biride MS I yy. da yaşamış olan Marcus Gavius Apicius'dur. Apicius adına basılan kitap ise De Re Coquinaria adlı eserdir. [21]Bu eserin Apicius adına mı onun tarafından mı yazıldığı pekte bilinmemektedir. Roma döneminde yemek hakkında bize önemli bilgiler sunan bir diğer yazar ise MS 2. Ve 3. Yy yaşamış olan siyasetçi ve yazar olan Marcus Porcius Cato'dur.Günümüzde yemekle ilgili bilgileri edindiğimiz kitabı ise De Agri Cultura'dır. [22] Petronius arbiter MS I yy.da yaşamış Romalı bir yazardır. Satyricon adlı kitabı yazmıştır fakat kitabın tamamı günümüze kadar gelememiştir. Bu kitabın bizim için önemi ise 26-78 bölümleri arasında yazdığı Cena Trimalchionis metninde Roma mutfak ve yemek kültürüne dair izler taşımasıdır.[23]

Kap Gelişimi ve Örnekleri

İnsanların neolitik dönemden günümüze kadar yiyeceklerini koymakbilmek için kap kullandığını ve bu kaplarında zaman içerisinde gelişerek çeşitlendiğini görmekteyiz. Roma dönemine gelindiğinde ise kapların çeşitliliği kullanıldığı alan ve malzemeye göre farklılık göstermektedir. Pişirme kapları, yapılacak olan yemeğe göre kulplu, kulpsuz, geniş yada dar ağızlı ve kapaklı olarak yapılmışlardır.[24] Sıvılar içinse hem depolama kapları hemde günlük kullanım için farklı form ve boyutlarda kapalı yada açık formlu ve kapaklı kaplar yapılmıştır. [25] yine mutfağa dair herşeyde olduğu gibi burada da statünün hakim olduğunu görmekteyiz.zengin ve varlıklı kimselerin kullandıkları kapların daha kaliteli ve estetik kaygıların hakim olduğunu görülürken daha yerel ve yoksul olunan alanlarda kapların daha kapa formlu yapıldığı görülmektedir.bu anlamda yerel formlara örnek olarak zerzevan kalesi kapları verilebilir. Burada dikkat çekici örneklerden bir tanesinde soslukların yaygın olması,buradanda romada sos kullanımının ne kadar yaygın olduğu yerel örneklerden de anlaşılmaktadır.

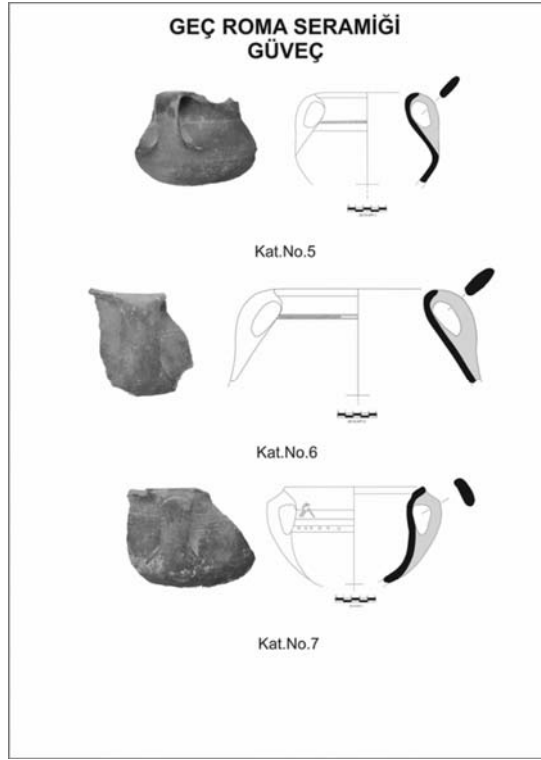
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Fotoğraf 2 Zerzevan kalesi kazısına ait sosluk örnekleri

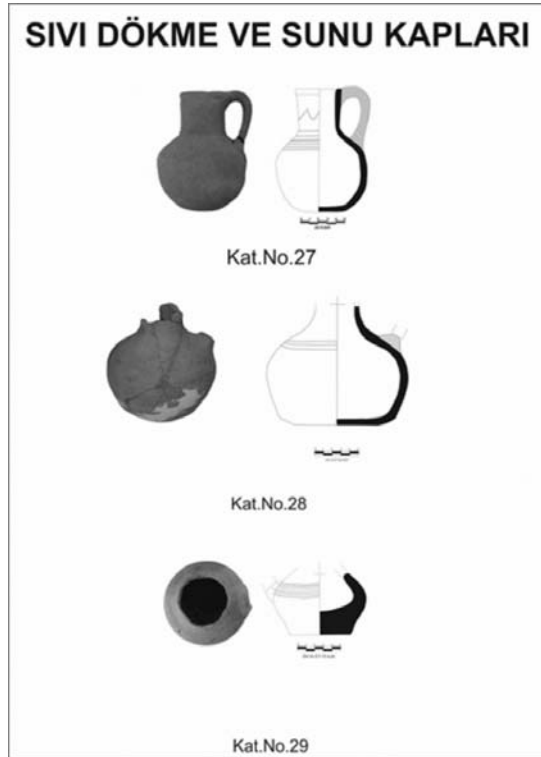


ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Fotoğraf 3 Zerzevan kalesi kazısına ait pişirmek için kullanılan güveç örnekleri



Fotoğraf 4 Zerzevan Kalesi kazısına ait sıvılar için kullanılan kap örnekleri



ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

KAYNAKÇA

- [1] Şüküroğlu, H.E ,Buzullar Ve Kuvaterner Buzul Dönemleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Deniz ve Çevre Araştırmaları Dairesi Başkanlığı, Ankara. ,57
- [2] Uhri, A.,Neolitik Dairy Farmers in Anatolia and Lactose Intolerance,Boris Dreyer Neufunde-Analysen Bawehrung Orient 8 Occident in Atiquity, 172-176, 2018
- [3] Aksoy, M., Çetin, K. Çatalhöyük Mutfak Yapılarıve Araç-Gereçlerinin 21. yüzyıl Mutfak (1)kültürüne Yansımaları. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies.*, 136,2018.
- [4][12][18]Dündar,E., Antikçağ Mutfak Araç-Gereçleri ve Roma Yemek Kültürü ,. *Bilim ve Gelecek Dergisi*, 77-78,Mayıs 2006,27.
- [5][7] Pollio, Marcus Vitruvius. Mimarlık Üzerine On Kitap. [kitap yaz.] Vitruvius. *Mimarlık Üzerine On Kitap.* ŞEVKİ VANLI MİMARLIK VAKFI YAYINLARI, 128, 1990, VI.
- [6][8] Pollio, Marcus Vitruvius. Mimarlık Üzerine On Kitap. [kitap yaz.] Vitruvius. *Mimarlık Üzerine On Kitap.* ŞEVKİ VANLI MİMARLIK VAKFI YAYINLARI, 129, 1990, VI.
- [9][10][11] Pollio, Marcus Vitruvius. Mimarlık Üzerine On Kitap. [kitap yaz.] Vitruvius. *Mimarlık Üzerine On Kitap.* ŞEVKİ VANLI MİMARLIK VAKFI YAYINLARI, 130, 1990, VI.
- [13] [23] Güvercinoğlu, Ali. Cena Trimalchionis ve Eski Roma Mutfak Tarihindeki Yeri. *Tarih ve Gelecek Dergisi.*, 359, Haziran 2020, Cilt 6, 2.
- [14] PETRONIUS. *Petronius Seneca Appoclocyntosis.* [dü.] PH.D.. LL.D. T. E. PAGE, LTTT.D. E. CAPPS. [çev.] MICHAEL HESELTINE. London : WILLIAM HEINEMANN LTD., 1913. s. 53. Cilt 35.
- [15] Bober, Phyllis Pray. *Antik ve Ortaçağda Sanat, Kültür ve Mutfak.* İstanbul : Kitap, 202-203, 2014. Cilt 2.
- [16] Dündar,E., Antikçağ Mutfak Araç-Gereçleri ve Roma Yemek Kültürü ,. *Bilim ve Gelecek Dergisi*, 77,Mayıs 2006,27.
- [17] [22]Gradvohl,E., Healing Kitchen,*Graeco-Latina Bruneinsia* 17,64-71,2012,1
- [19] Grainger,S.,The Story of Garum Fermented Fish Sauce and Salted Fish in the Ancient World,44-45,2021
- [20] Dalby,A., Grainger,S., The Classical Cookbook, TheJ.Paul Getty Museum,Los Angeles, 19, 1996.
- [21] Bober, Phyllis Pray. *Antik ve Ortaçağda Sanat, Kültür ve Mutfak.* İstanbul : Kitap, 206, 2014. Cilt 2.
- [24] Ayus, Ş.,Zerzevan Kalesi Geç Roma Ve Geç Antik Dönem Mutfak Kapları, Yüksek Lisans Tezi, 43-55, 2021

FOTOĞRAF

- Fotoğraf 1 Pollio, Marcus Vitruvius. Mimarlık Üzerine On Kitap. [kitap yaz.] Vitruvius. *Mimarlık Üzerine On Kitap.* ŞEVKİ VANLI MİMARLIK VAKFI YAYINLARI, 130, 1990, VI.
- Fotoğraf 2-3-4 Ayus, Ş.,Zerzevan Kalesi Geç Roma Ve Geç Antik Dönem Mutfak Kapları, Yüksek Lisans Tezi

GIDA ÇALIŞMALARI NASIL BİR AKADEMİK SAHADIR?

Arş. Gör. Samuray Hakan BULUT*

*Atatürk Üniversitesi Turizm Fakültesi Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, 25240 ERZURUM
e-posta: samuraybulut@atauni.edu.tr

Özet: Bu çalışma gıda çalışmaları adlı nispeten yeni bir akademik çalışma sahası hakkında genel kavramsal bilgiler vermeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda ilgili literatür taranmış, alanın sorunsalları, disiplinler türü, temel yaklaşımları, baskın düşünce sistemi gibi alanın iç dinamikleri hakkında bilgi veren çalışmalar okunmuş ve özetlenerek derlenmiştir. Gıda çalışmaları kısaca, yemeğin; sembolleştirildiği ve beslenme değerlerinin ötesinde kavramsallaştırılarak toplumu ve sorunlarını anlama aracı olarak kullanıldığı, eleştirel ve disiplinlerarası bir alanı ifade eder. Gıda çalışmaları alanının ancak 1980'li yıllarda bugünkü anlamıyla akademikleşmeye başladığı belirtilmektedir. Bu tarihten önceki çalışmalar alanın bugününü etkilemiş olsa da konu seçimleri ve yaklaşımlar açısından belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin gıdaya dair ilk modern çalışmalar ağırlıklı olarak bireysel gözlemleri, tek bir disipline bağlı çalışma yöntemlerini ve kültürel anektodları içeren antropolojik çalışmalarken; günümüzde ise gıda çalışmaları disiplinlerarası niteliğini güçlendirmiş, daha çok toplumsal problem çözmeye odaklanmış ve eleştirel yaklaşımla sıkı sıkıya bağlanmış bir alan olarak literatürünü hızla geliştirmekte ve ilişkili disiplinlere yeni perspektifler sunmaktadır. Çalışma üç alt başlıkta alanın sorunsalları, disiplinlerarasılık ve eleştirel yaklaşım hakkında alanın içinden yapılan tanımlamaları içermektedir. Çalışmanın diğer disiplinlerarası nitelikte doğan ancak bir türlü doğru problemleri, uygun yaklaşımları ve düşünce biçimini tespit ederek gelişimini hızlandıramayan çalışma sahaları (gastronomi gibi) için de bir yol haritası sunması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gıda çalışmaları, akademik gelişim, eleştirel yaklaşım, disiplinlerarasılık.

WHAT KIND OF ACADEMIC FIELD IS FOOD STUDIES?

Abstract: This study aims to give some general information about food studies which is a new academic field in comparison with the other modern social sciences. For this reason the related literature has been scanned in order to compile some texts about the field's problematics, type of disciplinary, basic approaches and dominant way of thinking. In summary, interdisciplinary food studies field means usage of food as a symbol rather than a nutrition object to understand society and the society's problems. It is seen that the field of food studies became academic in current sense only in the 1980s. There were some studies about food before this date and these studies had largely effects on the field but these studies and current studies quite different in terms of approaches and topics. For instance first modern academic studies about food has heavily included subjective observations, cultural anectodes and has used methods from one discipline. On the other hand, today's food studies are strengthening its interdisciplinary qualification, focus mainly on problem solving and using critical approach as a fundamental method. Therefore, the literature of the field is developing and provide new perspectives to the related disciplines. The study includes definitions made from within the field about the problematics of the field, interdisciplinarity and critical approach under three sub-titles. It is assumed that this study is important in terms of creating a map for other interdisciplinary fields (like gastronomy) which can not identify the right problems.

Keywords: Food studies, academic development, critical approach, interdisciplinarity.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞ

Günümüzde gıda çalışmaları alanında çalışan birçok bilim insanı, alanın kesin çizgilerle tanımlanamayacağını sıklıkla vurgulasalar da, genel hatlarla yaptıkları tanımlarda alana dair üç temel güncel kavramdan ve bir ortak amaçtan bahsediler. Toplumun gıdayla ve gıda sistemleriyle ilişkili problemlerini tespit etmek ve çözmek bahsi geçen ortak amaçtır. Temel güncel kavramlar noktasında ise sembolleştirme/kavramsallaştırma, disiplinlerarasılık ve eleştirel yaklaşım öne çıkar. Örneğin Koç, Sumner ve Anthony (2016)'nin çalışması yemeğin sadece yemek olmadığı ön kabulüyle başlar [1]. Yemeği kavramsallaştırır. Sembolleştirir. İnsanın bedenine aldığı bileşenler olmaktan çıkarıp bir aktivite ve çevresindeki her şey haline getirir. İnsan aktivitelerinin sınırı, insan zihninin hayal kurma kapasitesi kadardır. Bu nedenle *food studies* adı verilen yepyeni ve eleştirel bir çalışma alanının, daha en baştan, sonsuz bir kuramsal manevra alanına oturtulması kaçınılmazdır ve çalışma diğer disiplinlerin yemeği/gıdayı dikine ilerlemeci anlayışla ve ardında ister istemez adeta bir problemler enkazı bırakarak, mutlak bir çerçeve içerisinde çalıştığından bahseder. Tarım ekonomisinin gıda üretimini arttırmakla ilgilenirken tarım arazisi krizlerine ya da obeziteye sırtını dönmeye; beslenme çalışmalarının insan sağlığından bahsederken sefaleti ve açlığı es geçmesi ise bu tanımları detaylandırır. Bir başka tanımda, Koç, Bancherz ve Speakman (2017) alanın gıdaya ilişkin çeşitli sosyal problemleri incelediğini, üzerinde en çok yoğunlaşılan genel konu başlıklarından bazılarının ise açlık, yoksulluk, beslenme odaklı rahatsızlıklar ve çevreci/çevresel problemler olduğunu belirtirler [2]. Bu problemlerin ise geleneksel tarım çalışmalarındaki, beslenme/diyetetikteki ve insan bilimlerindeki ilgi artışıyla, akademik düzlemde paralel ilerlediği belirtilir. Ancak bu paralellik ortak metodolojiyi, yaklaşımları içerebilse de problemler ortak değil, bir alandan diğerine kalanlardır. Bu nedenle gıda çalışmaları sosyal ya da insan bilimlerinden korunması gereken ayrı bir disiplinlerarası çalışma sahası; kesin bir tanımla bilinmesi zor olan şemsiye bir kavramdır. Buradaki şemsiye kavram altına alıp korudukları kadar üstünden gelenleri de içeriye almama durumunun altını çizer. Bu tanımlar günceldir ve bugünün çalışma anlayışını, alanın bugüne dair temel problemlerini ve alanın bugünkü akademik niteliğini ele alır. Diğer yandan disiplinlerarası nitelikte doğan ve eleştirel yaklaşımı benimseyen bilim insanlarınca problem odaklı çalışılmaya başlanılan gıda çalışmaları adlı akademik sahanın hangi çalışmaların etkisiyle bugünlere geldiği de hem sosyal değişimleri anlamak hem de belirli bir alanda akademik kimliğin nasıl kazanıldığını öğrenmek açısından önemlidir [3]. Bu noktada Yenil (1996), Murcott (1983)'dan yaptığı alıntıyla gıda çalışmalarının nasıl başladığına dair ipucu verirken, başlangıçtaki çalışmalarda yemeğe dair soruların toplum ilişkilerinin gözlemlenmesiyle cevaplandırıldığından ancak zamanla anlayışın tersine dönerek topluma dair sorunların yeme-içme örüntüleriyle çözümlenmeye çalışıldığından bahseder [4]. Bu tespit alanın akademik gelişimini özetlemek ve başlangıç ile bugün olmak üzere iki uç noktayı göstermek açısından oldukça değerlidir. Bu iki uç noktanın arasında ise sırasıyla antropologların çalışmaları, sosyologların önceki çalışmalardan etkilenerek, onları eleştirerek gelişimi başlatıp farklı yaklaşımları benimseyerek detaylandırmaları bulunmaktadır. Kısaca, alanın modern akademik gelişimi ve iç yapısı şu şekildedir: Antropologların çalışmaları ile temelleri atılan alan, sosyologların önceki mikro düzeyde yapılan karşılaştırmaz gözlemlerin sonucu olarak ortaya çıkan kuramları eleştirmesiyle gelişmiş, çalışılan kavramın (gıda) doğuştan disiplinlerarasılığı sayesinde detaylanmış ve güncelle yaklaşıtkça keyfilikten problem çözmeye evrilmiştir.

Gıda Çalışmaları Alanının Konuları, Sorunsalları ve Temel Yaklaşımlar

Gıda çalışmalarının akademik gelişimi sorunsallara kesin geçişten önce daha tematik ve bağlamsal olmuştur. Alanın konularının ve sorunsallarının seçimi noktasında tarihsel inceleme yapan birden fazla bilim insanı vardır. Örneğin Koç vd. (2017)'nin çalışmasında tarihsel gelişim sürecinde alan, üç temel literatürden beslenen gıda merkezli çalışmalarla tanımlanır [5]. Birincisi Levi-Strauss'un başını çektiği [6], Roland Barthes [7], Mary Douglas [8] ve Arjun Appadurai'nin [9] de folklor, etnisite, kimlik ve benzeri konulardaki antropolojik çalışmalardır. Bu çalışmaların en belirgin özelliği, kültürel anektodlar ve bireysel izlenimlerin egemenliğidir.

İkinci literatürün konu yoğunluğunu politik ekonomi yaklaşımı oluşturur. Marx eleştirilerinin ekonomik düzeni şiddetle değiştirdiği bir dönemde globalleşme, gıda rejimleri ve benzeri konuların çeşitli bilim insanları tarafından hararetle ağırlıklı üretim odaklı işlendiği belirtilir. Pierre Bourdieu [10] gibi bazı düşünürlerin ise gıdayı tüketim merkezine alarak aynı literatüre katkı verdikleri görülür.

Üçüncü literatür olarak disiplinlerarası perspektiflerin çalışmalarından söz edilir. Kültürel çalışmalar, kadın çalışmaları ve çevresel/çevreci çalışmalar örnek olarak verilir. Kültürel çalışmalarda postmodernist ve postyapısalcı yaklaşımın baskın ve etkili olduğu, kadın çalışmalarında feminist yaklaşımın klasik literatüre meydan okuduğu ve çevresel/çevreci çalışmalarda alternatif gıda sistemlerinin heyecan verici olduğu görülür.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Bir diğer çalışmada Yenil (1996); gıda çalışmalarına ilham veren ilk denemeler (antropolojik/kültürel çalışmalar), sosyal imgesel tüketim (Pierre Bourdieu ve Jean Baudrillard tarafından hazırlanan başlıca çalışmalar), tarihsel taşınma ve dönüşüm (Sidney Mintz ve Massimo Montanari'nin başlıca çalışmaları), sınıfsal katmanlaşma (Pierre Bourdieu, Stephen Mennell ve Jack Goody'nin başlıca çalışmaları) olmak üzere literatürde işlenen konuları dört başlık altında değerlendirir [11]. Alanın sorunsallarından bir kısmı kısaca; yemeğin sınıfsallaşması (rafine mutfağın doğuşu, üst ve alt kültürler, habituslar ve habitusların alt sınıfları arasındaki yeme-içme kültürünün farklılaşması vb.), gıda güvencesi/güvencesizliği (adil gıda, gıda çölleri, lüks gıda vb.), ekolojik gıda sistemleri (permakültür, yavaş yemek ve benzeri ideolojik temelli çevreci gıda sistemi önerileri), beslenme kaynaklı bozukluklar/rahatsızlıklar (anoreksiya nervoza, ortoreksiya nervoza, bulimia nervoza, binge eating) olarak sıralanabilir.

Alanın temel yaklaşımları için ise Beardsworth ve Keil (2011) tarafından hazırlanan çalışma ayrıntılı bilgi verir [12]. Bahsi geçen yaklaşımlar işlevselcilik, yapısalcılık ve gelişimsel yaklaşımdır.

İşlevsel yaklaşım toplumu ve toplumsal tüm sistemleri canlı bir organizma ya da bir makine olarak düşünmektir. Canlı sistem sürekli değiştiği, makinelerin ise sürekli eskidiği bilindiğine göre sadece tanımdaki analogiden bile işlevselciliğin ne kadar eleştiriye açık olduğu görülebilir. Yine de işlevselciliğin egemen olmasa da birçok olguyu ve olayı anlamak için faydalı bir yaklaşım olduğu düşünülebilir. İşlevselci yaklaşımın gıdayla bağına dair üç soru sorulur. Bunlardan birincisinde gıdaya ait iki ana sürecin, üretim ve tüketimin, hali hazırda işleyen sosyal sistemin neresinde ve ne büyüklükte ve ne hızda bir çark olduğunu düşünmek istenir. Bu hem işlevselciliğin kuramsal zeminini tanımaya hem de eleştirel gıda çalışmalarında ele alınabilecek onlarca probleme işaret eder. İkinci soruda gıda temininin ve tüketim biçimlerinin işlevi, farklılıklardan; sınıflardan, beslenerek sorgulanır. Üçüncü soru işlevsel olmayan süreçleri sorgular. Buradaki işlev dışılık sosyal sisteme hizmet etmemek mi yoksa edememek midir? İşlevselci yaklaşımla hazırlanmış birçok örnekten bahsedilir. Örneğin tarlada beraber çalışmak sosyal bağımlılığın katalizörüdür.

Yapısalcı yaklaşım dildir. İşlevselcilerin makineyi parçalarına ayırıp bakma yaklaşımlarının yerine yapısalcılar en küçük dişlinin çıltz sesini duymak için makineye kulaklarını dayarlar. Bir kez bu sesi duyabilirlerse sadece parçayı değil tüm mekanizmayı da tanımış olurlar. Gıdaya dair en önemli kavramsallaştırmalarından birisi gusteme (gustatory ve phoneme) de bir yapısalcı olan Strauss tarafından yapılır. Tatbirim olarak Türkçeleştirilir. Bu birim üzerinden birçok yapının çözümlenebileceği görüşü, insanın mutfak uygulamalarına bilincini yansıttığını varsaymaktan ileri gelir. Yapısalcıların çalışmalarının en bilinenlerinden birisi, yine Strauss tarafından oluşturulan ve geliştirilen mutfak üçgenidir. Çiğ olan doğaldır ya da bozulur. Pişmiş olan kültürel ama bozulabilir. İlerleyen süreçte mutfak üçgeni sosyologlar tarafından (örneğin karşılaştırmalı sosyoloji adını verdiği bir yöntemle çalışan Jack Goody tarafından) hem hayranlıkla karşılanacak hem de sosyal gelişimi ve değişimi hesaba katmadığı için-örneğin steak tartare gibi çiğ yenilen lüks gıdaları ve bu gıdaların toplumsal göstergesini düşünmediği için, eleştirilecektir. Yapısalcıların ilgi çekici çalışmalarıyla tanınan diğer bilim insanlarına Mary Douglas ve Roland Barthes örnek olarak gösterilebilir.

Alanın üçüncü yaklaşımı gelişimsel yaklaşımdır. Bu yaklaşımın yapısalcı yaklaşımı yoğun eleştirilere tabi tutan bilim insanları (Stephen Mennell) ortaya çıkarıldığı söylenebilir. Temel olarak gelişimsel yaklaşım iki hususa dikkat çeker. Birincisi yapısalcılar düşünce biçimlerini statik tutmuş, sosyal değişimleri, damak tadındaki geçmişten bugüne oluşan farklılaşmayı dikkate almamışlardır. Bu nedenle çalışmaları yetersizdir. İkinci önemli nokta ise statik düşünmemek ve değişimi/gelişimi gözden kaçırmamak için incelenecek olay, olgu ya da topluluklar mutlaka geçmişleriyle birlikte ele alınmalıdır.

Gıda Çalışmalarının Disipliner Türü: Disiplinlerarasılık

Disiplinlerin belirgin sorulara cevap aramaları, belirgin yöntemler ve yaklaşımlar kullanmaları ve ilgili kuruluşlar ve yayıncılarla kendilerine ait bir düşünce sahası oluşturmaları beklenir [13]. Disiplin olmanın temel şartları budur. Disiplinlerarasılık ise çalışılacak problemleri ve düşünce sahası kendisine ait olmak kaydıyla, diğer tüm disiplinlerden yöntem ve yaklaşım tedarik edebilen bir disiplin türüdür. Gıda çalışmalarının disiplinler özelliğini/türünü anlamak için yine Koç vd. (2017)'nin çalışması ayrıntılı çıkarımlar sunar [14]. Çalışmada 19 ve 20.yy'da kendi bölgelerini oluşturup işaretleyen birçok disiplin olduğu anlatılır. Disiplinlerarasılık ise doğurulan ya da oluşturulan olarak değil doğan/ortaya çıkan bir kavram olarak tanımlanır. Bu noktada gıda çalışmalarının da bir disiplin olarak doğmasının ilanının erken olduğu, disiplinlerarasılık durumunun devam ettiği söylenir. Kimileri için disiplinlerarası olmak kutsanası bir özgürlük ve güç alanı iken, kimileri için açık ve net analitik düşünceden uzak, zayıf bir kavramdır. Çalışmada yapılan bir tanım gıda çalışmaları için ele alınırken de düşünce sisteminden ziyade konu başlıkları öne çıkarılır ve alan hakkında disiplin olmaktan farklı ya da disiplinlerin toplamı denir. Önceleri gıda çalışmalarının gıda endüstrisinin gelişimi için yapıldığı ve böyle devam edildikçe bir disiplin olarak hali hazırda

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

görülebileceği belirtilir. Bu diğer sosyal bilimler tarafından verilen bir rüşvettir. Ancak hali hazırda çalışma problemlerini belirlemiş olan alan, günümüzde çok sayıda organizasyon, dergi ve diğer materyallerin de varlığıyla hem disiplinlerarası hem de çoklu disiplinler özelliğini, başka disiplinlerin boyunduruğuna girmek zorunda kalmadan, kazanmıştır.

Gıda Çalışmalarının Baskın Yaklaşımı: Eleştirel Düşünce

Alanda kavramsal tarih, politik ekonomi, kültürel antropoloji, karşılaştırmalı sosyoloji, dilbilim ve analogi de çalışılsa ya da alanda çalışanlar farklı yaklaşım ve düşünce biçimleri hakkında iç kontrol çalışmaları da yapsa baskın düşünce sistemi gözle görülür biçimde tektir ve bu düşünce biçimine eleştirel düşünce/yaklaşım adı verilir. Gıda çalışmalarında eleştirel düşünce her konu, yaklaşım ya da metodun zeminini oluşturur. Bir kez daha Koç vd. (2017)'nin çalışmasına bakılacak olursa, eleştirel düşünce hakkında ayrıntılı bilgi elde edilebilir [15]. Çalışmada geçen bilgilere göre, günlük kullanımda eleştiri kavramının açık bulmak anlamında kullanıldığından, bilimsel anlamda ise dört temel soruya dayanan bir düşünce sistemi oluşundan bahsedilir. İlk soru şudur: argüman kanıtı mı yoksa ön yargıya mı dayalıdır? Saha çalışmaları ve deneysellik bu açıdan önemlidir. Gerçekten sadece ekolojik tarım yaparak açlık bitirilebilir mi? İkinci sorgulama gündelik normal kabullendiren baskın ideolojinin arka planları hakkındadır. Bir kent rutini olan sabah kahvesinin kahve plantasyonunda çalışan işçiden ayrı düşünülmesi mümkün müdür? Üçüncü sorgulama güç ve dinamikleri üzerinedir. Gıdaya erişimi engelleyen gücü kim nasıl elde etmiş, nasıl kullanmaktadır ve bu güç el değiştirebilir mi? Dördüncü sorgulama araştırmacının yaptıktan sonra yaptırmaya da çalıştığı öncelikle içsel bir sorgulamadır: Sosyal değişim mümkün müdür? Eleştirel gıda çalışmalarının bu sorgulamaları yaparken sadece olgunlaşan bir literatürü şişirmedeği ve gündelik insan problemlerinin yakasından sıkı sıkı tuttuğu açıkça görülebilir. Diğer yandan alanın birden çok yaklaşıma sahip olarak çeşitlenmesini sağlayan da eleştirel düşüncedir. Örneğin Jack Goody [16] ve Stephen Mennell [17] yapısalcılarının çalışmalarına birçok soru yönelterek karşılaştırmalı sosyoloji ve gelişimsel yaklaşım adını verdikleri, daha güvenilir ve geçerli olduğunu öne sürdükleri, yaklaşımlar geliştirmiştir.

SONUÇ YERİNE

Bu çalışmada okuyucuya gıda çalışmaları olarak adlandırılan bir sosyal bilim alanının tarihsel gelişimi hakkında ve alanın iç dinamikleri olarak kabul edilebilecek disiplinler özellik, temel yaklaşımlar, baskın düşünce sistemi ve konular/sorunsallar alt başlıklarında genel kavramsal bilgi verilmeye ve bir akademik çalışma alanı tanıtılmaya çalışılmıştır. Bu doğrultuda çalışmada alanın belli başlı araştırmacılarından, onların yaklaşımlarından ve çalışma konularından kısaca bahsedilmiştir.

Gıda çalışmaları alanına genel bakışta disiplinlerarası nitelik ve eleştirel düşünce göze çarpar. Toplumun gıda sistemleri içerisindeki tüm sorunları alanın çalışma sorunsallarını oluşturur. Gıda/yemek/içecek maddeleri, bu alan özelinde, bir madde olmaktan çıkarılır ve kavramsallaştırılarak toplumun tanınmasının, sorunlarının tespit edilmesinin ve çözülmesinin birer göstergesi, yardımcı kaynağı haline gelir.

Alanın literatürü antropolojik/kültürel mikro çalışmalarla oluşmaya başlamıştır. Bu çalışmalar ileride sosyologlar tarafından statik kalmakla, kişisel görüş ağırlıklı olmakla ve toplumsal bütünlüğü geçmiş ve bugün arasında bağ kurmadan incelemekle eleştirilmiş; literatürdeki yapısal ve işlevselci yaklaşımın yerini gelişimsel, karşılaştırmalı ve eleştirel çalışmaların almasını sağlamıştır.

Alanın eksik noktası olarak düşünülen ve gelecek çalışmalar için bir öneri olabilecek konu ise şudur: Gıda çalışmaları Avrupa ağırlıklı bir literatüre sahiptir ve bu coğrafya olabildiğince genişletilerek çalışma alanının sınırlarının genişletilmesi gerekmektedir [18].

KAYNAKLAR

[1] Koç, M., Sumner, J. ve Anthony, W., *Critical Perspectives in Food Studies*, Introduction: The Significance of Food and Food Studies, Don Mills, Oxford University Press, 2016.

[2-5-14-15] Koç, M., Bancercz, M. ve Speakman, K., *Critical Perspectives in Food Studies*, Introduction: The Interdisciplinary Field of Food Studies, Don Mills, Oxford University Press, 2017

[3-17] Özgören Kınılı, İ., Stephen Mennell'in Yemek Sosyolojisine Katkıları, *İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Dergisi*, 40(1): 419-441, 2020.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- [4-11-18] Yenal, N.Z., Bir Araştırma Alanı Olarak Yeme-İçmenin Tarihi ve Sosyolojisi, *Toplum ve Bilim*, 71, 195-225, 1996.
- [6] Levi-Strauss, C., *The Origin of Table Manners*, Introduction to a Science of Mythology: 3, London, Jonathan Cape, 1978.
- [7] Barthes, R., *Çağdaş Söylenler*, (Çev. Tahsin Yücel), İstanbul, Hürriyet Vakfı Yayınları, 1990.
- [8] Douglas, M., *Mary Douglas Collected Works, Constructive Drinking: Perspectives on Drink from Anthropology*, New York, Routledge, 2003.
- [9] Appadurai, A. How to Make a National Cuisine: Cookbooks in Contemporary India, *Society for Comparative Study of Society and History*, 1988.
- [10] Bourdieu, P. *Ayrım: Beğeni Yargısının Toplumsal Eleştirisi*, (Çev. Derya Fırat, Günce Berkkurt), Ankara, Heretik, 2015.
- [12] Beardsworth, A., Keil, T., *Yemek Sosyolojisi*, (Çev. Abdülbaki Dede), Ankara, Phoenix, 2011.
- [13] Seyitoğlu, F., Çalışkan, O., Akademik Disiplin Olarak Gastronomi: Kavramsal Bir Çalışma, *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 15 (3), 523-537, 2018.
- [16] Goody, J., *Yemek, Mutfak, Sınıf: Karşılaştırmalı Sosyoloji Çalışması*, (Çev. Müge Günay Güran), İstanbul, Pinhan Yayıncılık, 2013.

ZERZEVAN KALESİ GEÇ ROMA PİŞİRME KAPLARI

Şıvan AYUS*

*Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Arkeoloji Bölümü, Doktora Öğrencisi 72060 BATMAN
e-posta: sivanayus@gmail.com

Özet: Zerzevan Kalesi, Diyarbakır'ın, Çınar ilçesine 13 km. uzaklıkta Demirölçek Köyü sınırları içerisinde yer alan askeri bir garnizondur. Kaledeki mevcut mimari kalıntılar ve kazı çalışmalarında ele geçen buluntular incelediğinde MS 3 ve 7. yüzyıllar arasında kalenin aktif bir şekilde kullanıldığını gösterir. Seramik buluntular, yapılan kazılarda en fazla elde edilen arkeolojik veri olma özelliğini taşımaktadır. Değerlendirilmeye alınan seramik eserler 2015-2020 yılları arasında kapsamaktadır. Zerzevan Kalesi kazılarında ele geçen eserlerin analojisi benzer örnekler üzerinden ve buluntu kontekstine göre yapılmıştır. Zerzevan Kalesi Kazıları'nda Geç Roma Dönemi ağırlıklı seramikler hakimdir. Geç Roma Dönemi seramikleri ağırlıklı olarak MS 3 ve 7. Yüzyıllar arasında tarihlenmektedir. Seramik eserler içerisinde pişirme kapları en yoğun buluntu grubunu oluştururken, çömlek, güveç ve tava bu grubu temsil eden başlıca formlardır.

Anahtar Kelimeler: Geç Roma, Pişirme Kapları, Zerzevan Kalesi,

ZERZEVAN CASTLE LATE ROMAN COOKING POTS

Abstract: Zerzevan Castle is a military garrison located within the borders of Demirölçek Village, 13 km away from Çınar district of Diyarbakır. When the existing architectural remains in the castle and the findings obtained during excavations are examined, it shows that the castle was used actively between the 3rd and 7th centuries AD. Ceramic finds have the feature of being the most obtained archaeological data in the excavations. Ceramic works taken into consideration cover the excavation session between 2015-2020. The analogy of the artifacts unearthed in the Zerzevan Castle excavations was made over similar examples and according to the context of the finds. Late Roman Period ceramics are dominant in the Zerzevan Castle Excavations. Late Roman Period ceramics are mainly dated between the 3rd and 7th centuries AD. While cooking pots constitute the most dense group of finds among ceramic works, pots, casseroles and pans are the main forms representing this group.

Keywords: Late Roman, Cooking Pots, Zerzevan Castle,

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

1. GİRİŞ

Seramik, geçmiş çağlardan günümüze kalabilmiş başlıca arkeolojik materyallerden birisidir. Günümüzde de önemini kısmen koruyarak üretimi devam eden seramik, erken dönemlerden başlayarak insanların ihtiyaçlarını karşılamak üzere işlevsel bir şekilde kullanılmıştır [1]. İşlevsel olarak üretilen bu nesnelere, seramik, çanak-çömlek ve terrakotta olarak adlandırılmıştır. Seramik, topraktan özellikle de sulandırılınca şişerek birbirine kenetlenen plastik killerden yapılan kap kaçacaktır. Saydam olmayan bu kapların üzerleri sırlanmadığı takdirde, su geçirgen özelliktedirler. Yunanca "Kil, killi toprak, çömlek toprağı ve topraktan yapılmış kap" anlamına gelen "**Keramos**" çeşitli Avrupa dillerinde "**Keramic**", "**Ceramic**" olarak geçmiştir [2]. Çanak-çömlek, seramik kaplarına verilen genel adı temsil eder. Latince pişmiş topraktan yapılan tencere anlamına taşıyan "**Potum**" sözcüğünden türemiştir. Avrupa dillerine "**Poterie**" ve "**Pottery**" olarak geçmiştir [3].

Bu çalışma; Zerzevan Kalesi Kazılarında ele geçen pişirme kaplarını içermektedir. Zerzevan Kalesi, Diyarbakır'ın Çınar ilçesine 13 kilometre uzaklıktaki Demirölçek Mahallesi yakınlarında bulunan ve Roma İmparatorluğu döneminde askeri üs olarak kullanılmıştır. Zerzevan Kalesi'nde 2014 yılında başlayan ilk bilimsel arkeolojik kazı, restorasyon ve belgeleme çalışmalarına, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nün vermiş olduğu izin ile Dicle Üniversitesi, Arkeoloji Bölüm Başkanı Sayın Doç. Dr. Aytaç COŞKUN'un başkanlığında hala devam etmektedir.

Zerzevan Kalesi Kazıları'nda bulunan seramikler form kriterlerine göre sınıflandırılmıştır. Söz konusu seramikler 2015-2020 yılları arası T Yapısı, Mithras Üst Alanı, Mithras Kuzey Alanı, S

Yapısı (Sığınak), J Yapısı (Konut), P Yapısı (Konut), G Yapısı (Konut), Doğu Sur, M Yapısı (Konut), N Yapısı (Konut) gibi çalışma alanlarında ele geçen örnekler arasından seçilerek tasniflenmiştir.

Bu kapları kullanım alanlarına göre sınıflandırmak mümkündür. Yemeklerin pişirilmesinde kullanılan pişirme kapları güveç, çömlek, tava günlük hayatta su ve şarap gibi sıvıların içinde depolandığı dökme kaplarından testiler, suyun içinde servis edildiği kadeh, bardak, maşrapa ve matara, sofraya kaplarından tabak, sosluk ve testicik, gıdaların veya sıvıların depolanmasında kullanılan depolama kapları amforalar ve diğer kategorisine dahil edilen kapaklar olarak gruplandırılmaktadır.

Kullanım alanlarına göre sınıflandırılan bu seramikler, tipolojik olarak da alt gruplara ayrılarak gruplandırılmıştır. En yoğun bulunan mutfak kapları arasında amphora, çömlek, güveç, sosluklar, testiler, içecek kapları ve kapak gibi formlar ön plana çıkmaktadır. Örnekler genel olarak çark yapımı olup iyi fırınlanmıştır. Araştırmada incelenen söz konusu Geç Roma Dönemi seramikleri MS 3 ile MS 7. yüzyıl aralığındadır. Tarihlendirme, eserlerin benzerlerine ve buldukları buluntu kontekstine göre yapılmıştır.

2. ZERZEVAN KALESİ PİŞİRME KAPLARI

Beslenme insanoğlunun en temel ihtiyaçlarının başında gelmektedir. Ateşin keşfedilmesi ile beraber yemekler pişirilerek yenmeye başlamıştır. Bu durum beraberinde yemeklerin içine konulacağı bir kabın varlığını zorunlu hale getirmiştir. Ahşaptan ve taştan yapılan erken örnekler ihtiyacı karşılamakta yetersiz kalınca daha kullanışlı ve işlevsel olan pişmiş topraktan yapılmış ısıya dayanıklı kaplar ortaya çıkmıştır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Erken dönemlerde sadece günlük kullanım ihtiyacını karşılamak amacıyla üretilen bu kaplar zamanla daha da çeşitlenerek teknik, form ve bezeme açısından oldukça başarılı örnekler üretilmeye başlanmıştır.

İçinde pişirilen yemeğe göre form yapısı da değişiklik gösteren pişirme kaplarının sığ örneklerin yanı sıra derin örnekleri de mevcut olup yine içinde pişen yemeğe göre kapaklı ve kapaksız, dar veya geni ağızlı, kulplu veya kulpsuz örnekleri de vardır. Yemeklerin pişirilmesinde kullanılan en temel pişirme kapları güveç, çömlek, tava ve tenceredir.

Zerzevan Kalesi Kazılarında ele geçen pişirme kaplarında kil, astar ve bezeme özellikleri değişiklik göstermektedir. Pişirme kaplarının ateşe maruz kalması, farklı kil ve astar renklerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Pişirme kaplarının fırınlama esnasında daha dayanıklı hale gelmesi için daha yoğun katkı maddesi görüldüğü gözlenmektedir. Bezeme olarak da çok farklı motiflerin kullandığı görülmektedir.

2.1 Güveç

Güveç, antik dönemlerde yemek pişirmek amacıyla kullanılan pişirme kaplarından bir tanesidir. Erken dönemlerden itibaren kullanılan bu form zamanla değişime uğramış ve çeşitlenmiştir. Erken örnekleri oval ve yayvan olan bu grup, Hellenistik Dönem'de daha derin ve kesin bir hal almıştır [4]. Roma güveçleri ise Hellenistik Dönemin devamını temsil etmektedirler. Bu grubu çömlekten ayıran en temel özellik daha yassı bir gövde yapısına sahip olmasıdır [5]. Orijinal adı "Lopas" olan bu grup gövde yapılarından dolayı daha çok yağlı yiyeceklerin pişirilmesinde kullanıldığı düşünülmektedir ([6].

Güveçler sığ gövdeli, yuvarlak tabanlı, kullanım işlevlerine göre dar veya geniş ağızlıdır. Sığ yapısı ile tencereden ayrılmaktadır [7]. Tencereler derin yapısıyla sulu yemeklere daha çok uygunken, güveçler, yahni, kızartma, güveç ve kavurma gibi çok yağlı ve az sulu yemeklerin yapımına uygundur [8], [9].

Rotroff, güveçleri çift kalkık yatay kulplu ve kapaklı bir kap olarak tanımlamış ve balık kızartmak için de kullanıldığını dile getirmiştir [10].

Amy ise form olarak kapaklı olduklarını ve pişirmenin yanı sıra saklama kabı görevi gördüğünü de dile getirerek çok fonksiyonlu bir kap olarak tanımlamıştır [11]. Fakat kavanozlara oranla daha geniş olduğunu da belirtmiştir [12].

Zerzevan Kalesi kazılarında da güveç formuna ait 24 örneğe rastlanmıştır. 24 örnekten beşi değerlendirilmeye alınmıştır. Geriye kalan 5 örnek 4 farklı tipte değerlendirilmiştir. Değerlendirilmeye alınan örnek seçimi; kenar özellikleri belirgin olan, tipolojik ayrımı yapılabilen ve tarihlendirme kriterleri göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Zerzevan'da ele geçen güveç örnekleri ağız çapları 10-20 cm aralığında olan sığ gövdeli, ağızdan gövdeye kulplu örneklerin çoğunluğu temsil ettiği görülmektedir. Kaledeki örneklerin çoğunluğunda boyun kısa olarak vurgulanarak bazı örneklerde kulplarda tutmayı daha kolay getirmek için yapılan parmak çıkıntıları mevcuttur. Dışa çekik ağız yapılarıyla ön plana çıkan örneklerin bazılarının ağız iç kenarında kapağın oturmasını sağlayan içten çıkıntı bulunur. Genel olarak günlük kullanıma bağlı olarak ateşe maruz kalan örneklerin iç ve dış yüzeylerinde yer yer yanık izleri mevcuttur. Kahverengi tonlarındaki kil fırınlama sonrasında gri ve siyah tonların oluşmasına neden olmuştur. Ayrıca kil taşçık, kireç,

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

gümüş mika, kuvars katkıdır. Bezeme olarak kazıma teknikte verilmiş şerit hatlar tercih edilmiştir.

Zerzevan Kalesi güveçleri ağırlıklı olarak MS 4-7. yüzyıllar arasına tarihlenmektedir. Benzerlerine rastlanmayan örneklerin yerel veya bölgesel olabileceği düşünülmektedir.

2.1.1 Güveç Tip- 1

Dışa eğik ağızlı, iç bükey boyunlu, ağızdan omuz üzerine eklenmiş dikey kulplu, dış bükey sığ gövdeli **Kat.No.1** ve **Kat.No.2** güveçler ilk tipi oluşturmaktadır. **Kat.No.1**, **Kat.No.2**'e oranla daha uzun bir boyuna ve daha dar bir gövde yapısına sahiptir. Kahverengi tonlarındaki killeri fırınlamaya bağlı olarak ton değişimine uğramıştır. Kil taşçık, kireç, gümüş mika, kuvars katkıdır. İki örnekte de bezeme olarak boyunda kazıma teknikte verilmiş ince şeritler ve daire motifleri tercih edilmiştir. Benzer örneklerine Sagalassos [13], Alabanda [14], Menderes Magnesiası Theatron Kazısı [15], Phokaia [16] ve Knossos [17] kazılarında rastlanmıştır. Benzer form özelliklerine sahip örnekler MS 4-7. yüzyıllar arasına tarihlenmiştir.

2.1.2 Güveç Tip- 2

İçten yuvarlatılarak dışa çekilen ağız, içte kapağın oturduğu çıkıntı, çıkıntılı dikey kulplu **Kat.No.3** güveç ikinci tipi oluşturmaktadır. Ağız Çapı **Kat.No.1** ile aynıdır. Fakat **Kat.No.1** ve **Kat.No.2**'ye göre daha farklı bir ağız kenarına sahiptir. Ağız iç kısmında muhtemelen kapağın oturması için bir çıkıntı yapılmıştır. Ayrıca daha sığ bir gövdeye sahiptir. Kulplu diğer iki örnekte olduğu gibi ağızla bütünleşmeyerek hemen ağız altında verilmiştir. Gri tonlarındaki kil (fırınlama sonrası oluşan muhtemel yanık) gümüş mika katkıdır. Bezeme diğer örneklerde olduğu iç bükey kısım boyunda kazıma teknikte yapılmış şerit hatlar ve

bitkisel bezeme tercih edilmiştir. Benzer örneğine rastlanmamıştır. Bu eserin yerel veya bölgesel olabileceğini göstermektedir. Eserle aynı derinlikte MS 4-7. yüzyıllar arasına tarihlenen Geç Roma Dönemi'ne tarihlenen kandil parçalarına rastlanmıştır.

2.1.3 Güveç Tip- 3

Hafif dışa çekik basit ağızlı, iç bükey boyunlu, dış bükey kürevi sığ gövdeli, ağızdan omuz üzerine bağlı tek dikey kulplu **Kat.No.4** güveç üçüncü tipi oluşturmaktadır. 10 cm'lik ağız çapı ile diğer güveçlerden ayrılmaktadır. Kahverengi tonlarındaki kil kireç, taşçık ve gümüş mika katkıdır. Bezeme, kulpta yer alan yivlerden ve kazıma teknikte verilmiş damlalardan meydana gelmektedir. Benzer örneğine rastlanmamıştır. Bu eserin yerel veya bölgesel olabileceğini göstermektedir.

2.1.4 Güveç Tip- 4

İçten yuvarlatılarak dışa çekilen ağız, iç bükey boyun, dış bükey sığ gövdeli, çıkıntılı dikey kulplu **Kat.No.5** güveç dördüncü tipi oluşturmaktadır. 15 cm'lik ağız çapı ile diğer örneklere benzese de aşırı sığ gövde ve kulplu tipi ile diğer örneklerden ayrılmaktadır. Kahverengi tonlarındaki kil taşçık, kireç, gümüş mika ve kuvars katkıdır. Bezeme olarak kulplu üzerinde dalga hat şeklinde bir aplik tercih edilmiştir. Benzer örneğine Zeugma'da rastlanmıştır [18]. Zeugma'da bulunan bir örneği MS 4. Yüzyılın sonları ile MS 5. yüzyılın başlarına tarihlenmiştir [19].

2.2 Çömlek

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Antik dünyanın en işlevsel mutfak kaplarından biri olan çömlek, çok amaçlı kullanılan formlardan bir tanesidir. Genel olarak pişirme kabı olarak kullanılan bu form sıvıların kaynatılmasında da kullanılmıştır [20], [21], [22]. Bu kapların depolama amaçlı kullanıldığı da bilinmektedir. Yunanca "kythra (τύτρα)" olarak adlandırılan bu form [23], Roma'da çok farklı şekillerde adlandırılmıştır. Apicius'un coccabus olarak adlandırıldığı bu formu Martialis'in rubra testa şeklinde adlandırmıştır [24]. Ayrıca olla veya ollulan olarak da adlandırılmıştır. Bu formu güveçlerden ayıran en önemli özellikleri daha yüksek olması, güveçlerdeki sığ yapının bu formda daha derin bir yapıya dönüşmesi olarak gösterilebilir. Güveçlere oranla daha küresel gövdelere sahiptirler. Çömlekler, ısıya oldukça dayanıklı kaplardır.

Zerzevan Kalesi kazılarında 55 adet çömlek formu ele geçmiştir. 55 formdan 15 örnek değerlendirilmiştir. Geriye kalan 15 örnek kendi aralarında 11 farklı tipi temsil etmektedir. Değerlendirilmeye alınan örnek seçimi; kenar özellikleri belirgin olan, tipolojik ayrımı yapılabilen ve tarihlendirme kriterleri göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Zerzevan Kalesi'nde bulunan çömlek örnekleri çok farklı ağız kenarlarına sahiptirler. Ağız çapları 10 cm ile 24 cm arasında değişim göstermektedir. Kil siyah, kahverengi, kırmızı ve gri tonlarındadır. Bazı örneklerde fırınlama sırasında oluşmuş yanık görülmektedir. Bu durum kilin asıl renginin fırınlama sonrası daha koyu bir tona dönüşmesine neden olmuştur. Kil ağırlıklı olarak taşçık, kireç, mika (gümüş, altın), kuvars ve siyah kum katkıdır. Genel olarak günlük kullanıma bağlı olarak ateşe maruz kalan örneklerin iç ve dış yüzeylerinde yer yer yanık izleri mevcuttur

Zerzevan Kalesi güveçleri ağırlıklı olarak MS 4-7. yüzyıllar arasına tarihlenmektedir. Benzerlerine rastlanmayan örneklerin yerel veya bölgesel olabileceği düşünülmektedir.

2.2.1 Çömlek-Tip 1

İnceltilmiş ağız kenarlı, kısa boyunlu gövdeye geçişte S profilli, keskin karınlı ve sığ çanaklı **Kat.No.6** ile Hafif dışa çekik ağızlı, kısa boyunlu, kulpsuz, gövdeye geçişte S profilli, keskin karınlı ve sığ çanaklı **Kat.No.7**, **Kat.No.8** çömlekler birinci tipi oluşturmaktadır. Kat.No.6 ağız yapısı itibariyle sayılan diğer iki örnekten farklı olsa da diğer form ve kenar özellikleri oldukça benzerdir. Sığ yapılarından dolayı güveç formuna da benzemektedirler. **Kat.No.6** ve **Kat.No.7**'nin kil renkleri siyah tonlarındadır. **Kat.No.8** ise kahverengi tonlarında bir kil rengine sahiptir. Kil, taşçık, mika, kireç ve kuvars katkıdır. Bezeme olarak kazıma teknikte yapılmış şerit hatlar ve çizgisel bezemeler görülmektedir. Üç örneğinde bir benzerine rastlanmamıştır. Bu örneklerin yerel veya bölgesel üretimli olabileceklerini göstermektedir. **Kat.No.6** ile aynı derinlikte Geç Roma Dönemi'ne tarihlenen bronz kemer tokası, cam takı parçaları ve çatı kiremit parçaları bulunmuştur.

2.2.2 Çömlek-Tip 2

Hafif dışa çekik ağız, boyundan omuza dikey kulplu **Kat.No.9** çömlek ikinci tipi oluşturmaktadır. Boyunlu örneklerden bir tanesi olup tek örnekle temsil edilmektedir. Ayrıca kulp üzerinde parmak baskı yer almaktadır. Kahverengi tonlarındaki kil gümüş mika, kireç ve kuvars katkıdır. Herhangi bir bezeme ögesine rastlanmamıştır. Benzer örneklerine Port-Vendres, Saint Martin De Crau [25] ve Marsilya'da [26] [27], [28] rastlanmıştır. Cathma, benzer form özelliklerine sahip bir örneği MS 7. yüzyıla tarihlenmiştir [29].

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

2.2.3 Çömlek-Tip 3

Dışa çekik ağızlı, kısa içbükey boyunlu, dışbükey gövdeli *Kat.No.10* çömlek üçüncü tipi oluşturmaktadır. Boyun kısmı yok denecek kadar kısadır. Kahverengi tonlarındaki kil taşçık, kireç ve gümüş mika katkıdır. Bezeme olarak kabartma teknikte dalgalı hat ve boncuk dizisine yer verilmiştir. Örneğin bir benzerine rastlanmamıştır. Bu örneğin yerel veya bölgesel üretimli olabileceklerini göstermektedir.

2.2.4 Çömlek-Tip 4

Yuvarlatılmış içe dönük ağız kenarlı, uzun boyunlu *Kat.No.11* çömlek dördüncü tipi oluşturmaktadır. Eserde herhangi bir kulp detayına rastlanmamıştır. Ağız iç detayı kapaklı kullanımı desteklemektedir. Kırmızı tonlarındaki kil kireç, gümüş mika ve taşçık katkıdır. Boyun kısmında kazıma teknikte yapılmış alga hatlar görülmektedir. Benzer örneğine Tawahin es-Sukkar, Safi yerleşimlerinde rastlanmıştır [30]. Grey, Joyner v.d., benzer bir örneği Erken Bizans Dönemi'ne tarihlemiştir [31].

2.2.5 Çömlek-Tip 5

İçten ve dıştan kalınlaştırılmış ağız, kısa boyunlu oluk bezemeli *Kat.No.12* beşinci tipi oluşturmaktadır. Ağız iç detayı kapaklı kullanımı desteklemektedir. Cidar kalınlığının diğer örneklerle oranla daha fazladır. Bu durum çömlüklerin ısıya maruz kaldıklarında alabilecekleri hasarı en aza indirmektedir. Kahverengi tonlarındaki kil taşçık, gümüş mika, kuvars ve siyah kum katkıdır. Bezeme boyun kısmındaki kabartma teknik yapılmış yiv ve oluklardan meydana gelmektedir. Benzer örneklerine Cizre-Silopi yüzey araştırmalarında [32] ve Dara'da [33] rastlanmıştır. Tosun, Dara'daki benzer bir örneği II. Justinus Dönemi'ne (MS 565-578) tarihlemiştir. Kırmızımsı

Kahverengi kil rengi Dara'daki örnekle aynıdır [34]. Ayrıca katkı malzemeleri de oldukça benzerdir. Algaze ise Cizre-Silopi yüzey araştırmalarında Başköy yakınlarında bulunan benzer bir örneği Sasani etkili olabileceğini ifade etmiştir [35].

2.2.6 Çömlek-Tip 6

Yuvarlatılmış ağız kenarlı, hafif içe eğik iç bükey boyunlu dış bükey gövdeli *Kat.No.13* çömlek altıncı tipi oluşturmaktadır. Günlük kullanıma bağlı olarak ateşe maruz kalan örneğin iç ve dış yüzeyinde yer yer yanık izleri görülmektedir. Kırmızı tonlarındaki kil mika (gümüş, altın) ve taşçık katkıdır. Bezeme boyun ve gövdedeki kabartma tekniğinde yapılmış yivlerden meydana gelmektedir. Örneğin bir benzerine rastlanmamıştır. Bu örneğin yerel veya bölgesel üretimli olabileceklerini göstermektedir.

2.2.7 Çömlek-Tip 7

Yuvarlatılmış dışa eğik ağız, iç bükey boyunlu *Kat.No.14*, *Kat.No.15* ve *Kat.No.16* yedinci tipi oluşturmaktadırlar. Ağız çapları 15 cm ile 24 cm arasında değişiklik göstermektedir. Kil, *Kat.No.14*'da gri tonlarında taşçık ve kireç katkı, *Kat.No.15*'de kırmızı tonlarında taşçık, kireç, ve gümüş mika katılı ve son olarak *Kat.No.16*'da grimsi kahverengi tonlarında olup gümüş mika, kuvars ve siyah kum katkıdır. Fırınlama esnasında kilde meydana gelen yanık, farklı tonların oluşmasına neden olmuştur. Bezeme kazıma teknikte yapılmış dalga hat, oluk ve çentik (kertik) bezeme şeklindedir. Benzer örneklerine Tawahin es-Sukkar, Safi ([36], [37] yerleşimlerinde rastlanmıştır. Grey, Joyner v.d., Tawahin es-Sukkar, Safi'deki benzer bir örneği Erken Bizans Dönemi'ne tarihlemiştir [38]. Tuslova ve Weisssova, Plovdiv'deki benzer örneği MS 5. yüzyıl ve sonrasına tarihlemiştir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

2.2.8 Çömlek-Tip 8

Dışa doğru yuvarlatılmış ağız, uzun silindirik boyunlu, dışbükey gövdeli *Kat.No.17* çömlek sekizinci tipi oluşturmaktadır. Kırmızı tonlarındaki kil taşçık, kireç ve gümüş mika katkıdır. Günlük kullanıma bağlı olarak ateşe maruz kalan örneğin iç ve dış yüzeylerinde yer yer yanık izleri mevcuttur. Bezeme olarak kazıma teknikte yapılmış dalga hatlar ve ince şeritler tercih edilmiştir. Örneğin bir benzerine rastlanmamıştır. Bu örneğin yerel veya bölgesel üretimli olabileceklerini göstermektedir.

2.2.9 Çömlek-Tip 9

Dışa yuvarlatılmış dik ağızlı kısa silindirik boyunlu *Kat.No.18* dokuzuncu tipi oluşturmaktadır. Kırmızı tonlarındaki kil kuvars ve gümüş mika katkıdır. Herhangi bir bezeme ögesi görülmemektedir. Benzer örneğine Dara'da rastlanmıştır [39]. Tosun, Dara'daki örneği MS 6. yüzyıla tarihlenmiştir [40].

2.2.10 Çömlek-Tip 10

Yuvarlatılmış dışa eğik ağız, kısa ve dar iç bükey boyunlu *Kat.No.19* onuncu tipi oluşturmaktadır. Fırınlama esnasında kilde meydana gelen yanıklar farklı renklerin oluşmasına sebep olmuştur. Kil kırmızı ve gri tonlarında olup kireç, siyah kum ve gümüş mika katkıdır. Herhangi bir bezeme ögesi görülmemektedir. Benzer örneklerine Dara [41] ve Vısegrád-Gızellamajor'da [42] rastlanmıştır. Tosun, benzer bir örneği MS 5-7. Yüzyıllar arasına tarihlenmiştir [43]. Ayrıca Ottomanyı, Macaristan'daki Vısegrád-Gızellamajor yerleşimlerinde bulunduğu benzer bir örneği MS 4. yüzyıl sonlarına tarihlenmiştir [44].

2.2.11 Çömlek-Tip 11

İçe eğik kalınlaştırılmış ağız, boyunsuz dışbükey gövdeli *Kat.No.20* çömlek on birinci tipi oluşturmaktadır. Kulplu kullanıma dair sağlam bir detay görülmemektedir. Kırmızı tonlarındaki kil kireç ve taşçık katkıdır. Bezeme olarak gövde üzerinde kazıma teknikte yapılmış ince hatlar tercih edilmiştir. Benzer bir örneğine Beyrut [45] ve Gadara [46] kazılarında rastlanmış olup Reynolds, Beyrut'taki boyunsuz benzer bir örneği MS 4 yüzyıla tarihlenmiştir [47].

2.3 Tava

Ağız çapları, taban çaplarına göre daha geniş olan tavalar çok amaçlı kullanılan mutfak kaplarından bir tanesidir. Kulplu veya saplı kullanımı olan bu form kapaklı kullanımı da mevcuttur. Genel olarak geniş bir ağız çapına ve yayvan bir gövdeye sahip bu form sığ bir gövde yapısına sahip olmakla birlikte derin gövdeli örnekler de mevcuttur. Kızartma gibi yağlı yiyecekler için kullanılmıştır.

Zerzevan Kalesi kazılarında bir adet tava örneği ele geçmiştir. İçe çekik ağız, kürevi gövdeli, düz dipli iki dikey kulplu *Kat.No.21* tava tek örnekle temsil edilmektedir. Derin bir gövdeye sahip olan örnek iki dikey kulpla desteklenmektedir. Ağız çapı 31 cm olup üst kısmı kapağın oturacağı şekilde içe eğik verilmiştir. Derin gövdesi balık, et ve sos kızartmaları için oldukça uygundur. Kahverengi tonlarındaki kil kireç, taşçık ve gümüş mika katkıdır. Bezeme olarak omuzda kazıma teknikte verilmiş dalga hatlar tercih edilmiştir. Benzer örneğine rastlanmıştır. Bu örneğin yerel veya bölgesel üretimli olabileceğini göstermektedir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Geç Roma Pişirme Kapları başlığı altında incelenen ilk grup pişirme kabı güveç formudur.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Sığ bir gövde yapısına sahip olması güveçleri çömleklerden ayrılmaktadır. Zerzevan Kalesi kazılarında bulunan 24 güveç örneğinden beşi değerlendirilmiştir. Güveçler dönem olarak MS 4 ve 7. yüzyıllar arasında tarihlenmektedir. Ayrıca bazı örneklerin her hangi bir benzerinin bulunmaması yerel veya bölgesel etkili olabileceği göstermektedir. En belirgin özellikleri dışa çekik ağızları, kısa boyunları ve kulpların üzerindeki parmak çıkıntılarıdır. Zerzevan Kalesi güveçlerinin iç ve dış yüzeylerinde görülen yanık izleri, bu formun günlük hayatta yoğun kullanılan formlardan bir tanesi olduğunu göstermektedir.

İkinci grubu temsil eden çömlekler oldukça geniş bir repertuvara sahiptir. Yüksek yapıları, küresel ve derin gövdeleri ile güveçlerden ayrılmaktadır. Zerzevan Kalesi kazılarında bulunan 55 çömlek örneğinden 15'i değerlendirilmeye alınmıştır. Çömlekler, MS 4 ve 7. yüzyıllar arasına tarihlenmektedir. Herhangi bir benzerine rastlanmamış örneklerin yerel veya bölgesel olduğu düşünülmektedir. Farklı kenar özelliklerine sahip örneklerde farklı tekniklerde bezemenin uygulandığı görülmektedir. Zerzevan Kalesi çömleklerinin iç ve dış yüzeylerinde görülen yanık izleri günlük hayatta güveç formu gibi yoğun kullanılan formlardan bir tanesi olduğunu göstermektedir. Ayrıca çömlek formu seramikler içinde en yoğun ikinci buluntu grubunu oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Arcasoy, A. (1983). Seramik Teknolojisi. C.2 . İstanbul: Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları.

[2-3] Ökse, A.T. (2012). Ön Asya Arkeolojisinde Çanak-Çömlek Teknik Özellikler, Biçimler, Türkçe, İngilizce, Almanca ve Fransızca Terimler. İstanbul: Arkeoloji ve Sanat Yayınları.

[4-5-6] Fırat, M. (2012). Phokaia Roma Dönemi Mutfak Kapları: Güveç Formu. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi. S.27. 153-166.

[9] Vapur, Ö. (2001). Magnesia Ad Maeandrum Gymnasion'u Roma Dönemi Seramikleri. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilim Enstitüsü: Ankara.

[7-8-10] Rotroff, S.I. (2006). Hellenistic Pottery. The Plain Wares, The Athenian Agora 33. New Jersey: ASCSA.

[11-12-20-23] Amyx, D. A. (1958). The Attic Stelai: Part III. Vases and Other Containers. Hesperia S.27. 163-254.

[13] Vionis, A.K., Poblome, J. ve Waelkens, M. (2009). The Hidden Material Culture of the Dark Ages. Early Medieval Ceramics at Sagalassos (Turkey): New Evidence (ca AD 650–800). Anatolian Studies. S.59. 147-165.

[14] Temel, A. (2015). Alabanda Payandalı Sarnıç Hellenistik Ve Roma Dönemi Seramikleri. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Arkeoloji Anabilim Dalı: Aydın.

[15] Vapur, Ö. (2011). Menderes Magnesiası Theatron Kazısı Seramik Buluntuları. Anadolu/Anatolia. S.37. 143-193.

[16] Aydemir, A. (1995). Phokaia Erken Roma Dönemi Pişirme Kapları. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü: İzmir.

[17] Hayes, J.W. (1983).The Villa Dionysos Excavations, Knossos: The Pottery. BSA. S.78. 97-169.

[18-19] Abadie-Reynal, C., Martz, A. S., Cador, A. (2007). BYZAS 7-Çanak. Late Antique and Medieval Pottery and Tiles in Mediterranean Archaeological Contexts, Böhlendorf-Arslan, B., Uysal, A.O. vd. Late Roman And Byzantine Pottery İn Zeugma: Groups Of The Beginning Of The 5th Century (s.181-94). İstanbul: Ege Yayınları.

[21] Sparkes, B.A. (1962). The Greek Kitchen. The Journal of Hellenic Studies.S.82. s. 121-137.

[22] Hayes, J. W. (1997). Handbook of mediterranean roman pottery. Londra: British Museum Press.

[24] Fırat, M. (2011). Phokaia Geç Roma Dönemi mutfak kapları. Ege Üniversitesi.Sosyal

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Bilimler Enstitüsü Klasik Arkeoloji Ana Bilim Dalı: İzmir.

[25-26-29] Cathma, G. (1991). *A Cerâmica Medieval Do Mediterrâneo Occidental* (Lisbonne, 16-22 Novembre 1987). *Importations De Céramiques Communes Méditerranéennes Dans Le Midi De La Gaule (Ve-VIe s.)* (s. 27-48.) Campo archeologico de Mertola: Mertola.

[27] Bien, S. (2005). LRCW1, Late Roman Coarse Wares, Cooking Wares and Amphorae in the Mediterranean: Archaeology and Archaeometry, Esparraguera, J.M.G.I., Buxeda, J. vd. *Des niveaux du VIIe siècle sous le Music-Hall de l'Alcazar à Marseille* (s. 285-299). Oxford: BAR International Series 1340.

[28] Bien, S. (2007). LRCW2, Late Roman Coarse Wares, Cooking Wares and Amphorae in the Mediterranean. *Archaeology and Archaeometry*, Bonifay, M., Tréglià, J.C. *La Vaisselle Et Les Amphores En Usage A Marseille Au VII^e E S. Et Au Debut Du VIII^e E Siecle: Premiere Ebauche De Typologie Evolutive* (s. 263-274). Oxford: BAR International Series 1662 (1).

[30-31-36-38] Grey, A., ve Joyner, L., Photos-Jones, E., Jones, R. (2016). *Sweet Waste: Medieval sugar production in the Mediterranean viewed from the 2002 excavations at Tawahin es-Sukkar, Safi, Jordan*, Jones, R. *The Ceramics from Tawahin es-Sukkar and Khirbet Shaykh? Isa.* (s. 119-163). Glasgow: Pottingair Press Glasgow.

[32-35] Algaze, G., Hammer, E., & Parker, B. (2012). *The Tigris-Euphrates archaeological reconnaissance project. Final report of the Cizre Dam and Cizre-Silopi Plain survey areas.* *Anatolica*. S.38. 1-115.

[33-34-39-40-41-43] Tosun, M. (2020). *Dara (Anastasiopolis) Roma ve Geç Antik Dönem (Parth-Sasani) Seramikleri.* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: İstanbul.

[33-34] Tušlova, P., Weissova, B. (2014). LRCW4, Late Roman Coarse Wares, Cooking Wares and Amphorae in the Mediterranean,

Archaeology and archaeometry. *The Mediterranean: a market without frontiers*, Papadimitriou, N.P., Nodarou, E. vd. *Roman Coarse Wares And Amphorae From 27 Metropolit Panaret Street, Plovdiv, Bulgaria* (s. 433-439). C.1. Oxford: Bar International Series S2616 (1).

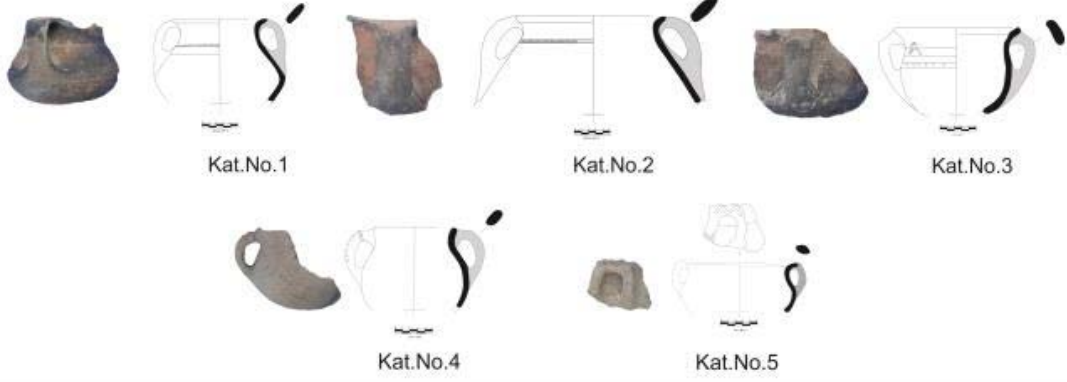
[42-44] Ottományi, K. (2020). *Late Roman Pottery From Room III/North At The Visegrád-Gizellamajor Fort.* *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. S.71. 15–70.

[45-47] Reynolds, P. (2008). *Linear Typologies and Ceramic Evolution.* *Facta*. S.2. 61-67.

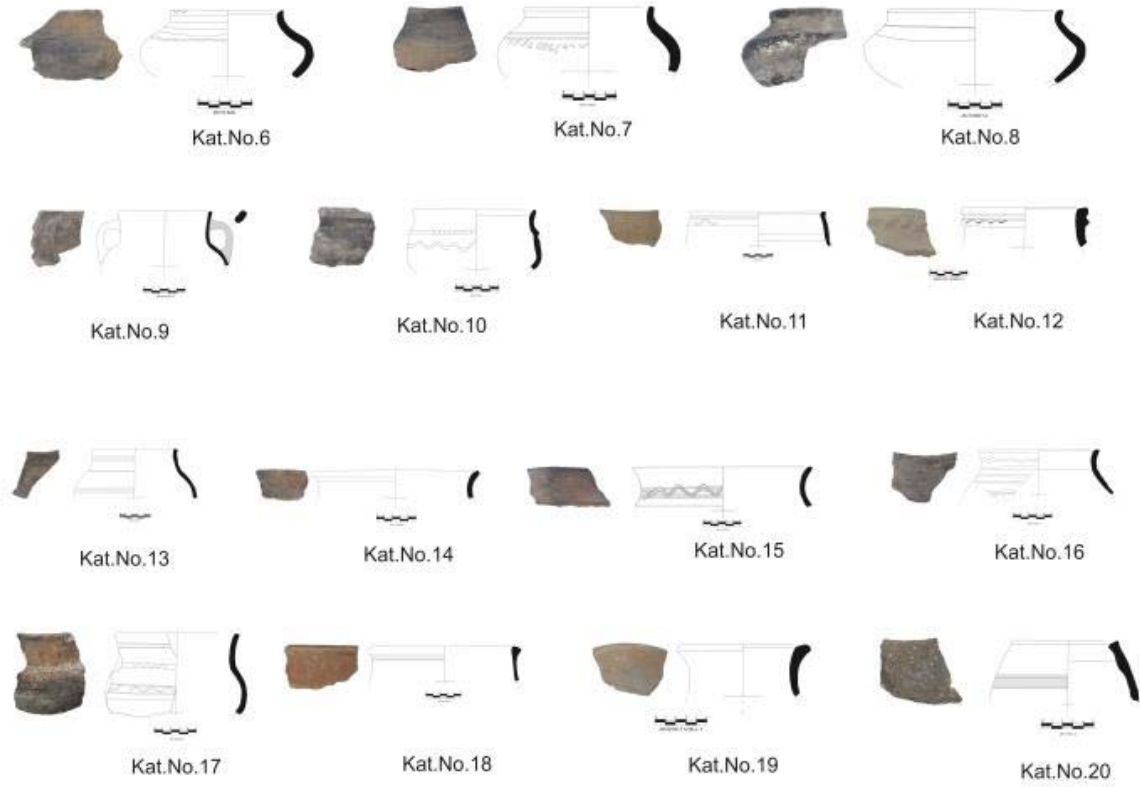
[46] Shiyab, A., Al-Shorman, A., Turshan, N., Tarboush, M., Alawneh, F., & Rahabneh, A. (2019). *Investigation Of Late Roman Pottery From Gadara Of The Decapolis, Jordan Using Multi-Methodic Approach.* *Journal of Archaeological Science: Reports*. S.25. 100-115.

GEÇ ROMA PİŞİRME KAPLARI

GÜVEÇ



ÇÖMLEK



TAVA



TARİHİN ANA KAYNAKLARI OLARAK SEYAHATNAMELER

Abdullah Mesut Ağır*

*Batman Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Tarih Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: abdullahmesut.agir@batman.edu.tr

Özet: Tarih ilminin önemli kaynaklarından birisi olan Seyahatnameler, çeşitli amaçlarla kendi ülkelerinden hareketle dünyanın farklı coğrafyalarına giden seyyahların tanığı oldukları hemen herşeyi yazıya döktükleri gezi notlarıdır. Bu bağlamda Seyahatname türünde kaleme alınmış eserlerde tarihsel sürecin belirli zaman dilimlerinde hüküm sürmüş olan devletlerdeki siyasi, sosyal ve ekonomik gelişmelere, farklı kültür çevrelerine mensup insanların adet ve geleneklerine, şehirlerin coğrafi ve topografik özelliklerine tesadüf etmek mümkündür. Seyyahlar çağı olan Orta Çağ'da geneli Hristiyanlığın Fransisken ve Dominiken tarikatına mensup olan pek çok Avrupalı gezgin dünyanın farklı kıtalarına yolculuklar gerçekleştirdiler. Dönem koşullarında bu tip seyahatlerden pek çoğu Kudüs odaklıydı ancak bu yolculuklar yalnızca basit bir hac yolculuğundan da ibaret değildi. Bu süreçte Hristiyan dünyasına rakip durumda olan Türk-İslâm devletleri hakkında bilgiler edinmek ve üstlenmiş oldukları misyonerlik faaliyetleri bu seyyahların göze çarpan niteliklerden yalnızca birkaçıydı. Bu münasebetle misyoner seyyahların kayıtlarında Ortadoğu İslâm şehirlerinin güçlü ve güçsüz yanlarına ve Türk devletlerinin kurumsal yapılarına ilişkin hayli malumat yer etmektedir. Bu çalışmada tarihin ana kaynakları arasında olan seyahatnamelerin kaynak değeri ve bunlardan bazılarının muhtevisiyatına ilişkin bilgiler verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Seyahatname, Johan de Plano Carpini, Moğollar, Memlûklar

TRAVELOGUES AS THE MAIN SOURCE OF THE HISTORY

Abstract: Travelogues which are one of the important sources of the history are travel notes in which the travelers who went to different geographies of the world for various purposes, wrote down almost everything they witnessed. In this context, it is possible to come across the political, social and economic developments in the states that prevailed in certain time periods of the historical process, the customs and traditions of people belonging to different cultural environments, the geographical and topographic characteristics of the cities in the works written in the travel book type. In the Middle Ages, which is the age of travelers, many European travelers who belonged to the Franciscan and Dominican sects of Christianity traveled to different continents of the world. In the circumstances of the period, many of these types of trips were focused on Jerusalem, but these trips were not just a simple pilgrimage. In this process, acquiring information about the Turkish-Islamic states, which were rivals to the Christian world, and the missionary activities they undertook were only a few of the outstanding qualities of these travelers. For this reason, there is a lot of information about the strengths and weaknesses of the Islamic cities of the Middle East and the institutional structures of the Turkish States in the records of the missionary travelers. In this study, information about the source value of travelogues, which are among the main sources of history and the content of some of them will be evaluated.

Keywords: Travelogue, Johan de Plano Carpini, Mongols, The Mamluks

Giriş

Tarih ilminin birinci elden ana kaynakları arasında olan seyahatnameler, tarihsel süreç içerisinde ülkelerinden hareketle dünyanın çeşitli kıtalarına seyahat gerçekleştirmiş gezginler tarafından kaleme alınmış gezi notlarıdır. Seyyahların yoğunlukla faal olduğu Ortaçağ'da; Avrupa'da olduğu kadar İslâm dünyasında da Müslüman seyyahlara ve bunların tutmuş olduğu gezi notlarına tanık olunabilir. Özellikle oğuzlar hakkında tafsilatlı bilgi vermiş olan İbn Fadlan'ın *rihlesi* [1], İbn

Batuta'nın seyahatnamesi [2], Nâsır-ı Hüsrev'in *Sefernâmesi* [3] ve Endülüslü Seyyah İbn Cübeyr'in Seyahatnamesi [4] Ortaçağ İslâm dünyasında kaleme alınmış seyahatnameler arasında en meşhur olanlarıdır. Ortaçağ tarihinin siyasi, sosyal, iktisadi ve kültürel alanlarında akademik faaliyetlerini yürüten pek çok araştırmacı bu seyyahların eserlerine müracaat etmektedir. Aynı şekilde dönem Avrupasında da bazıları ruhban sınıfına müntesip bazıları kraliyet danışmanı ve bazıları da tüccar sınıfına mensup bulunan bir çok Hristiyan gezginin kaleme aldıkları kayda değer gezi notları söz konusudur. Bu çalışma da halihazırda bir

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28KASIM 2021BATMAN ÜNİVERSİTESİ

kısım Avrupalı gezginlerin seyahatnameleri üzerinde durulacaktır.

Bilindiği gibi Ortaçağın erken dönemleri Avrupa için, dünyanın diğer kıtalarıyla çok da rabtası olmayan karanlık bir dönemi temsil eder. 11. Yüzyılın sonlarına doğru başlayan Haçlı seferleri ile birlikte Avrupa kendi kabuğunu kırmış ve bu seferler neticesinde Anadolu ve Ortadoğu'da kurulan Latin krallıkları münasebetiyle her iki dünyanın etkileşim süreci başlamıştır.[5] Buna ilaveten o zamana kadar kıta Avrupası için gizemini koruyan ve Hristiyanların iştahını kabartan doğu algısı ve bilinmeyen dünyanın haberleri de tüccarlar kadar geneli ruhban sınıfına mensup seyyahlar tarafından ulaştırılıyordu. Öyle sanıyoruz ki Çin'e kadar uzanan seyahatini gerçekleştiren Venedikli Marco Polo Avrupa'nın en önemli seyyahıdır. Uzakdoğu, 13 ve 14. yüzyıllarda Venedik'in ilgisini çekiyor ancak kimse risklerle dolu bu seyahati gerçekleştirmeye cesaret edemiyordu. Bu ana değin yalnızca iki papaz Uzakdoğu'ya gitmiş olup Avrupa'nın Asya hakkında bildikleri bu iki gezginin rivayetlerinden ibaretti. Bunlardan birisi İtalyan Johan de Plano Carpini (öl. 1252), diğeri de William of Rubruck'tu (1220-1293). [6] İslâm dünyasının ortak düşmanı olarak 13. Yüzyılın hemen başlarında Cengiz'in liderliğinde teşkilatlanan Moğolların dönem Avrupasının ilgisini çektiğine de şüphe yoktur. Bu bağlamda Hristiyan Avrupa Moğollar ile irtibat kurmanın yollarını aramıştır. Marco Polo'ya gelince onu ve eserini özel kılan durumlardan birisi o zamana kadar sarayına hiç bir batılıyı kabul etmemiş olan Kubilay'ın Polo kardeşleri sarayına kabul etmesi, Marco Polo'nun yirmi seneye yakın mezkûr hanın ülkesinde kalması ve çok az kişiye tevdi edilen imtiyazlar ile elçilik görevlerini üstlenmiş olmasıdır.[7] Bu yönüyle Marco Polo'nun eserinde naklettiği Moğollar ile ilgili kısımlar oldukça kıymetlidir. Yukarıda bahsi geçen gezginlerin haricinde, bazıları kendilerine yüklenmiş olan misyonlarla bazıları da Haçlı seferleri münasebetiyle İslâm dünyasının topraklarına gitmiş bulunan pek çok seyyah ve kraliyet danışmanlarının eserlerinde de Moğollar ile ilgili olan anlatılara tesadüf olunur.

Seyyahların amacı, Seyahatnamelerin Muhtevisiyatı ve Bu Eserlerin Kaynak Değeri

Ortaçağ Avrupa dünyasında sıklıkla kesafet kazanan seyyah bolluğu öyle sanıyoruz ki, bunların kim olduklarına ve hangi amaca hizmet ettiklerine yönelik soruları da akla getirmektedir. Geneli Hristiyanlığın Fransisken ve Dominiken tarikatına mensup bulunan bu seyyahların misyonerlik ve casusluk görevlerini üstlendikleri eserlerinin muhtevisiyatından rahatlıkla anlaşılabilir.[8] Bunların arasında kralların danışmanı olarak Haçlı seferlerine iştirak etmiş ve bu süreçte tanık oldukları hemen herşeyi kaleme almış olanlar da mevcuttur. Mesela İkinci Haçlı Seferine iştirak edip Fransa Kralı VII. Louis'in danışmanı olan Papaz Odon de Deuil'in (1110-1162) kroniği [9] bu haçlı seferinin, Yedinci Haçlı Seferini bizzat organize eden IX. St. Louis'in danışmanı olarak sefere katılmış olan Jean de

Joinville'in eseri ise bu seferin en önemli kaynakları durumundadır. Bu eserlerden ilki Caner Toğaç diğeri de Cüneyt Kanat tarafından Türkçeye çevrilmiştir.[10] Bahsi geçen Haçlı seferlerinin ana kaynakları olmalarının yanında mezkûr yazmanlar, risklerle dolu olan bu seferler esnasında gelip geçtikleri ülkeler, şehirler ve Türk-İslâm devletleri hakkında malumat vermişlerdir. Özellikle batı kaynaklarında Ortaçağ Türk-İslâm devletlerine ve Müslümanlara ilişkin kayıtların yer tutması Hristiyanların gözüyle Avrupa'nın İslâm alemine bakışının değerlendirilmesi amacıyla da ehemmiyetlidir. Yukarıda da bahsi geçtiği üzere batılı seyyahların pek çoğunun gezi notlarında Moğollar ve bunların siyasi, sosyal ve ekonomik yaşamlarına ilişkin aktarımlara yer verilmiştir.[11] Çünkü Ortaçağ'ın bu kritik sürecinde İslâm dünyası Haçlı seferleriyle batıdan sıkıştırılırken, 13. yüzyılda doğudan başlayan büyük Moğol gelişinden Türk-İslâm devletleri kadar Müslümanlar da muzdarip olmuşlardı. Bu zaviyeden bakıldığında iki ateş arasında kalan Müslümanlar siyasi, sosyal ve ekonomik anlamda bu vaziyetten olumsuz yönde etkilenirken, dönem Avrupası ise kendileri için halen daha gizemini koruyan Moğollar ile ittifak zemini aramışlardır. Ancak bunun için Doğu Avrupa'yı bile tehdit eder hale gelen Moğolların yakından tanınması ve gerekirse bunların Hristiyanlaştırılması gerekiyordu [12]. Bu maksattan öyle sanıyoruz ki iki durum hedefleniyordu. Bunlardan ilki Moğol istilasından Avrupa'nın korunması, diğeri hedef ise ortak düşman olan Müslümanlara karşı ittifak kurulması. Mesela Fransa Kralı IX. St. Louis Moğollar ile irtibat kurması için elçilerini Güyük Han'a gönderirken [13], halihazırda bir Haçlı seferi gibi kutsal bir vazifenin liderliğini yapan mezkûr kralın bir ittifak için bunların Hristiyanlığı kabul etmesi şartını ileri sürmüş olması yukarıda sözü edilen durumun önemsendiğine delalet eder. Bu süreçte iki taraf arasında yazışmalar süre gelirken, elçilik heyetinde bulunan Andrew adlı bir bürokratin İranlı Moğol Komutanı İlçiktay'a St. Louis'in ittifak teklifini sözlü olarak ilettiğini iddia eden bazı tarihçiler de vardır. [14] Nasturî Hristiyanlara sempati duyan ve Müslümanlardan nefret eden Hülagü tarafından kurulan İlhanlılar da Avrupa ile ittifak arayışları içerisinde olmuş, Müslümanlara karşı Kilikya Ermenileri ve Antakya Haçlılarının desteklemiş, Memlûk tehdidinin husule gelmesinden sonra da 1274 ve 1287 yıllarında ittifak arayışı için Avrupa'ya elçilik heyetleri gönderilmiştir.[15] Bilhassa bu süreçte İlhanlıların Memlûklar ile olan mücadeleleri ve bu siyasi karmaşa ortamında Ermenilerin Moğollar ile olan ittifakına ilişkin Ermenistanlı Hayton'un eserinde bolca malumat yer almaktadır.[16] Bu siyasi gelişmeler, gerek Avrupalıların gerekse de Moğolların ortak düşman Müslümanlara karşı bir ittifak arayışı içerisinde olduklarını göstermektedir. Bu detaylardan yola çıkacak olunursa, Avrupa'dan hareketle Yakındoğu ve Asya kıtası gibi dünyanın çeşitli bölgelerine seyahatler gerçekleştirmiş olan seyyahların eserlerinin önemli bir kısmını Moğollar ile ilgili bölümlere ayırmış olmaları hiç de şaşırtıcı değildir. Bu husus ile ilgili olarak Kuzey İtalyalı seyyah ve Fransisken keşiş Odoric of Pordenone'un, Johan de Plano Carpini'nin, William of

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28KASIM 2021BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Rubruck'un ve Marco Polo'nun eserleri incelendiğinde, bu çalışmaların önemli bölümlerinin Moğol anlatılarına hasredildiği görülür.

Seyahatnamelerde sıklıkla rastlanılan rivayetlerden birisi de yine Avrupa'nın Müslümanlara karşı ittifak arayışı ile ilgili olan *Prester John* adlı mitsel bir krala ilişkin ortaya atılan rivayetlerdir.[17] Efsaneye göre Hristiyanlığın Nasturî mezhebine müntesip olup doğunun gizemli bir yerinde çok zengin bir ülkeye hükmeden ve aynı zamanda kendisi bir rahip olan Prester John, Müslümanlara karşı gerçekleştireceği bir sefer için Hristiyan Avrupa'nın desteğine ihtiyaç duymuştur. Bu münasebetle de içlerinde Bizans İmparatoru Manuel Komnenos'un da (1143-1180) olduğu Avrupa'nın çeşitli krallarına, Prester John tarafından gönderildiği iddia edilen ve muhteviyatı itibarıyla kralın kendisinden ve ülkesinin zenginliğinden bahsettiği bir mektup metni söz konusudur. Özellikle bu efsanenin Haçlıların Müslümanlar karşısında gerilemeye başladığı bir zamanda ortaya atılmış olması Haçlı ruhunu yeniden canlandırmak ve bunların motivasyonunu artırmak için yapılma ihtimalini elbetteki kuvvetli kılmaktadır. Bu bağlamda Avrupalı seyyahların pekçoğunun gezi notlarında aslında var olmayan Prester John ve onun ülkesine ilişkin kayıtlara yer vermiş olmaları da hayli ilginçtir. Her bir seyyahın eserinde krala ilişkin malumat ve siyasi detayların farklı inikas bulması onun kim olabileceği hususunda değişik yorumlamalara sebebiyet verirken, bu yönüyle krala ilişkin atıflar da ancak yakıştırmalardan ve tahminlerden öteye gidememiştir. [18] Gerek Ortaçağ Avrupası'nın Moğollar üzerindeki temayül ve onları Hristiyanlaştırmak adına olan teşebbüleri gerekse de bu süreçte ortaya çıkan Prester John efsanesi batı dünyasının İslâm dünyasını kıskaç altına almak ve onlara karşı üstünlük sağlamak adına gereksinimini duydukları ittifak arayışıyla ilgili olsa gerektir.

Dünyanın farklı bölgelerine riskli seyahatler gerçekleştiren Avrupalı seyyahların kayıtlarında Türk devletleri kadar, İslâm âlemindeki şehirler ve burada maskün Müslüman ve bunlarla birlikte yaşayan gayrimüslim tebaa hakkında rivayetler de söz konusudur. Herşeyden öte, bu misyoner seyyahlar, Kudüs'e hacı olmak maksadıyla giden hac kafileleriyle birlikte kiraladıkları İtalyan gemileriyle bu yolculuklarını gerçekleştirirken, seyahatleri boyunca karşılaştıkları tüm tehlikelerden de eserlerinde bahsetmişlerdir. Bu süreçte Kudüs, 13. yüzyılın ikinci yarısında Mısır'da iktidar olan Memlûkların hâkimiyeti altında olup, İskenderiye'den ülkeye giriş yapan yabancılar ancak kendilerine verilen izin belgeleri ile kutsal yerleri dolaşma şansına haiz oluyorlardı. 1250-1517 yılları arasında hüküm sürmüş ve İslâm dünyasının gerek Moğol gerekse de Haçlılara karşı savunulmasında etkin roller üstlenmiş olan Memlûklar da zaman zaman kutsal hac yolculukları münasebetiyle Mısır'ı ziyaret etmiş seyyahların eserlerinde detaylı bilgi verdikleri devletlerden birisiydi. Bu yönüyle Memlûkların kurumsal yapısıyla tanık oldukları siyasi ve sosyal gelişmeler, Memlûk hâkimiyeti altında olan Kahire, İskenderiye, Dımaşk, Akkâ, Kudüs, Beyrut, Yafa vb. şehirlerin tasvirleri ve bunların Haçlılar devrindeki

tarihsel arka planları, Memlûk ülkesindeki Müslüman ve Hristiyan halkların yaşantıları ve özellikle Nil bahsi bu dönemde Mısır'a uğramış olan seyyahların kayıtlarında yer tutar. Bunlar arasında sultanlar ile görüştiklerini iddia eden bazı seyyahlar bile mevcuttur. Kudüs odaklı gerçekleştirdikleri seyahatleri esnasında şahit oldukları ve Hristiyanlarca kutsal kabul edilen kutsal mekânların tasvirleri de bunların eserlerinde yer tutan detaylardan olup Kutsal Mezar Kilisesi ile birlikte Hristiyanlığın yayılışında emeği geçmiş bazı Azizlerin hayatlarına ilişkin anekdotlar en sık tesadüf olunan rivayetler arasındadır. Tabii ki bunların en üst tabakasından en altına kadar Müslümanlar hakkında naklettikleri rivayetler de dönem Avrupası'nın Müslümanlara bakış açısı hakkında net bilgiler sunmaktadır. Bazı seyyahların kayıtlarında Hz. Muhammed ile ilgili rivayetler de mevcuttur ancak Onun hakkında verilen nakillerin pek çoğu bağnaz bir Hristiyan bakışı ile kaleme alınmıştır. İslâmiyet'in temel prensipleri, Müslümanların dini yaşantıları, İslâm memleketlerinde kadınlar, bunların Hristiyanlara karşı olan tutum ve davranışları seyyahların gezi notlarında yer verdikleri detaylardan yalnızca bazılarıdır. [19]

Tarihin önemli kaynakları arasında olan seyahatnameler, yaşadıkları devrin müşahitleri tarafından kaleme alınmaları münasebetiyle elbetteki mühimdir. Ancak bunlardan bazılarının bir tarihi kaynak olarak değeri muhteviyatlarında yer tutan verilerin sıhhati kadar, müelliflerinin güvenilirliği ile de ilgili olsa gerektir. Ortaçağın bazı batılı seyyahlarının kayıtlarında tesadüf olunan ve aklın sınırlarını zorlayan olayların gerçekmiş gibi aktarılması, tanık olunmayan ve üçüncü şahıslardan alınan bilgilerin nakli, hiç gidip görmedikleri bir şehir ya da ülkeyi oraya gidenlerin nakillerine dayanarak kendilerini gitmiş gibi gösterip bu şekilde tasvir etmeleri ve olayların aktarımındaki abartılar bu eserlerde geçen bazı anlatıların güvenilirliğinin haliyle sorgulanmasını zaruri kılmaktadır. Hatta seyyah olmadığı halde öyleymiş gibi davranıp kendisinden önceki gezginlerin eserlerinden derlemelerde bulunmak suretiyle bir seyahatname kaleme alan ve Mandeville adını kullanan 14. yüzyılın derleyicilerinden olan kişinin [20] dönem Avrupası'nda eserlerinden istifade ettiği gerçek seyyahlardan çok daha büyük bir ün kazanması gerçektен de ilgi çekicidir.[21] Hristiyanlığın baskın bir propaganda aracı olarak kullanılarak daha çok kıyası yapılan Müslümanlığın kıstas ve değerlerine ilişkin hatalı aktarımlar ve bu dine olan ön yargılı yaklaşımlar da bazı gezi notlarında rastlanabilecek detaylardandır. Tüm bu olumsuz durumlara karşın, bazı gezi notlarında Türk-İslâm devletleri ve bunların egemenliği altında yaşayan halkların adet ve göreneklerine ve bu dönem İslâm şehirlerinin fiziki yapılarına ilişkin orijinal sayılabilecek pek çok detayın yer aldığı da burada belirtmemiz gerekir. Bu münasebetle batı dünyasındaki Ortaçağ araştırmalarında bu dönem seyyahların eserlerinden olağanca istifade edildiği gözlenirken, ülkemizde ise son yıllarda hız kazanan tercüme faaliyetleri neticesinde çok sayıda seyahatname batı dillerinden çevirisi yapılmak suretiyle literatürümüze kazandırılmıştır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28KASIM 2021BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Sonuç

Bu çalışmada Ortaçağ Avrupası'nda kaleme alınan bazı seyyahların eserleri ve bunların muhteşimlikleri üzerinde durulmuş ve bu çalışmaların kaynak değerleri konusunda çıkarım ve değerlendirmelerde bulunulmuştur. Ortaçağ'daki pek çok siyasi, sosyal, ekonomik ve kültürel gelişmelerin müşahitleri olarak gezginlerin ortaya koymuş oldukları bu çalışmalar elbette mühimdir ancak ya kasıtlı ya da bir yanılğı sonucu pek çok hatalı bilginin de seyahatnamelerde yer ettiği bilinir bir durumdur. Bu bağlamda gerek bir konu münasebetiyle üretilmiş ilmi çalışmalarda gerekse de seyahatname tercümelemlerini gerçekleştiren mütercimlerin düştükleri notlar ile bu eserlerdeki hatalar belirtilmektedir. Ancak tüm bu hatalara rağmen gezi notlarının orijinal sayılabilecek çok önemli bilgileri de ihtiva ettiği yadsınmaz. Bu yönüyle seyahatnameler hem batı dünyasında hem de ülkemizdeki tarih sahasındaki akademik araştırmalarda müracaat edilen önemli kaynaklar arasındadır.

KAYNAKÇA

- [1] Eseri için bk. İbn Fadlan, *İbn Fadlan Seyahatnamesi*, trc. Ramazan Şeşen, İstanbul: Bedir Yayınevi, 1995.
- [2] Eseri için bk. İbn Batuta, *İbn Batuta Seyahatnamesi*, haz. Mümin Çevik, İstanbul: Üçdal Neşriyat, 1983.
- [3] Eseri için bk. Nâsır-ı Hüsrev, *ez-Sefernâme*, ed. Zebihullah Safa, Tahran : Müessesesi-i İntişarat-ı Emir Kebir, 1972.
- [4] Eseri için bk. İbn Cübeyr, *Endülüs'ten Kutsal Topraklara*, çev. İsmail Güler, İstanbul : Selenge Yayınları, 2003.
- [5] Bassam, Tibi, *Political Islam, World Politics and Europe: Democratic Peace and Euro-Islam Versus Global Jihad*, London and New York: Routledge, 2008, s. 169.
- [6] Marco Polo, *Marco Polo Seyahatnamesi*, Tercüman 1001 Temel Eser Yay., (Basım tarihi ve yeri yok), s. 8.
- [7] Marco Polo, *a.g.e.*, s. 8, 10.
- [8] Doç. Dr. Samira Kortantamer Armağanı, ed. A. M. Ağır-Ahmet Özturhan, Çizgi Kitabevi, Konya 2019, s. 20.
- [9] Kroniğin Latince ve Fransızcası için bk. *Odon De Deuil Histoire De La Croisade De Louis Vii Oeuvre Numérisée Par Marc Szwajcer*, <http://remacle.org/bloodwolf/historiens/odondedeuil/louis7.htm>, e.t. 14/11/2021.
- [10] Bk. Deuilli Odo, *İkinci Haçlı Seferivii. Louis'in Doğu'ya Seyahati*, çev. Caner Toğaç, İstanbul : Kronik Kitap, 2021 ; Jean de Joinville, *Bir Haçlının Hatıraları*, çev. Cüneyt Kanat, Ankara : Vadi Yayınları, 2002.
- [11] Bir kaç örnek için bk. Johann de Plano Carpini, *Moğol Tarihi ve Seyahatname*, çev. Ergin Ayan, Trabzon : Derya Kitapevi, 1999 ; Marco Polo, *Marco Polo Seyahatnamesi*, s. 81-153; Jean de Joinville, *Bir Haçlının Hatıraları*, s. 178-182.
- [12] Angus Mackay-David Ditchburn, *Atlas of Medieval World*, London and New York: Routledge, 2002, s. 104.

- [13] Henry H. Howorth, *History of the Mongols from the 9th to the 19th Century: The Mongols Proper and the Kalmyks*, New York: Cosimo Classics, 1876, s. xxiii.
- [14] Gregory G. Guzman, "Andrew of Longjumeau (c. 1200-c. 1270)" in *Kristen Mossler Figg, Routledge Revivals: Trade, Travel and Exploration in the Middle Ages (2000): An Encyclopedia*, ed. John Block Friedman- Kristen Mossler Figg, New York and London: Routledge, 2000, s. 21.
- [15] Mackay- Ditchburn, *History of the Mongols*, s. 104.
- [16] Bk. Korykoslu Hayton, *Doğu Ülkeleri Tarihinin Altın Çağı: Korykoslu Hayton*, trc. Altay Tayfun Özcan, Selenge Yayınları, İstanbul 2015.
- [17] Bu mitsel kral hakkında detaylı bilgi için bk. Robert Siverberg, *The Realm of Prester John*, Ohio: Ohio University Press, 1996.
- [18] Bk. Abdullah Mesut Ağır, "Orta Çağ Seyyahlarının Kayıtlarında Presbyter John ve Efsanenin Asya ve Afrika'daki Temelleri", *History Studies*, 9/2 (2017), s. 27-46.
- [19] Memlûklar devrinde Mısır'a gitmiş olan Avrupalı seyyahlar ve bunların Memlûk Türk Devleti ve Mısır toplumu ile ilgili olan kayıtları için bk. Abdullah Mesut Ağır, *Avrupalı Seyyahların Gözüyle Memlûk Türk Devleti*, İstanbul: Selenge Yayınları 2021.
- [20] Sir John Mandeville'in kim olabileceğini ilişkin tarihsel çıkarımlar için bk. Ağır, *Avrupalı Seyyahların Gözüyle Memlûk Türk Devleti*, s. 19-20; İlgili seyahatname için bk. Sir John Mandeville, *The Travels of Sir John Mandeville: The Version of Cotton Manuscript in Modern Spelling*, yay. A. W. Pollard, Macmillan and Co Limited, Londra 1915.
- [21] Doç. Dr. Samira Kortantamer Armağanı, s. 22.

TOPLUMSAL DÜZENLERİN OLUŞUMU VE ÇÖZÜLMESİNDE ENERJİ NAKİL HATLARININ ROLÜ

Şükrü YAZĞAN

Marmara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Uluslararası İlişkiler Bölümü, 34820 İSTANBUL
e-posta: syazgan@marmara.edu.tr

Özet: Enerji nakil hatlarının güvenliğinin sağlanması toplumsal düzenlerin sürdürülebilirliği açısından hayati öneme sahiptir. Çevreden enerji akışı, karmaşık birer “çözülgen yapı” olan toplumsal düzenlerin sürekli “yeniden kurulma” süreçlerini etkileyen/belirleyen en önemli unsurdur. Termodinamik çerçevesinde ele alındığında, çevreden ithal edebildiği enerjinin miktarı, akış hızı ve kalitesi ile bu enerjinin sosyo-politik ve teknolojik süreçlerde kullanılma verimliliğinin herhangi bir toplumsal düzenin kuruluşunu ve ulaşabileceği karmaşıklık düzeyini sınırlandırdığı görülür. Bu nedenle, fiziksel çevreden toplumsal düzenlere kullanılabilir enerji akışını sağlayan enerji nakil hatlarının güvenliği toplumsal düzenlerin sürdürülebilirliğini ve bekasını doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada enerji akış(lar)ını etkileyen/şekillendiren/sınırlandıran tüm olası tehdit unsurları sistematik olarak ele alınarak enerji nakil hatlarının toplumsal düzenlerin oluşumu ve çözülmesi üzerindeki etkisi tarihsel ve güncel örneklerin ile açıklanmaya çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Toplumsal Düzen(ler), Enerji Nakil Hatları, Güvenlik.

THE ROLE OF ENERGY TRANSMISSION LINES IN THE FORMATION AND DISSOLUTION OF SOCIETAL ORDERS

Abstract: Ensuring the security of energy transmission lines is crucial for the sustainability of societal orders. Energy flow from the (physical) environment is the main factor that influences/determines the processes for perpetual “re-constitution” of societal orders as complex “dissipative structures.” When analyzed within an thermodynamical framework, it can be observed that formation and complexity level of any societal order is limited by the quality, quantity, and flow velocity of energy imported from the (physical) environment and by the efficiency of its utilization in socio-political and technological processes. Therefore, the security of the energy transmission lines that supply energy from (physical) environment into societal orders directly affects the sustainability and survival of societal orders. In this paper, all probable threat elements which affect/shape/restrict energy flow(s) will be systematically reviewed and the impact of energy transmission lines on the formation and dissolution of societal orders will be explained with historical and contemporary examples.

Keywords: Societal Order(s), Energy Transmission Lines, Security.

1. GİRİŞ

Enerji ve kriz kavramlarının sıklıkla birbirleriyle ilişkilendirildiği günümüzde, enerji nakil hatlarının güvenliği sorunu hem siyasi alanda kara alıcılar tarafından hem de akademik alanda araştırmacılar tarafından farklı boyutlarıyla ele alınan bir konudur. Sorunun farklı işlevsel alanlardaki güncel yansımaları mühendislikten çevre çalışmalarına, ekonomiden siyasete ve dış politikadan askeri güvenliğe uzanan çok geniş bir teknik-akademik yelpazede çalışılmaktadır. Ancak, enerji nakil hatlarının güvenliğinin toplumsal düzenlerin hayatiyeti ve mukavemeti (resilience) üzerindeki olası (olumsuz) etkilerine dair daha derinlikli bir anlayış geliştirilebilmesi için enerji-toplum-düzen-kriz ilişkisine dair kapsamlı bir kuramsal çerçeveye ihtiyaç duyulmaktadır. Güvenliğin sadece atif nesnelere referansla yapılan tanımlamalarının ya da enerji ve

enerji nakil hatlarının güvenliğine yönelik tekil tehditlere odaklanan “durum değerlendirme”lerinin enerji nakil hatları ile toplumların güvenliği arasındaki ilişkiye dair tüm olasılıkları dikkate almayı mümkün kılacak bütüncül bir analiz çerçevesi sunmakta yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu nedenle enerji nakil hatlarının güvenliği ile toplumsal düzenin oluşum ve çözülme süreçleri arasındaki çok boyutlu, çok katmanlı karmaşık etkileşimlerin ve de enerji nakil hatlarında bu etkileşimlerin bir sonucu olarak oluşabilecek “eşik aşan”—ve dolayısıyla öngörülemez—davranışlardan beslenen krizlerin sistematik olarak ele alınması gerekmektedir.

2. ENERJİ NAKİL HATLARININ GÜVENLİĞİ VE TEHDİT SİSTEMATİĞİ

Toplumsal düzen(ler)i besleyen enerji akışını ve bu akışı taşıyan enerji nakil hatlarının sürdürülebilirliğini

etkileyen her unsur doğrudan ya da dolaylı olarak toplumsal düzenlerin hayatiyetini ve söz konusu düzen(ler)in kısa ve uzun vadedeki sürdürülebilirliğini etkilemektedir. Ancak enerji nakil hatlarının güvenliği konusu enerjinin bir yerden diğerine iletiildiği teknolojik hizmetlerin ve altyapıların güvenliğine indirgenemez. Enerji nakil hatlarının güvenliği sorunsalı, varolan enerji nakil hatları altyapısının fiziksel emniyetinin sağlanmasının ötesinde varolan enerji çevresinin sınırlamaları içinde enerji nakil hatları mimarisinin toplumsal düzen(ler)in bugünkü ve gelecekteki ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde sürdürülebilirliğinin güvence altına alınmasıyla alakalıdır.

Güvenlik kavramı, genellikle özneye dışsal ve tehdit odaklı bir yaklaşım çerçevesinde tanımlanmıştır. [1], [2] Ancak güvenliğin anlamına, doğasına ve güvenliğin sağlanması sürecine dair bütüncül bir yaklaşım enerji nakil hatlarının güvenliği sorununun temelinde "belirli toplumsal değer kümelerinin üzerine inşa edilmiş sistemsel *düzen kalıplarının* kısa, orta ve uzun vadedeki sürdürülebilirliği"ni sağlayacak enerji akışının sürekliliğinin içsel ve dışsal dalgalanmalar karşısında korunması sorunu olduğunu gösterir. Bu bağlamda ele alındığında enerji üretim, dağıtım ve kullanımının her aşamasında, enerji nakil hatlarının güvenliğini olumsuz etkileyen ve dolayısıyla bu hatlar üzerinden gerçekleşen enerji akışına bağımlı olan toplumsal düzenleri kararsızlaştıran ve sürdürülebilirliklerini tehdit eden unsurlar *doğadan kaynaklananlar, insanların bireysel ve grupsal faaliyetlerinden kaynaklananlar ve varolan enerji nakil hatları mimarisinden kaynaklananlar* olmak üzere üç ana başlık altında sınıflandırılabilir. Ancak karmaşıklaşan ve küreselleşen enerji sistemi içinde oluşan güvenliksizlik doğrudan tek bir tehdit unsurunun sonucu değildir. Enerji nakil hatlarının güvenliği ve toplumsal düzenlerin sürdürülebilirliğini tehdit eden asıl sorun, tekil tehditlerin karmaşık bir sistem içinde eşzamanlı ve çok yönlü etkileşiminin yol açtığı pozitif geri besleme döngülerinin krizlerin etkisini güçlendirerek toplumsal düzenlerin içsel özelliklerince etkileri arttırılabilen sistemsel dalgalanmalara yol açması ve bir kriz/güvenliksizlik sistematiği oluşturmalarıdır.

2.1. Doğa Kaynaklı Tehditler

Termodinamik açıdan ele alındığında toplumsal düzen(ler)in çevresel enerji akışlarının oluşturduğu verili bir "doğal düzen"nin olasılık sınırlama kümesi (D-olasılık sınırlama kümesi) içinde ve onun sınırlamalarına uygun olarak kurulduğu görülür.

Çevresel enerji akışındaki farklılaşmalar tarafından tetiklenen ani veya süregelen değişimlerin (kısa dönemli doğal felaketler veya iklim döngülerinde gözlemlenen

uzun dönemli salınımlar gibi) toplumsal düzen(ler)in içinde kurulduğu ve uyum sağladığı D-olasılık sınırlama kümesinde yol açtığı tektonik kaymalar, düzen kurucu mekanizmaların etkin ve verimli çalışmaya devam ettiği koşullarda dahi, düzenin hayatiyetini olumsuz yönde etkiler. Bunun nedeni üst olasılık sınırlama kümesindeki kaymaya bağlı olarak, var olan toplumsal düzen(ler)in başta düzen kurucu mekanizmalar olmak üzere bazı işlevsel alanlarının çevresel olasılık sınırlama kümesinin dışında kalarak işlevsizleşmesidir.

Toplumsal düzeni olumsuz etkileyen bu tür bir kaymaların düzenin hayatiyetini sağlayan enerji nakil hatlarını da etkilemesi kaçınılmazdır. Belirli bir enerji nakil hatları mimarisinin uyum gösterdiği D-olasılık sınırlama kümesinde, var olan sistemin içsel esnekliğini veya mukavemetini aşan ve dolayısıyla onu kısmen ya da tamamen işlevsizleştirme potansiyeline sahip, kısa veya uzun vadeli kaymalara yol açan her türlü doğal felaket ya da çevresel değişim var olan enerji nakil hatlarının güvenliğini tehdit eden unsura dönüşebilir. Bu doğal unsurlara depremler, fırtınalar, orman yangınları veya güneşten kaynaklanan elektro-manyetik fırtınalar gibi etkenler örnek olarak gösterilebilir. Bu tür kaymaların enerji nakil hatları üzerindeki etkisinin büyüklüğü, D-olasılık sınırlama kümesinde meydana gelen ani veya süregelen değişimlerin büyüklüğü kadar var olan altyapının bu tür olası kaymalara karşı inşa edilmiş içsel esnekliğine ve mukavemetine de bağlıdır: sistemin içsel esneklik ve mukavemetini aşan her türlü tektonik kayma enerji nakil hatlarının işlevselliğini ve dolayısıyla kendi hayatiyetini korumak için söz konusu enerji nakil hatlarına bağımlı olan toplumsal düzen(ler)in işleyişini bozacaktır.

Bu türden kaymaların ürettiği sorun sadece enerji nakil hatlarının fiziksel altyapısının doğal güçler tarafından zarara uğratılması ile sınırlı değildir. Asıl sorun bu türden kaymalara yol açan doğa olaylarının toplumsal düzenin birçok alanını aynı anda işlevsizleştirerek enerji nakil hatları altyapısını idame ettiren ve işleten toplumsal hizmetlerin tümüyle ve de genellikle belirsiz bir süre için devre dışı kalmasına yol açmasıdır. Bu nedenle büyük çaplı doğa olayları, enerji nakil hatları ile düzen arasındaki ilişkide bir kısır döngü yaratır. Karmaşık toplumsal sistemler işleyişleri için enerji nakil hatları üzerinden düzenli ve yeterli enerji akışına ihtiyaç duyarken, enerji nakil hatları da bu tür bir doğal felaketten sonra gördükleri fiziksel zararın tamiri ve işletilebilmeleri için toplumsal düzenin düzgün işleyişine ihtiyaç duyar. Örneğin doğal bir felaket anında ve sonrasında toplumsal düzenin işleyişinin yeniden sağlanmasında önemli bir rol üstlenen hastaneler işlevselliğini sürdürülebilmek ve toplumsal düzenin kuruluşundaki

veya korunmasındaki rollerini yerine getirebilmek için enerji akışına ve dolayısıyla enerji nakil hatlarına muhtaçtırlar. Bu ihtiyaç acil durum jeneratörlerini, hastaların/yaralıların hastanelere ulaştırılan ambulansları ve de bir hastanenin işleyişi için gerekli tüm malzemeleri taşıyan kamyonları çalıştıran yakıttan normal durumda tüm hastane sisteminin işlemlerini sağlayan elektriği taşıyan elektrik hatlarına uzanan genel ihtiyaçtır. [3]

Şiddetli sağanak yağmur, aşırı kar yağışı ve soğuk hava dalgası gibi aşırı hava olaylarının veya sözkonusu aşırı hava olaylarının yol açtığı sel veya çığ gibi doğal felaketlerin, başta enerjiyi son tüketiciye ulaştırılan fiziksel altyapılar olmak üzere tüm enerji nakil hatlarına zarar vermesi ve/veya bu hatlarda meydana gelen bir bozulmanın tamirini geciktirmesi veya engellemesi günümüzde sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Örneğin 1984-2006 yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri'nde gerçekleşen en büyük 15 elektrik kesintisinden 10 tanesi fırtına veya kasırgalar gibi doğal felaketlerin sonucu olarak ortaya çıkmıştır. [4] Orman yangınları da, elektrik nakil hatları, petrol boru hatları, doğalgaz boru hatları ve enerji üretim tesisleri için dolaylı ve doğrudan birer tehdit unsurudurlar. 2010 yılının yaz aylarında Rusya Federasyonu'nda geniş bir alana yayılan ve zorlukla kontrol altına alınan büyük orman yangınlarının Novovoronezh nükleer santrali için oluşturduğu tehdit, orman yangınlarının enerji sistemi üzerindeki olası olumsuz etkilerini gösteren somut bir örnektir. [5] Öte yandan güçlü yer sarsıntıları ve/veya bu sarsıntılar sonrasında oluşabilen dev dalgaların enerji nakil hatlarının tüm alt birimleri için ciddi bir tehdit oluşturduğu 1999 yılında Türkiye'nin Marmara bölgesinde, 2010 yılında Şili'de ve 2011 yılında Japonya'da meydana gelen depremlerin tüm enerji altyapısı üzerindeki yıkıcı ve uzun vadeli doğrudan veya dolaylı etkileri ile açıkça görülmüştür. [6] [7] [8] Güneşte belirli dönemlerde meydana gelen aşırı hareketlilik sonucunda oluşan olağandışı elektro-manyetik fırtınalar da tüm elektrik üretim ve iletim altyapısına zarar verme potansiyeli taşımaktadır. Güneşten kaynaklanan elektro-manyetik fırtınalar, radyo ve küresel konumlama sistemlerinin sinyallerini engelleyerek ve dünya yörüngesindeki iletişim uydularını devre dışı bırakarak enerji dağıtım altyapısının sürdürülebilirliğini sağlayan toplumsal hizmetlerde kesintiye neden olmanın yanında, özellikle kuzey enlemlerde, yüksek voltajlı elektrik iletim ve dağıtım ağlarına zarar verme ve enerji kesintilerine yol açma potansiyeline sahiptir. [9] [10] Bu tür bir tehdit 1859 ve 1921 yıllarında iki kez gerçekleşmiş ve etkileri insan toplumlarının elektriğe ve elektrik dağıtım hatlarına bugüne kıyasla daha az bağımlı olması nedeniyle sınırlı kalmıştır. [11]

2.2. İnsan-Kaynaklı Tehditler

Enerji nakil hatlarının güvenliğini tehdit eden insan-kaynaklı tehditler *planlama, inşaa ve kullanım hatalarından kaynaklanan (antropojenik) kazalar, devletlerarasındaki ve devletlerin içindeki sosyo-politik sorunların yol açtığı yıkımlar ve toplumsal düzenlerin sürekli yeniden inşasını kesintiye uğratan akut veya kronik ekonomik krizler* olarak üç başlık altında değerlendirilebilir.

Bu unsurlardan en fazla görünürlüğe sahip olanı, toplumsal düzeni besleyen enerji sistem(ler)inde planlama, inşaa ve kullanım hatalarından dolayı ortaya çıkan insan-kaynaklı (antropojenik) kazalardır. Kusursuz olmayan insan tarafından planlanan, inşaa edilen, kullanılan, idame ettirilen ve bozulduğunda tamir edilen her sistem gibi enerji nakil hatları altyapısı da insan hatasından kaynaklanan ve genellikle toplumsal düzen üzerindeki etkisi sistemin yapısal özelliklerince güçlendirilen kazalara ve bu kazaların yol açtığı bozulmalara karşı açıktır. Three Miles Island ve Çernobil nükleer santrallerinde yapısal hatalar ile insan hatasının birleşen etkisi sonucunda meydana gelen kazalar, enerji güvenliğini tehdit eden insan kaynaklı tehditlere birer örnektir. Petrokimya fabrikalarında ve hidroelektrik üreten barajlar ile hidrokarbon kaynaklarının (kömür gibi) yeryüzüne çıkarılarak kullanıma sunulmasını sağlayan madenlerde meydana gelebilecek kazalar da aynı kategoride değerlendirilebilir. [12] [13]

Enerji sistemindeki karmaşıklaşmaya bağlı olarak enerji nakil hatları altyapısının karmaşıklaşması ve de enerji çevresinin sınırlarına yaklaşılmış olmasının ürettiği lojistik ve teknolojik sorunlar bir yandan insan hatasından kaynaklanabilecek kazaların olasılığını ve yıkıcılığını artırırken diğer yandan bu tür kazaların tüm enerji sistemi ve toplumsal düzen(ler)in sürdürülebilirliği üzerindeki olası olumsuz etkilerini güçlendirmiştir. Günümüzde hakim olan petrole dayalı enerji çevresinin uç sınırlarına yaklaşılmış olması, enerjinin giderek derin deniz yatakları veya kutup bölgeleri gibi görece daha uzak ve daha zorlu bölgelerde, daha yüksek enerji/para maliyetiyle ve daha karmaşık teknolojiler kullanılarak üretilmesini ve de üretilen enerjinin pahalı ve karmaşık bir enerji nakil hatları altyapısı üzerinden uzun mesafelerde taşınmasını gerektirmektedir. Tüm bu gereklilikler kaçınılmaz olarak enerji sistemini karmaşıklaştırmakta ve insan hatasından kaynaklanan kaza olasılığını ve bu kazaların toplumsal düzen(ler) üzerindeki olası olumsuz etkilerini arttırmaktadır. 20 Nisan 2010 tarihinde British Petroleum'a ait Deepwater Horizon adlı açık deniz petrol platformunun yaşanan bir patlama sonrası ardında büyük bir çevre kirliliği bırakarak batması söz konusu olası olumsuz etkilere

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

güzel bir örnek oluşturmaktadır. Deepwater Horizon'un önemi o tarihe kadar açılmış olan en derin petrol kuyularını açarak 6 mil derinliğe kadar daha önce ulaşılmaz olan derin deniz petrol sahalarını kullanıma sokabilen yüksek teknolojiye sahip yüzen bir petrol platformu olmasıdır. [14] Deepwater Horizon kazası, düzenin yeniden kurulmasında küresel bir kesintiye neden olmasa da Meksika Körfezi'nden enerji akışında sorunlar yaşanmasına yol açmış ve de geride bıraktığı çevre kirliliği ile yakın çevresindeki toplumsal düzenleri olumsuz etkilemiştir ve bu açıdan marjinal alanlara kayan enerji üretiminin artan kırılabilirliğinin bir göstergesi olarak kabul edilebilir. [15]

Enerji nakil hatlarının güvenliğine yönelik insan kaynaklı tehditlerden ikincisi devletlerarasındaki ve devletlerin içindeki sosyo-politik sorunların yol açtığı çatışmaların genelde enerji sistemi, özde ise enerji nakil hatları üzerinde yol açtığı yıkımlardır. Devletlerarasındaki stratejik çatışmalar farklı olasılık sınırlama kümelerine sahip yerel H-düzenler (Hegemon/Hâkim düzenler) arasındaki çatışmalardır. Küresel ölçekte ele alındığında bu çatışmalar, farklı olasılık sınırlama kümelerine sahip A-düzenler (Alternatif Düzenler) arasında nihai küresel düzenin şeklini belirlemek için süregelen birer mücadeledir. A-düzenler arasındaki bu rekabet, her canlı sistemin çevresel kaynakların sınırlı olduğu bir çevrede diğer canlı sistemlere karşı verdiği kendi kendini yeniden üretme mücadelesinin bir yansımasıdır. A-düzenler arasındaki kendini yeniden üretme mücadelesi ise farklı toplumsal değer kümeleri (Sets of Social Values) sahip iki düzenin farklılaşan olasılık sınırlama kümeleri arasındaki çatışmanın dışavurumudur. Birbiriyle uyumsuz iki düzen kalıbının faz uzayının aynı bölgesinde farklı sistemsel olasılıkları aynı enerji akışını kullanarak gerçekleştirmeye çalışması nedeni ile bu mücadele kaçınılmaz olarak yıkıcıdır. [16]

Bu nedenle devletlerarasındaki stratejik boyutlu rekabet ve bu rekabet sürecinde ortaya çıkan düşük yoğunluklu ve/veya topyekün askeri çatışmalar enerji üretim ve dağıtım altyapılarının zarar görmesine ve enerji akışının kesintiye uğramasına neden olurlar. Bunun en öncelikle nedeni rekabetin ve askeri çatışmaların ürettiği düzensizlikler ve de çatışma sürecindeki bilinçli saldırılar nedeniyle enerji nakil hatlarının fiziksel altyapısının zarar görmesidir. Örneğin 1980 yılında başlayan İran-İrak savaşında tarafların birbirlerinin enerji petrol üretim ve dağıtım altyapılarına olan saldırılarının yol açtığı fiziksel yıkımlar nedeniyle ilk yılın sonunda Irak'ın petrol üretimi günlük 3.4 milyondan 0.9 milyona düşmüştür. [17] Savaşın doğrudan enerji nakil hatlarını hedef almadığı durumlarda dahi iki veya daha fazla düzen arasındaki jeopolitik çatışmanın

sadece varlığı bile enerji üretim ve iletiminde kesintilere yol açabilir. Irak'ın 1990 yılında Kuveyti işgali ile başlayan ve Amerika Birleşik Devletleri öncülüğündeki uluslararası koalisyonun Kuveyt'in işgaldan kurtarılması için düzenlediği müdahale ile gelişen Körfez Savaşı sürecinde de Kuveyt'in ve Irak'ın enerji üretim ve iletim altyapıları zarar görmüş ve bu durum petrol üretiminde ve fiyatında dalgalanmalara yol açmıştır. [18]

Enerji nakil hatlarına yönelik bilinçli saldırılar her zaman devletlerarasında ilan edilmiş açık bir silahlı çatışmanın uzantısı olarak ortaya çıkmaz. Belirli bir bölgede stratejik rekabet içinde olan bölgesel ya da küresel iki veya daha fazla devlet arasındaki örtülü bir mücadelenin bir parçası olarak da gelişebilir. Enerji nakil hatlarının kontrolünde artan oranda uzaktan erişilebilen bir ağ üzerinde konumlandırılan bilgisayar sistemlerinin kullanımı saldırıların uzaktan ve saldırganın kimliğini gizleyerek yapılabilmesini mümkün kılmaktadır. Bu tür saldırılar genellikle asimetrik yöntemler kullanan bilgisayar korsanları, terör örgütleri, ulusal veya uluslararası suç örgütlenmeleri gibi devlet dışı aktörlere atfedilse de en kapsamlı ve yıkıcı saldırıların arkasında doğrudan ya da dolaylı olarak devletlerin gizli servislerinin olduğuna dair kanıtlar artmaktadır. [19] Örneğin 2010 yılında İran'ın Batılı bazı devletlerce şüpheli bulunan nükleer programının önemli bir parçasını oluşturan Natanz ve Bushehr uranyum zenginleştirme tesislerini hedef aldığı düşünülen *STUXNET* bilgisayar solucanının arkasında İsrail ya da Amerika Birleşik Devletleri'nin olduğu düşünülmektedir. [20]

Jeo-stratejik rekabetin ve çatışmaların enerji nakil hatları üzerinde yol açtığı doğrudan yıkıma, süregiden rekabet ve çatışma ortamında enerji nakil hatları altyapısının sürekli yeniden üretimi için gereken enerji-kaynak akışının sağlanamaması nedeniyle varolan altyapının ve bu altyapıyı idame ettiren toplumsal hizmetlerin süregelen bir çözülme sürecine girip bozulması sonucunda oluşan dolaylı zararlar da katkıda bulunur. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nin Irak'ı kitle imha silahlarından temizlemek iddiasıyla başlattığı ve bir aydan kısa bir sürede zaferle sonuçlandırdığı 2003 yılındaki savaşın sonunda Iraktaki enerji üretim ve iletimini sağlayan fiziksel ve toplumsal altyapıların çökmesi çatışmanın yol açtığı doğrudan yıkım kadar var olan altyapıların uzun yıllar süren uluslararası yaptırımlar rejimi altında sürekli gerilemesinin de bir sonucudur. [21]

Ulus devletler içinde süregelen siyasi, toplumsal ve ekonomik kaynaklı istikrarsızlık ve iç çatışmalar, ülke içinde var olan farklı olasılık sınırlama kümelerine sahip Alternatif-düzenler arasında veya ülkede iktidarı elinde bulunduran Hegemonik-düzen ile baskıladığı

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Alternatif-düzen veya Potansiyel-düzenler arasında ülkenin yakın ve uzak gelecekteki siyasal-toplumsal yapısına dair farklılaşan vizyonları arasındaki uyumsuzlukların ortadan kaldırılamamasından kaynaklanan çatışmalardır. Ülke içinde ortaya çıkan bu tür siyasal askeri çatışmalarda enerji üretim ve dağıtım altyapıları hem söz konusu çatışmaların ortaya çıkmasına ya da artmasına yol açan birer neden hem de çatışma süreci içinde tarafların saldırıları ile zarar gören bir hedef olduğu görülür. Bir coğrafi bölgede bulunan enerji kaynaklarının üretim ve iletiminden elde edilen zenginliğin paylaşılması sorunu ulusdevletler içinde var olan etnik, dinsel veya sosyal nedenlere bağlı siyasal sorunları arttırmakta ve silahlı çatışma ortamının gelişmesine neden olabilmektedir. Bu durum, özellikle de yeni bulunan ve/ya işletmeye alınan enerji kaynakları etnik, dini veya siyasal açıdan devleti yöneten hakim unsurdan ayrılan bir toplumsal grubun yoğun olarak yaşadığı bir bölgede bulunmuşsa, söz konusu ülkede yaşayan farklı gruplar ve onları temsil eden örgütlenmeler arasında daha güçlü bir toplumsal kutuplaşmaya; yerel ve merkezi iktidarlar arasında daha derin bir kurumsal ayrışmaya ve bu gelişmelere bağlı olarak kaynakların bölüşümü üzerine inşa edilen daha yıkıcı bir silahlı çatışmaya yol açabilmektedir. Nijerya'daki MEND (Movement for the Emancipation of the Niger Delta) örgütü ile Nijerya merkezi hükümeti arasındaki yeni enerji kaynaklarından elde edilen gelirin yerel unsurlar ile merkezi hükümet arasında nasıl paylaşılacağı üzerinden gelişen çatışma enerji akışının varolan toplumsal ve siyasal gerginlikleri arttırarak çatışma ortamını derinleştirmesine iyi bir örnektir. [22] Gelişen silahlı çatışma ortamında ise enerjinin üretimini ve iletimini sağlayan fiziksel altyapılar ulusdevlet ile çatışan yerel güçlerin saldırılarının hedefi haline gelmektedir. [23] 2003 Irak Savaşının ardından başta petrol kuyuları, petrol rafinerileri, petrol boru hatları ve elektrik dağıtım şebekesi olmak üzere enerjinin üretim ve dağıtımını sağlayan fiziksel altyapılar ile söz konusu altyapıların geliştirilmesinden ya da idamesinden sorumlu personel çatışmanın ilk evrelerinden itibaren Amerikan işgal kuvvetlerine ve Amerikan işgal yönetimince oluşturulan Irak hükümetlerine karşı mücadele eden direnişçi grupların başlıca hedeflerinden biri olmuştur. [24]

Toplumsal düzenlerin sürekli yeniden inşasını kesintiye uğratan akut veya kronik ekonomik krizler enerji nakil hatlarının güvenliğini tehdit eden insan kaynaklı üçüncü unsurdur. Ekonomik yapı ve süreçler, bir toplumsal düzende enerji-kaynak akışını düzenleyen ve farklı işlevler ve farklı alt sistemler arasında dağıtan temel düzen kurucu mekanizmalardan biridir. Bir toplumsal düzende varolan ekonomik alt-düzen, verimli ve etkin çalıştığı

olağan dönemlerde dahi, ekonomik sistemin özellikleri ve de siyasal tercihler nedeniyle makro düzeyde enerji-kaynak akışını enerji dağıtım altyapılarından ziyade toplumsal düzenin başka alanlarına dağıtma/aktarma eğilimindedir. Bu eğilim nedeniyle ekonomik sistemin enerji nakil hatlarının sürekli yeniden inşasını sağlayacak şekilde çalış(a)maması enerji nakil hatlarının sürdürülebilirliği açısından olumsuz bir etki oluşturur. Ekonomik sistemin etkin ve verimli işleyişinin kesintiye uğradığı kriz dönemlerinde ise, enerji-kaynak akışının da daralması veya işlevsizleşmesi nedeniyle, enerji sistemi ve enerji nakil hatları üzerindeki bu olumsuz etki daha da güçlenir.

2.3. Enerji Nakil Hatları Mimarisinden Kaynaklanan Tehditler

Var olan enerji nakil hatları mimarisinin kırılabilirlik (içten ve/ya dıştan gelen bozucu etkilere hassasiyet/dayanıklılık) ve vurulabilirlik (bilinçli saldırılara karşı açıklık) düzeyi gibi sistemsel özellikleri enerji nakil hatlarının güvenliğini tehdit eden üçüncü tehdit unsurudur. Her sistem gibi enerji nakil hatları altyapılarının da işleyiş sınırlarını belirleyen bir sistemsel taşıma kapasitesi, yani iç ve dış etkilerden kaynaklanan sistemsel dalgalanmaları soğurma ve işleyişine devam edebilme gücü vardır. Söz konusu sistemsel taşıma kapasitesi, enerji nakil hatlarının inşasında kullanılan teknolojinin, kurulan enerji nakil hatları mimarisinin sistemsel karmaşıklık düzeyinin ve de söz konusu altyapıların kurulum ile işletilmesinin ekonomik maliyetinin bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar. Munasinghe'nin de belirttiği üzere bir enerji sisteminin güvenilirliği ile ekonomik maliyeti arasında bir mübadele/takas ilişkisi vardır. Bir sistemin güvenilirliği arttıkça sistemin düzgün işlememesi nedeniyle oluşan külfetler ve sistemin çalışmamasından kaynaklanan maliyetler azalırken sistemi kurmanın ve işletmenin maliyeti artar. [25]

Günümüzde giderek artan enerji talebi, halihazırda kullanılan enerji kaynaklarının rezervlerindeki kaçınılmaz azalma ve küreselleşen enerji çevresi enerji nakil hatları mimarisinin daha geniş alanlara yayılmasına ve daha fazla karmaşılaşmasına yol açarak sistemsel kırılabilirliğin arttırmaktadır. Enerji üretimi Kuzey Kutup bölgesi, derin denizler, ve yağmur ormanları gibi coğrafi olarak ana tüketim merkezlerinden daha uzak ve çevresel olarak daha marjinal alanlara yayılmaktadır. Daha marjinal alanlarda enerji üretimi ise daha karmaşık, daha kırılabilir ve dolayısıyla kazalara daha açık teknolojilerin kullanılmasına yol açmanın yanında saldırılara daha açık uzun mesafeli ve pahalı enerji nakil hatlarının inşasını da gerektirmektedir. [26] [27] Enerji nakil hatları altyapısının karmaşılaşması,

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

çevreden kaynak akışının miktar ve hızındaki dalgalanmaların da etkisiyle, düzen(ler)in kurulmasının ve sistemin dengeye yakın tutulmasının giderek zorlaşmasına ve her an düzensizliğe kayabileceği sınırdaki bir düzenin oluşmasına neden olmaktadır. Gelişen sınırdaki düzen durumu ise, düzenin dış ve iç etkilere olan kırılganlık ve vurulganlığını arttırmaktadır. Düzen kendisini besleyen kaynak akışının ve bu akışı düzenleyen mekanizmaların etkinlik ve verimliliğinin sınırına yaklaşmakta ve bu durum sistemin yedek kapasitesinin (redundancy) azalması sonucunu doğurmaktadır. Enerji sisteminin yedek kapasitesinin azalması çevreden sistem içine enerji-kaynak akışının sistemin anlık ihtiyaçlarının karşılanmasına ancak yetmesine ve sistemin acil durumlarda ihtiyaç duyabileceği fazladan enerjiye sahip ol(a)mamasına neden olmaktadır. Bu durum da enerji nakil hatlarının iç ve dış etkilere karşı dayanıklılığının azalmasına bağlı olarak sistemin güvenilirliğini (reliability) azaltmakta [28] ve bir kriz durumunda bir sistemsel bir kısa devrenin, şelale çöküşlerinin (cascade failures), ortaya çıkma olasılığını arttırmaktadır. Bu durum özellikle nodlar arasında yüksek derecede farklılaşmış yük dağılımına sahip ve sistemsel yükün nodlar arasında gerektiğinde yeniden dağıtılabildiği ağlar şeklinde örgütlenmiş sistemler için geçerlidir. [29]

Var olan enerji nakil hatlarının küresel bir toplumsal düzenin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde birleştirilmesi ise, karmaşıklıkla söz konusu altyapılar üzerindeki olumsuz etkisini daha da güçlendirmektedir. Birleş(tiril)en farklı enerji nakil hatları altyapıları arasındaki olası uyumsuzluklar ve de sistemsel entegrasyonun kaçınılmaz bir sonucu olarak alt sistemlerin giderek artan oranda birbirlerine bağımlı hale gelmesi sistemin kırılganlık ve vurulganlığını arttırmaktadır. Bunun nedeni bir veya daha çok alt sistemde oluşabilecek dalgalanmaların yeni işlevsel ve fiziksel bağlantılar üzerinden sistem içinde yayılmasının ve buna bağlı olarak tüm sistemi içeren bir krizin oluşumunun kolaylaşmasıdır.

Var olan enerji sisteminin ve enerji nakil hatları mimarisinin sistemsel özelliklerinden kaynaklanan sorunlar, petrole dayalı enerji çevresinin sınırına yaklaşılması ve kaçınılmaz hale geleceği düşünülen yeni bir enerji çevresine geçiş sürecinin tetikleyebileceği sistemsel kararsızlıklar nedeniyle kuvvetlenecektir. Düzenin coğrafi genişlemesi ve işlevsel-yapısal karmaşılaşması sistemin içinde bulunduğu—temelde belirli bir enerji türü üzerine kurulu—“enerji çevresi”nden elde edebileceği enerjinin sınırına, yani “entropi sınırı”na ulaşılmasına kadar devam eder. [30] İnsan toplumlarının tarihsel değişim-dönüşüm süreçlerinde toplumsal düzenler karmaşılaşırken toplumların enerji ihtiyaçları

değişmekte ve bazı enerji kaynakları mutlak veya göreceli olarak gerilerken bazı yeni enerji kaynakları var olan enerji sistemi içinde ön plana çıkmaktadır. 1860-2000 yılları arasında farklı enerji kaynaklarının dünya toplam enerji tüketimi içindeki paylarını gösteren bir grafik incelendiğinde geleneksel yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam tüketim içindeki payının hızla gerileyerek %80’den %10’a düştüğü, 1860 yılında toplam tüketimin %20’sini sağlayan kömürün 1900’lü yılların başında %60’ın üzerine çıktıktan sonra gerileyerek günümüzde tüketimin yaklaşık %20’sini karşıladığı görülür. Aynı dönemde başlangıçta hiç tüketilmeyen petrol, doğalgaz ve nükleer enerjinin toplam içindeki payları hızla artarak dönemin sonunda sırasıyla ~%35, ~%20 ve ~%7-8 değerlerine ulaşmıştır. [31]

Bir toplumsal düzenin enerji çevresinde gerçekleşen bu değişimler teknik ve toplumsal nedenlerle gelişen direniş unsurları nedeniyle kolaylıkla ve sorunsuz gerçekleşemez. Teknik neden enerjiyi üreten ve dağıtan altyapıların kurulması için bir toplumun yapması gereken yatırımın büyüklüğüdür. Enerji sistemlerinin inşası toplumsal artık-ürünün dikkate değer bir miktarının toplumun refahını doğrudan ilgilendiren diğer işlevsel alanlardan aktarılmasını gerektirdiğinden, yeni tür enerji dönüştürücülerine dayanan yeni bir enerji sistemini inşa etmek için kaynak ayırmak her zaman direnişle karşılaşmıştır. Toplumsal neden ise farklı toplumsal grupların var olan enerji sistemi içinde sahip oldukları ve korumak istedikleri müktesep haklardan kaynaklanır. Enerji sistemindeki her hangi bir değişim olasılığı toplumsal el koyma ve hâkimiyet ilişkilerini, yönetici sınıfın konumunu ve yönetici ağların örgütlenmesini etkileyeceğinden söz konusu değişimden olumsuz etkilenecek olan farklı toplumsal grupları bir araya gelerek değişimi önlemek/geciktirmek için çalışmaya başlar. [32]

Toplumsal direnişin aşılabildiği koşullarda dahi geçiş sürecinde sorunlar ile karşılaşılması muhtemeldir. Öncelikli sorun geçiş sürecinde oluşacak olan yapısal istikrarsızlıklardır. Her yeniden yapılanma/inşa süreci gibi yeni enerji çevresine geçiş süreci de (tüm enerji altyapısının yeniden düzenlenmesini ve bu çerçevede enerji sistemini oluşturan fiziki ve toplumsal altyapıların yeniden oluşturulmasını gerektirdiğinden) belirsizlikler ve süreksizlikler üreterek sistemsel kırılganlığı artırır. Bunun nedeni geçiş dönemlerini tanımlayan dengeden uzak koşullarda sistem içinde oluşan çok küçük yapısal uyumsuzluklar veya süreçsel karışıklıkların pozitif geri besleme süreçlerine yol açarak ya da sistem içinde var olan bu tür süreçleri daha da hızlandırıp kuvvetlendirerek sistem açısından yapı/düzen bozan dalgalara dönüşebilmesidir.[33]

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

İkinci olarak, söz konusu enerji çevresi değişimi, özellikle de yenilenebilir enerji kaynakları üzerine inşa edilmeye çalışılması durumunda, bir enerji akış sorununa yol açarak varolan toplumsal düzenlerin kurulması ve korunmasını zorlaştırabilir. Tüm enerji çevrelerine içkin olan belirsizliklerin yol açabileceği enerji akış sorunları, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı varolan teknolojilerin büyük oranda yerel ölçekli olması nedeniyle daha da güçlenebilecektir. Varolan yenilenebilir enerji teknolojileri üzerine inşa edilecek bir enerji sisteminde toplumsal düzenleri besleyen enerji akışlarının yeniden yerleşmesi ve küresel ölçekteki enerji havzasından beslenen bir karmaşıklığa göre kurulmuş toplumsal düzen(ler)in yeniden yerel enerji üretiminin/enerji akışının zamansal ve miktarsal sınırlamalarına uyum sağlaması gerekecektir. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin (düşük enerji üretme kapasitesi, güvenilirlik, düşük verimlilik düzeyi, yüksek ilk yatırım maliyetleri, yüksek depolama maliyetleri gibi) süregelen dezavantajlarını [34] aşabilecek yeni teknolojiler ve sosyo-politik örgütlenmeler oluşturularak yenilenebilir enerji kaynaklarının uzun mesafeler arasında enerji akışını mümkün kılacak yeni bir enerji sistemi çerçevesinde birleştiril(e)memesi durumunda bu uyum sağlama süreci toplumsal karmaşıklıkta bir gerilemeyi kaçınılmaz kılacaktır.

Diğer yandan söz konusu yeni enerji çevresinin görece küresel bir enerji havzasından beslenmesini sağlamak ise varolan enerji nakil hatları, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin akış karakteristiklerine, yani miktar ve zamansal dalgalanmalarına göre inşa edilmemiş olduğundan yeni bir enerji nakil hatları altyapısının oluşturulmasını zorunlu kılacaktır. Güneş ve rüzgâr gibi kontrol edilemeyen ve hatta öngörülemez olgulara bağımlı bir enerji akışında enerji üretimi ile tüketimini zaman ve miktar olarak eşleştirerek enerji nakil hatlarını kararlı ve işlevsel halde tutmak zorlaşacaktır. Bu durum nakil hatlarının kırılabilirliğini arttıracak ve dalgalanan enerji yüklerini enerji akışında kesintiye yol açabilecek kritik durumlar oluşturmadan taşıyabilecek daha esnek ve daha "akıllı" bir enerji nakil hatları mimarisinin oluşturulmasını zorunlu kılacaktır. Yeni enerji nakil hatları mimarisinin oluşturulması ise uzun mesafeli yeni enerji nakil hatlarının ve bu hatları kontrol edecek bilgisayar altyapılarının inşası gibi teknik sorunların yanında söz konusu hatların inşa edecek, idame ettirecek ve bozucu etkilere karşı sürdürülebilirliğini güvenceye alacak siyasi ve ekonomik kurumsallaşmalar, ülkeler ve şirketler arasında işbirliğini düzenleyen düzenleyici hukuki çerçeve, söz konusu hatları koruyacak yeni güvenlik yapılanmaları gibi yeni sosyo-politik örgütlenmelerin oluşturulmasını da gerektirecektir. [35]

Günümüzdeki fosil yakıtlara dayalı enerji sisteminden yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanan yeni bir enerji sistemine geçiş sorunu bu tür bir istikrarsızlık dinamiğine örnek oluşturmaktadır. Toplumsal düzen(ler)in artan enerji talebi, giderek azalan enerji stoğu, zorlaşan üretim ve hidrokarbonlara dayalı enerji sisteminin yol açtığı çevresel sorunların artması, [36] orta vadede yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı yeni bir enerji sisteminin oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Ancak petrolün, en azından kısa vadede, hala görece ucuz ve bol bir enerji kaynağı olarak varlığını devam ettirmesi güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir kaynaklara dayalı enerji dönüştürücülerin geliştirilmesini ve bu dönüştürücüler temel alan yeni bir enerji çevresinin inşası sürecini yavaşlatmaktadır. Önceki yıllara kıyasla daha yüksek bir yatırıma ve pazar payına ulaşmış olsalar dahi yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı bir enerji çevresinin oluşturulmasını sağlayabilecek teknolojilerin fosil yakıtlar ile rekabet edebilmek için hala devletin finansal desteğine ihtiyaç duydukları görülmektedir. [37]

Bu kadar büyük çaplı bir enerji çevresi dönüşümünün, insan toplumlarının enerji tüketiminin küresel ısınma gibi gezegen ölçeğinde "çevresel sorunlara" yol açtığı bir dönemde gerçekleştirilmeye çalışılması da sistemsel kırılabilirlik etkenlerinden biri olabilir. Çevresel koşullardaki her türlü değişim, insan toplumlarının içinde oluştu(ruldu)ğu ve idame etti(rildi)ği D-Olasılık sınırlama kümesinde bir kaymaya işaret ettiği için insan toplumlarının düzenleri üzerinde olumlu ya da olumsuz kaçınılmaz etkiler üretecektir. Küresel ısınma veya artan çevre kirliliği gibi çevresel değişimlerin insan toplumlarının düzenlerinin sürdürülebilirliğini olumsuz etkilediği/etkileyeceği genel kabul görmektedir. Genel olarak toplumsal düzen için olumsuz olan değişimlerin enerji altyapıları üzerindeki etkileri de olumsuz olacaktır. Bu nedenle varolan enerji altyapılarının değişen çevresel koşullara göre yeniden düzenlenmesi ve yeni enerji çevresinin bir parçası olarak inşa edilecek yeni enerji altyapılarının da gerçekleşen ve yakın dönemde gerçekleşebilecek çevresel değişimlere göre dizayn edilmesi gerekecektir. [38] Bu husustaki temel sorun uzun dönemli bir girişim olan yeni enerji çevresinin dizayn edilmesi ve kurulması sürecinde meydana gelebilecek çevresel değişimlerin kesin bir şekilde önceden öngörülebilmesinin mümkün olmamasıdır. Bu durum enerji altyapısının çevresel değişimlere karşı vurulanlığını arttıracaktır ve de karmaşılaşan ve küreselleşen enerji nakil hatları altyapısına bağlı olarak çevresel değişim sonucunda yerel ölçekte oluşabilecek ani veya süregelen bozulmaların küresel ölçekte taşınmasına yol açarak varolan/kurulmakta

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

olan enerji sistemi içinde akut veya kronik krizlere yol açabilecektir.

SONUÇ

Enerji (akışı) toplumsal düzenlerin kurulması ve korunmasını sınırlayan temel unsurlarından birisi olduğundan, enerji nakil hatlarının güvenliği ile toplumsal düzenlerin sürdürülebilirliği arasında doğrudan bir ilişki vardır. Enerji nakil hatlarının güvenliği, bütüncül bir yaklaşım içinde ele alınmalı ve belirli aktörlerden kaynaklanan bilinçli saldırılara karşı varolan enerji nakil hatları altyapısının fiziksel emniyetinin sağlanmasının ötesinde enerji nakil hatlarını etkileyebilecek tüm tehdit unsurlarının toplumsal düzen(ler)in hayatiyeti üzerindeki kısa ve uzun vadeli olumsuz etkilerinin denetim altında tutulmasını hedeflemelidir. Bu çerçevede fiziksel doğadan kaynaklananlar, insanların bireysel ve grupsal faaliyetlerinden kaynaklananlar ve varolan enerji nakil hatları mimarisinden kaynaklananlar dahil olmak üzere tüm olası tehditler dikkate alınmalıdır. Enerji nakil hatlarının güvenliği ve toplumsal düzenlerin sürdürülebilirliğini tehdit eden asıl sorun tekil tehditlerin karmaşık bir sistem içinde eşzamanlı etkileşiminden doğan güvenliksizlik sistematiği olduğu unutulmamalıdır. Bu güvenliksizlik sistematiği tekil tehdit unsurlarının karmaşıklaşan ve küreselleşen enerji sistemi içinde çok yönlü etkileşiminden doğar ve pozitif geri besleme döngülerine yol açarak toplumsal düzenlerin içsel özelliklerince etkileri artırılabilen sistemsel dalgalanmaların oluşmasına neden olur.

Bu nedenle, tüm toplumsal düzenler için en önemli sorun evrimleşen enerji çevresinde kısa, orta ve uzun vadede meydana gelebilecek değişimleri de dikkate alarak kendisinin bugünkü ve gelecekteki toplumsal düzenini sürdürmek için ihtiyaç duyacağı enerji kaynaklarına gereksinim duyacağı miktar, tür ve kalitede ulaşabilmesini sağlayacak bir enerji nakil hatları mimarisi oluşturabilmek ve idame ettirebilmektir.

KAYNAKLAR

- [1] Wolfers, Arnold. "National Security as an Ambiguous Symbol" *Political Science Quarterly*, 67 (4), 481-502, 1952.
- [2] Baldwin, David A. "The Concept of Security" *Review of International Studies* 23, 5-26, 1997.
- [3] Roaf, S. "Resilient Hospital Design: The ZeroCarbon Cooling Change," 2. *PALENC Conference*, Crete, Greece, 2007.

[4] Hines, Paul, Jay Apt ve Sarosh Talukdar. "Large Blackouts in North America: Historical Trends and Policy Implications" *Energy Policy* 37, 2009.

[5] Kaminskaya, Maria. "Safety of Russian Nuclear Sites Remains at Risk as Record Heat wave Holds and Wildfires Engulf Vast Expenses of Central Russia." *Bellona Web Site* August 05, 2010 www.bellona.org/articles/articles_2010/Russiafires_nuclear.

[6] Oral, Bülent ve Ferdun Dönmez. "The Impacts of Natural Disasters on Power Systems: Anatomy of the Marmara Earthquake Blackout" *Acta Polytechnica Hungarica* 7 (2), 107-118, 2010.

[7] Araneda, J. C. [et al]. "Lessons from the 2010 Chilean Earthquake and Its Impact on Electricity Supply", *2010 International Conference on Power System Technology* Hangzhou, China October 24-28, 2010.

[8] "Impact of Earthquakes and Tsunamis on Energy Sectors in Japan" *International Energy Agency* (15 March 2011) <http://www.iea.org/media/news/japan/factsheet.pdf>.

[9] Riley, Pete. "On the Probability of Occurrence of Extreme Space Weather Events." *Space Weather* 10, February 2012.

[10] "Solar Superstorm" *NASA Website* October 23, 2003, https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2003/23oct_superstorm.

[11] Madrigal, Alexis. "Telegraphs Ran on Electric Air in Crazy 1859 Magnetic Storm." *Wired Online Magazine* September 2, 2009, <http://www.wired.com/wiredscience/2009/09/telegraphs-ran-on-electric-air-in-crazy-magnetic-storm-150-years-ago/>.

[12] Perrow, Charles. *Normal Accidents: Living with High Risk Technologies*, New York: Basic Books, 15-61, 101-122 ve 232-255, 1984.

[13] Lagadec, Patrick. *States of Emergency: Technological Failures and Social Destabilization*, (trans.) Jocelyn Phelps, London: Butterworth-Heinemann, 11-42 ve 149-236, 1990.

[14] Freudenburg, William R. ve Robert Gramling. *Blowout in the Gulf: The BP Oil Spill Disaster and the Future of Energy in America*, Cambridge, MA: MIT Press, 2011.

[15] Trevors, J. T. ve M. H. Saier, Jr. "The Legacy of Oil Spills" *Water, Air & Soil Pollution* 211 (1-4), 2010.

[16] Yazğan, Şükrü. "New World (Dis)Order: A Thermodynamical Approach to Rising Instability in

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

the World System” *Uluslararası İlişkiler ve Yeni Dünya Düzeni*, 618-652, 2018.

[17] Alnasrawi, Abbas. “Iraq: Economic Sanctions And Consequences, 1990–2000,” *Third World Quarterly*, 22 (2), 204, 2001.

[18] Lieber, Robert J. “Oil and Power After the Gulf War,” *International Security*, 17 (1), 155-176, Summer 1992.

[19] Shiels, Maggie. “Spies Infiltrate US Power Grid” 29 April 2009 *BBCNews* <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/7990997.stm>.

[20] Vick, Karl. “The Worm in Iran’s Nuke Program: Made in Israel?” *TIME Magazine Website* <http://www.time.com/time/world/article/0,8599,2042750,00.html> 17 January 2011.

[21] Gordon, Joy. *Invisible War: United States and Iraq Sanctions* Cambridge, MA: Harvard University Press, 86-102, 2010.

[22] Lubeck, Paul M., Michael J. Watts ve Ronnie Lipschutz. “Convergent Interests: U.S. Energy Security and the ‘Securing’ of Nigerian Democracy”, *International Policy Report*, February 2007.

[23] Toft, Peter, Arash Duero ve Arunas Bieliauskas. “Terrorist Targeting and Energy Security”, *Energy Policy* 38, 4411-4421, 2010.

[24] Williams, Paul A. “Projections for the Geopolitical Economy of Oil After War in Iraq.” *Futures* 38, 1078-1080, 2006.

[25] Munasinghe, Mohan. *The Economics of Power System Reliability and Planning: Theory and Case Study*, Baltimore: John Hopkins University Press, 13, 1979.

[26] Seidler, Christopher. “New Estimates for Drilling Costs: The Exorbitant Dream of Artic Oil”, *Spiegel Online* <http://www.spiegel.de/international/business/0,1518,741820,00.html>, January 26, 2011.

[27] Bethge, Philip, Alexander Jung, Nils Klawitter ve Renate Nimtz-Koester. “The Risky Hunt for the Last Oil Reserves: Does Deep Sea Drilling Have A Future?” *Spiegel Online* <http://www.spiegel.de/international/business/0,1518,694346,00.html>, May 13, 2010.

[28] Kapasite fazlası, bir sistemin çevresel şartlardaki dalgalanmalara ve ani gelişen beklenmedik durumlara dayanabilmesi ve hayatini sağlayan süreçleri devam ettirebilmesi için gereklidir. Bir elektrik şebekesinde kapasite fazlasına sahip olmanın gerekliliği için bkz. Munasinghe, 10-11, 14-16.

[29] Motter, Adilson E. ve Ying-Cheng Lai. “Cascade-Based Attacks on Complex Networks”, *Physical Review E* 66 065102(R), 2002.

[30] Rifkin, Jeremy ve Ted Howard. *Entropi: Dünyaya Yeni Bir Bakış* 3. Baskı, (çev.) Hakan Okay, İstanbul: İz Yayıncılık, 68, 72-77, 2003.

[31] Öztürk, İbrahim ve Sohbət Karbuz (ed.). “Türkiye’nin Enerji Ekonomisi ve Petrol’ün Geleceği” *MÜSİAD Araştırma Raporları* 49, s. 43, Şubat 2006.

[31] Debeir, Jean Claude, Jean-Paul Deléage, and Daniel Hemery. *In the Servitude of Power: Energy and Civilization Through the Ages*, (çev.) John Barzman, London: Zed Books, s. 12-13, 1991.

[33] Ruelle, David. *Rastlantı ve Kaos* 13. Baskı (çev.) Deniz Yurtören, İstanbul: TÜBİTAK, 24-31, 1999.

[34] “What is Renewable Energy?” *Conserve Energy Future* <https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-renewable-energy.php>.

[35] Jung, Alexander. “Smart Grid 2.0: Building the Internet of Energy Supply,” *Spiegel Online* May 12, 2010 <http://www.spiegel.de/international/business/smart-grid-2-0-building-the-internet-of-energy-supply-a-694287.html>.

[36] “BP Statistical Review of World Energy” 70th Ed. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>, 2021.

[37] Yang, Xiaolei, Lingyun He, Yufei Xia, Yufeng Chen. “Effect of Government Subsidies on Renewable Energy Investments: The Threshold Effect,” *Energy Policy* 132, 156-166, 2019.

[38] Paskal, Cleo. “The Vulnerability of Energy Infrastructure to Environmental Change” *Chatham House Briefing Paper* July 2009 <http://www.chathamhouse.org/publications/papers/view/109043>.

DİJİTAL ÇAĞDA SANAL ORTAM YALNIZLIĞI: BATMAN ÜNİVERSİTESİ
ÖĞRENCİLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Dr. Öğr. Üyesi Uyum ELİTOK* Seyit Battal ONAT** Muhammed NOMAN*** Eslem Nur TURĞUT****
Osman AKMAN***** Mehmet Nuri KAYA*****

- *Batman Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: uyum.elitok@batman.edu.tr
- ** Batman Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: seyitonat72@hotmail.com
- *** Batman Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: soomronoman@gmail.com
- **** Batman Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: eslemnurtrgt@gmail.com
- ***** Batman Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: osmanak72@icloud.com
- ***** Batman Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü, 72060 BATMAN
e-posta: nurikaya721@gmail.com

Özet: Covid 19 pandemi süreciyle online eğitim uygulamalarının artması, internet ve mobil teknolojilerin hayatımızda daha fazla yer almasına neden olmuştur. İletişim teknolojilerin kullanımının artmasının, internet ve sosyal mecraların daha fazla kullanılmasını da beraberinde getirdiği söylenebilir. Bu durum bireylerin sanal ortam yalnızlığı yaşama olasılığını da arttırmaktadır.

Çalışmanın amacı üniversite öğrencilerinin demografik özellikleri ile sanal ortam yalnızlığı boyutları arasındaki farklılaşmayı belirlemektir. Çalışma Batman Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler fakültesinde 2021-2022 güz yarıyılında öğrenim gören 87 öğrencinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçme aracı olarak Korkmaz ve arkadaşları (2014) tarafından geliştirilen ‘Sanal Ortam Yalnızlık Ölçeği (SOYÖ)’ kullanılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda cinsiyet ile sanal ortam yalnızlığı (sanal sosyalleşme, sanal paylaşım ve sanal yalnızlık) değişkenlerinden; sanal sosyalleşme değişkeni arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Kadın öğrencilerde sanal sosyalleşmenin erkeklere göre daha yüksek olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Yaş, okunan bölüm, sınıf düzeyi faktörleri ile sanal ortam yalnızlığı arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Ayrıca çalışmaya katılan öğrencilerin %80’inden fazlası yalnızlık hissetmediğini sanal ortamın onları yalnızlaştırmadığını belirtmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Sanal ortam yalnızlığı, sanal sosyalleşme, demografik özellikler

VIRTUAL ENVIRONMENT LONELINESS IN THE AGE INTERNET: A RESEARCH
ON THE BATMAN UNIVERSITY STUDENTS

Abstract: During Covid-19 pandemic online education application has increased which has caused the Internet and mobile technology to take more places in our life. Communication technology usage has increased, it can be said that social media are used more and more.

This has also increased the possibility for individuals to experience virtual environment loneliness. The purpose of the study is to determine the difference between demographic characteristics of university students and the dimension of virtual environment loneliness. Study was carried out at the Faculty of Economics and Administrative Sciences at Batman University during fall semester of 2021-2022 with an participation of 87 students from the faculty studying studing in fall semester. The ‘ Virtual Environment Loneliness Scale(VELS)’ developed by Korkmaz at all. (2014) were used as a measurement tool. As a result of the analysis made the variable of gender and virtual environment loneliness (Virtual socialization, virtual sharing and virtual loneliness). A significant difference was found between the virtual socialization variable. It has been found that the virtual socialization is higher in female students than in male students. No significant difference was found between age, department, class and virtual environment

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

loneliness. In addition, more than 80% of student participating in the study stated that they do not feel lonely and that the virtual environment does not make them feel lonely.

Keywords: Virtual Environment Loneliness, virtual socialization, demographical characteristics

GİRİŞ

Sosyalleşme ihtiyacı insanın temel ihtiyaçları arasında yer almaktadır. Birey gerçek yaşamda bu ihtiyacını tatmin edemediği zaman yalnızlık duygusuna kapılır. Yalnızlık yaş faktörünün önemli olmadığı herkesin yaşayabileceği olumsuz bir duygudur[1]. Yalnızlığın getirmiş olduğu bu kötü duygulardan kaçınmaya çalışan birey günümüzde ulaşımı en kolay ve sınırların olmadığı sanal dünyayı tercih etme eğilimi göstermektedir. Ancak birey sanal ortamlarda bu olumsuz duygulardan bir miktar sıyrılabilir bile aslında sanal yalnızlığa doğru sürüklenmektedir.

Bu sebeple çalışma Z kuşağını temsil eden üniversite öğrencisi gençlerin sanal yalnızlık düzeylerini belirlemeyi ve demografik değişkenlerle sanal ortam yalnızlığı arasında farklılaşma olup olmadığını tespit etmeyi amaçlamaktadır.

Çalışma; üniversite öğrencilerinin sanal yalnızlık düzeylerinin belirlenmesi, bu durumun tespiti ile çözüme yönelik uygun politikaların oluşturulmasına ve öğrencilerin bu konuda doğru yönlendirilmesine zemin hazırlayabilecektir.

1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde yalnızlık ve sanal ortam yalnızlığı kavramları teorik olarak açıklanmaya çalışılmaktadır.

1.1. Yalnızlık

Türk Dil Kurumu yalnızlığı ‘kimse bulunmama durumu, kimsesizlik’ şeklinde tanımlamıştır [2]. Peplau ve Perlman [3] bireyin mevcut ile potansiyel olarak olmasını arzu ettiği sosyal ilişkileri arasındaki farklılık bulunması sonucunda ortaya çıkan olumsuz durum olarak tanımlamaktadır. Duy [4] ise kısa veya uzun süreli görülebilen, fiziksel olarak tek başına olmaktan daha farklı olduğunu, bireyde açıklanamayan bir korku, sıkıntı veya ümitsizlik olarak kendini gösterdiğini belirtmiştir. Weiss [5] de kişinin sosyal ilişkilerinin olması ancak bu ilişkilerde aradığı yakınlığın ve içtenliğin olmaması durumu olarak tanımlamaktadır. Ayrıca Weiss [5] yalnızlığı sosyal ve duygusal yalnızlık olarak iki türe ayırmıştır. Duygusal yalnızlıkta bireylerin sevdikleri veya kendine yakın gördükleri birini kaybetmesi ya da onların eksikliğini hissetmesi durumu vardır. Sosyal yalnızlık ise bireyin daha çok toplumla ilişki kurmada zorlanması, sosyal bağlarının güçlü olmaması durumu söz konusudur. Tüm bu tanımlardan yola çıkacak olursak yalnızlık; bireyin fiziksel olarak tek

olmasının veya sosyal ilişkilerde diğer insanları kendine yakın hissetmemesi ve yakınlık kuramaması sonucunda psikolojik olarak kötü bir ruh haline girmesi, olumsuz duygulara kapılması durumudur denilebilir.

1.2. Sanal Ortam Yalnızlığı

Sanal ortam ve yalnızlık birbirini etkileyen iki kavram olarak karşımıza çıkmaktadır [6]. Gerçek hayatta kendini yalnız hisseden bireyin bu ihtiyacını sanal ortamda gidermeye çalışması ve suni olarak bu ihtiyacını gidermesidir. Sosyalleşme ihtiyacını bu şekilde gideren bireyin gerçek yaşamda temeli sağlam ilişkiler kurmaması durumudur. Ancak sanal ortamın yalnızlığı giderici etkisi gerçek dışı ve geçicidir. Bu durum aslında bireyi gerçek olmayan dünyada gerçek olmayan ilişkilere yöneltmekte ve daha da fazla yalnızlaşmasına neden olmaktadır.

2. YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın amacı, evreni ve örneklemini, araştırmada kullanılan ölçekler, veri analiz yöntemi ve hipotez testine yer verilmektedir.

2.1. Araştırmanın Amacı

Covid 19 pandemisiyle üniversitelerin kapatılması ve eğitim modelinin yüz yüzedan çevrimiçiye geçmesi sebebiyle üniversite öğrencilerinin sosyalleşme biçimleri de değişime uğramıştır. Sosyalleşmek için sosyal medya gibi mecralar daha fazla kullanılır gelmiştir. Günün büyük çoğunluğunu mobil teknolojiler ile geçirmek ise sanal ortam yalnızlığı yaşama olasılığını arttırabilmektedir. Bu bağlamda çalışmanın amacı; Batman Üniversitesi’nde öğrenim gören İktisadi İdari Bilimler Fakültesi öğrencilerinin demografik özellikleri ile sanal ortam yalnızlığı arasında farklılaşma olup olmadığını belirlemektir.

2.2. Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini Batman Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi’nde 2021-2022 güz yarıyılında öğrenim gören 413 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmaya 93 kişi katılmış ancak 87’si geçerli kabul edilmiştir. Araştırmada evreni oluşturan her elemanın örneğe girme şansının eşit olduğu dolayısıyla hesaplamalarda da her elemana verilecek ağırlığın aynı olduğu [7] basit tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılmıştır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

2.3. Ölçekler ve Veri Analiz Yöntemi

Verilerin toplanmasında nicel araştırma yöntemlerinden anket tekniği kullanılmıştır. Anket üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde demografik bilgiler bulunmaktadır. İkinci bölümde Korkmaz ve arkadaşları (2014) tarafından geliştirilen 'Sanal Ortam Yalnızlık Ölçeği (SOYÖ)'[8] kullanılmıştır. Ankette sanal ortam yalnızlığı ölçeği; sanal sosyalleşme 8 soru, sanal paylaşım 7 soru ve sanal yalnızlık 5 soru olmak üzere toplam 20 sorudan oluşmakta olup 5'li Likert tipindedir. Anketin üçüncü bölümünü oluşturan yalnızlık ifadeleri ise 3 sorudan ve evet- hayır şeklindedir. Elde edilen veriler SPSS 23.00 programlarıyla analiz edilmiştir. Verilere açıklayıcı faktör analizi, güvenilirlik analizi, korelasyon, bağımsız değişkenden t testi, tek yönlü anova testleri uygulanmıştır.

2.4. Araştırmanın Hipotezleri

Araştırmanın ana hipotezi H₁: 'Sanal ortam yalnızlığı boyutları öğrencilerin demografik özelliklerine göre farklılık göstermektedir.' şeklindedir.

Alt hipotezler ise;

H_{1.1}: Sanal ortam yalnızlığı boyutları, öğrencilerin cinsiyetlerine göre anlamlı farklılık göstermektedir.

H_{1.2}: Sanal ortam yalnızlığı boyutları, öğrencilerin yaş gruplarına göre anlamlı farklılık göstermektedir.

H_{1.3}: Sanal ortam yalnızlığı boyutları, öğrencilerin okuduğu bölüme göre anlamlı farklılık göstermektedir.

H_{1.4}: Sanal ortam yalnızlığı boyutları, öğrencilerin sınıf düzeylerine göre anlamlı farklılık göstermektedir olarak belirlenmiştir.

2.5. Araştırma Bulgularının Değerlendirilmesi

Araştırmaya katılan 87 katılımcının 57'si (%65,5) kadın, 30'u (%34,5) erkektir. Katılımcıların okudukları bölüme göre dağılımı ise yaklaşık değerlerle %35'i işletme bölümü, %26'sı iktisat bölümü, %29'u kamu yönetimi ve siyaset bilimi bölümü ve %10'u uluslar arası ilişkiler bölümü şeklindedir. Katılımcıların %60'ı 20-22 yaş grubundadır. Ayrıca sınıf düzeyine göre dağılım ise 1.sınıf ve 3. sınıf düzeyinde %21'şer, 2. sınıf düzeyinde % 41 ve 4. sınıf düzeyinde %17 şeklindedir.

Sanal ortam yalnızlığı değişkeni için yapılan Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) değeri 0,673, Bartlett küresellik testi ki kare= 602,428 ve p = 0,000 istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar verdiği için faktör analizi için uygun olduğu tespit edilmiştir. Direct oblimin rotasyonu ve maksimum olabilirlik yöntemi ile uygulanan açıklayıcı faktör analizi sonucunda dört sorunun faktör yükü 0,40'ın altında kaldığından, iki soru ise yanlış faktöre yüklendiğinden analizden

çıkarılmıştır. Sosyal bilimlerde çok faktörlü yapılarda açıklanan varyans oranının %40 ve üzerinde olması yeterli görülmektedir [9]. Faktör grupları içerisinde bulunan maddelerin sahip oldukları ortak özellikler yardımı ile her bir faktör grubuna uygun bir ad verilmektedir [10]. Açıklanan toplam varyans % 57,803 olup üç faktöre yüklenmiştir. Faktörler sanal sosyalleşme, sanal paylaşım ve sanal yalnızlık olarak adlandırılmıştır.

Ayrıca kalan 14 soruya iç tutarlılığın belirlenmesi için yapılan güvenilirlik analizi sonucu Cronbach Alfa değeri 0,714 çıkmıştır. Bu durumda ölçeğin yüksek güvenilirlikte olduğu söylenebilir [11]. Sanal ortam yalnızlığının alt değişkenleri güvenilirlik değerleri ise Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Sanal ortam yalnızlığı değişkenleri güvenilirlik değerleri

Değişken Adı	Cronbach Alfa Değeri(α)
Sanal sosyalleşme	0,846
Sanal paylaşım	0,719
Sanal yalnızlık	0,735

Tablo 1'de görüldüğü üzere sanal sosyalleşme değişkeni çok yüksek güvenilirlikte, sanal paylaşım ve sanal yalnızlık değişkenleri ise yüksek güvenilirlikte çıkmıştır.

Araştırmada değişkenlere ilişkin ilişkileri ve değişkenler arasındaki farklılıkları incelemeye yönelik analiz tekniklerinden hangilerini kullanabileceğimizi saptamak amacıyla normallik testi uygulanmıştır. Verilerin normallikini test etmek amacıyla çarpıklık ve basıklık değerleri incelenmiştir. Değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Çarpıklık Basıklık Değerleri

Değişken Adı	Çarpıklık Değeri	Basıklık Değeri
Sanal sosyalleşme	0,318	-0,601
Sanal paylaşım	0,679	-0,409
Sanal yalnızlık	0,589	-0,371

Tablo2 'de görüldüğü üzere çarpıklık ve basıklık değerleri -1,5 , +1,5 arasında yer aldığından hipotezlerin testinde parametrik testler [12] kullanılmıştır.

H_{1.1}: Sanal ortam yalnızlığı boyutları, öğrencilerin cinsiyetlerine göre anlamlı farklılık göstermektedir hipotezini test etmek amacıyla bağımsız değişkenden t testi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda sanal ortam yalnızlığı boyutlarından sadece sanal sosyalleşme değişkeni ve cinsiyet arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Bu farklılaşma Tablo 3'de gösterilmiştir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Tablo 3. Bağımsız Değişkende t testi tablosu

		Sig. (2-tailed)
Sanal sosyalleşme	Varyanslar eşit dağıldığında	,029
	Varyanslar eşit dağılmadığında	,018
Sanal paylaşım	Varyanslar eşit dağıldığında	,254
	Varyanslar eşit dağılmadığında	,214
Sanal yalnızlık	Varyanslar eşit dağıldığında	,853
	Varyanslar eşit dağılmadığında	,853

Tablo 3’de görüldüğü üzere sig.0,018< 0,05 düzeyinde anlamlı bir farklılık gözlemlenmiştir.

Ayrıca Tablo 4’e bakıldığında kadın öğrencilerde sanal sosyalleşmenin erkeklere göre daha yüksek olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Tablo 4. Grup İstatistikleri Tablosu

Değişkenler	cinsiyet	N	ortalama
Sanal sosyalleşme	kadın	57	3,1082
	erkek	30	2,5889
Sanal paylaşım	kadın	57	2,0491
	erkek	30	1,8400
Sanal yalnızlık	kadın	57	2,4854
	erkek	30	2,5333

Tablo 4’de görüldüğü üzere kadın öğrencilerin sanal ortamda erkeklere göre daha fazla sosyalleştiğini söyleyebiliriz.

H_{1,2}: Sanal ortam yalnızlığı boyutları, öğrencilerin yaş gruplarına göre anlamlı farklılık göstermektedir.

H_{1,3}: Sanal ortam yalnızlığı boyutları, öğrencilerin okuduğu bölüme göre anlamlı farklılık göstermektedir.

H_{1,4}: Sanal ortam yalnızlığı boyutları, öğrencilerin sınıf düzeylerine göre anlamlı farklılık göstermektedir hipotezlerini test etmek amacıyla tek yönlü anova testi yapılmıştır ancak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir.

Yalnızlık ifadeleri ölçeği maddelerinin frekans dağılımları Tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5. Yalnızlık İfadeleri Frekans Tablosu

Yalnızlık ifadeleri	Evet	Hayır
Yalnız olduğum için sanal ortama giriyorum.	%19,5	%80,5
Sanal ortamda olduğum için kendimi yalnız hissediyorum.	%10,3	%89,7
Gerçek yaşamda yalnız olduğunuzu düşünüyor musunuz?	%18,4	%81,6

Tablo 5’te görüldüğü üzere katılımcıların %80’inden fazlası yalnızlık ve sanal ortam yalnızlığı yaşamadıklarını belirtmiştir.

SONUÇ

Teknolojinin hızlı gelişmesi ve getirdiği yenilikler hayatımızda değişikliklere neden olmaktadır. Ayrıca bu yenilikler kolaylıkların yanında çeşitli yeni sorunları da beraberinde getirmektedir. Bilgiye çok hızlı ulaşabildiğimiz bu dijital çağda Covid 19 pandemisinin başlaması eğitim dâhil birçok faaliyetin çevrimiçi yapılmasını daha da yaygınlaştırmıştır. Çevrimiçi faaliyetlerin bu denli artması sosyal medya kullanımının artması da yaşamımızı derinden etkilemektedir. Bu etkinin öğrencilerimizi yalnızlık duygusuna sürükleyip sürüklenmediğini tespit etmek amacıyla yaptığımız çalışmada, Batman Üniversitesi’nde öğrenim gören İİBF öğrencilerinin %20’ sinin sanal ortam yalnızlığı çektiği tespit edilmiştir. Bu oran azımsanmayacak derecede yüksektir. Ayrıca öğrencilerin sanal sosyalleşme eğilimlerinin diğer boyutlara göre yüksek olduğu saptanmıştır. Daha önce yapılmış benzer çalışmalarda erkeklerin sanal ortamlarda daha fazla sosyalleştikleri sonucuna ulaşılırken çalışmamızda bu durum tam tersini göstererek kadınlarda sanal sosyalleşme yüksek çıkmıştır. Bu bağlamda üniversitemiz özelinde kadınlara yönelik sosyal aktivitelerin artırılması gerektiği söylenebilir. %10 düzeyindeki sanal ortam yalnızlığı ise gene benzer çalışmalara oranla yaklaşık üç kat yüksek çıkmıştır. Bu durum göz önüne alınarak gençlerimizin sosyal medya kullanımı ile alakalı eğitim alması gerekirse seçmeli ders olarak müfredat programlarına eklenmesi düşünülebilir. Ayrıca çalışma diğer fakültelerde de yapılarak sonuçların karşılaştırılması ve öğrencilerimizin bu konudaki durumlarını bilerek onları doğru yönlendirmek açısından yararlı olacağı söylenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Andrew, N., & Meeks, S. (2018). Fulfilled preferences, perceived control, life satisfaction, and loneliness in elderly long-

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

- term care residents, *Aging & Mental Health*, 22(2):183-18.
- [2] www.tdk.gov.tr
- [3] Peplau, L. A. (1988). Loneliness: New Directions in Research. Participate in The Challenge of Mental Health and Psychiatric Nursing in 1988 (pp. 127-142). in Proceedings of The 3rd National Conference on Psychiatric Nursing (Montreal, Quebec, Canada).
- [4] Duy, B. (2003). The Effect of Cognitive-Behavioral Group Counseling Experience on Loneliness and Dysfunctional Attitudes of University Students. Doctoral Theises, Ankara University, Turkey.
- [5] Weiss, R. S. (1973). Loneliness: The Experience of Emotional and Social Isolation. MIT Press: Cambridge. Akt: Çimen, K., L. (2018). Üniversite Öğrencilerinin İnternet Bağımlılığı ile Sanal Ortam Yalnızlık Düzeyleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(68), 1431-1452.
- [6] Özdemir, S., Akçakanat, T. Ve İzgüden, D. (2017). İnternet Çağında Sanal Ortam Yalnızlığı: Üniversite Öğrencileri Üzerine Bir Araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 8(19): 125-136.
- [7] Arkan, R. (2004). Araştırma Teknikleri ve Rapor Hazırlama. Ankara: Asil Yayın.
- [8] Korkmaz, Ö., Usta, E. ve Kurt ,İ. (2014). Sanal Ortam Yalnızlık Ölçeği (SOYÖ) Geçerlik ve Güvenirlilik Çalışması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (H. U. Journal of Education)*, 29(2): 144-159.
- [9] Yaman, E. (2015). Kişilerarası Çekicilik Ölçeği: Geçerlik Güvenirlilik Çalışması. *International Journal of Human Sciences*, 12(1), 1547-1557.
- [10] Evcı, N., Aylar, F. (2017). Derleme: Ölçek Geliştirme Çalışmalarında Doğrulayıcı Faktör Analizinin Kullanımı. *Sobider*, 4(10), 389-412.
- [11] Özdamar, K. (2016). Ölçek ve Test Geliştirme Yapısal Eşitlik Modellemesi. İstanbul: Nisan Kitapevi.
- [12] Yazıcıoğlu, Y., Erdoğan, S. (2011). SPSS Uygulamalı Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Ankara: Detay Yayıncılık.

AVRUPA BİRLİĞİ'NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDA İZLEDİĞİ POLİTİKALARIN TÜRKİYE ÜZERİNE YANSIMALARI

Yusuf GOCUK*

* Galatasaray Üniversitesi Sağlık, Kültür ve Spor Daire Başkanlığı, 34349 İSTANBUL

e-posta: ygocuk@gsu.edu.tr

Özet: Bu çalışma Avrupa Birliği yenilenebilir enerji politikalarının Türkiye'ye yansımaları üzerinedir. Enerji uluslararası sistemde önemli bir role sahip stratejik bir unsurdur. Aynı zamanda üretimin olmazsa olmaz en önemli bileşenidir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde meydana gelen nüfus ve gelir artışı ile sanayi alanlarındaki ilerlemeler enerjinin her alanındaki talebin artışına neden olmaktadır. Enerji kaynaklarının genel olarak az sayıda ülkenin elinde bulunması ve iklim değişikliği endişeleri ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesine sebebiyet vermektedir. Avrupa Birliği yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde farklı politikalar ve teşvik mekanizmaları uygulamaktadır. Başta elektrik üretiminde olmak üzere, enerji alanında direktifler çıkarmıştır. Avrupa Birliği müktesebatına paralel olarak Türkiye de, yenilenebilir enerjilerin yaygınlaştırılması amacıyla farklı mevzuatlar düzenlemiş ve destek enstrümanlarını devreye sokmuştur. Avrupa Birliği yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgisini sera gazları emisyonunu azaltmak ve enerji arz güvenliğini güçlendirmek üzerinden her geçen gün daha da artırmaktadır. Türkiye ise yenilenebilir enerji politikaları bağlamında enerji arz güvenliğini ön plana almaktadır. Sanayi gelişimini henüz tamamlayamadığından yenilenebilir enerji politikalarında iklim değişikliği yaklaşımını ikinci planda tutmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Avrupa Birliği, Türkiye, Enerji, Enerji politikaları, Ulusal politika, Yenilenebilir Enerji

THE IMPACT OF THE EUROPEAN UNION'S RENEWABLE ENERGY POLICIES ON TURKEY

Abstract: This study is about the impact of the European Union's renewable energy policies on Turkey. Energy is a strategic element having an important role in the international system. Certainly, it is the most important and indispensable component of production. Particularly the increase in population and income in developing countries as well as the progress of the industry in the countries in question lead to an increase in demand in each area of the energy sector. Belonging of energy sources to a small number of countries and concerns towards climate change caused States to shift towards sources of renewable energy. The European Union tried to apply various incentive mechanisms and various policies for the use of renewable energy. It promulgated instructions on the energy sector and particularly on the production of electricity. In parallel with the experiences generated in the European Union, Turkey has also prepared various legislations and supporting instruments for the diversification of renewable energy. The European Union continues to increase its interest in renewable energy sources by reducing emissions of greenhouse gases and by enhancing the security of energy supply. Turkey prioritizes security of energy supply in the context of renewable energy policies. It keeps the approach to climate change, including renewable energy policies, aside because it has not been able to accomplish its industrial development yet.

Keywords: European Union, Turkey, Energy, Energy policies, International policy, Renewable energy

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞ

Türkiye son yıllarda Avrupa Birliği'ne üyelik perspektifinde eksen kayması eleştirilerine maruz kalsa da katılım sürecindeki çabalarını devam ettirmektedir. Avrupa Birliği müktesebatının önemli fasıllarından olan enerji alanında uyum çalışmalarını sürdürmektedir. Avrupa Birliği, ajandasındaki enerji arz güvenliği ile iklim değişikliği konularına verdiği önem sebebiyle Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının (YEK) geliştirilmesini öncelikli meselesi olarak görmektedir. Yenilenebilir enerji sektöründe sanayinin geliştirilmesi, istihdam olanaklarının ortaya çıkması gibi hususların eklenmesi ile Avrupa Birliği yenilenebilir enerji politikasını oluşturmuştur. Türkiye'nin enerji kullanımı gelişmiş ülkelere nazaran daha hızlı artmaktadır. Nüfusunun artması, sanayileşme, hizmet sektöründeki gelişme gibi hususların bu durumda etkisi büyüktür [1]. Türkiye'nin hem elektrik hem de diğer birincil enerji kaynaklara olan ihtiyacı, enerji arz güvenliğini gündeme getirmiştir. Gelişmekte olan ülkeler arasında bulunan Türkiye, ekonomisinin temelini oluşturan doğal kaynaklar açısından kısıtlı imkânlarla sahiptir. Çoğunlukla birincil enerji ihtiyacında dışarıya bağımlı bir ülke durumundadır. Bu kategorideki enerji tüketiminin büyük bir bölümü diğer ülkelerden temin edilen petrol, doğalgaz, kömür vb. doğal enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Gelecek senelere dair yapılan projeksiyonlarda Türkiye ekonomisinin büyümesini sürdüreceği tahmin edilmektedir. Bu nedenle enerjiye olan talebin artarak devam etmesi beklenilmektedir.

Yenilenebilir doğal enerji kaynakları farklı özelliklerde hayatımızda yer almaktadır. Bunların başlıca tipleri arasında; güneş, rüzgâr, su gücü, biokütle, deniz dalgalarının gücü, jeotermal enerji vb. sayılabilir. Fakat uzun seneler devam eden araştırmalar neticesinde, yukarıda sıralananlar içinden rüzgâr ve güneş enerjisinin direkt elektrığe dönüştürülerek enerji elde edilmesinin görece kolay olduğu görülmüştür [2]. Türkiye temiz enerji kaynağı olarak bilinen yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli bakımından zengin bir ülkedir. Başta rüzgâr ve güneş enerjisinin kullanımı olmak üzere YEK'lerin ekonomiye dâhil edilmesi durumunda Türkiye'nin enerji bütçesinde önemli bir artışın meydana gelmesi beklenilmektedir. Yenilenebilir enerji doğal kaynaklarından optimum düzeyde faydalanılması açısından işlevsel strateji, plan ve politikaların benimsenmesi ve uygulamaya dökülmesi bir hayli önem arz etmektedir. Bu yüzden

yenilenebilir enerji alanında, Avrupa Birliği'ne uyum düzenlemeleri çerçevesinde YEK kullanımının desteklenmesi toplum refahı bakımından da önemi haiz bir konudur. Türkiye enerji arz güvenliği bakış açısına paralel olarak yenilenebilir enerjinin öne alındığı alternatif yaklaşımların desteklenmesinde istikrarlı, yenilikçi ve gelecek nesilleri ön planda tutan bir politika takip etmektedir. Özel sektörün yenilenebilir enerji yatırımlarına olan ilgisi sayesinde her geçen gün sektör daha da gelişmektedir. Rüzgâr enerjisi yatırımlarının itici gücü Avrupa Birliği'dir. 2000 yılında Avrupa Birliği enerji kompozisyonunda yüzde 2 olan rüzgâr enerjisinin payı, 2018 yılında 9 kat artarak yüzde 18'e ulaşmıştır [3]. Yenilenebilir doğal enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisinin hem temiz hem de sürekliliğe sahip olması, çevre dostu özelliğini taşıması ve Türkiye'deki potansiyelinin yüksek oluşu nedeniyle öne çıkmaktadır.

Avrupa Birliği güneş enerjisi endüstrisinin kuruluş ve gelişmesinde başat aktörlerden birisidir. Bu yönüyle güneş enerjisi sektöründe küresel ölçekte daha fazla söz sahibi olmuş ve geliştirilen yeni güneş enerjisi teknolojilerinin desteği ile pazardaki oransal büyümesini devam ettirmiştir. Bu durumda araştırma ve geliştirme çalışmalarında aldıkları rolün büyük payı bulunmaktadır. Türkiye ise güneş kuşağında konumlanmasına ve güneş enerjisi potansiyelinin yüksek oluşuna karşın yenilenebilir enerjinin bu türünden istenildiği kadar yararlanamamaktadır. Avrupa Birliği'nin yenilenebilir doğal enerji kaynaklarından elde ettiği enerjinin üretim miktarı oranı gün geçtikçe daha da yükselmektedir. Bunda Avrupa Birliği'nin çıkardığı ve uyguladığı yenilenebilir enerji kaynakları mevzuat düzenlemeleri ile destek mekanizmalarının etkisinin altı önemle çizilmektedir.

Avrupa Birliği bünyesinde yer almayı ulusal amaç haline getiren Türkiye, Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde yenilenebilir enerji kaynakları alanında gerçekleştirdiği yasal düzenlemelerin; sahip olduğu yüksek yenilenebilir enerji potansiyelini azami ölçüde değerlendirmesine katkı sağlamakta mıdır? Türkiye ile Avrupa Birliği'nin yenilenebilir enerji politikalarının uyumlaştırılması Türkiye'nin ulusal menfaatleri ile ne kadar uyumludur? Bu sorulara cevap bulabilmek için rüzgâr ve güneş enerjisi özelinde hem Türkiye'nin hem de Avrupa Birliği'nin potansiyeli ortaya konulacaktır. Sonrasında Türkiye ve Avrupa Birliği'nin yenilenebilir enerji sektörlerinde yaptığı yasal düzenlemelerin aşamaları ve hedefleri irdelenecektir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI TÜRLEİ

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), yenilenebilir enerjiyi sürekli ve doğal kanallardan kazanılan enerji olarak nitelemektedir [4]. Direktif 2001/77/AT'nin [5] 2'nci maddesinde yenilenebilir enerji, "*Yenilenebilir enerji kaynakları fosil olmayan enerji kaynakları anlamına gelebilir (rüzgâr, güneş, jeotermal, dalga, gelgit havzası, hidroelektrik, biokütle, biyogaz, pis su arıtma tesisleri gazı ve biyogazı)*" [6] şeklinde tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerjilerin önde gelen türleri rüzgâr ve güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, bilinen tüm enerji kaynaklarının ya direkt ya da dolaylı temel kaynağıdır. Aynı zamanda ısınma maksadıyla kullanılan güneş enerjisinden özellikle elektrik üretimi alanında fotovoltaik sistemler aracılığıyla artan oranda faydalanılmaktadır [7]. Güneşin harekete geçirdiği havanın kinetik enerjisi, rüzgâr enerjisi olarak ifade edilebilir. Diğer bir deyişle atmosferde basıncın bölgelere göre farklılık göstermesidir. Hava akımının rüzgâr türbinlerini döndürülmesiyle elde edilen rüzgâr enerjisinden elektriğin üretilmesinde sağlanan ilerleme, yenilenebilir enerji kaynaklarının diğer türlerine kıyasla daha fazladır [8].

Jeotermal enerji, yerin alt katmanlarında sıcak kaya ve akışkanların ısısının dayanıksız tabakaları aşarak yeryüzüne çıkmasıyla meydana gelen enerji türüdür [9]. Jeotermal enerjiden suyun sahip olduğu sıcaklığa göre elektrik üretimi, konut ve seraların ısıtılması, kimyasal madde üretimi, çeşitli balıkçılık türleri, kurutmacılık, tarım, termal turizm vb. alanlarda yararlanılmaktadır [10]. Organik maddelerden çeşitli metotlarla üretilen enerjiye biokütle enerjisi denilmektedir. Yüksek oranda ısınma maksatlı kullanılmaktadır. Çeşitli orman alanlarından toplanılan yakılacak cinsteki ağaçlar ile bitki ve hayvan atıklarından üretilen enerji, geleneksel biokütle enerjisidir. Biokütle enerjisi ile kendi ihtiyacını karşılayabilen enerji sahaları meydana getirilebilir [11].

Hidrolik enerji de bir YEK türüdür. Değişik noktalardan buharlaşan su yağmur ve kar şeklinde tekrar yeryüzüne inmektedir. Nehir, göl ve denizlere karışan sudan enerji elde etmek en temiz ve verimli bir yöntemdir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik santrallerinin enerji elde edilmesindeki payı göz ardı edilmeyecek büyüklüktedir [12]. Rüzgârların deniz yüzeyindeki etkisiyle oluşan dalgalar elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Özellikle Batı ülkelerinin tercih ettiği ve faydalandığı bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Yeni teknolojileri bünyesinde barındırması bakımından dalga enerjisi de, rüzgâr enerjisine benzemektedir [13].

RÜZGÂR VE GÜNEŞ ENERJİSİ ÖZELLİKLERİ İLE AVANTAJLARI

Rüzgâr ve güneş enerjileri, yenilenebilir enerjilerin önde gelen türleridir. Son yıllarda yenilenebilir enerjilere yapılan yatırımlarda ilk iki sırayı bu kaynak türleri almaktadır. Neden daha fazla ilgi gördüklerini anlamak için ilk önce yenilenebilir enerjilerin fosil yakıtlara göre üstünlükleri, sonra yenilenebilir enerjiler içinde rüzgâr ve güneş enerjilerinin kullanılmasının avantajları ele alınacaktır. Öncelikle yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlara oranla neden ilgi gördüğünün altını çizmek gerekir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının katkıları ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlar olmak üzere üç kısımda incelenebilir. Yapılan tüm enerji öngörülerinde enerjiye olan talebin önümüzdeki senelerde yukarı yönlü olacağı tahmin edilmektedir. Enerjinin piyasaya arz edilmesi belli başlı ülkeler tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu durum küresel sistemde ülkelerin enerji alanında birbirlerine olan bağımlılığını gündeme getirmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının oransal artışı, ülke ekonomisinin ivmelenmesine, doğal gaz ve petrolün ithal edilmesi için kullanılan bütçenin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Böylelikle enerji ithalatı yapmak yerine yenilenebilir enerji türleri yaygınlaştırılarak, yeni iş alanları yaratılır, işsizlik ve göçe de çare olunabilir. Enerji tüketiminde yenilenebilir enerji payının artması, hem direkt hem de indirekt istihdamı beraberinde getirir. Yenilenebilir enerjiyi kullanarak elektrik enerjisi üreten santrallerin yapımında, enerjinin üretilmesinde, yine bu santrallerin bakım ve tadilatlarında iş gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ülkenin gelişmişlik düzeyleri farklı bölgelerinde konumlanmış olabileceğinden yapılan yenilenebilir enerji yatırımları geri kalmışlık düzeyi farklı bölgelerdeki ekonomik ve sosyal eşitsizlikleri yok edebilir.

Kömür, petrol ve doğal gaz vb. birincil yakıtlar sera etkisi yaratmaktadır. Güneşin atmosfere saldığı ısı ve ışığın belli miktarının uzaya tekrar dönmesi gerekmektedir. Fakat sera etkisi özelliği bu dönüşü engellemektedir. Bu da hem ısınmanın artmasına hem de iklimin değişmesine sebebiyet vermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması tüm bu iklim değişikliğini doğuran sebepleri ortadan kaldıracaktır [14]. Yenilenebilir enerjilerin genel avantajları üç alanda incelendikten sonra rüzgâr ve güneş enerjisinin diğer yenilenebilir enerjiler arasından neden öne çıktığı şu şekilde açıklanabilir: Rüzgâr enerjisi yenilenebilir enerjilerin teknoloji açısından en gelişmiş olan türüdür. Doğaya fevkalade uyum sağlayan ve ticari bakımdan en uygun

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

yenilenebilir enerji türü rüzgârdır. Ayrıca çevreye en az zararı vermektedir. Güneş enerjisi gibidir, bitmesi veya sonlanması söz konusu değildir. İstenen koşulların sağlandığı rüzgâr alanlarında kolaylıkla diğer enerji kaynakları ile rekabet edebilir. Bu açıdan en ucuz yenilenebilir enerji kaynaklarından.

Gelişen üretim teknolojilerine ve piyasadaki yıllık büyüme oranına uygun olarak toplam yatırım bütçeleri de her geçen yıl düşmektedir. İlerleyen yıllar için yapılan tahminlerde yıllık yüzde 6-7 oranında sistem maliyetlerinin düşmesi öngörülmektedir [15]. Çevresel avantajları da göz önüne alınarak rüzgâr enerjisi dünyada pek çok ülke tarafından desteklenmektedir. 1998 senesinin sonunda elli civarındaki devlette 10 bin MW'tı aşan elektrik üretimi rüzgâr türbinlerinden sağlanmaktadır. Bugün Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi (GWEC) istatistiklerine göre 2020 yılı sonu itibarıyla 707 bin 396 MW dünyada rüzgâr enerjisi kurulu gücü mevcuttur [16]. Rüzgâr enerjisi en hızlı yayılan yenilenebilir enerji türlerindedir.

Webster iki dilli olmayı ana dilli kullanan bir kişinin konuşkan olma özelliği gösterdiği gibi iki dile sahip olup onları konuşma olarak ifade etmektedir. İki dilliliğiye devamlı bir şekilde iki dili kullanma diye açıklamaktadır [11].

Güneş enerjisinde PV (fotovoltaik) sistemleri birçok avantaja sahiptir. Başta gelen özelliği, modüler olmasıdır. Gerekse ne oranda olursa olsun, arzu edilen güce göre kapasitenin belirlenmesi ve uygulanması mümkündür. İster bir Watt isterse binlerce Watt'lık elektriksel güç üretim kapasitesi oluşturulabilir. Sistem modüler olduğu için, kuruluş süresi veya var olan sistemlere ek yapılma süresi oldukça azdır. Oysa geri kalan geleneksel elektrik üretim sistemleri için asgari süre çok daha fazladır. PV sistemleri, hızlı şekilde oluşturulan ve yakıt gerektirmeyen güç kaynaklarıdır [17]. Basit bir yapıya sahip PV sistemleri, çalışma ve bakım giderleri açısından düşük bütçelidir. PV generatörlerinin parçaları sabittir. Bu nedenle bakım, tamir ve yedek parça giderleri neredeyse yok gibidir. Uzun dönemde bir fotovoltaik sistemin gider harcamaları diğer güç sistemlerinin oldukça altındadır. Yakıt ihtiyacı duymadığından işletme gideri de yok denecek kadar azdır. Sistemlerin uzun süre işletilmesi mümkündür. Standart bir sistemin ömrü 20 yıl civarındadır. Güneş enerjisinde dönüşüm oranı 1/20 dir. Oysa termik enerji üretiminde dönüşüm oranı 1/3 civarındadır. Yani termik santral ürettiği enerjinin 1/3'ünü kendisi için kullanır [18]. Güneşten üretilen elektrik çok pahalı gibi görünür. Diğer güç sistemlerinde hiç beklenilmeyen üretim sorunları ile yüz yüze kalınabilir. Yakıt maliyetleri yükselir, barajlar

çamurla dolar, ısı basıncı verime dönüştürülemez, reaktörler periyodik takip gerektirir, pahalı atık yönetimi söz konusudur. Güneş enerjisi santrallerinde başlangıçta planlanan maliyetin aşıldığı çok seyrek görünür. Dolayısıyla bir PV sisteminin başlangıcında gider haritası çıkarılabilir. Bu riskler önceden belirlenebildiği için uzun süreli riskler azaltılmış olur. PV yatırımının sonraki 20 yılının maliyetinin hesaplanabilirliği ve temiz, güvenilir bir enerji kaynağı olması hasebiyle öne çıkarken konvansiyonel güç üretiminin çoğunlukla gelecekteki maliyetlerini saklaması tercih edilmesinde onu geriye itecektir.

YENİLENEBİLİR ENERJİ POTANSİYELİNDE TÜRKİYE VE AVRUPA BİRLİĞİ

Türkiye, güneş kuşağında yer almaktadır. Güneşlenme süresi yıllık 2.741,07 saate denk gelmektedir [19]. Bu saatlik kapasite ile Türkiye güneş enerjisi yoluyla elektrik üretilmesinde potansiyel yönünden Avrupa'da ikinci sırada bulunmaktadır. Ayrıca bu durum yıllık 380 milyar/kWh enerji kapasitesini ifade etmektedir. Bölgelere göre güneşlenme süresi 3016 saatten 1966 saate kadar düşmektedir [20]. Türkiye konumu itibarıyla Avrupa ülkelerine kıyasla güneş enerjisi potansiyeli açısından oldukça zengindir. Birçok Avrupa ülkesinin yıllık güneşlenme süresi ortalama 1500 güneş-saat/yıl'dır. Ortaya konulan araştırma sonuçları ise Türkiye'de 4600 km²'lik bir bölgenin bu kullanıma müsait olduğunu göstermektedir. Türkiye'nin bütün yüzey alanına bir yılda gelen güneş enerjisi toplam 975 x 1012 kWh civarındadır. Diğer ifadeyle, güneş Türkiye açısından 376 TW'lık bir büyüklüğü ifade etmektedir. Bu güç kurulu elektrik santrallerinin 7.880 katını karşılayan bir değerdir. Türkiye'ye düşen güneş enerjisinin tamamının enerji üretim maksadıyla kullanılması mümkün değildir [21].

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli çalışmaları için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 1968 ila 1982 seneleri güneşlenme verileri değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmaların sonucu iki farklı rapor olarak hazırlanmıştır. Bu raporda Türkiye'nin güneşlenme zamanı 2640 saat şeklinde tespit edilmiştir. 2013 yılında Türkiye'nin güneş enerjisinden elektrik üretimi bulunmamaktadır. 2014 yılında ise fotovoltaik enerjisi kurulu gücü 40 MW'tır. Üretilen elektrik enerjisi ise 64 GWh'tır [22]. 2020 yılı itibarıyla kurulu güç 6.668 MW'a yükselmiştir. Avrupa Birliği ülkelerinde yenilenebilir kaynaklardan enerji üretilmesi, Türkiye'de olduğu gibi yakın zamanda başlamamıştır. Gerek çevresel kaygılar gerekse enerji arz güvenliği konuları Avrupa Birliği'ni yenilenebilir enerjilere yönlendirmiştir. 2010 yılında Avrupa Birliği'nde 45.560 MW'lık elektrik enerjisi santrali devreye alınmıştır. Bu gücün yüzde 46'sı

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

olan 21.000 MW'lık bölümü fotovoltaik (PV) güneş enerjisi santrallerinden elde edilmiştir. Hemen ardından 10.000 MW civarındaki kapasiteler ile devreye alınan rüzgâr ve doğalgaz enerji santralleri gelmektedir [23]. Avrupa'nın lideri Almanya'nın 2020 yılında toplam kapasitesi 53.783 MW'tır. İtalya son yıllarda yaptığı yatırımlarla 2020 yılında fotovoltaik kapasitesini 21.600 MW'a çıkartmıştır. İtalya, Almanya'dan sonra Avrupa'nın ikincisi durumundadır [24]. Bu atılımlarda 2011 yılında nükleer enerjiye hayır demesinin büyük bir etkisi vardır.

Türkiye'de rüzgâr enerjisinin büyüklüğü hususunda değişik açıklamalar bulunmakla beraber Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kapasitesi fazladır. Ölçüm noktalarından alınan ortalama rüzgâr hızları birçok bölgede iyi durumdadır. Bu yerler rüzgâr enerjisi için uygun alanlardır. Türkiye karasal rüzgâr bakımından da zengin olarak değerlendirilebilir. Türkiye rüzgâr atlasında Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz kıyıları rüzgâr potansiyeli açısından iyi noktada oldukları teyit edilebilir. RES yatırımının ekonomik düzeyde olması için 7 m/s veya üstünde bir rüzgâr hızının varlığı şarttır. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlasındaki bilgiler doğrultusunda yaşam alanlarının dışarısında ve 50 metre yüksekliğinde; Marmara, Karadeniz'in Batı ile Akdeniz'in Doğu kıyılarında 6,0 - 7,0 m/sn'dir. Kuzeybatı Ege kıyılarında ise 7,0 – 8,5 m/sn'dir. Yine bahse konu atlas Türkiye'nin teoride kayıtlı rüzgâr enerjisi potansiyelini 48.000 MW göstermektedir. Bu rakamın 38.000 MW'lık değeri kara alanlarında, geri kalan 10.000 MW'lık bölümü de deniz yüzeyinde bulunmaktadır [25].

Türkiye'de rüzgâr enerjisi kaynakları her geçen yıl kademeli bir biçimde artış göstermiştir. 2005 senesinde 20 MW civarındaki rüzgâr enerjisi kurulu gücü, 2014 senesinde 3.762,10 MW'a, 2020 senesinde ise 8.832 MW'a [26], 2021 senesi Kasım ayı verilerine göre 10.585,15 MW'a ulaşmıştır. Rüzgâr enerjisi santrallerinin 2021 senesi Kasım ayı verilerine göre bölgelerin kurulu güçleri, Marmara Bölgesi'nde 4.243 MW, Ege Bölgesi'nde 3.701 MW'tır. Hemen ardından Akdeniz Bölgesinin geldiği görülmektedir. Akdeniz Bölgesi'nde ise 1.143 MW'lık rüzgâr enerjisi kurulu gücü vardır. İç Anadolu Bölgesi'nde 967 MW, Karadeniz Bölgesi'nde 370 MW ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 93 MW'lık değerler söz konudur [27]. Rüzgâr hızlarının kuvvetli olduğu illerin başında İzmir, Balıkesir Çanakkale ve Hatay gelmektedir. Dolayısıyla burada rüzgâr enerjisi santralleri kurulu gücünün daha yüksek olduğu görülecektir. Rüzgâr enerji sektörünün itici gücü olan Avrupa Birliği ülkelerinde 2019 yılında rüzgâr enerjisi kurulu gücünü artırmayan üye ülke yok gibidir. Almanya 62.184 MW'lık 2020 senesi kümülatif

kurulu gücü ile lider konumunu korumaktadır. İspanya 27.089 MW'lık ve İngiltere 24.665 MW'lık kurulu güç ile Almanya'nın arkasından sıralanan diğer ülkelerdir [28].

TÜRKİYE'NİN YENİLENEBİLİR ENERJİDE YAPTIĞI YASAL DÜZENLEMELER

Avrupa Birliği uyum yasaları çerçevesinde; elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerjilerin payının artırılması, atıkların değerlendirilmesi ve çevrenin korunması, yenilenebilir enerji teknolojisinin geliştirilmesini ve kaynak çeşitliliğini amaçlayan ve 2001/77/AT [29] İç Elektrik Piyasasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimini Destekleyen Direktifinin karşılığı 5346 sayılı yasadır. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun 25819 sayı ile 18 Mayıs 2005 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanmıştır [30]. Yenilenebilir Enerji Kanunu ile hidrolik, güneş, biokütle, jeotermal, rüzgâr, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil kaynakların içerisinde bulunmayan enerji türleri olduğu belirtilmiştir.

5346 sayılı Kanun ile sabit fiyat garantisine dayalı teşvik mekanizması öngörülmüştür. Ancak Kanun en başta tüm yenilenebilir doğal enerji kaynaklarına yönelik sadece sabit bir fiyat öngörmüştür. Bu durum zaman içinde farklı yenilenebilir doğal enerji kaynakların apayrı düzeydeki teknolojilere uyum sağlayamamasına neden olmuştur. Daha sonra söz konusu teşviklerin uygulanmasında değişen piyasa talepleri nedeniyle Kanun'un tekrar ele alınması ihtiyacı doğmuştur. 6094 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'da Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile 2010 yılının sonunda tekrar düzenlenmiştir [31]. Böylece Yenilenebilir Enerji Kanunu ile teşvikler kaynak özelinde çeşitlendirilmiş ve yerli sanayinin gelişimi hedeflenmiştir. 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu 2007 senesinde uygulamaya girmiştir. Bu kanunla yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimine teşvik getirilmiştir. Uygulanmakta olan yatırım desteği ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik alımına taban fiyat öngörülmüştür [32].

6094 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu [33] kapsamında, 13 Mayıs 2005 ila 31 Aralık 2015 tarihleri arasında üretime başlayan ve yenilenebilir enerji kullanan elektrik üretim sistemleri 10 sene boyunca destek mekanizmasından yararlanabilecektir. 31 Aralık 2015 tarihi itibarıyla işletilmeye başlanacak tesisler için geçerli olacak fiyatlar, Bakanlar Kurulu Kararı ile belirlenecektir. Mekanik ve elektromekanik aksamı yerli üretim olan sistemler, tesisin devreye girdiği günden başlayarak 5 sene boyunca ek destek

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

bedellerinden faydalanabilecektir (3,5 cent/kWh'a kadar). 31 Aralık 2013 tarihine kadar sisteme dâhil edilebilecek toplam güneş santrali kurulu gücü 600 MW'ı aşamayacaktır. 20 Şubat 2001 tarih ve 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, 6446 sayılı Kanun'la Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanuna çevrilmiştir [34].

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik 28001 sayı ile 21 Temmuz 2011 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Bu mevzuat kapsamında üretim izni bulunan tüzel kişiliklere yenilenebilir enerji üretim santrallerine yönelik Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi düzenlenmesi öngörülmüştür. 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun çerçevesinde hayata geçirilecek YEK teşvik enstrümanlarının uygulama türünü belirlemek amacıyla kamu tüzel kişiliklerinin sorumlulukları ile ilgili gerçek ve tüzel kişiliklerin görev ve yetkilerine yönelik kurallar hazırlanmıştır. Elektrik Piyasasında, Lisansız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik 28783 sayı ile 2 Ekim 2013 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Bu çerçevede lisanssız elektrik üretimine yönelik 500 kW olarak belirlenen üst sınır 1 MW'a taşınarak Bakanlar Kuruluna bu değeri ilgili enerji kaynağına göre 5 kat daha artırma hakkı tanınmıştır.

6094 sayılı Kanun çerçevesinde, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurt İçinde İmalatı Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik 28755 sayı ile 4 Eylül 2013 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Bu mevzuat ile 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK) Kanunu'na dayanarak Türkiye'de üretilecek teçhizat ve tamlayıcı parçalara ilişkin ek bedelin tespit edilmesi, belgelendirilmesi ve kontrol edilmesine yönelik usul ve esaslar tekrar belirlenmiştir. Kanun, sabit destek mekanizması hidrolik ve rüzgâr enerji kaynakları açısından olumlu netice vermiştir. Ancak güneş enerjisi başta olmak üzere diğer yenilenebilir enerjiler için bu destek sistemi yeterli olmamıştır. Daha sonra 5346 sayılı kanunda değişikliğe gidilmiştir. 6094 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun çıkartılmıştır. Bu kanunda kaynak bazında destek sistemi yer almıştır. 6094 sayılı Kanun çerçevesinde mevzuatı oluşturulan "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurt İçinde İmalatı Hakkında Yönetmelik" 27969 sayı ile 19 Haziran 2011 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Bu yönetmelik kapsamında yurt içi desteği ile beraber güneş enerjisinden elektrik üretimi için en fazla teşvik olarak verilecek fiyatlar tespit edilmiştir.

6094 sayılı Kanun kapsamındaki destek mekanizması 2015/8327 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile 31 Aralık 2020'ye dek ve daha sonrasında 31248 sayı ile 18 Eylül 2020 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Cumhurbaşkanı Kararı ile 30 Haziran 2021'e dek uzatılmıştır. 7257 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, 31322 sayı ile 2 Aralık 2020 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Kanun ile farklı düzenlemelerin yanı sıra 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'a da yeni hükümler getirilmiştir. 31380 sayı ile 30 Ocak 2021 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Cumhurbaşkanı Kararı ile YEK destekleme mekanizması fiyatları ve yerli katkı fiyatları revize edilmiştir. 1 Temmuz 2021'den 31 Aralık 2025'e dek YEK belgeli yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi yapılan santraller için söz konusu olacak teşvik enstrümanlarında bedeller EFE, TÜFE ve döviz kurlarına yönelik oluşturulan formülasyon ile TL cinsinden hesaplanacaktır [35].

AVRUPA BİRLİĞİ'NİN GERÇEKLEŞTİRDİĞİ YASAL DÜZENLEMELER

Arz ve talebin buluştuğu nokta "piyasa"dır. Piyasada belirlenen fiyat, ait olduğu sektöre yapılacak yatırım kararında en önemli faktördür. Eğer piyasa fiyatı yatırım maliyetini karşılamazsa, yatırımcı rasyonel davranarak yatırım kararından vazgeçebilir. Eğer ülkeler için bir yatırım stratejik önemi haizse o ülke ilgili sektörü farklı mekanizmalarla destekleyebilir. İklim değişikliği, sürdürülebilir ekonomi ile mücadele ve enerji arz güvenliği gibi alanların en önemli dinamosu görevini üstlenen yenilenebilir enerjiler sadece ekonomik açıdan önemli değildir. Bu nedenle dünyanın birçok ülkesinde yenilenebilir enerji gündem olmaktadır.

Avrupa Birliği ve Türkiye, benzer şekilde enerji arzında dışarıya bağımlı kalmaktadır. Her iki aktör de enerji arz güvenliği, sürdürülebilirlik ve rekabet hedeflerine ulaşmak için enerji stratejileri geliştirmekte, enerji piyasalarını serbestleştirerek rekabetçi modeller üretmektedirler. Avrupa Birliği 2050 yılında karbonsuz ekonomiye geçişi öngörmektedir [36]. Bunun için köprü yakıt olarak "doğalgaz" öngörülmektedir. Ancak son yıllarda Avrupa Birliği'nin enerjide dışarıya olan bağımlılığı ve küresel politik belirsizlikler elini önemli oranda zayıflatmaktadır. Türkiye alternatif bir enerji arz güzergâhı olarak ortaya çıkmaktadır. Avrupa Birliği'nin sahip olduğu bu kırılma noktaları yenilenebilir enerji endüstrilerinde ilerlemesini, farklı enerji kaynaklarının işletme bedelleri ile başa çıkabilir hale gelmesini gerekli kılmaktadır. Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Konseyi'nin (EREC) önerisi üzerine Avrupa Birliği Komisyonu tarafından 2020 yılı hedefleri hazırlanmıştır [37].

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Avrupa Birliği tüketim enerji portföyünde yüzde 20 oranında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji verimliliğinin yüzde 20 oranında yükseltilmesi ve sera gazı salınımlarının yüzde 20 oranında azaltılması hususları belirlenen hedeflerdir. Bu hedefler yenilenebilir enerji teknolojileri konusunda, Avrupa Birliği ülkelerini, destek mekanizmaları uygulamaları yönünde teşvik etmiştir. Bu hedefleri amaca ulaşmak açısından yeterli görmeyen Avrupa Komisyonu 15 Aralık 2011'de Enerji Yol Haritası 2050 belgesini imzalamıştır. Böylelikle enerji alanındaki hedefler ve politikalar yeniden kurgulanmıştır [38]. Avrupa Birliği üye devletleri küresel sıcaklık artışının 2050 yılına kadar iki dereceyi geçmemesi amacıyla enerji mekanizmalarındaki dönüşümü gerçekleştirme yönünde mutabık kalmıştır [39].

Avrupa Birliği'nde 1990'lı senelerde sabit fiyat garantisi ve prim garantisi, 2000'li senelerde ise yeşil sertifikaya ve kota tarifesi hâkim olmuştur. Günümüzde yalnızca bir destek enstrümanı devrede bulunmamaktadır. Yenilenebilir enerji piyasasının ilerleme düzeyi ile paralel birden çok enstrüman birbiri ile bağlantılı şekilde kullanılmaktadır. REN21 verilerine göre en fazla tipte destek mekanizması uygulayan Avrupa Birliği ülkeleri İngiltere ve İtalya'dır. En etkili teşvik mekanizmalarını uygulayan ülkeler ise Almanya ve Danimarka'dır [40].

Avrupa Komisyonu 13 Aralık 1995'te enerji politikasına dair Beyaz Kitap COM (95) 682 finali yürürlüğe koymuştur. Avrupa Birliği enerji politikasını dizayn ederken, rekabet edilebilir bir piyasa, enerji arz güvenliğinin sağlanması ve sürdürülebilir kalkınma temelli çevrenin korunması konu başlıklarını ön planda tutmuştur. Bu stratejik amaçlar Yeşil Kitap COM(94) 659'da da sıralanmıştır. Beyaz Kitap yenilenebilir enerjiye ilişkin stratejilerin oluşturulması için çağrısını tüm mecralara yapmıştır. Rekabeti etkilemeden yenilenebilir enerjiyi sürdürülebilir bir kaynak yapmak amacıyla sübvansiyonlar ve programlar planlanmıştır. Piyasanın liberalleşmesi tüketicilerin ucuz enerjiye ulaşması için bir yol olarak görülmüştür. "Avrupa Komisyonu Gelecek için Enerji Yenilenebilir Enerji Kaynakları Toplumsal Bir Strateji için Yeşil Kitap" COM(96) 576 ile Avrupa Birliği'nin Kyoto Protokolü'ndeki hedefi 1990 senesinin sera gazı salınımları düzeyi baz alınarak 2008 ila 2012 yılları arası birinci yükümlülük diliminde yüzde 8 oranında azaltılması şeklinde belirlenmiştir.

Avrupa Konseyi ve Parlamentosu 1997 senesinin Aralık ayında Avrupa Komisyonu'nun Topluluk Stratejisi ve Faaliyet Planı olarak Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hareket Planı Üzerine Beyaz Kitap COM (97) 599 finali benimsemiştir. Beyaz kitap, yenilenebilir enerji sektörünün güçlenmesine ilişkin belirgin amaçları kapsamaktadır. 2010 senesinde

Avrupa Topluluğu'nun brüt enerji tüketiminin yüzde 12'sinin yenilenebilir enerji payını oluşturulması öngörülmüştür. 1997 senesinden 2003'e dek uygulanan "Aksiyon Planı" hazırlanmıştır. Beyaz Kitap'tan sonra 2000 senesinde, Enerji Arz Güvenliği Üzerine Yeşil Kitap COM (2000) 769 final üzerinde görüş birliğine varılmıştır.

Avrupa Birliği, yenilenebilir enerjiyi desteklemek amacıyla bazı direktifler düzenlemiştir. 2001/77/CE İç Elektrik Piyasasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimini Teşvik Eden Direktifin öne çıkan özellikleri şu hususlardır: Yenilenebilir enerji ile üretimi yapılan elektriğin brüt elektrik tüketimindeki oranını yüzde 14'ten yüzde 22'ye yükseltilmesi için bir yol haritasının belirlenmesi, 1997 tarihli Beyaz Kitap'ta yer alan amacın gerçekleştirilmesi için katkı sağlanması ve Kyoto Protokolü'nde belirtilen sera gazı salınım oranlarının düşürülmesine ilişkin verilen sözlerin hayata geçirilmesinde gelişim gösterilmesi.

2002/91/EC Yapıların Enerji Performansı Üzerine Direktif, Avrupa Birliği meskenlerinin enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik desteklemelerin maliyet-etkin ölçümler temel alınarak hayata geçirilmesini hedeflemiştir. Tedbir bakımından sistematik kontrollerin yapılması, meskenler için entegre verimlilik standartlarının sağlanması ve enerji ruhsat planlarının hazırlanması benimsenmiştir. 2003/30/CE Ulaşımında Biyoyakıtların ve Diğer Yenilenebilir Yakıtların Kullanılması Direktifi; üye ülkeler açısından bu karakteristikteki yakıtların kullanılmasını 31 Aralık 2005'ten sonra yüzde 2, 31 Aralık 2010'dan sonra da yüzde 5,75 minimum referans değeri oranları şeklinde garanti edilmesini hedeflemiştir. Avrupa Komisyonu 2006 senesinde "Sürdürülebilir, Rekabetçi ve Güvenli Enerji için bir Avrupa Stratejisi" başlıklı COM(2006)105 Yeşil Kitap hazırlamıştır. Rekabet, sürdürülebilir gelişme ve arz güvenliği şeklinde sıralanan amaçlar, 2007 senesinde çıkan "Enerji ve İklim Değişikliği Paketi"ne zemin hazırlamıştır.

2009/28/CE Direktifi, yenilenebilir enerjiden üretilen elektriği desteklemektedir. 2001/77/CE ve 2003/30/CE direktiflerinde ise önce revizyon yapmış ve daha sonra da ilga etmiştir. Direktif yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin desteklenmesine ilişkin bir çerçeve metnidir. Uygulanması zaruri ulusal hedefler koymaktadır. Üye devletler ve üye devletler ile üçüncü devletler arasındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretim planlamaları arasındaki teknik kuralları koymaktadır. Direktifte, 2020 senesine kadar uygulanması istenilen üç hedef belirlenmiştir. Bunlar; sera gazı salınımlarının 2020 senesine dek 1990 senesine kıyasla asgari yüzde 20 oranında düşürülmesi, enerji arzında yenilenebilir enerji oranının 2020 senesine dek yüzde 20 oranına çıkartılması ve

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

ulaşımında biyoyakıt kullanım oranının asgari yüzde 10 oranına erişmesi, birincil enerji sarfiyatında 2020 senesine dek yüzde 20 oranında tasarruf yapılmasıdır. Bu belirtilen rakamlara ulaşılması hedefinde enerji tek pazarının oluşturulması zorunludur.

Yine şebeke ulaşımı ve boru hatlarına yönelik standartizasyonun birbirine uyumlu olması amacıyla 2009 senesinde Avrupa Elektrik İletim Sistem Operatörleri Ağı (ENTSO-E) tesisi konusu paket içerisinde yer almıştır. Bu hedeflerle, kabul edilen 2020 hedeflerine erişimin mümkün olmadığına açığa çıkması üzerine Avrupa Birliği, 2010 senesinin 10 Kasım'ında "Enerji 2020 Stratejisi"ni yayımlamıştır. 10 yıllık bir süreçte enerjiyi verimli kullanan, entegre enerji iç pazarını oluşturmuş, enerji teknolojileri ve inovasyonda lider olan, tüketicileri güçlü ve tedarikçilerini seçme hakkına sahip bir Avrupa meydana getirmeyi öncelikli hedefi şeklinde tespit edilmiştir. Avrupa Birliği amacını, 2050 senesinde sera gazı emisyonlarını 1990 senesi gösterge rakamlarına kıyasla yüzde 80-95 altına indirmek şeklinde belirlemiştir.

Avrupa Birliği Enerji Yol Haritası 2050 kapsamında sera gazı salınımlarının büyük miktarda düşürülmesi, 2020 iklim amaçları doğrultusunda planlanmıştır. Fakat dünya ekonomik krizin enerji fiyatlarına yönelik baskısı Avrupa Birliği'nde dikkate değer zafiyet meydana getirmiştir. Avrupa Birliği'nin enerji arz güvenliği çerçevesinde muhatap olduğu ülkelerin siyasi belirsizlik içinde oluşu Avrupa Birliği'ni önem almaya sevk etmiştir. 2050 hedeflerine erişme yönünde bir ara strateji dokümanı olarak görülen Avrupa Birliği 2030 İklim ve Enerji Paketi, 22 Ocak 2014'te Avrupa Komisyonunca gündeme getirilmiştir. 23-24 Ekim 2014'te, Brüksel şehrinde 28 üye devletin hükümet başkanlarının toplandığı Avrupa Birliği Liderler Zirvesi'nde kabul görmüştür. Bu kapsamda 1990 senesi referans değerlerine göre yüzde 40 civarında sera gazı salınımlarının düşürülmesi, yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerjideki payının asgari yüzde 27 oranında gerçekleşmesi amaçlanmıştır [41].

SONUÇ

Türkiye, Avrupa Birliği üyesi olmayı ulusal bir hedef olarak belirlemiştir. Bu bakımdan Avrupa Birliği'nin takip ettiği enerji politikaları Avrupa Birliği müktesabatına uyum kapsamında Türkiye'yi de etkilemektedir. Avrupa Birliği çevre politikası doğrultusunda ve sürdürülebilir enerji arzı planlamasında yenilenebilir enerjinin birincil derecede geliştirilmesinin önemine güçlü biçimde vurgu yapmaktadır. Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 2009/28/CE Direktifi yenilenebilir enerjiden üretilen elektriğin desteklenmesi hususunda temel oluşturmaktadır. Kaynak garantisi, şebekeye bağlama,

idari uygulamalar vb. konularda kurallar koymaktadır. Türkiye'de özellikle elektrik enerjisi üretimi hakkındaki mevzuatlar ile Direktif uyum sağlamaktadır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının ısıtma, soğutma ve ulaşım alanlarında kullanımı konusunda henüz etkili çalışmalar bulunmamaktadır. Yine de bu konu Avrupa Birliği prosedürleri doğrultusunda hazırlanan Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planında yer bulmuştur.

Kömür, petrol, doğalgaz vb. fosil yakıtlar bir taraftan insan hayatının konforunu artırırken diğer taraftan iklim değişikliğine neden olan salınımların yüzde 80'inin oluşmasına sebebiyet vermektedir. Dolayısıyla sorunun büyük bölümünün bu tür enerji kaynaklarından geldiği düşünüldüğünde çözümün de enerji sektöründe yapılması zaruri olan büyük dönüşümden geçtiği açıktır. Hatta kömür tek başına yıllık sera gazı salınımlarının yüzde 40'ının müsebbibidir. İskoçya'nın Glasgow şehrinde düzenlenen 26. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı (COP26)'nda yatırımcılara bu konuda çok önemli bir uyarı çıkmıştır. Bu tür fosil yakıtlara yapılacak yatırımların artık risk içerdiği yönünde bir sonuç kamuoyuna duyurulmuştur. Türkiye henüz sanayileşmesini tamamlamadığı için uzun süre imzalamadığı Paris İklim Anlaşması'nı 6 Ekim 2021 tarihinde onayladığı 7335 sayılı Kanun'la yürürlüğe koymuştur. Bu da demektir ki Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminde son yıllarda yaptığı sıçramanın birincil motivasyon kaynağını enerji arz güvenliğini sağlamaya ilişkin politikası oluşturmaktadır. Paris İklim Anlaşması'nın kabulünde son dönemde Türkiye'de yaşanan büyük sel baskını ve yangınların etkisinin olduğu düşünülmektedir. Avrupa Birliği ise yenilenebilir enerji politikasında hem iklim değişikliği hem de enerji arz güvenliği konusuna aynı derecede önem atfetmektedir.

Türkiye ile Avrupa Birliği yenilenebilir enerji politikalarının uyumlaştırılmasının Türkiye'nin ulusal çıkarlarına katkı sağladığı tartışmasız bir gerçektir. Avrupa Birliği politikaları ile uyumlaşarak Türkiye kendi özgün hedeflerine ulaşmada başarı sağlayabilir. Dahası Avrupa Birliği'nin yenilenebilir enerji alanında yıllara sarı tecrübesi, teknik kapasitesi, hedefleri Türkiye için güçlü birer kılavuz niteliğindedir.

KAYNAKÇA

[1] Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023, <http://www.eyoder.org.tr/UlusalEVEP.pdf> Alındığı Tarih: 17.11.2021.

[2] Mutlu Tanık ÇAKIR, "Türkiye'nin Rüzgâr Enerji Potansiyeli ve AB Ülkeleri İçindeki Yeri", Politeknik Dergisi, 2010, Cilt:13 Sayı: 4 s. 287.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

[3] Avrupa Komisyonu, 2020 Report on the State of the Energy Union Pursuant to Regulation (EU) 2018/1999 on Governance of the Energy Union and Climate Action, Brüksel, 14.10.2020, s. 3.

[4] Zerrin Taç Altuntaşoğlu, Yenilenebilir Enerji Avrupa Birliği ve Türkiye Müktesabati, http://www.emo.org.tr/ekler/6edc1cd1f36e45d_ek.pdf, Alındığı Tarih: 16.11.2021.

[5] Journal officiel JO L 283 du 27.10.2001 s. 283/35.

[6] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0077&from=FR>, Alındığı Tarih: 16.11.2021.

[7] [10-13] [18] Milli Eğitim Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi, Ankara 2012.

[8] Önder Güler, “Dünya’da ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi”, TMMOB 9. Enerji Sempozyumu, Ankara 2013.

[9] Erdem Koç, Mahmut Can Şenel, “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu – Genel Değerlendirme”, Mühendis ve Makine, cilt 54, sayı 639, 2013, s. 38.

[14] A. Tolon-Becerra, X. Lastro-Bravo, F. Bienvenido-Barcena, “Proposal for territorial distribution of the EU 2020 political renewable energy goal”, Renewable Energy, 2011, n. 36, s. 2068. www.elsevier.com/locate/renene, Alındığı Tarih: 15.11.2021.

[15] [24-25] Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Enerji Raporu-2012, Ankara, 2012, s. 145.

[16] GWEC Global Wind Report 2021 <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021/03/GWEC-Global-Wind-Report-2021.pdf> Alındığı Tarih: 10.11.2021

[19] <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes> Alındığı Tarih: 12.11.2021.

[20] Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Türkiye’de Enerji Dinamikleri, Ankara, 2004, s. 8.

[21] Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi, Ankara, 2009, s. 123.

[22] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, Ankara, 2014, s. 52.

[23] <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes> Alındığı Tarih: 16.11.2021.

[24][28] IRENA Renewable Capacity Statistics 2021 <https://www.irena.org/publications/2021/March/Renewable-Capacity-Statistics-2021/> Alındığı Tarih: 16.11.2021.

[26] <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar> Alındığı Tarih: 16.11.2021.

[27] <https://www.tureb.com.tr/bilgi-bankasi/turkiye-res-durumu> Alındığı Tarih: 16.11.2021.

[29] Texte du 27/09/2001, paru au Journal Officiel des Communautés européennes le 27/10/2001.

[30] R.G. 18 Mayıs 2005 tarih, 25819 sayılı.

[31-33] R.G. 8 Ocak 2011 tarih ve 27809 sayılı.

[32] R.G. 2 Mayıs 2007 tarih, 26510 sayılı.

[34] R.G. 30 Mart 2013 tarih ve 28603 sayılı.

[35] Nurhan Üregen Güler, Zehra Yumurtacı, Yekdem Politikası ve Yenilenebilir Enerji Gelişimi, İzmir Rüzgâr Sempozyumu (23-24 Eylül 2021) İzmir, Alındığı Tarih: 14.11.2021.

[36] Résolution du Parlement du 14 mars 2013 sur la feuille de route pour l’énergie à l’horizon 2050, un avenir avec de l’énergie (textes adoptés de cette date, P7-TA(2013)0088).

[37] Les résolutions du Parlement du 29 Septembre 2005 sur lapart des sources d’énergie renouvelables dans l’Union européenne et les propositions d’actions concrètes (JO C 277 E du 21.9.2006 s. 599).

[38] Covent Garden, Employment Effects of selected scenarios from the Energy roadmap 2050, Cambridge, October 2013, s. 39. Site Union européenne, section Energy.

[39] OCDE, Politique énergétique et passage à une économie sobre en carbone », dans Études économiques de l’OCDE : Union européenne 2009, Éditions OCDE, s. 118.

[40] Pablo del Rio, Pere Mir-Artigues, “Combinations of support instrumans for renewable electricity in Europe: A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 40, 2014, s. 289.

[41] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32014L0100>, Alındığı Tarih: 14.11.2021.

**ZORUNLU GÖÇ EDEN BİREYLERDE İKİNCİL STRES KAYNAKLARINI
DEĞERLENDİRME**

Meltem GÜLER*, **Alfadhli, KHALİFAH****, **Hüseyin Çakal*****, **Patricio Javier Saavedra MORALE****** ve
John DRURY****

*Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Psikoloji Bölümü, 01250 ADANA

e-posta: gulerm@cu.edu.tr

**University of King Saud, Psychology Dept.

e-posta: alfadhli@ksu.edu.sa

*** University of Keele, College of Life and Environmental Sciences, Psychology Dept.

e-posta: h.cakal@keele.ac.uk

****University of Sussex, Psychology Dept.

e-posta: j.drury@sussex.ac.uk

Özet: Zorunlu göç, birçok disiplinden araştırmacının ciddi çabalarını gerektiren büyük bir krizdir. Zorunlu göç eden bireylerin esenliğine ve ruh sağlığına odaklanan araştırmalar son zamanlarda hız kazanmıştır. Ürdün'de yaşayan Suriyeli mülteci örnekleme ile gerçekleştirilen önceki iki çalışmayı (etnografik ve anket) takiben yapılan bu çalışmada mültecilerin refahı üzerinde hem doğrudan hem de dolaylı etkisi olduğu gösterilen bir dizi stresörü ölçtüğü düşünülen etmenlerin Türkiye'deki Suriyeli mültecilerden oluşan örnekleme sınırlanması amaçlanmaktadır. Çalışmada ele alınan stresörler ikincil stres kaynakları olarak tanımlanacaktır. Alan yazın ikincil stres kaynaklarını stresin doğrudan göçün kendisinden değil göç edilen yerdeki durumlar çerçevesinde ele almaktadır. Ölçeğin, özellikle Orta Doğu'da mültecilerle çalışan araştırmacı ve uygulayıcılar için yararlı bir araç olabileceği düşünülmektedir. Çalışmada, Mersin ve Adana şehirlerinde ikamet eden 382 Suriyeli kadın, erkek birey ile yüz yüze ve birebir görüşme ile bireylere demografik soruların ve İkincil stres kaynakları ölçeği uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda ikincil stres kaynakları ölçeğine ilişkin elde edilen boyutlar alan yazın çerçevesinde tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Zorunlu göç, ikincil stres kaynakları

EVALUATION OF THE SECONDARY STRESSORS AMONG FORCED MIGRANTS

Abstract: The refugee crisis is and still is a major crisis of our time that draws serious efforts from researchers from many disciplines. Research focusing on refugees' wellbeing and mental health has advanced lately and one of the major contributions is the focus on stressors of the exile and its crucial role in the refugees' experience. This project aims to provide a scale to measure a wide spectrum of secondary stressors among refugees of conflict in the Middle East, which could be relevant to similar settings of displaced populations in developing countries. The scale building was guided by previous two studies (an ethnographic and a survey) among a sample of urban Syrian refugees in Jordan, which used to build the initial scale that was shown to be reliable. In this study we aim to refine the scale and

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

test it among a sample of Syrian refugees in Turkey. In the study, demographic questions and Secondary Stressors scale were applied to 382 Syrian women and men living in Mersin and Adana. The result of the statistical analysis, the dimensions of the secondary stressors scale will be discussed within the framework of the literature.

Keywords: Forced migration, secondary stressors.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞ

Zorunlu göç yaşayan bireylerin sorunları üzerine düşünüldüğünde ilk akla gelen onların yaşadıkları savaş travmasıdır; bir savaşın ortasında kalmak, yürüyerek, araçla, yaşadığı yeri terk etmek gibi. Ancak bununla birlikte bireylere sorulduğunda savaştan kaçan bu insanlar en çok savaştan kaçma hallerini değil de günlük yaşamlarına ait sorunları anlatırlar. Bu açıdan ele alındığında, göç eden bu bireyler aslında iyilik hallerini olumsuz yönde etkileyen bir dizi sorunu bildirmektedirler.

Bu çalışma, ülkelerindeki iç savaş nedeniyle 2011 yılından itibaren yerlerini terk etmek zorunda kalmış Suriyeli bireyler arasında günlük yaşamları dahilinde yaşadıkları durumlar, ortamlar, psikolojik yapıları gibi çok boyutlu bir alanda olası stres kaynaklarını tanımlamak ve bu stres kaynaklarının sınıflandırılmasına ve ölçülmesine temel teşkil etmek amacıyla, farklı stresörler arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla yapılmıştır. İkincil stres kaynaklarına yönelik geçerli ve güvenilir bir ölçme aracının geliştirilmesi özellikle Orta Doğu'da mültecilerle çalışan araştırmacı ve uygulayıcılar için yararlı bir araç olabilir. Böylece bu çalışma zorunlu göç eden bireylerde ikincil stres kaynaklarını ölçmeye yönelik geçerliliği ve güvenilirliği olan bir ölçme aracı geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliği (BMMYK/UNHCR), 2013 raporunda, 50 milyondan fazla kişinin zorla yerlerinden edildiği ve bu insanların %86'sının gelişmekte olan ülkelerde (düşük/orta gelir) bulunduğunu rapor etmiştir [1]. Dünya genelinde mültecilerin dağılımı birbirinden farklılık gösterir. Sayılar ve oranlar sıklıkla ve hızla değişebilir. Birkaç sene öncesine kadar mültecilerin üçüncü büyük yeri olan Suriye, bugün mülteci durumundadır [2]. BMMYK'e (UNHCR) göre Türkiye, çatışmaların başladığı 2011 yılından beri oldukça büyük bir Suriyeli nüfusu ağırlamaktadır [3].

Ülkelerindeki bir iç savaş nedeni ile zorla yerlerinden olan mültecilerin refahına (well-being) yönelik yapılan araştırmaları kapsayan yazınlar, doğrudan savaştan kaynaklanan travmatik stres kaynakları (örneğin, akrabaların ve yakınlarının işkence görmesi, yaralanması veya ölümü) ile göç ettikleri ve yeni bir yaşama başladıkları bölgenin ortamından kaynaklanan (örneğin, belgeleme sorunları ve hane kalabalıklığı) stresler arasında bir ayırım yapmaktadır. Bazı çalışmalar yeni bir yaşama başladıkları bölgenin ortamından kaynaklanan stres

kaynaklarını “*günlük stres kaynakları- daily stressors*” olarak nitelendirirken [4;5] diğer çalışmalarda “*stresli sosyal durumlar- stressful social conditions*” olarak nitelenmektedir [6]. Ayrıca, üçüncü bir tanım olarak bazı çalışmalarda da bu çevresel stres kaynakları için “*sürekli stres kaynağı-ongoing stressors*” terimi kullanılmaktadır [7].

En yaygın olarak kullanılan “*günlük stres kaynakları*” terimi ile ilgili bir sorun, araştırmacılar tarafından tartışılan stresörlerin bazılarının günlük olarak gerçekleşmemesidir (örneğin fiziksel saldırı). “*Günlük stres kaynakları*” teriminin sorunlu olduğu bir başka alan da travmatik streslerin aksine, bu bağlamda savaş travmasına atıfta bulunmasına rağmen, “*günlük stres kaynakları*” düşük yoğunluklu stresörlerdir ve bu hali ile kafa karışıklığına yol açmaktadır. Gerçekte bir iç savaş sonrası zorunlu göç sırasında ortaya çıkan stresörler, yüksek yoğunluklu travmatik stres kaynaklarını da (örneğin, aile içi şiddet ve cinsel saldırı) içerebilmektedir. Bu nedenle, yapılacak olan bu çalışma ile doğal afetler literatüründe kullanılan “*ikincil stres kaynakları-secondary stressors*” teriminin kullanılması Lock ve arkadaşlarının ([8]) kullanmayı önerdiği üzere düzenlenmiştir. Lock ve arkadaşları ([8]), “*ikincil stres kaynakları*” terimini savaşın kendisinden kaynaklanan ya da savaşla ilgisi olmasa bile yaşanan günlük hayatta devam eden geçici ya da kronik problemlere atıfta bulunarak “*ikincil stres kaynakları-secondary stressors*” terimini kullanmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerde yaşayan zorunlu göçe maruz kalmış bireylere ilişkin alan yazınlar, bu tür stres kaynaklarına ilişkin örnekler sunmaktadır. Örneğin, Afganistan'daki mülteciler arasında yapılan bir çalışmada aşırı kalabalık konut, yoksulluk, işsizlik, güvenlik durumu, evdeki şiddet, kötü sağlık ve kirlilik birer stres kaynağı olarak verilmektedir [9]. Ayrıca El-Shaarawi ([10]), Mısır'daki mülteciler arasında iş, eğitim ve sağlık hizmetlerinin yanı sıra geleceğe ilişkin belirsizlik durumuna ek olarak, sosyal izolasyon ve aileden ya da arkadaşlardan ayrılma, yaşam standartlarında düşüş durumlarını birer stres kaynağı olarak ortaya koymaktadır. Sudan'daki Darfur mültecilerinde olduğu gibi, bilinmeyen, aşına olunmayan ulaşım araçları kullanmak bile bu insanlar için stresli olarak bulgulanmıştır [11].

Her ne kadar yer değiştirme, güvensiz bir ortamdan ve istikrarsızlıktan kaçış olarak görünse de genelde ilerleyen zamanlarda mülteciler kendilerini

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

istikrarsız ve güvensizliğin başka bir formunda kendilerini bulurlar [12]. Roberts ve Browne ([13]), savaşın akıl sağlığı üzerindeki etkisine odaklandıkları yazılarında zayıf akıl sağlığının genellikle "kaygı bozukluğu" (kaygı, post travmatik stres bozukluğu), duygudurum hastalıkları (depresyon, bipolar bozukluk), madde kötüye kullanım (alkol, madde bağımlılığı) bağlamında tanımlandığını göstermişlerdir. Silahlı çatışma ortamından etkilenmiş nüfusun iyi olma hali üzerine iki yaklaşım bulunmaktadır: Travma odaklı klinik yaklaşım klinik müdahalelere dayanır ve bu yaklaşımda savaş nedenli travmatik deneyimler sıkıntı kaynağı olarak ele alınır. Diğer taraftan psiko-sosyal destek yaklaşımı, sıkıntıyı, tam olarak savaş ile ilgili görmez ve kişinin stres kaynaklarını azaltmak için kendini iyileştirme kapasitesi ile yeniden yapılandırmasında sıkıntıyı tüm sorunların toplam yönetimi olarak ele alır. Klinik yaklaşım önemli bir yaklaşımdır ancak psiko-sosyal desteğe bazı pratik nedenlerden dolayı dikkat vermek gerekmektedir (klinik alanda yeterli profesyonel/uzman çalışanın bulunmaması, mültecilerin kendi kapasiteleri üzerine farkındalık geliştirilmesi gerekliliği) ve kuramsal neden olarak (ikincil stres kaynakları, klinik yaklaşımın düşündüğünden daha fazlasıyla birçok mülteciyi etkiler). Bu nedenle, bu bireylerin stres kaynaklarının ne olduğunun tespitine yönelmek önemlidir. Ayrıca, bu stres kaynaklarının, savaş ve yerinden edilmeye yönelik toplumsal tepkilerle şekillendirildiğine yönelik yerel halk ile olan etkileşimin etkisini sınamak da önemli bir katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada, zorunlu göçe maruz kalan bireylere yönelik stres kaynaklarını ölçmek amacıyla finansal stresörler, temel hizmetlere erişimle ilgili stresörler, belirsizlik ile ilişkili stresörler, yasal stresörler, iç-grup ile ilişkilere ilişkin stresörler, güvenlik ile ilişkili stresörler ve dış grupla ilişkilere yönelik stresörler (yerel halk ile temas stresörleri) olmak üzere yedi boyutlu bir yapıdan oluşan ölçeğin geçerlik ve güvenilirlik ölçümleri istatistiksel olarak elde edilmesi amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Katılımcılar

Çalışmanın örneklemini Mersin ve Adana'daki mahallelerde yaşayan 382 zorunlu göçe maruz kalan Suriyeli bireyler oluşturmaktadır. Mersin ve Adana, Suriye sınırlarına yakın ve yoğun Suriyeli mülteci nüfusu ile Türkiye'nin en büyük şehirleridir [14]. Mayıs 2019'da başlayan veri toplama süreci

üç ay sürmüştür. Çalışmaya katılma kriterleri, 18 yaş ve üstü ve Türkiye'de yaşayan Suriyeli geçici koruma kapsamında olmaktır. Araştırmacı, bu kriterleri karşılayan katılımcıları, Arapça olarak isimli bir anketi yanıtlamaya davet etmiş ve katılımcılardan Türkiye'ye geldikten sonra geçen aya odaklanarak kendi deneyimlerine dayalı bir dizi stres kaynakları konusu hakkında bilgi vermeleri istenmiştir. Cinsiyet dağılımına göre katılımcıların %58.6'sı (N=382) erkektir. Katılımcıların ortalama yaşı 33.25 (sd=11.6, 18-65). Ek olarak, katılımcıların sadece Türkiye'de yaşadıkları süre ortalama 5.9 yıldır. Örneklem büyüklüğü alan yazında işaret edilen olması gereken yeterliliğe sahiptir [15].

Çalışmanın etik izni Çukurova Üniversitesi Araştırma Etik Kurulu tarafından Mayıs 2019'da onaylanmıştır.

İşlem

Ölçek Geliştirme ve Madde Seçim Prosedürü

Ölçeğin ilk geçerlilik çalışması 2019'da Ürdün'de bulunan zorunlu göçe maruz kalmış Suriyeli bireylerle gerçekleştirilmiştir. Kapsamlı ve sağlam bir ölçek geliştirmek için ilk olarak alan yazına dayanarak kapsamlı bir literatür taramasından sonra, göç bağlamında ilgili ikincil stres öğelerini ve alt boyutlarını belirlemek için yazarlar görüşlerini paylaşmış ve 52 maddelik bir başlangıç havuzu oluşturulmuştur. Ölçek (İkincil Stres Kaynağı Ölçeği), araştırmacılar tarafından İngilizce yazılmış ve Arapçaya çevrilmiş ve daha sonra iki uzman ve iki dilli araştırmacı tarafından bağımsız olarak geri çevrilmiştir. Daha sonra, orijinal ve geri çeviriler arasındaki tutarsızlıkları değerlendirmek ve çözmek ve gerektiğinde kültürel bağlamın ele alınması konusunda fikir birliğine varmak için Batılı bir araştırmacıyla tartışılmıştır. Anketin ortaya çıkan ön versiyonu, maddelerin ifadesinin kavramsal olarak kesin ve kültürel olarak bilgilendirilmiş olmasını sağlamak amacıyla uzman bir Arap akademisyenin girdisiyle daha da rafine edilmiştir.

Türkiye'de yapılan bu çalışmada ölçeğin son hali deneyimli psikologlar tarafından öncelikle Suriyeli mültecilere yaşadıkları yerde uygulanmıştır. Sonrasında 75 Suriyeli mülteci üzerinde pilot uygulama yapılmış ve istatistiksel analizler sonucunda ölçeğin güvenilirlik ve geçerliliğini belirlemek üzere 382 katılımcı ile (eksik değerlerin atanması ve aykırı değerlerin incelenmesi ve

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

normal dağılım varsayımının kontrol edilmesi) doğrulama aşamasına geçilmiştir.

BULGULAR

Geçerlik Çalışmaları

İlk analiz dalgasında olduğu gibi (Ürdün örnekleme), MPLUS'ta Doğrulamalı Faktör Analizleri gerçekleştirilmiştir. Toplam örneklem büyüklüğü, eksik veri içeren gözlemler de dahil olmak üzere 382 Suriyeli yetişkindir.

Veri analizine başlamadan önce her iki analiz yöntemi için varsayımlar test edilmiştir. Veri setinde uç değerleri tespit etmek için Cook's ve Leverage değerlerine bakılmış ve uç değerler verilerden temizlenmiştir. Çok değişkenli normal dağılıma bakılmış verilerin çok değişkenli normal dağılım sergilemediği ve bundan dolayı Doğrulamalı Faktör Analizi için parametre kestirim yöntemi olarak Maximum Likelihood Robust (MLR) yöntemi tercih edilmiştir. Değişkenler arasında doğrusal ilişki olup olmadığını belirlemek için ZPRED-ZRESID saçılma diyagramına bakılmış ve doğrusal ilişkilerin bulunduğu gözlenmiştir. Madde puanları arası ilişkilere yönelik hesaplanan korelasyon katsayıları incelenmiş ve .80'den büyük değer olmadığı, dolayısıyla çoklu bağlantı sorunu bulunmadığı tespit edilmiştir. Tüm bu sayıtların incelenmesinden sonra analizlere başlanmıştır. Doğrulamalı Faktör Analizleri maddelerin içeriği dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Ölçme araçları ile ölçülmesi amaçlanan psikolojik yapıların geçerliğine kanıt sağlamak amacıyla kullanılan doğrulamalı faktör analizinin geçerliği için alanyazında önerilmiş olan indeksler bulunmaktadır. Bu indekslere genel anlamda uyum indeksleri adı verilmektedir. Yapısal eşitlik modelleme ile ilgili alanyazın incelendiğinde birçok uyum indeksinin olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu indekslerden hangisinin raporlanacağı araştırmacıların alması gereken önemli bir karar haline gelmiştir. Alanyazın incelendiğinde birçok farklı yazar tarafından farklı görüşler önerilmiştir. Brown ([16]), χ^2 , SRMR, RMR, RMSEA, CFI, TLI (NNFI) indekslerinin raporlanmasını gerektiğini önerirken; Kline ([17]), (2011), RMSEA, χ^2 , CFI ve SRMR indekslerinin raporlanması gerektiğini önermiştir.

Uyum indekslerinin önerilen konfigürasyonu doğrulamak için kabul edilebilir olmaması durumunda, hem modifikasyon indeksleri hem de

faktör yükleri, belirli bir ögeyi analizden çıkarmak veya tutmak için ana kriter olarak belirlenmiştir.

Ölçek Boyutlarına Göre Doğrulamalı Faktör Analizi Sonuçları

Ölçek 52 maddeden oluşmaktadır (Cronbach $\alpha = .74$). Ölçeğin katılımcılara yönelik yönergesi; *Lütfen, aşağıda verilen cümleler ile bize Türkiye'ye geldikten sonraki durumunuz ile ilgili deneyimlerinizi geçen aya odaklanarak söyleyin* şeklindedir. Yönergenin ardından katılımcılardan ilgili boyutun ifadelerini, *Hiçbir zaman olmadı* ile *Her zaman oldu* arasında beşli Likert tipi ile yanıtlaması istenmiştir.

Finansal Stres Kaynakları (Financial Stressors)

Bu boyutu ölçmek için on göstergeden oluşan bir set amaçlanmıştır. *Sabit bir gelirim olması, Yiyecek almak için yeterli paramun olması* bu boyuta örnek maddeler olarak verilebilir (Cronbach $\alpha = .72$). Yapılan analiz sonucunda uyum indeksleri anlamlı bir sonuç vermemiştir ($\chi^2 (35) = 325.62$, $p < .001$; RMSEA = .14, $p < .001$; CFI = .63; TLI = .53; SRMR = .11). Birkaç alternatif modeli test ettikten sonra, bu öge setinde iki farklı gizil (latent) faktörün olduğu sonucuna varılmıştır: İlk olarak, temel malları (econ1, econ2, econ3) elde etmek için paranın mevcudiyeti ile ilgili üç göstergeden oluşan bir faktör tanımlanmıştır. İkinci olarak, insanların yaşam koşullarına atıfta bulunan (econ6, econ7, econ8, econ 9) dört göstergeli içeren başka bir faktör belirlenmiştir. Ek bir Doğrulamalı Faktör Analizi yoluyla, bu boyutların aralarındaki korelasyon sifıra yakın olduğu ($\beta = .11$, $p = .10$) ve her iki faktörün Finans boyutu altında bir arada var olabileceği sonucuna varılmıştır ($\chi^2 (19) = 23.512$, $p = .23$; RMSEA = .02, $p = .92$; CFI = .99; TLI = .99; SRMR = .02).

Temel hizmetlere erişim (Access to basic services)

Bu boyutu ölçmek için hazırlanan ifadeler örnek olarak *Fiziksel sağlık servisi, Psikolojik sağlık servisi* verilebilir (Cronbach $\alpha = .66$). Bu boyutu ölçmek için dokuz göstergeden oluşan bir set amaçlanmıştır ancak yapılan analiz sonucunda uyum indeksleri anlamlı bir sonuç vermemiştir ($\chi^2 (20) = 198.46$, $p < .001$; RMSEA = .15, $p < .001$; CFI = .61; TLI = .45; SRMR = .10). Analizin ilk dalgasında olduğu gibi (Ürdün örnekleme), aynı yapının parçası olarak sadece üç öge (serv8, serv9, serv10) birlikte düşünülerek anlamlı bir uyum indeksi sağlanmıştır ($\chi^2 (0) = 0.00$, $p < .000$; RMSEA = .00, $p < .001$; CFI = 1.00; TLI = 1.00; SRMR = .00). Bu nedenle, sonuçta ortaya çıkan

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

faktör, insanların daha geniş bir hizmet kümesinden ziyade sınırlı türdeki hizmetlere (yani eğlence hizmetleri ve STK'lar tarafından sunulanlar) erişimini ölçebilir. Bu faktörün konfigürasyonunun, orijinal olarak Alfadhli ve Drury ([18]), tarafından ikincil stresör tipolojilerinde tanımlanan boyutla eşleşmesi dikkat çekicidir.

Belirsizlik

Bu boyutu ölçmek için (örnek madde, *Gelecek hakkında karar verebiliyor olmak*; Cronbach $\alpha = .71$) altı göstergeden oluşan bir set amaçlanmış ancak yapılan analiz sonucunda uyum indeksleri anlamlı bir sonuç vermemiştir ($\chi^2(20) = 198.46$, $p < .001$; RMSEA = .15, $p < .001$; CFI = .61; TLI = .45; SRMR = .10). Böylece, yalnızca üç öğenin (crtn3, crtn4, crtn6) uygun bir çözümün parçası olduğunu doğrulanmıştır ($\chi^2(0) = 0.00$, $p < .000$; RMSEA = .00, $p < .000$; CFI = 1.00; TLI = 1.00; SRMR = .00).

Yasal stresörler (Legal Stressors)

Bu boyutu ölçmek için (örnek madde, *resmi belgelerin yenilenmesi zorluğu, örneğin, BMMYK kaydı ve Ulusal güvenlik kimliği*; Cronbach $\alpha = .64$). ankete altı madde dahil edilmiştir. Bir maddenin (lg11) düşürülmesini içeren bir çözüm, iyi bir uyum indeksi sunmaktadır ($\chi^2(2) = 3.31$, $p = .19$; RMSEA = .04, $p = .459$; CFI = .98; TLI = .96; SRMR = .01). Bu nedenle, yasal stres etkeni, beş göstergeden oluşan bir gizil değişken olarak düşünülebilir.

İç-Grup ile ilişkiler (In-group Relations Stressors)

Bu boyutu ölçmek için (örnek madde, *Diğer mültecilerin kendi aralarında çok rekabetçi/saldırgan olduklarını hissettim*; Cronbach $\alpha = .67$) ankete sekiz madde dahil edilmiştir. Ancak, sonuçlar ilk analiz dalgasında (Ürdün örnekleme) elde edilenlerle aynıdır. Sonuç olarak, sadece üç (rfg1, rfg3, rfg5) maddenin aynı gizli faktöre ait olduğu doğrulanmıştır ($\chi^2(0) = 0.00$, $p < .001$; RMSEA = .00, $p < .001$; CFI = 1.00; TLI = 1.00; SRMR = .00). İstatistiksel sonuçlara dayanarak, bu boyutun odak noktasının, katılımcılar arasında oluşturulan topluluk duygusu ya da kayıp akrabalara yönelik duygulardan çok mülteciler ve ev sahibi topluluk arasındaki ilişkilere dayanarak yanıtlandığı düşünülebilir.

Güvenlik endişeleri

Bu boyutu ölçmek için (örnek madde, *Sözel saldırıya maruz kaldım*) ankete dört madde dahil edilmiştir. Güvenlik analizleri ölçeğin güvenilirlik

değerinin düşük olduğunu göstermiştir (Cronbach $\alpha = .25$). Yine de, dört maddenin aynı gizli faktöre ait olduğu doğrulanmıştır ($\chi^2(5) = 14.40$, $p = .01$; RMSEA = .07, $p = .17$; CFI = .95; TLI = .91; SRMR = .04).

Dış grup ilişkileri (Yerel Halk)

Bu boyutu ölçmek için (örnek madde, *Yerel halk benden faydalanmaya çalışmaktadır, örneğin, alacağımız ürünlerin fiyatını arttırmaktadırlar*; Cronbach $\alpha = .76$) ankete dokuz madde dahil edilmiştir. Sonuç olarak, sadece üç (Turk7, 8,9) maddenin aynı gizli faktöre ait olduğu doğrulanmıştır ($\chi^2(0) = 0.00$, $p < .000$; RMSEA = .00, $p < .000$; CFI = 1.00; TLI = 1.00; SRMR = .00). Bu nedenle, bu maddeler için oluşturulan ölçek, mültecilerin ev sahibi topluluk üyelerinin onlar hakkında ne düşündüklerine ilişkin üst algılarını ölçmeye odaklanabilir.

Tanımlanan tüm faktörleri entegre eden Doğrulayıcı Faktör Analizleri

Yukarıda bahsedilen tüm yapıları birinci dereceden faktörler olarak tek bir modelde bir araya getirdiğimizde önerilen modelin verilere iyi uymadığı görülmüştür ($\chi^2(349) = 648.10$, $p < .001$; RMSEA = .47, $p = .785$; CFI = .89; TLI = .87; SRMR = .05).

İlk analiz dalgasında (Ürdün örnekleme) elde edilen sonuçlara benzer şekilde, hem *Yasal Stresörlerin* hem de *Dış-grup İlişki Stresörlerinin* diğer faktörlerle aynı ikincil stres etkenlerinin parçası olmadığı bulunmuştur ($\chi^2(194) = 316.72$, $p < .001$; RMSEA = .04, $p = .975$; CFI = .93; TLI = .92; SRMR = .04).

TARTIŞMA

Ölçek geliştirme ve uyarlama çalışmalarında ölçme araçlarından elde edilen ölçümlerin geçerliğine kanıt sağlamak amacıyla çoğunlukla yapısal eşitlik modeller ailesinin bir üyesi olan Doğrulayıcı Faktör Analizi kullanılmaktadır. Ölçek geliştirme ve uyarlama çalışmalarında yapısal eşitlik modellerinin çoğunlukla kullanılmasının nedeni, ölçülen değişkenler arasındaki nedenselliğin yapısal olarak test edilmesi ve tahmin edilmesinden kaynaklanmaktadır [19].

Doğrulayıcı faktör analizinde tüm grubun aynı evrenden geldiği ve ölçme aracının tüm yanıtlayıcılar için aynı yapıyı temsil ettiği varsayılmaktadır. Bu varsayım sağlanmadığında sonuçlar yanlışlık içermekte ve bu durum yapının eksik temsil edilme durumunu ortaya çıkarmaktadır

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

[20]. Yapının eksik temsil edilmesi durumunda ölçümlerin geçerliği olumsuz etkileneceğinden bu varsayımın test edilmesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda mevcut çalışmada kodeğişkenlerden gizil yapıya yollar tanımlanarak evren heterojenliği test edilmiştir.

Bu araştırmada Türkiye’de yaşayan zorunlu göç maruz kalmış Suriyeli bireyler ile örneklem grubu oluşturulmuştur. İlk olarak sadece ölçek maddeleri ve gizil yapıdan oluşan standart Doğrulatoryı Faktör Analizi test edilmiştir. Yapılan Doğrulatoryı Faktör Analizleri incelendiğinde ölçeğin bütün maddeleriyle birlikte uyum indeksinin kabul edilebilir değerler almadığı bulunmuştur. Bu durum, model veri uyumsuzluğu; yanlış model tanımlama, değişkenler arası yüksek ya da düşük korelasyon, varsayımların karşılanmaması gibi durumlardan kaynaklanabilmektedir.

SONUÇ

Türkiye, 2011 senesinden beri ülkelerindeki savaştan kaçan büyük bir Suriyeli nüfusa ev sahipliği yapmaktadır. Gerek toplumsal gerekse politik olarak karşı karşıya kalınan bu probleme uyum zorlukları her kademede yaşanmaktadır. Bu problemlerin aşılmasındaki en büyük katkılardan biri de zorunlu göç yaşama durumundaki bireylerin algı ve psikolojilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirmektir.

Bu çalışma ile ülkemizde bulunan Suriyeli bireylerin bir taraftan zorluk yaşadıkları alanlar belirlenirken diğer taraftan alan yazınlarında geçen günlük stres kaynaklarının kapsamı ele alınarak, alana katkı sağlanması amaçlanmıştır. Yapılan Doğrulatoryı Faktör Analizleri incelendiğinde ölçeğin bir bütün olarak uyum indeksinin kabul edilebilir değerler almadığı; ancak her bir boyutun ayrı ayrı kabul edilebilir uyum indekslerine sahip olabileceği gözlenmiştir. Model veri uyumsuzluğu; yanlış model tanımlama, değişkenler arası yüksek ya da düşük korelasyon, varsayımların karşılanmaması gibi durumlardan dolayı her boyut ayrı ayrı geçerlik ve güvenilirlik açısından anlamlı değerlere sahip olmasına karşın ölçeğin, tüm boyutları ile bir bütün olarak Türkiye’den alınan örneklem doğrultusunda kullanılması mümkün görünmemektedir. Bu son çalışmada elde edilen veriler ve Ürdün verilerinin sunmuş olduğu bilgiler doğrultusunda ölçeği yeniden düzenleyerek yeni bir örneklem ile istatistikî çalışmaların revize edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] UNHCR (2014). UNHCR Global Trends 2014. <https://www.unhcr.org/statistics/country/556725e69/unhcr-global-trends-2014.html>. Erişim 13.Mart.2021
- [2] Quosh, C. (2013). Mental health, forced displacement and recovery: integrated mental health and psychosocial support for urban refugees in Syria. *Intervention, 11*(3), 295-320.
- [3] UNHCR (2015). UNHCR Global Trends 2015. <https://www.unhcr.org/statistics/unhcrstats/576408cd7/unhcr-global-trends-2015.html>. Erişim 13.Mart.2021
- [4] Miller, K. E., Omidian, P., Rasmussen, A., Yaqubi, A., & Daudzai, H. (2008). Daily Stressors, War Experiences, and Mental Health in Afghanistan. *Transcultural Psychiatry, 45*(4), 611–638.
- [5] Schafer, A., Masoud, H., & Sammour, R. (2014). Mediation of daily stressors on mental health within a conflict context: a qualitative study in Gaza. *Intervention, 12*(2), 171–186.
- [6] Riley, A., Varner, A., Ventevogel, P., Taimur Hasan, M. M., & Welton-Mitchell, C. (2017). Daily stressors, trauma exposure, and mental health among stateless Rohingya refugees in Bangladesh. *Transcultural Psychiatry, 54*(3), 304–331.
- [7] Tay, A. K., Rees, S., Chen, J., Kareth, M., Lahe, S., Kitau, R., ... Silove, D. (2015). Associations of Conflict-Related Trauma and Ongoing Stressors with the Mental Health and Functioning of West Papuan Refugees in Port Moresby, Papua New Guinea (PNG). *PLoS One, 10*(4).
- [8] Lock, S., Rubin, G. J., Murray, V., Rogers, M. B., Amlôt, R., & Williams, R. (2012). Secondary stressors and extreme events and disasters: a systematic review of primary research from 2010-2011. *PLoS Currents, 4*.
- [9] Panter-Brick, C., Eggerman, M., Mojadidi, A., & McDade, T. W. (2008). Social stressors, mental health, and physiological stress in an urban elite of young Afghans in Kabul. *American Journal of Human Biology, 20*(6), 627–641.
- [10] El-Shaarawi, N. (2012). *Living an uncertain future: An ethnography of displacement, health, psychosocial well-being and the search for durable solutions among Iraqi refugees in Egypt*. Case

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Western Reserve University ProQuest Dissertations Publishing.

[11] Badri, A., den Borne, H. W., & Crutzen, R. (2013). Experiences and psychosocial adjustment of Darfuri female students affected by war: An exploratory study. *International Journal of Psychology*, 48(5), 944-953.

[12] Moulin, C. (2010). Border languages: Rumours and displacements of international politics. *Alternatives*, 35(4), 347-371.

[13] Roberts, B., & Browne, J. (2011). A systematic review of factors influencing the psychological health of conflict-affected populations in low-and middle-income countries. *Global Public Health*, 6(8), 814-829.

[14] Göç İdaresi Genel Müdürlüğü (2021). <https://www.goc.gov.tr/gecici-koruma5638>. Erişim: 10. Mart. 2020.

[15] Iacobucci, D. (2010). Structural equations modeling: Fit indices, sample size, and advanced topics. *Journal of Consumer Psychology*, 20, 90-98.

[16] Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York: Guilford Publications.

[17] Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling*. New York, NY: Guilford Press.

[18] Alfadhli, K., & Drury, J. (2018). A typology of secondary stressors among refugees of conflict in the Middle East: The case of Syrian refugees in Jordan. *PLoS currents*, 10.

[19] Erkorkmaz, Ü., Etikan, İ., Demir, O., Özdamar, K., & Sanisoğlu, S. Y. (2013). Doğrulayıcı faktör analizi ve uyum indeksleri. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 33(1), 210-223.

[20] Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment. *American Psychologist*, 50(9), 741-749.

BİR NÜFUS MÜDÜRLÜĞÜNDE VATANDAŞ MEMNUNİYET ÖLÇÜMÜ

Nermin YETKİN*

Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 63000 ŞANLIURFA
e-posta: ytknnermin@gmail.com

İzzettin Hakan KARAÇİZMELİ**

Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 63000 ŞANLIURFA
e-posta: hkaracizmeli@harran.edu.tr

Özet: Kamu hizmeti sunan kurumlardan biri olan Nüfus Müdürlükleri vatandaşların istek ve beklentilerine uygun kamusal hizmetler sunarak vatandaşı memnun etmenin çabası içerisindedir. Bu çalışmada bir İlçe Nüfus Müdürlüğü'nün sunduğu hizmetlerden yararlanan vatandaşların memnuniyet düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çerçevede hizmetlerden memnuniyetin yaşa, cinsiyete, eğitim düzeyine ve çalışma durumuna göre farklılık gösterip göstermediği araştırılmıştır. Nüfus hizmetlerinden yararlanan vatandaşların memnuniyet düzeyini belirlemek için anket yöntemi uygulanmış elde edilen veriler SPSS 28.0 paket programı kullanılarak yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Memnuniyet ölçümü, Nüfus işlemleri, İstatistiksel analiz.

CITIZENS SATISFACTION MEASUREMENT IN A POPULATION DIRECTORATE

Abstract: Population Directorates, one of the institutions providing public services, are in an effort to satisfy the citizens by providing public services in accordance with the wishes and expectations of the citizens. In this study, it has been tried to determine the satisfaction levels of the citizens who benefit from the services provided by a District Population Directorate. In this context, it has been investigated whether satisfaction with services differs according to age, gender, education level and employment status. In order to determine the satisfaction level of the citizens benefiting from the population services, the survey method was applied and the obtained data were interpreted using the SPSS 28.0 package program.

Keywords: Satisfaction measurement, Population transactions, Statistical analysis.

1.GİRİŞ

Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü, ülkedeki nüfusun yapısını, nüfus hareketlerini, niteliklerini ve bunlara bağlı gelişmeler doğrultusunda ele alınacak politikaların tespitine yönelik çalışmaları ilgili kuruluşlarla iş birliği içerisinde yapmak; belirlenecek hükümlerin yürütülmesini sağlamak, nüfus hareketlerini gözlemek ve sonuçlarını değerlendirmek, Türk vatandaşları ile Türkiye'de nüfus kaydı tutulan yabancılara Merkezi Nüfus İdaresi Sisteminin uygulanmasına geçilen yerlerden başlamak üzere nüfus kütüklerinde bilgi alışverişini kolaylaştırmaya ve kamu kuruluşlarında tutulan kayıtlar arasında bağ oluşturmaya esas olacak bir numara sistemi geliştirmekle görevlidir. Bunlarla beraber özel kanunlarla ve Bakanlıkça verilen diğer görevleri yürütmektedir.[1]

Temeli Osmanlı dönemine dayanan nüfus hizmetlerinin tespit edilen en eski tahrir defteri olma özelliğiyle Halil İnalçık'ın Suret-i Defter-i Sancak-ı Arvanit adlı

çalışması içermektedir. Tahrirler; yeni padişahın tahta geçmesi, zamanla umumi değişiklikler olması, fetih, vergi gelirlerinin herhangi bir şekilde eksilmesi ya da artması ve en önemlisi de defter harici kalan gelirleri deftere kaydetmek amacıyla yapılmaktaydı. Tahrirler bir bölgeye mahsus olarak kalmakla beraber, bütün memlekete yayılan umumi tahrirler de yapılabilmekteydi. Bu tahrirler aynı zamanda, vergi mükelleflerini belirledikleri için erkek nüfusun bir kısmının kayıt altına alındığı bir özellik de taşımaktaydı. Defterde 1431 yılı Arnavutluk nüfusuna dair bilgiler de yer almaktadır.[2] Nüfus hizmetleri hizmet yelpazesini genişleterek Osmanlı döneminden günümüze kadar gelmektedir. Nüfus müdürlükleri hizmet anlayışının odak noktasına insanı alarak; güvenilir, kaliteli, etkin ve sürdürülebilir hizmet sunmaktadır. Nüfus müdürlüklerinde kimlik kartı, pasaport, sürücü belgesi, adres, doğum gibi birçok alanda hizmet sunulmaktadır. Vatandaş odaklı olan bu kurumda hizmet gören her vatandaşın memnuniyetini sağlamak temel amaç olarak görülmektedir. Bunun yanı sıra verilen hizmetin en hızlı sürede, en kaliteli ve etkin biçimde sunulması oldukça önem taşımaktadır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU

ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"

25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Yapılan bu çalışmada Şanlıurfa'da yer alan bir Nüfus Müdürlüğünde, hizmet alan vatandaşların memnuniyet düzeyini belirlemek amaçlanmıştır. Hedeflenen memnuniyet düzeyini belirlemek için Nüfus Müdürlüğünde anket yöntemiyle veriler toplanmış, toplanan veriler SPSS 28.0 paket programıyla analiz edilmiştir. Bu anket çalışmasının sonucunda vatandaşların yararını ve vatandaşların tercihlerini dikkate alarak, vatandaşların aldığı hizmet memnuniyet düzeyinin belirlenmesi amacıyla yönelik elde edilen sonuçlar kapsamında, kuruma bazı uygulama önerilerinde bulunulmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde vatandaş memnuniyetinin tanımı, önemi ve ölçümü hakkında kısa bir bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde ise literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir. Dördüncü bölümde yapılan uygulama çalışması anlatılmış ve Beşinci bölümde çalışmada elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır.

2. VATANDAŞ MEMNUNİYETİ

Üretimin ve tüketimin yer aldığı toplumlarda en önemli kavram bu hizmetlerden yararlananlar yani hizmeti kullananlardır. Bu sebeple hizmet üretenlerin temel amacı faydalananları memnun etmek olmalıdır. İnsan ihtiyaçlarının giderek arttığı günümüz dünyasında, asıl görevi insanlara hizmet sunmak olan kurumlar, artan bu ihtiyaçlara cevap vermeye çalışmaktadır. Vatandaş memnuniyetinin sağlanması, sunulan hizmetin kalitesiyle ilişkilidir. Modern hizmet anlayışına göre kurumlar vatandaşların istek ve taleplerini yerine getirebildiği oranda başarılı kabul edilebilir. Hizmet veren kurumlar, halkın ihtiyaçlarını karşılayabildiği ve bir anlamda vatandaş memnuniyetini arttırabildiği oranda kuruluş amacını ve temel fonksiyonunu yerine getirmiş olacaktır.[3]

Nüfus Müdürlüklerinde vatandaşların doğumundan ölümüne kadar geçen sürede vatandaşlara birçok hizmet sunulur. Sunulan bu hizmetlerin yerine getirilmesi kadar nasıl ve hangi nitelikte yerine getirildiği konusu da oldukça önem taşımaktadır. Bu sebeple vatandaşlara kaliteli hizmet verme ve bunun sonucunda vatandaşların memnuniyetlerini arttırma konusunda büyük sorumluluk düşmektedir. Vatandaş memnuniyetinin sağlanması, sunulan hizmetin kalitesi ve beklentilerin karşılanmasıyla doğrudan alakalıdır. Bir başka ifadeyle, Nüfus Müdürlükleri vatandaşların istek ve beklentilerini tatmin edebildiği ve memnuniyetlerini arttırabildiği oranda kuruluş amacını ve temel fonksiyonunu yerine getirmiş olmaktadır.

Vatandaşın kamu hizmetlerinin yürütülmesinden duyduğu memnuniyetin ölçülebileceği en uygun kurumlardan biridir Nüfus Müdürlükleri. Çünkü kamu hizmeti sunan kurumların faaliyet alanı ne kadar küçülürse, vatandaşların istek ve beklentilerini belirlemek ve memnuniyetini arttırmak da o kadar kolaylaşmaktadır. Fakat hizmet sunumunda dikkate alınması gereken, bu hizmetlerin yerine getirilmesinde

vatandaşların memnuniyetlerinin ne ölçüde sağlanabildiğinin ölçülebilmesi ve düşük memnuniyet düzeyi tespit edilen hizmetler için düzeltici-önleyici faaliyetler geliştirilerek, vatandaş odaklı bir hizmet sunumu gerçekleştirilebilmesidir. Bu kapsamda, Nüfus Müdürlüklerinde kalitenin göstergesi olarak hizmetin muhatabı olan yani görev alanında yaşayan vatandaşların bu hizmetlerden tatmin olma ya da olmama durumlarının tespiti ve analiz edilmesi gerekmektedir. [4]

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür incelendiğinde Nüfus Müdürlüklerinde vatandaş memnuniyet ölçülmesine yönelik önlemler geliştirmek ve test etmek için herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Uygulama çalışması bu bakımdan özgün bir çalışmadır. Vatandaş memnuniyeti ile alakalı yapılmış bazı çalışmalar aşağıda yer almaktadır.

Gökkuş ve Alptürker (2011), Silifke Belediyesinin sunduğu hizmetlerden yararlanan Silifke'de yaşayan vatandaşların memnuniyet düzeylerini ölçmeye çalışmışlardır. Bu doğrultuda hizmetlerden memnuniyetin yaşa, cinsiyete, eğitim düzeyine, ikamet edilen mahalleye ve gelir düzeyine göre farklılık gösterip göstermediği araştırılmıştır. Belediye hizmetlerinden yararlanan vatandaşların memnuniyet seviyelerini belirlemek için anket yöntemi uygulanmıştır.

Şahin (2011), Konya merkezde yer alan belediyelerin sundukları kamu hizmetlerinden yararlanan vatandaşların memnuniyet düzeyini belirleyen temel faktörlerin neler olduğunu tespit etmeyi amaçlamıştır.

Akyıldız (2012), çalışmasında Uşak Belediyesi'nde hizmetlerinden yararlanan halkın memnuniyet düzeyi ölçülmüştür. Çalışmada, hizmetten yararlanan 384 vatandaşa anket soru kâğıdı uygulanarak vatandaşın yararlandığı hizmetten duyduğu memnuniyetin cinsiyete, yaşa, eğitim düzeyine, mesleğe ve gelir düzeyine göre farklılık gösterip göstermediği araştırılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen veriler SPSS 15.0 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir.

Sabuncu (2016), ise çalışmasında Yalova Belediyesi'nin sunduğu hizmetlerden yararlanan Yalova'da yaşayan vatandaşların memnuniyet seviyelerini belirlemek istemiştir. Memnuniyetin, ikamet edilen mahalleye ve demografik özelliklere göre farklılık gösterip göstermediği de araştırılmıştır.

Yücel vd., (2012), Elazığ'da yaşayan vatandaşların Elazığ Belediyesi'nin sunduğu hizmetlerden yararlanmaları sonucunda oluşan memnuniyet düzeylerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu çerçevede, hizmetlerden memnuniyetin yaşa, cinsiyete, gelir düzeyine, eğitim düzeyine, ve ikamet edilen mahalleye göre farklılık gösterip göstermediği araştırılmıştır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

4. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Şanlıurfa ilinin bir İlçe Nüfus Müdürlüğü'nde hizmet alan vatandaşlar üzerinde uygulanmıştır. Toplam 100 vatandaşa çalışmanın amacı anlatılarak yüz yüze anket uygulaması yapılmıştır. 100 vatandaştan 12'si ankete katılmayı tercih etmemiştir. Anket formu 88 vatandaş tarafından doldurulmuştur. Çalışmada uygulanan anket formu, demografik verileri elde etmek için 4 tane çoktan seçmeli ve iş memnuniyetini tespit etmeye yönelik beşli Likert tipi ölçekten oluşan dolayısıyla 1-5 arasında puanlanan 11 adet sorudan oluşmaktadır. Ölçek puanlamasında, "Kesinlikle Hayır"; 1 puan, "Hayır"; 2 puan, "Kararsızım"; 3 puan, "Evet"; 4 puan, "Kesinlikle Evet"; 5 puan; "Hiç memnun değilim"; 1 puan, "Memnun değilim"; 2 puan, "Kararsızım"; 3 puan, "Memnunum"; 4 puan, "Çok memnunum"; 5 puan; "Kesinlikle düşünmüyorum"; 1 puan, "Düşünmüyorum"; 2 puan, "Kararsızım"; 3 puan, "Düşünüyorum"; 4 puan, "Kesinlikle düşünüyorum"; 5 puan olarak değerlendirilmektedir. Araştırmanın verileri Haziran 2021 ile Eylül 2021 tarihleri arasında elde edilmiştir. Elde edilen veriler, SPSS 28.0 paket programı ile analiz edilip yorumlanmıştır.

5. BULGULAR

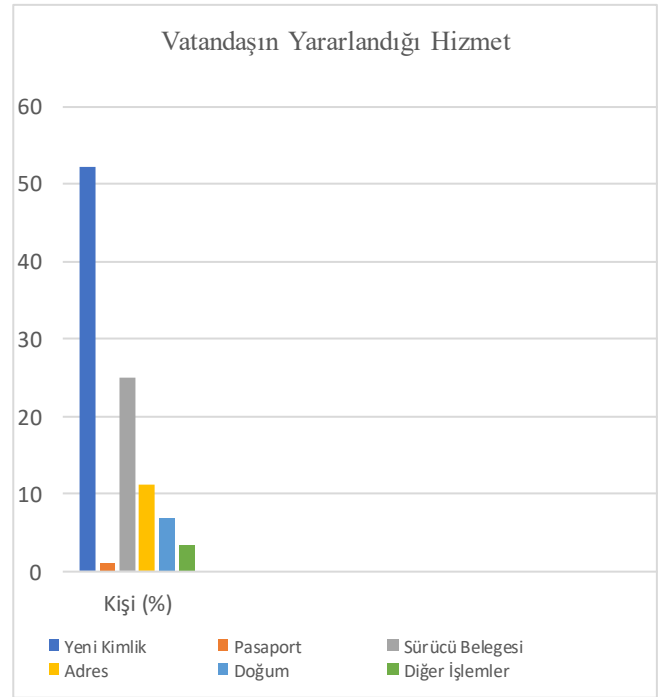
Ankete katılan vatandaşların demografik özellikleri Tablo 1.'de görülmektedir.

Tablo 1. Demografik Bilgiler

Cinsiyet	N	%
Kadın	27	30,681
Erkek	61	69,318
Yaş	N	%
18 - 25 yaş	36	40,909
26 – 40 yaş	41	46,590
41 – 65 yaş	11	12,500
Eğitim Durumu	N	%
Okur-yazar	7	7,954
İlköğretim	13	14,772
Lise	27	30,681
Yüksekokul	13	14,772
Lisans	25	28,409
Lisansüstü	3	3,409
Çalışma Durumu	N	%
Öğrenci	21	23,863
Memur	24	27,272
Esnaf	9	10,227
Çiftçi	8	9,090
Özel Sektör	7	7,954
Ev hanımı	5	5,681
İşsiz	7	7,954
Diğerleri	7	7,954

Tablo.1 incelendiğinde anket çalışmasına katılan vatandaşlardan %69,3'ünün erkek, geriye kalanların da

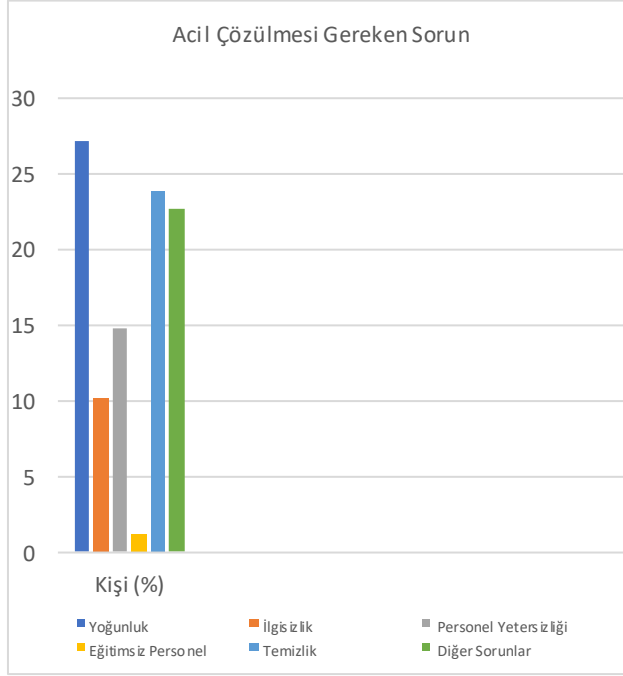
(%30,6) kadın olduğu görülmektedir. Vatandaşların yaş aralıkları ele alındığında çoğunluğunun (%46,59) 26-40 yaş aralığında bir kısmının (%40,9) 18- 25 yaş aralığında, kalan kısmının ise (%12,5) 41 – 65 yaş aralığında olduğu görülmektedir. Salgın hastalık sebebiyle 65 yaş üstü vatandaşların fazla bekletilmemesi amacıyla anket çalışmasına katılması uygun bulunmamıştır. Ankete katılım sağlayan vatandaşların eğitim durumu incelendiğinde okur-yazar olan %7,9, ilköğretim %14,7 , lise %30,6 yüksekokul %14,7 lisans %28,4 ve lisansüstü olan %30,4 kişi yer almaktadır. Demografik verilerden son olarak çalışma durumu ele alındığında çoğunluğun memur (%27,2) ve öğrenciden (%23,8) oluştuğu görülmektedir. Geriye kalan kişilerin esnaf (%10,2), çiftçi (%9,0), özel sektör (%7,9), işsiz (%7,9), ev hanımı (%5,6) ve diğer mesleklerde (%7,9) yer aldığı bilgisine ulaşılmaktadır.



Grafik 1. Vatandaşın yararlandığı hizmetlerin yüzdelik dağılımı

Grafik 1.'de ankete katılan 88 kişinin yararlandığı hizmetler yer almaktadır. Grafik 1. ele alındığında alınan hizmetlerin çoğunluğunun (%52,2) yeni kimlik başvurusu olduğu görülmektedir. Ardından en çok talep edilen hizmet sürücü belgesi işlemleri (%25) ve bu sıralamayı adres işlemleri (%11,3), doğum kaydı işlemleri (%6,8), diğer işlemler (%3,4) takip etmektedir. En az talep edilen hizmette ise pasaport işlemleri (%1,3) yer almaktadır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ



Grafik 2. Acil çözülmesi gereken sorunlar

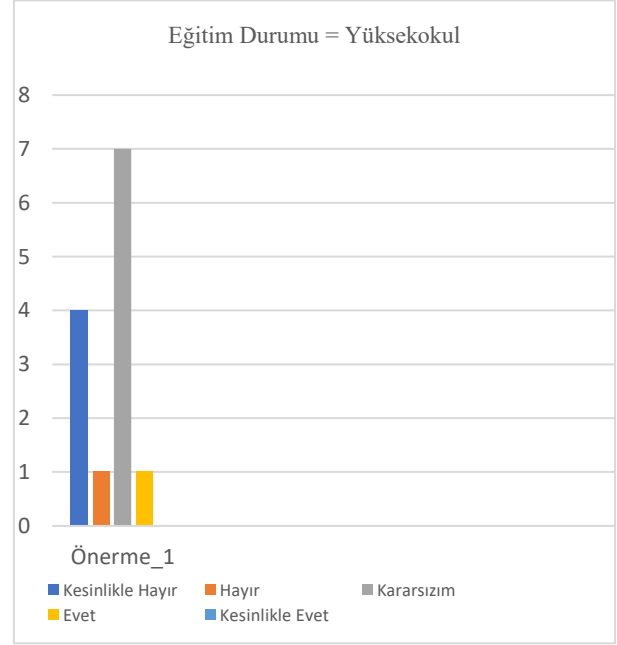
Grafik 2’de vatandaşa “Nüfus Müdürlüğünde acil çözülmesi gereken sorun sizce hangisidir?” sorusu yöneltildiğinde en çok sorun olarak nüfus müdürlüğünün yoğun olması, temizliği, diğer sorunlar (açık uçlu seçenektir) görülmektedir. Bu sırayı personel yetersizliği, personelin ilgisizliği gibi sorunlar takip etmektedir.

Tablo 2. Sorulara alınan cevapların ortalaması

Sorular	Ortalamalar	Std. Sapma
Soru_1	3,625	,997
Soru_2	4,204	,960
Soru_3	4,125	,919
Soru_4	3,647	1,155
Soru_5	4,045	,842
Soru_6	2,318	1,236
Soru_7	4,113	,764
Soru_8	4,159	,584
Soru_9	3,887	,827
Soru_10	3,965	,876
Soru_11	4,034	,668

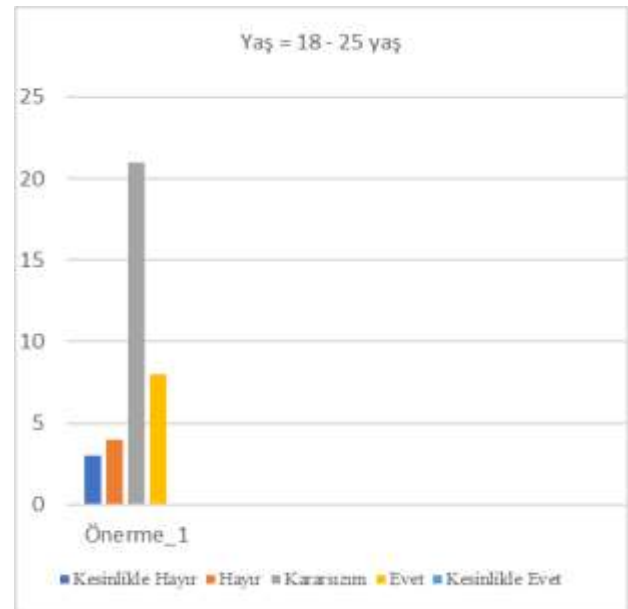
Tablo 3.’de vatandaşlara yöneltilen sorulara karşılık alınan cevapların ortalaması yer almaktadır. Örneğin soru_1’de yer alan “Nüfus müdürlüğünde alacağınız hizmetin ön aşaması olan randevu alımını kolaylıkla gerçekleştirebiliyor musunuz?” sorusuna karşılık olarak alınan cevapların ortalaması 3,6250’dir. Bu durum vatandaşların kararsızlıkla evet (kolay alabiliyorum)

arasında yanıt verdiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Soru_2 ele alındığında “Birim personeli hizmet verirken vatandaşlara kibar ve nazik davranmakta mıdır, ilgili birimin personelinden memnun musunuz?” sorusuna karşılık olarak 4,2045 ortalamayla evet cevabı verildiği görülmektedir. Diğer sorular da bu şekilde incelenip yorumlanabilir.



Grafik 3. Eğitim durumu yüksekokul olanların randevu alımındaki memnuniyeti

Grafik 3.’de başlangıç kısmında yer alan demografik verilerle sorular birlikte ele alınarak yorumlanmıştır. Bu tabloya göre Eğitim durumu yüksekokul olan 13 kişiden 4 kişi randevu alımında zorlandığını, 1 kişi kararsız kaldığını, 7 kişi sorun yaşamadığını ve 1 kişi çok rahat randevu alabildiğini belirtmiştir.



Grafik 4. 18 – 25 yaş arası vatandaşın randevu alımındaki memnuniyeti

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Grafik 4. incelendiğinde demografik verilerden biri olan yaş ve soru 1 birlikte değerlendirilmiştir. 18-25 yaş arası vatandaşların randevu alma konusundaki görüşlerine göre genel olarak 18 – 25 yaş arası vatandaşların kolaylıkla randevu alabildiği anlaşılmıştır.

SONUC:

Şanlıurfa'nın bir Nüfus Müdürlüğü'nde hizmet alan vatandaşlara uygulanan anket çalışması sonucunda elde edilen verilere göre genel olarak vatandaş aldığı hizmetten memnun kalmıştır. Acil çözülmesi gereken sorun olarak yoğunluk, temizlik ve diğer sorunlar (hizmet binasının yetersiz olması, yeterli oturma alanının bulunmaması, randevu alma esnasında işlemlerle ilgili yeterince bilgilendirilmemesi vb.) ilk sıralarda yer almaktadır. Acil çözülmesi gereken sorunları tek tek ele aldığımızda görülmektedir ki her geçen gün nüfus müdürlüklerin verdiği hizmet yelpazesi genişlemekte ve vatandaşların nüfus müdürlüklerine duyduğu ihtiyaç artmaktadır. Yoğunlukları azaltmaya yönelik e-devlet üzerine aktarılan nüfus hizmetlerinin hangilerinin e-devlet üzerinden yapılabileceği konusunda vatandaş bilgilendirilmeli ve bu uygulamanın birçok platformda tanıtıcı reklamları artırılmalıdır. Bunlara ek olarak diğer kurumlar tarafından gereksiz yere nüfus müdürlüğüne yöneltilen vatandaşlar konusunda, dış kurumların daha kapsamlı bilgilendirilmesine yönelik çalışmalar artırılmalıdır. Bir diğer acil çözülmesi gereken ise temizlik konusu olup salgın hastalıkla beraber en çok dikkat edilmesi gereken ve büyük problemlere yol açabilecek bir sorundur. Bu sorunun çözümü olarak nüfus müdürlüğü için temizlik personeli istihdamı planlanabilir, bunun mümkün olmadığı durumda alternatif olarak diğer kurumlarda hali hazırda bulunan temizlik personeline personel temizlik çizelgelemesi düzenlenebilir. Acil çözülmesi gerekenler arasında yer alan "Diğer sorunlar" da mevcut binanın değiştirilmesinin şu an için mümkün olmadığı ancak diğer sorunlarda kurumun gerekli düzenlemeler yapacağı belirtilmiştir. Sonuç olarak, Nüfus Müdürlüklerinde hizmet alan vatandaşların hizmet alımı esnasında yaşadıkları yoğunluğa rağmen memnuniyet düzeyinin yüksek olduğu; personelin ilgisinden, yeterli bilgi düzeyinden, yeterli sayıda ve niteliğe sahip olmasından memnun oldukları, bu memnuniyet üzerinde hizmet aldıkları kurumun önemli etkisinin olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

[1] https://tr.wikipedia.org/wiki/Nüfus_ve_Vatandaşlık_İşleri_Genel_Müdürlüğü

[2] <https://www.nvi.gov.tr/osmanli-donemi>

[3] Göküş, M., Alptürker, H. *Belediyelerin sunduğu hizmetlerde vatandaş memnuniyeti: Silifke Belediyesi örneği*. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (25), 121-133, 2011.

[4] Akyıldız, F. Belediye hizmetleri ve vatandaş memnuniyeti: Uşak Belediyesi örneği. *Journal of Yaşar University*, 7(26), 4415-4436, 2012.

[5] Şahin, K. *Belediye hizmetleri ve hizmet kalitesine yönelik vatandaş memnuniyetinin ölçümü (Konya il merkezi örneği)* (Master's thesis, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı). 2011.

[6] Örselli, E., Bayrakçı, E. "Vatandaş Karnesi: Yerel hizmetlerde vatandaş memnuniyeti nasıl sağlanır? <http://www.yyusbedergisi.com/dergi/vatandas-karnesi-yerel-hizmetlerde-vatandas-memnuniyeti-nasil-saglanir20180101044413.pdf>. 2016.

[7] Sabuncu, İ. *Belediye hizmetlerinde vatandaş memnuniyet araştırması: Yalova örneği*. Turkish Journal of Marketing, 1(3), 164-177, 2016.

[8] Yücel, N., Yücel, A., Yavuz, A. T. L. I. *Belediyelerin sunduğu hizmetlerde vatandaş memnuniyeti: Elazığ Belediyesi örneği*. Ejevoc (Electronic Journal of Vocational Colleges), 2(2), 31-41, 2012.

CERRÂH-NÂME'DE GEÇEN TIP TERİMLERİ

Mehmet Emin TUĞLUK
Dr. Öğr. Üyesi, Batman Üniversitesi,
Fen-Edebiyat Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü,
Yeni Türk Dili Ana Bilim Dalı
emintugluk@gmail.com
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-1866-5580>

Özet: 14. yüzyıldan itibaren Anadolu'da tıp metinlerinin örneklerine rastlanmaktadır. Anadolu'da yazılan bu tıp metinlerinden biri de H 910 / M 1504 yılında istinsah edilen ve yazarı bilinmeyen Cerrâh-nâme'dir. Sade bir dille kaleme alınan ve 134 fasıl üzerine tertip edilen eser, Eski Anadolu Türkçesi dönem özelliklerini göstermektedir. Cerrâh-nâme tıp tarihi başta olmak üzere botanik, eczacılık, halk hekimliği gibi alanlar için önemli bir kaynaktır. Cerrâh-nâme'de dönem özelliklerini yansıtan çok sayıda hastalık, ilaç, organ adları gibi tıp terimleri yer almaktadır. Bu çalışmada Cerrâh-nâme'de yer alan bitki adları dışında kalan tıp terimleri tespit edilip sınıflandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Cerrâh-nâme, tıp terimleri, hastalık adları, ilaç adları, organ adları.

MEDICAL TERMS MENTIONED IN CERRÂH-NÂME

Abstract: Since the 14th century, examples of medical texts have been Anatolia. One of them is Cerrah-nâme, which was copied in H 910 /M 1504 and whose author is unknown. Written in a unsophisticated language and arranged on 134 chapters, the work shows the characteristics of the Old Anatolian Turkish period.

Cerrah-nâme is an important source for the history of medicine, botany, pharmacy and even folk medicine. In Cerrah-nâme, there are many medical terms reflecting the characteristics of the names of diseases, drugs and organs. In this study, medical terms other than plant names in Cerrâh-nâme were determined and classified.

Keywords: Cerrâh-nâme, medical terms, disease names, drug names, organ names.

Giriş

14. yüzyıldan itibaren Anadolu'da tıp metinleri örneklerine rastlanmaktadır. XIII. yüzyıldan itibaren dinî ve edebî ürünlerin yazılmış olduğu göz önünde bulundurulduğunda tıpla ilgili eserlerin oldukça geç bir tarihte yazılmaya başlandığı görülür. Bunun başlıca sebebi Anadolu Selçuklu Devleti zamanında bilim dilinin Arapça oluşudur. Ancak

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

daha sonra Anadolu Selçuklu Devleti yerine kurulan beylikler döneminde Türkçeye verilen önemin artmasıyla, başta dinî ve edebî konular olmak üzere Türkçe birçok eserin yazıldığı ve tercüme edildiği görülmektedir (Önler, 1990: 1). Anadolu'da kaleme alınan ilk yazma eserlerde genellikle tarih bulunmadığından eserlerin kronolojik sıralamasını tespit etmek güçtür (Yelten, 1997: 30). Ancak XIII. yüzyılın başlarında Hoca Bereket tarafından yazılan *Tuhfe-i Mübârizî*, Türkçe yazılmış ilk tıp metni olarak kabul edilmektedir (Erdağı, 2013). Tarihi bilinen ilk çeviri eser, Aydınoglu Umur Bey'in (1340-1348) isteğiyle çevrilen ancak çevireni bilinmeyen *Müfredât-ı İbni Baytar Tercümesi*'dir. Türkçe olarak kaleme alınan ve tarihi bilinen ilk eser, İshak bin Murad'ın *Edviye-i Müfredê*'sidir (Canpolat ve Önler, 2016:1). 14. yüzyıl sonrasında da birçok tıp metni kaleme alınmıştır. *Akrabadin Tercümesi*, *Alâim-i Cerrâhîn*, *Bâh-nâme*, *Cerrâhiyyetü'l-Hânîyye*, *Edviye-i Müfredê*, *Fâide-i Hassât*, *Hazâinü's-Saâdât*, *Hülâsa*, *Kâmilü's-Sinâa Tercümesi*, *Kemâliye*, *Kitâb-ı Hülâsa der İlm-i Tıbb*, *Kitâbü'l-Müntahab fi't-Tıbb*, *Kitâbü'l-Mühimmât*, *Mâddetü'l-Hayât*, *Miftâhü'n-Nur ve Hazâinü's-Sürûr*, *Mücerreb-nâme*, *Müfid (Nazmü't-Teshîl)*, *Müntahab-ı Şifâ*, *Mürşid*, *Sultâniye*, *Terceme-i Müfredât-ı İbni Baytar*, *Tervihü'l-Ervâh*, *Teshîlü'shifâ*, *Tıbb-ı Nebevî*, *Tuhfe-i Murâdî fi İlm-i Cevâhîr*, *Tuhfe-i Mübârizî*, *Yâdigâr*, *Zâhire-i Murâdiye* (Yavuz, 2013: 17-22) gibi eserler bunların başlıcalarıdır.

1. Hazâ Kitâb-ı Cerrâh-nâme (Cerrâh-nâme)

Müellifi bilinmeyen Cerrâh-nâme¹ H 910 / M 1504 yılında istinsah edilmiştir. 134 fasıl üzerine tertip edilen eser Eski Anadolu Türkçesi dönem özellikleri göstermekte olup sade bir dille kaleme alınmıştır. Cerrâh-nâme'nin ilk varlığında yer alan "Ammâ ba'dehu bu risâleyi yüz otuz dört faşl üzerine tertîb itdüm. Mütekkaddimîn ve mütea'hhîrîn kelâmından ba'zısın kudret yitdükçe beyân itdüm, ümîd vardur ki emr-i cerâhatde bu risâle ile intifa'ideler" (Yavuz, 2013: 23) ifadelerinden müellifin eserini hekimin bulunmadığı yerlerde insanların tıp ilmine duydukları ihtiyaçlarını bu eserle gidermeleri amacıyla kaleme aldığı anlaşılmaktadır. Yine bu ifadelerden müellifin gerek kendi devrinde gerekse de kendinden önceki dönemlerde yaşayan önemli hekim ve bilginlerinin görüşlerinden yararlandığı anlaşılmaktadır. Calinus (Galien,130-201), Ebu Ali (İbni Sina 980-1037), Ebu Mihcen, Muhammed bin Zekeriya (864-925), Sabuncuoğlu Şerefeddin, Akşemseddin, Hacı Paşa bu hekim ve bilginlerden bazılarıdır.

Ayrıca eserde geçen yabancı kökenli kelimelerin yanına Türkçe karşılıkları da yazılmıştır. Bu da eserin halkın yararına hizmet etmesi amacıyla kaleme alındığını göstermektedir (Yavuz, 2013: 23)

Cerrâh-nâme'de yer alan tıpla ilgili terimleri hastalık adları, ilaç adları, tedavide kullanılan araç gereç adları, organ adları, bitki adları gibi başlıklar altında sınıflandırmak mümkündür. Bir bildirinin sınırlarını aşacağından dolayı bu çalışmada sadece Cerrâh-nâme'de yer alan bitki adları dışında kalan tıp terimlerine yer verilmiştir.

¹ Eser üzerine yapılan iki çalışma için bkz. Yıldırım, Nuran (1983). "XV. Yüzyıla Ait Türkçe Bir Cerrahnâme (Doktora Tezi Özeti)." *Doktora Tezleri. İstanbul Tıp Fakültesi Mecmuası* 46, *Supplementum* 90 içinde 227-246; İstanbul. Yavuz, Serdar (2013). *Cerrâh-nâme, İnceleme-Metin-Dizin-Tıpkibasım*, İstanbul: Kesit Yayınları.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

2. Cerrâh-nâme’de Geçen Tıp Terimleri²

2.1. Hastalık Adları ve Hastalıklarla İlgili Adlar

ağrı: Vücudun herhangi bir yerinde derinden ve yaygın bir şekilde hissedilen sürekli acı ve ıstırap, sızı (5b/6).

‘ağd-i ğudediyye: Vücudun boyun bölgesinde çıkan şiş, beze (92b/7).

‘ağfe: Ar. Genelde eklem bölgelerinde ortaya çıkan şişlik (71a/11).

a‘ rāz-ı sem: İştme bozukluğu (153b/10).

bahağ: Ar. Cüzzam (72b/3).

barağ: Ar. Vücutta yer yer lekeler şeklinde görülen hastalık, abraşlık, alaca hastalığı (72b/10).

behağ: Ar. İnsanın derisinde pul pul beyazlık ve alaca bir renk meydana getiren bir çeşit hastalık (62a/6).

benâti’l-leyyel: Ar. Bir tür basur (69a/4).

berağ: Abraşlık, leke hastalığı (147b/3).

beşre: Vücutta çıkan sivilce, ufak çıban (22a/9).

beşür: Basur (70a/5).

bevāsîr: Ar. Basurlar (16a/11).

bez: Boyun, dil ve koltukaltı gibi yerlerde olan kabarcıklar, gудde (33b/7).

büşür: Vücutta çıkan sivilce, ufak çıban (26a/5).

cemre: Far. Nar-ı Farisi, şarbon (83a/7).

cerâhat: Ar. Kanın damar dışına sızmasıyla vücut dokularında meydana gelen, akyuvarların hâkim olduğu donuk renkli birikinti, irin, yangı (98a/3).

çıkuk: Vücutta yerinden çıkmış olan kemik (139b/10).

cüderî: Ar. Çiçek hastalığı (96a/4).

cüred: Safra fazlalığından kaynaklanan bir baş yarası (58b/7).

cüzām: Cüzzam hastalığı (76a/11).

çiban: Vücudun herhangi bir yerinde ve deri üzerinde meydana gelen iltihaplı kabartı (85b/1).

çığıd: Yüzde olan leke (61a/11).

çıkuk: Vücutta yerinden çıkmış olan kemik (136b/6).

çiçek: İrinli kabarcıklar dökerek yüzde izler bırakan ateşli, ağır ve bulaşıcı bir hastalık (63a/5).

² Cerrâh-nâme’de geçen tıp terimleri ve bu terimlerin anlamları “Yavuz, Serdar (2013). *Cerrâh-nâme, İnceleme-Metin-Dizin-Tıpkıbasım*. İstanbul: Kesit Yayınları” adlı eserin “Dizin” bölümünden alınmıştır.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

çivildü: Kulak çınlaması (4b/8).

dağ: Yara (105a/3).

dā'i'l-keleb: Kuduz hastalığı (152b/5).

demāmil: Kan çıbanı (85b/1).

diz gözinüñ çıkması: Diz kapağı çıkması (144a/10).

diş za' fı: Diş ağrısı (38a/11).

diz çıkma: Diz çıkması (144b/4).

dübeyl: Far. İnsan vücudunda şişliklerle kendini gösteren bir hastalık (90a/11).

evrām: Vücutta meydana gelen şişler, yumrular (78b/9).

falgāmoni: Yun. Deri dokusundaki iltihaplanma (80a/6).

fālic: Ar. Felç, sekte (54b/3).

giceyük: Kaşınma, kaşıntı, uyuz hastalığı bk. giciyik, giciyük (76a/4).

giciyik: Kaşınma, kaşıntı, uyuz hastalığı bk. giciyük, giceyük (55b/9).

giciyük: Kaşınma, kaşıntı, uyuz hastalığı bk. giciyik, giceyük (55b/5).

gönül dönmek: Mide bulanmak (97a/3).

gudde: Ar. Vücutta deri ile et arasında ve en çok boyunda, kasıkta çıkan şiş, bez (93a/8).

hafaķān: Ar. Çarpıntı (97a/3).

hanāzır: Ar. Sıraca adı da verilen bir tür çıban (93a/11).

haşbe: Ar. Kızamık hastalığı (96a/4).

hike: Ar. Kaşıntı (55b/2).

humma: Ar. Başta sıtma olmak üzere ateşli hastalıklara verilen genel ad (81b/8).

hummayāt-ı rediyye: Ar. Azgın humma (115a/3).

hūmrā: Ar. Veremin bir çeşidi (79a/6).

hurāc: Ar. Çıban (85b/4).

imtilā: Ar. Tıka basa yemekten gelen mide dolgunluğu, hazımsızlık (69b/1).

iriñ: Cerahat (8a/9).

kabarcuķ: Vücutta oluşan sivilce gibi küçük şişkinlik (153b/8).

kabız: Ar. Büyük abdest bozmama veya güçlükte bozma durumu (21b/3).

kalgamūñi: Kanda olan verem (79a/5).

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

karha: Ar. Yara (5b/6).

kay: Kusma (21b/10).

kelef: Ar. Yüzdeki benekler, çil, sivilce (61a/10).

kızamuk: Kızamık hastalığı (63a/5).

kuduz: Kuduz hastalığı (149b/6).

kūla' : Ar. Ağız bölgesinde oluşan hastalıkların genel adı (22a/9).

kulā' -ı habīse: Bir tür ağız hastalığı, pamukçuk (26a/3).

kulınc: Ar. Şiddetli omuz, sırt ve karın ağrısı (54b/10).

kulunc: Bk. kulınc (120b/2).

kuruḥ: Yaralar, ülserler (55b/2).

nevāzil: Ar. Nezleler (19a/3).

riḥū'ş-şevke: Ar. Bir tür kemik hastalığı (114a/3).

ru'āf: Ar. Burun kanaması (19b/7).

sa'fe: Ar. Saç dökülmesi hastalığı (58a/8).

sal'eye-i leyyine: Vücutta oluşan yumuşak olan şişlik (79a/11).

sersām: Far. Menenjit hastalığı (4a/8).

sigil: Meme, basur memesi (72a/4).

şudā' : Ar. Baş ağrısı (4a/7).

şıkāk: Ar. El ve ayakta çatlama biçiminde görülen hastalık (52a/4).

talkīne: Ar. Tırnak hastalığı (147a/7).

ta'ūn: Ar. Veba veya yumurcak da denilen salgın hastalık (86a/8).

tefallu'ū'l-efār: Ar. Tırnak çıkması (148a/10).

telil: Ar. Sigil (71a/9).

temregi: Elde meydana gelen çatlama (64a/1).

teşennüc: Ar. Kasılma, spazm (115a/3).

tuḥme: Far. Hazımsızlık (90b/6).

tarfā: Ar. Gözün kenarında beliren kırmızılık (89a/4).

ufūnet: Ar. İltihap (40a/10).

ur: Yumru, tümör, neoplazma (92a/4).

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

‘usr-ı bevl: İdrar zorluğu (153b/9-10).

uyuz: Uyuz hastalığı (65a/10).

veca’: Ar. Ağrı sızı (14a/7).

verem: Ar. Ur, çıban (3b/8).

yara: Vücutta meydana gelen yarık, kesik veya çıban (30a/9).

zifda’: Ar. Dil altında oluşan şişlik (33b/8).

2.2. İlaç Adları ve İlaç Olarak Kullanılan Su, Yağ, Macun ve Terkipler

ayāric: Yun. İlaç olarak kullanılan bir grup macuna verilen ad (4a/9).

ayārec-i luğāziyā: Değişik maddelerden yapılan bir tür ilaç (73a/6-7).

beyan suyu: Buyan bitkisinden elde edilen su (116a/2).

bezir: Ar. Keten tohumundan çıkan yağ (46a/5).

cevāb: Arpa ile yapılan bir tür şurup (28a/7-8).

cüllāb: Far. Gülsuyu (52a/6).

çivid: Çin, Yemen ve Hindistan’da yetişen bir bitkiden elde edilen mavi renkli toz boya (75b/5).

dāhilyūn: Ar. Bir tür merhem (13a/11).

defne: Yun. Defnegillerden, yaprakları güzel kokulu ve yaz kış yeşil olan bir ağaç, develik (*Laurus nobilis*) (3a/7).

fatr-ı āsāliyūn: Bir tür terkip (148b/7).

feldefyūn: Ar. Değişik birleşimlerden oluşturulan bir tür propat (44a/5).

fetil: Ar. Fitol, anüse konulan donmuş yağ kıvamında ve koni biçiminde ilaç (113b/11).

gül-engübīn: Far. Bal ile yapılan gül murabbası (73b/6).

hardal: Ar. Hardal, turpgillerden, sarı çiçekli, deriyi yakıcı nitelikte olan, tohumu hekimlikte kullanılan tadı acı bir bitki (Lat. *Brassica nigra*) ve bu bitkinin tohumunun toz haline getirilmiş veya sirke ile karıştırılarak yapılmış macunu (41b/9).

Hindūsitān kozi yağı: Hindistan cevizinden elde edilen yağ (26b/10-11).

hiyel: Bir tür terkip (42a/2).

hūzaz: Ar. Topalak, kırkboğum bitkisi ve bundan elde edilen bir tür ilaç (27a/10).

qara merhem: Bk. merhem-i esved, bir tür merhem (153a/1-2).

kirūfi: Yun. Mumlu bez kullanılarak hazırlanan bir terkip (31a/1).

kuhl: Ar. Tutiya, göze uygulanan bir ilaç (54a/9).

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

kuḥul: Ar. Göze uygulanan bir ilaç, kuḥl (109b/2).

kurrās ‘aşāresi: Pırasa usaresi (20b/1).

kurrās şuyı: Pırasadan elde edilen su (46b/9).

ḳurs: Ar. Yuvarlak ve yassı daire şeklinde haplar, tablet (40a/7).

ḳust: Ar. Kıst otu ve bu otun kökünden elde edilen ilaç (36a/2).

lök: Lak manasına koyu ve yapışkan ve kavi yağışan boya ilavesiyle mühür balmumu yapılan sıfāl ve çini yapıştırdıkları macun (61b/1).

mā’-i ‘asel: Muassel, ballı, içine bal karıştırılmış veya bal ile terbiye olunmuş (31b/3).

mā’-i bāduruc: Fesleğen suyu (20a/10).

mā’-i evvel: İlaç yapımında kullanılan bir tür sıvı (110a/3).

mā’-i ḥayyü’l-‘ālem: Herdem suyu (Aqua sedı) (82a/2).

mā’-i hendebā: Hindiba suyu (82a/1).

mā’-i ḳumḳum: Testi suyu (53b/7).

mā’-i’l-cübn: Ar. Peynir suyu (61b/5).

mā’-i şabāl: Keçi boynuzu suyu (54a/4).

mā’-i şa’ır: Bk. cüllāb (151a/8).

mā’-i verd: Gül suyu (83a/2).

mā’ü’l-lahm: Ar. Et suyu (43b/2).

mahmüde: Ar. Çit sarmaşığgillerden yaprakları ok ucu biçiminde, çiçekleri soluk sarı renkte, 50-100 santimetre boyunda bir bitki ve bu bitkinin köklerinden çıkarılan, hekimlikte kullanılan reçineye benzer madde (59b/7).

merhem: Merhem (44a/8).

muḥallil: Ar. İltihaplar, şişeleri dağıtmaya yarayan ilaç (2b/9).

mūmyā: Far. Mumya denilen bir tür ilaç (145b/9).

mūshil: Ar. Kabızlığı giderici ilaç (7b/2).

nebizedide: Far. Kuru üzümünden yapılan şerbet (49a/6).

rāmek: Far. Bir tür macun (22a/5).

şādenec: Far. Daha çok göz hastalıkları için hazırlanan edviyelerde kullanılan ve Hindistan’dan getirilen bir çeşit taş, kan taşı (35b/8).

şeytārac: Ar. Serkileotu ve kökünden elde edilen bir ilaç (Plumbago zeylanica) (74a/6).

tılā: Ar. Sürülecek sıvı ve merhem (22b/5).

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

tiryāk: Ar. Terkibinde birçok madde olan panzehir olarak kullanılan bir tür ilaç (43b/3).

tütüyā: Ar. Göz hastalıklarında kullanılan çinkodan yapılan bir ilaç (90a/4).

yaķu: Yakı, bazı hastalıkları tedavi etmek amacıyla bir bez üzerine yayılıp deri üzerine uygulanan, beden ısısıyla vücuda yapışan, koyuca lapa (88b/7).

yitāzir: Bir müşhil adı (74a/3).

zurūr: Ar. Bir tür terkip (100b/3).

2.3. Araç Gereç Adları

aķac: Bir yerde birikip kalan sıvıları, bir işlem sonunda geriye kalan artıkları, gereksiz nesnelere dışarı akıtmak için kullanılan araç (140a/1).

demūr: Demir, cerrahi amaçla kullanılan neşter (74a/10).

destec: Çıkıklarda kullanılan ağaçtan yapılan bir alet (140a/1).

hūķne: Ar. Tenkiye aleti, şırınga (2b/7).

ķarūre: Ar. İdrar tahlili için kullanılan sırça kap (110a/5).

kelbet: Ar. Kerpeten bk. kelbeteyn, kelbeten, kelbetin (34a/9).

kelbeten: Ar. Kerpeten bk. kelbeteyn, kelbet, kelbetin (39b/2).

kelbeteyn: Ar. Kerpeten bk. kelbeten, kelbet (101b/6).

kelbetin: Ar. Kerpeten, bk. kelbeten, kelbeteyn, kelbet (41b/7).

mihceme: Ar. Kan almaya yarayan hacamat şişesi (48a/1).

miķrāz: Ar. Kesecek alet, makas (48a/7).

seyek: Kırık çıkık tahtası (132b/2).

seyik: Kırık çıkık tahtası (19b/6).

şinnāre: Far. Çengelli bir cerrahi alet (34a/5).

2.4. Hekim Adları ve Eser Adları

Bokrāt: Hipokrat (51b/7).

Cālinūs: Antik Roma'nın en büyük hekimlerinden Galenos, Galen (17b/10).

Ebi Mihcen: Ünlü bir hekim (100b/3).

Ebū 'Alī: İbn-i Sina (75b/4).

Edviye-i Müfrede: XIV. yüzyıl Türk hekimlerinden Geredeli İshak bin Murad'ın hekimliğe dair eseri (101a/11).

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

İbn-i Hübel: (Muhazibettin Ebul Hasan Ali bin Ahmet el-Bağdadi elAhlati) Ünlü bir Arap hekimi (152b/1).

Muhammed bin Zekeriyâ: Ünlü bir Arap hekimi (85a/7).

Muhammedi Zekeriyâ: Bk. Muhammed bin Zekeriyâ (8a/6).

2.5. Organ Adları ve Vücutla İlgili Terimler

2.5.1. Kemik Adları

azla'-ı halef: Kaburga kemikleri (130b/7).

diz kemügi: Diz kapağı kemiği (135b/10).

diz mafsalı: Diz eklemi (120b/8).

eyegi: Bk. Eyegü, kaburga kemiği (114b/5).

eyegü: Bk. Eyegi, kaburga kemiği (119b/8).

kalaça kemük: Kalça kemiği (119b/5).

karaca kemügi: Omuz ile dirsek arasındaki kemik (128b/4).

kaşık kemügi: Kalça kemiği (134a/10).

kemük: Kemik, türlü biçimdeki sert organların genel adı (22a/7).

kemükce: Küçük kemik (120b/11).

köpricek: Omuz başıyla göğüs kemiğinin üst ucu arasında bulunan ve derinin altında belli olan uzunca kemik bk. köprücek (138b/11).

köpricük: Bk. köpricek, köprücek (119b/2).

köprücek: Bk. köpricek (128b/1).

küreke: Omuzun art bölümünde kalan, üçgen biçiminde ve ince kemik (138b/10).

oñurğa: Bel kemiği, omurga (131b/4).

terkova: Ar. Köprücük kemiği (Clavicule) (119b/2).

2.5.2. Damar Adları

cihârrek: Far. Dudak çevresi damarları (27b/10).

ekhel: Kolun iç kısmındaki ana damar (89b/6).

kıfal: Yun. Boynun iki yanında, kanı başa taşıyan aort damarlarından her biri (9a/2).

şâfin: İç aşık kemiğinden topuğa kadar giden büyük damar (42b/11).

şiryân: Ar. Atardamar (112b/3).

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

2.5.3. Vücutun Kısımlarına verilen Adlar

baldır: Bacağın dizden ayak bileğine kadar olan bölümü, incik (135b/2).

bilek: Elle kolun, ayakla bacağın birleştiği bölüm (133a/10).

boyun: Gövdenin başla omuz arasında kalan bölgesi (96b/5).

bud: İnsan vücudunun kalça ile diz arasındaki bölümü (86b/10).

dirsek: Kolun orta yerindeki eklem dış tarafı (132b/3).

diz: Kaval, baldır ve uyluk kemiğinin birleştiği yer (143a/2).

el ayası: Elin, bilekle parmaklar arasındaki iç bölümü (140b/9).

el: Kolun bilekten parmak uçlarına kadar olan, tutmaya ve iş yapmaya yarayan bölümü (10b/4).

incik: Diz kapağı ile topuk arası, bunun topuğa yakın olan kısmı (135b/11).

karın: Karın, gövdenin üst bölgesi (99b/4).

kol: İnsan vücudunda omuz başından parmak uçlarına kadar uzanan bölüm (135b/11).

kıltık: Omuz başının altında, kolun gövde ile birleştiği yer (128b/10).

kuyruk: Omurganın alt ucunun bitim yeri (122b/4).

omuz: Boynun iki yanında kolların gövdeye bağlandığı bölüm (132b/3).

uyluk: Kalçadan dize kadar olan bacak (119b/10).

yağrın: Sırt, sırtın yukarı kürek kısmı (138b/10).

2.5.4. Organ Adları ve Vücutla İlgili Diğer Terimler

adel: Ar. Adale, kas (50b/10).

ahlāt: Eski tıpta, insan vücudunu ve mizacını meydana getirdiği ve insan sağlığının bunların dengesine bağlı bulunduğu kabul edilen unsurlar (Bunlar kan, balgam, sevda ve safradır) (53a/10).

arka: Vücutun belden boyuna kadar olan sırt kısmı (142a/1).

ayak: Bacak (135b/7).

bağarsuk: Bağırsak (99b/4).

bağır: Göğüs, sine (152a/6).

balgam: Ar. Eskiden beden yapısının esasını teşkil ettiği kabul edilen dört unsurdan biri (32a/3).

barmak: Parmak (77b/3).

bil: Bel (96b/6).

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

boğaz: Boyunun ön bölümü ve bu bölümü oluşturan organlar (96b/5).

bögreg: Böbrek (9a/10).

çeñe: Ççene (127b/1).

çene: Canlılarda baş bölümünde yer alan, altlı üstlü dişleri taşıyan ve ağzın kapanıp açılmasını sağlayan kasları üzerinde barındıran iki parçaya verilen ad (127b/1).

dil: Tatmaya, yutkunmaya, sesleri boğulamaya yarayan etli, uzun, hareketli organ (32b/11).

dimag: Ar. Beyin (82a/6).

diş: Çene kemiklerinin üstüne dizili, ısırıp koparmaya ve çiğnemeye yarayan sert, beyaz organlardan her biri (34a/3).

dişi eti: Diş eti (28a/10).

dişüñ eti: Diş eti (28a/10).

duda: Ağzın, dişleri örten ve dışarıya doğru az veya çok kıvrılan üst ve alt kenarlarından her biri (76b/3).

dübür: Ar. Kıç, makat (53b/11).

egen: Sırt, arka (128a/5).

eñse: Boynun arkası (22a/11).

erbeyān: Ar. Burnu tutan yumuşak et (16b/6).

et: İnsan ve hayvan vücudunun kas ve yağdan meydana gelen, kemikle deri arasında bulunan kısmı (58b/11).

fem: Ar. Ağız (32b/7).

ferc: Ar. Dişi canlılarda üreme organının dış bölümü, vulva (69a/1).

fiķarāt-ı zahr: Omurlar (114b/8).

gebeg: Göbek (77a/9).

geñiz: Ağız ve burun boşluğunun arka kısmı (16b/5).

ğışa'-i şulbe: Omurga perdesi (123b/9).

göbek: İnsan ve memeli hayvanlarda göbek bağının düşmesinden sonra karnın ortasında bulunan çukurluk (26b/6).

gögüs: Göğüs (130a/6).

göz: Görme organı (6a/11).

ħayā: Far. Er bezi (21a/10).

ħicāb: Ar. Organlar arasındaki ince zar (124a/9).

iğne: İğne (96b/6).

ilik: Kemiklerin iç boşluklarını dolduran yağlı madde (26b/2).

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

im'ā: Ar. Bağırsak (102b/3).

kalaca: Kalça (134a/10).

kan: Atardamar ve toplardamarların içinde dolaşarak hücrelerde özümleme, yadımlama görevlerini sağlayan plazma ve yuvarlardan oluşmuş kırmızı renkli sıvı (8b/11).

karıca: Pazu (129a/8).

ķavuk: Mesane, idrar torbası (50b/9).

kebed: Ar. Karaciğer (102b/2).

kemürdek: Gudruf, kıkırdak (126b/5).

ķulak: Kulak (5a/6).

ma' de: Ar. Mide (131a/8).

mafsal: Ar. Eklem (120a/10).

mak' ad: Ar. Oturak yeri, kık, makat (55a/2).

me'bizü'r-rükbe: Ar. Diz kapağı (43a/1).

meme: Meme, göğüs (6a/5).

meşâne: Ar. Sidik torbası (102b/2).

mi' a-yı müstakim: Ar. Kalın bağırsağın bir bölümü (56a/2).

murdar ilik: Ar. Omurilik (131b/5).

öd: Ar. Safra (3a/2).

rahm: Ar. Rahim (134b/6).

ribāt: Ar. Organlar arasındaki bağ (51a/2).

ri'e: Ar. Akciğer (102b/2).

şadr: Ar. Göğüs (38b/4).

şaru şu: İrin (14b/1).

ķamak: Ağız boşluğunun tavanı (32b/11).

ķurnak: Tırnak (147a/7).

ķobuk: Topuk (144b/10).

ķutaķ: Ağız dişleri örten ve dışarıya doğru az veya çok kıvrılan üst ve alt kenarlarından her biri (26a/5).

veter: Ar. Kasları hareket ettiren kiriş (91a/11).

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

2.6. Hayvan Adları

bit: Bit, asalak (Pediculus) (78a/5).

cānaver: Far. Kurtçuk (153b/5).

dūd: Ar. Kurt, böcek (55b/2).

ef' i: Ar. Yılan (74b/5).

geyik: Geyik (Cervus elaphus) (36a/3).

gögercin: Güvercin (Columba) (44a/4).

hūnzīr: Ar. Domuz (93b/5).

ibn-i 'ırs: Ar. Gelincik dedikleri küçük bir hayvan (153b/6).

kara yılan: Kara yılan (46b/4).

karga: Karga (74b/4).

karınca: Zar kanatlılardan, toplu olarak yaşayan, yuvaları toprağın altında olan ve birçok türü bulunan böceklerin genel adı (82b/2).

kaz: Perde ayaklılardan, suda ve karada yaşayan, uçan, yabani veya evcil kuş (7b/9).

keçi: Keçi (Capra hircus) (147b/1).

kelb: Ar. Köpek (152b/8).

koyun: Koyun (Ovis aries) (116a/8).

kurbağa: Kurbağa (102b/11).

kurd: Bazı böceklere veya bazı böcek kurtçuklarına verilen ad (12a/5).

SONUÇ

Tıp metinleri, tıp tarihi başta olmak üzere eczacılık, botanik ve halk hekimliği açısından kaynak eserlerdir. Tıp metinleri ile ilgili yapılacak çalışmalar Türkçenin söz varlığının ortaya konmasına katkı sağlaması açısından önemlidir. Bu yönüyle incelendiğinde Cerrâh-nâme'de çok sayıda bitki, hayvan, organ, ilaç, alet, hastalık vb. adlarına rastlanmaktadır.

Cerrâh-nâme'de Eski Anadolu Türkçesinin özelliklerinden biri olan yazım farklılıklarına rastlanmaktadır. Aynı sözcüğün farklı yazımları eserde daha çok organ adları ve hastalık adlarında görülmektedir: Çeñe: 127b/1, çene: 127b/1; eyegi: 114b/5 eyegü: 119b/8; feldefyün: 44a/5, felfiyun: 48b/4, feltefyün: 24a/8; giciyik: 55b/9, 65b/5, giciyük: 55b/5

Cerrâh-nâme'de geçen tıp terimleri köken bakımından Arapça, Türkçe, Farsça ve Yunancadır. Aynı dönemde yazılan diğer eserlere göre Türkçe terimlerin nispeten yoğun olması eserin halk tarafından kolay bir şekilde anlaşılması için kaleme alındığını göstermektedir. Eserde geçen yabancı kökenli kelimelerin yanına Türkçe karşılıklarının yazılması da bu düşüncemizi desteklemektedir.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

KAYNAKÇA

Erdağı, Binnur (2013). *Hekim Bereket Tuhfe-i Mübârizî, İnceleme-Metin-Sözlük*. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

Canpolat Mustafa ve Önler Zafer (2016). *İshâk bin Murâd Edviye-i Müfredde*. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

Önler Zafer (1990). *Celâlüddin Hızır (Hacı Paşa) Müntehab-ı Şifâ, Giriş-Metin*. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

Yıldırım, Nuran (1983). "XV. Yüzyıla Ait Türkçe Bir Cerrahnâme (Doktora Tezi Özeti)." *Doktora Tezleri. İstanbul Tıp Fakültesi Mecmuası 46, Supplementum 90* içinde 227-246.

Yavuz Serdar (2013). *Cerrâh-nâme, İnceleme-Metin-Dizin-Tıpkıbasım*. İstanbul: Kesit Yayınları.

Yelten, Muhammet (1997). *Şirvanlı Mahmud, Kemaliye, (Giriş-İnceleme-Metin-Sözlük)*. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

SYNTHESIS AND FUNCTIONALIZATION OF IRON OXIDE MAGNETIC PARTICLES FOR DYE REMOVAL APPLICATIONS IN WASTEWATER TREATMENT

Nihal YILMAZ*, Suzan BİRAN AY**

* Eskisehir Technical University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, 26555, ESKİŞEHİR
e-mail: nihal_yilmaz@eskisehir.edu.tr

** Eskisehir Technical University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, 26555, ESKİŞEHİR
e-mail: suzanba@eskisehir.edu.tr

Abstract: In this study, the removal of methylene blue (a cationic dye) from a model solution by an easy, economic, and fast method was aimed. Iron oxide magnetic particles were produced by co-precipitation method at ambient temperature and under inert atmosphere. Carboxymethylcellulose (CMC)-coated magnetic particles were obtained by simultaneous synthesis-coating method, where the production of CMC-NP was carried out in the presence of 0.5% and 1% (w/v) CMC concentrations. Bare and coated magnetic particles were observed by SEM and characterized by X-ray powder diffraction (XRD), which was further used for grain-size calculation. Synthesized bare, 0.5% w/v and 1% w/v CMC-coated magnetic particles were used for removal of methylene blue (MB) dye under UV- and daylight for 60 min. The removal of MB dye was followed by UV-Vis Spectroscopy, where the decrease in absorbance intensity of the dye at 664 nm was monitored. For all studied particles (naked, 0.5%- and 1%- CMC-coated MP), removal percentage of MB under UV-light was higher, implying that both photocatalytic and adsorption mechanisms were involved in the dye elimination. MB removal efficiency was enhanced from 39 to 93% with the increasing amount of coating material in naked and 1% CMC-coated MP, respectively. A fast removal of nearly 80% was observed after 15 min, reaching 93% after 1 h treatment with 1%-CMC-MPs. The removal capacity of the particles under UV-light after 60 min was calculated as 4.15, 9.39 and 9.78 mg of dye/g of adsorbent for bare, 0.5%- and 1% -CMC-coated MPs, respectively. These removal capacities are higher than the capacities of some other adsorbents that have been recently published in the literature. Being magnetically functionalized facilitates the separation and allows the multiple and continuous use of CMC-coated magnetic particles. Further studies are currently conducted for evaluation of their potential in wastewater treatment applications.

Keywords: Magnetic particles, Carboxymethyl cellulose coated magnetic particles, Methylene blue, Adsorption, Dye removal.

ATIK SU ARITIMINDA BOYA GİDERME UYGULAMALARI İÇİN DEMİR OKSİT MANYETİK PARÇACIKLARININ SENTEZİ VE İŞLEVSELLEŞTİRİLMESİ

Özet: Bu çalışmada, katyonik bir boya olan metilen mavisinin atık sularından kolay, ekonomik ve hızlı bir şekilde giderilmesi amaçlanmıştır. Demir oksit manyetik partiküller ikili çöktürme metoduyla ortam sıcaklığında ve inert atmosfer altında üretilmiştir. Karboksimetil selüloz kaplı manyetik partiküller, %0.5 ve %1 (w/v) CMC konsantrasyonlarının varlığında simultane sentez-kaplama metoduyla elde edilmiştir. Çıplak ve kaplı manyetik partiküller SEM’de gözlenmiş ve tanecik boyutu hesaplamalarında kullanılmak üzere XRD ile karakterize edilmiştir. Sentezlenen çıplak, %0.5 w/v ve %1 w/v CMC-kaplı manyetik partiküller 60 dakika süreyle UV- ve günışığı altında metilen mavisini giderimi için kullanılmıştır. Metilen mavisinin giderimi UV-Vis spektroskopisiyle boyanın 664 nm’deki absorbans yoğunluğundaki azalma izlenerek takip edilmiştir. Çalışılan bütün partiküller için (çıplak, %0.5- ve %1- CMC-kaplı manyetik partikül), metilen mavisinin giderim oranının UV-ışığı altında daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu, boya eliminasyonunun hem foto katalitik hem de adsorpsiyon mekanizmalarını içerdiği anlamına gelmektedir. Metilen mavisi giderim verimi, kaplama malzemesinin miktarının artmasıyla %39’dan %93’e yükselmiştir. %1 CMC-kaplı manyetik partiküller ile 15 dakika sonunda %80’e yakın hızlı bir giderim gözlenmiş ve 1 saat işlem sonunda giderim oranı %93’e ulaşmıştır. Partiküllerin giderim kapasitesi, UV-ışığı altında 60 dakika sonra, çıplak, %0.5- ve %1 CMC-kaplı manyetik partiküller için sırasıyla 4.15, 9.39 ve 9.78 mg boya/g adsorban olarak hesaplanmıştır. Bu giderim kapasiteleri literatürde yayınlanan bazı diğer adsorbanların kapasitelerinden daha yüksektir. Manyetik olarak işlevselleştirilmiş olmak ayırtmayı kolaylaştırır ve CMC kaplı manyetik partiküllerin çoklu ve sürekli kullanımına izin verir. Atık su arıtma uygulamalarında potansiyellerinin değerlendirilmesi için daha ileri çalışmalar yürütülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Manyetik partikül, Karboksimetil selüloz kaplı manyetik partikül, Metilen mavisini, Adsorpsiyon, Boya giderimi.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

SYMBOLS

C_0	Initial concentration (mg/mL)
C_t	Concentration at different time (mg/mL)
D	Diameter (nm)
k	Scherrer constant
m	Mass (g)
V	Volume (L)
q	Adsorbance capacity (mg of dye/g of adsorbent)
λ	X-ray wavelength (nm)
β	Full width at half maximum of the peak (FWHM)
θ	Bragg angle

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

INTRODUCTION

Recently, many techniques such as photo-degradation [1], adsorption [2], coagulation and flocculation [3], cation exchange [4], and advanced oxidation processes [5] have been developed for the treatment and removal of organic dyes from wastewater. The adsorption technique has attracted attention because of its simplicity of design, ease of operation, high-efficiency, and being environmentally friendly, which encouraged researchers to synthesize useful materials for this purpose [6]. Many adsorbents were applied to remove dye. Currently, nanoparticles have been studied as powerful adsorbents owing to their large specific surface area and small internal diffusion resistance [7,8]. Nevertheless, there are worrying reports on the adverse effect of these nanoparticles on public health and ecosystem [9]. To separate the fine particles in aqueous solutions quickly and easily, magnetic materials, usually in the form of magnetite (Fe_3O_4) or its oxidized product $-\text{Fe}_2\text{O}_3$ have been developed and utilized [10]. The magnetic particles can adsorb contaminants from aqueous solutions and then be separated from the waste water with a simple magnetic process.

Moreover, these particles can be further modified to serve for desired purposes. This is achieved by coating or functionalization of particle's surface. One of those materials is cellulose, which is an abundant and renewable natural polymer and has many interesting properties such as high surface area, good adsorption capability, biodegradability, and good mechanical stability. In addition, it contains plenty of hydroxyl groups, which can be easily replaced with other functional groups to improve particles' performance [11,12]. Carboxymethyl cellulose (CMC) is one of the most important derivatives of modified cellulose obtained through the etherification reaction on C6 hydroxyl groups [13]. Its non-toxicity, high water solubility, marvelous light, and thermal stability have broad applications in many fields such as food, pharmaceutical, detergents, and lubricants [14,15].

In this study, synthesis, and application of magnetic iron oxide particles as potential means in wastewater treatment was investigated. Bare and CMC-coated magnetic particles were used in UV - and visible light-assisted removal of methylene blue from aqueous solution. The dye removal efficiency and adsorption capacity of the particles was calculated.

MATERIALS AND METHOD

Materials

Ferric chloride hexahydrate ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) and ferrous chloride tetrahydrate ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) were purchased from Merck (Germany). Sodium hydroxide (NaOH), carboxymethyl cellulose sodium salt (NaCMC) and methylene blue dye (MB) were obtained from Sigma Aldrich. Distilled water was used throughout the experimental studies. All the chemicals used were of analytical grade and of highest purity.

Synthesis of Bare and CMC-Coated Magnetic Particles

Magnetic particles were synthesized by co-precipitation of $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ and $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (molar ratio 1:2) by NaOH at room temperature under inert atmosphere. Equal volumes of ferric and ferrous chloride solutions were mixed and 2M NaOH solution was added dropwise under continuous stirring until the solution became completely black. After the addition of NaOH, the solution was centrifuged, and the pellet was washed with distilled water until the solution pH became neutral. Then, the black precipitate was collected with an external magnet and dried at 40°C under vacuum. CMC-coated magnetic particles were synthesized by simultaneous synthesis-coating in the presence of 0.5% and 1% w/v NaCMC solution. Firstly, 0.5% and 1% w/v aqueous solutions of NaCMC were prepared with continuous stirring for 24 h at room temperature. Secondly, ferric and ferrous chloride solutions were mixed homogeneously and then NaCMC solution was added drop by drop. Lastly, 2M NaOH solution was added drop wisely to the mixture under vigorous stirring under inert atmosphere and left for 30 min. The final mixture was centrifuged; the precipitate was washed until neutral and lastly separated using magnet and dried in vacuum oven at 40°C .

Methylene Blue Removal by Magnetic Particles

Adsorption efficiencies of synthesized magnetic particles on methylene blue (MB) dye were investigated under UV- and daylight for 60 min. 0.005 g bare and CMC-coated magnetic particles were added to 5 mL 10 ppm MB solutions. Prepared mixtures were placed under UV-light and at room conditions. Absorbance spectra of MB solution samples were taken with UV-visible spectrophotometer (UV-2600, Shimadzu, Japan) with 15 min-intervals. Methylene blue removal was determined by measuring MB concentration before and after treatment with particles based on the

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

maximum absorbance values of MB dye at 664 nm. The removal efficiency (%) of MB (Eqn. 1) and the removal capacity of the particles (q mg of dye/g of adsorbent) (Eqn. 2) were calculated using the following equations:

$$\text{Removal \%} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

$$q \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{(C_0 - C_t)V}{m} \quad (2)$$

where C_0 is the initial concentration of MB and C_t is the MB concentration at different sampling times; V is the volume (L) of MB solution, and m is the mass of particles (g).

RESULTS AND DISCUSSION

Characterization of Synthesized Particles

The synthesized particles demonstrated strong magnetic properties (Fig. 1). To investigate the particles' crystal structure and purity, X-ray diffraction (XRD) analysis was used. The crystallinity of prepared particles was measured by XRD (XRD, Rigaku Miniflex, Japan) Cu-K α radiation ($\lambda=0.154$ nm) at 40 kV in a measuring range of 10-80° on 2θ scale at a scan speed 0.02° s⁻¹.

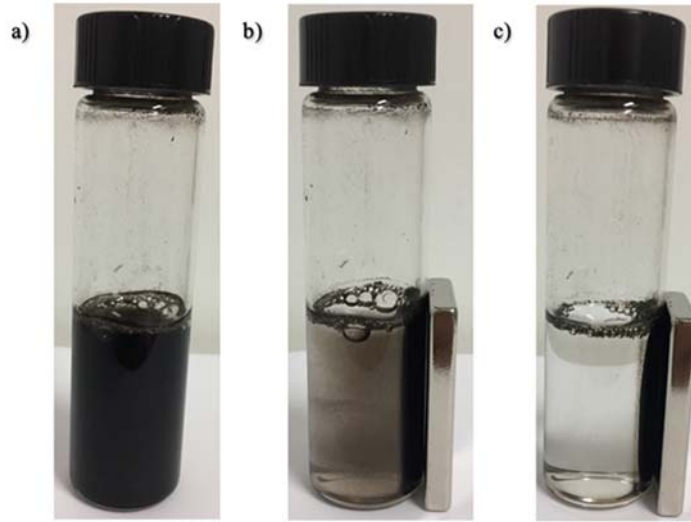


Figure 1. Synthesized bare magnetic particles under influence of an external magnetic field after a) 0 s, b) 50 s, c) 80 s.

Figure 2 displays the XRD patterns of synthesized magnetic nanoparticles. Five characteristic peaks were observed at 2θ of 30.36, 35.7, 43.38, 57.32, 62.9 and their indices 220, 311, 400, 511, 440 for bare magnetic particles. Both CMC-coated magnetic particles (0.5% and 1% (w/v) NaCMC containing solutions) demonstrated similar XRD pattern as the bare ones, implying that the biopolymer coating did not chemically or physically affect the magnetic properties of particles. The increasing mass fraction and different network structure of the non-magnetic CMC shell however, slightly reduced the diffraction intensity of magnetic cores.

The observed peaks were consistent with the database on Powder Diffraction Standards files for Fe₃O₄ (JCPDS No. 19-0629) and reveal that the resultant nanoparticles were pure Fe₃O₄ with a cubic structure [16]. This also explained that the coating process did not result in the phase change of iron oxide. The broad nature of the diffraction bands in the pattern below was considered as an indication of small particle size, which was estimated from the XRD data.

The crystallite sizes were quantitatively evaluated using the Debye– Scherrer equation which gives a relationship between peak broadening in XRD and particle size: [17] (Eqn. 3).

$$D_{nm} = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (3)$$

where D is the crystal size, k is the particle shape factor, λ is the wavelength of X-ray, θ is the Bragg's angle in radians, and β is the full width at half maximum of the peak in radians.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

Based on the calculations derived from the XRD patterns of magnetic particles, the crystallite sizes of bare, 0.5% CMC-coated, and 1% CMC-coated magnetic particles were found as 9.55 nm, 9.38 nm, and 6.17 nm, respectively.

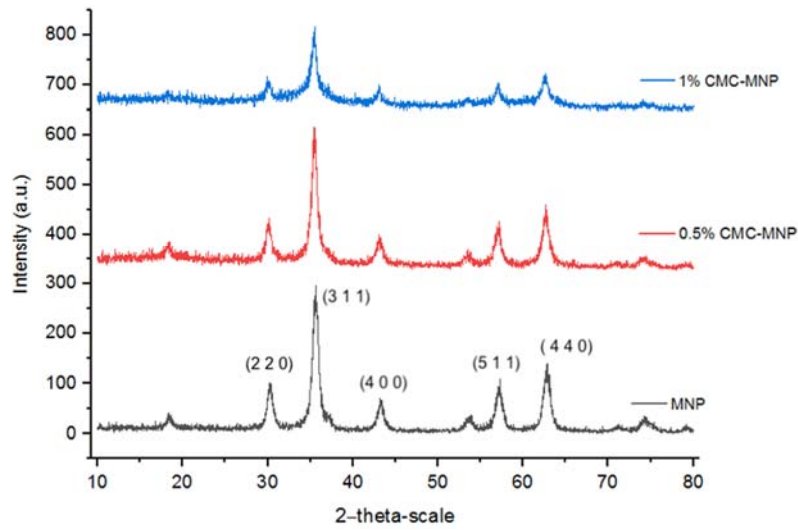


Figure 2 XRD patterns of synthesized bare and CMC-coated magnetic particles

Figure 3 also demonstrates the desktop SEM images of the synthesized bare and CMC-coated particles. Different agglomeration degrees were observed for the bare particles, explaining their relatively larger crystallite size, calculated using the Debye– Scherrer equation.

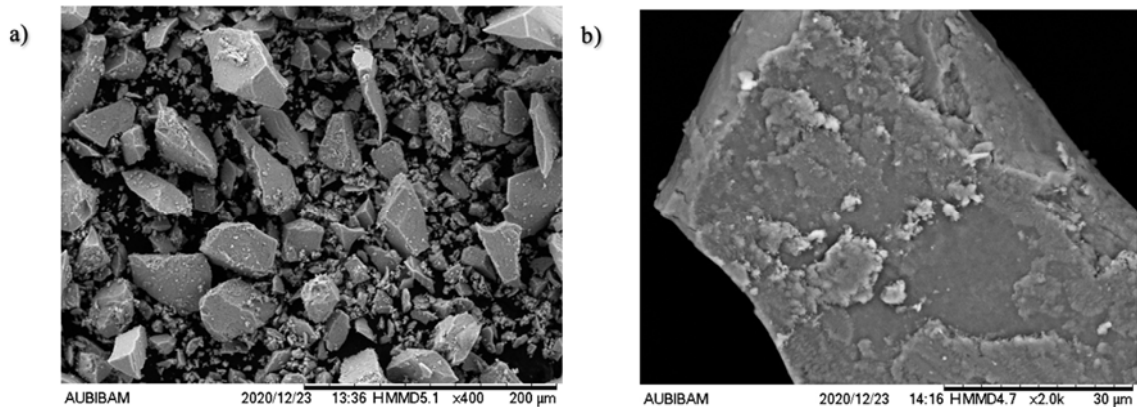


Figure 3. SEM desktop results of synthesized (a) bare, (b) CMC-coated magnetic particles

Removal of Methylene Blue Dye

Different factors, such as surface modification of magnetic particles (0.5% w/v CMC, 1% w/v CMC) and conditions (UV- and daylight), affecting the removal of methylene blue were investigated. UV-visible spectra of MB were monitored with 15-min intervals. Figure 4 shows that MB removal using 1% w/v CMC-coated MP under UV-light was highly efficient, reducing the dye concentration by 80% in the first 15 min and by more than 93% in 1 h.

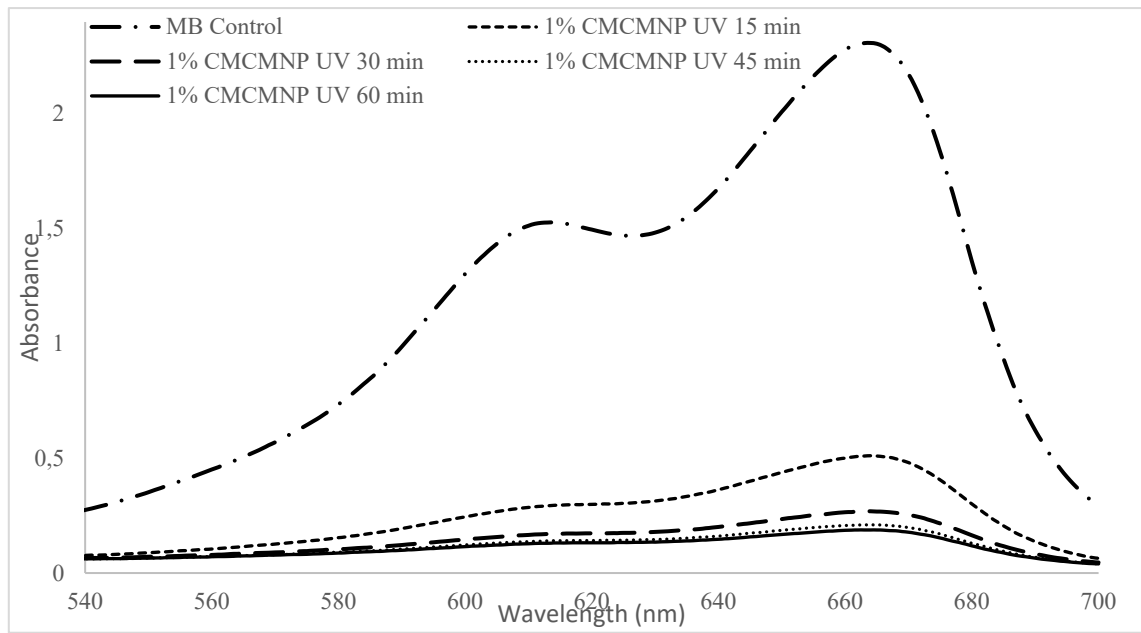


Figure 4. Time-dependent decrease in MB dye concentration in the presence of 1% CMC-coated MNP under UV light

Bare and CMC-coated magnetic particles were used to investigate the effect of applied conditions on MB removal. Figure 5 shows that the influence of magnetic particle structure as well as the exposure to UV- and day-light on MB removal efficiency after 1 h. The adsorption capacities of the magnetic particles were also calculated.

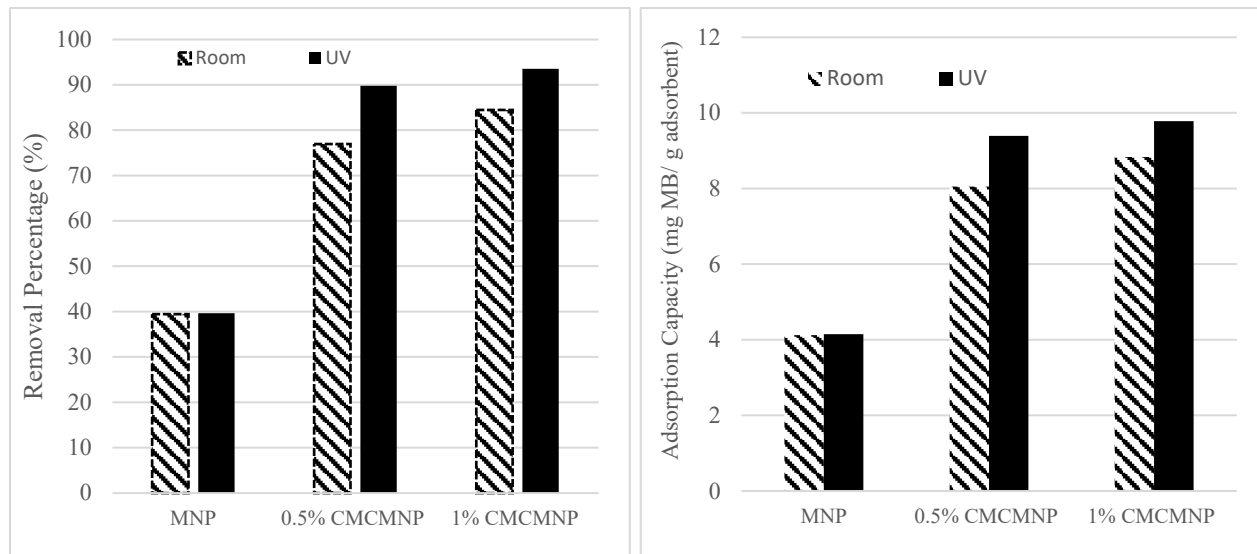


Figure 5. Methylene Blue removal percentage by different magnetic particles after 60 min and their adsorption capacities

CMC-coated particles were significantly more effective in dye removal compared to the naked magnetic particles. Methylene blue removal percentage increased with the increasing concentration of the surface coating material reaching 94% using 0.005 g of 1% CMC-coated particles. The increase of the available surface for the adsorption process explains how the removal percentage increased from 39% to 94% with bare magnetic particles and 1% CMC-coated magnetic particles, respectively. The adsorption capacities of magnetic particles increased from 4.1 to 9.7 mg MB/g of adsorbent by increasing the coating concentration. In all conditions, UV irradiation exhibited higher removal efficiency than the visible (daylight) light irradiation. UV- and daylight differ in their intensity, energy, wavelength maximum and mechanism for dye degradation, so their photodegradation efficacy was also different.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

CONCLUSION

Naked and CMC-coated magnetic particles with different concentrations (0.5% and 1% w/v) were successfully synthesized and applied for removal of methylene blue dye from aqueous solution. For all particles, removal percentage of MB under UV-light was higher. MB removal efficiency percent increased with the increasing concentration of surface coating material, rising from 39 to 93% for naked and 1%CMC-coated particles, respectively. This was attributed to the increase in surface area of the magnetic particles for the adsorption process. The highest removal capacity of the particles was calculated as 4.15, 9.39 and 9.78 mg of dye/g of adsorbent for bare, 0.5% w/v CMC-coated and 1% w/v CMC-coated magnetic particles, respectively, under UV-light after 60 min. Magnetic particles coated with CMC can be used as an efficient adsorbent for the removal of cationic dye (Methylene Blue), due to their easy separation using an external magnetic field and high efficiency. Moreover, considering the operation cost, the irradiation-based technology could be applied especially in regions where sunlight exposure is significant and prolonged, since it will ensure sufficient visible light adding the advantage of small proportion of UV irradiation.

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors would like to thank the Anadolu University Plant Drug and Scientific Research Center (AUBIBAM) for the SEM images. This work was financially supported by Eskisehir Technical University (ESTU) research fund with project number 20ADP099. Nihal Yılmaz was supported by TUBITAK-BİDEB 2210/C National Scholarship Program for MSc students.

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK, DOĞA VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU
ISENS-21 Ana Teması "ENERJİ ve TOPLUM"
25-28 KASIM 2021 BATMAN ÜNİVERSİTESİ

REFERENCES

- [1] Tang S, Wang Z, Yuan D, Zhang Y, Qi J, et al. Enhanced photocatalytic performance of BiVO₄ for degradation of methylene blue under LED visible light irradiation assisted by peroxymonosulfate. *International of Electrochemical Science* 15(3): 2470-2480, 2020.
- [2] Le TTH, Phung BQ, Dang DD, Synthesis of Bi_{0.5}Li_{0.5}TiO₃ Nanoparticles by Sol-Gel Method for Photocatalytic Methylene Blue Degradation and Antibacterial Activity. *Journal of Nanomaterials* 2019: 1-10, 2019.
- [3] Lau YY, Wong YS, Teng TT, Morad N, Rafatullah M, et al., Degradation of cationic and anionic dyes in coagulation–flocculation process using bi-functionalized silica hybrid with aluminum–ferric as auxiliary agent. *RSC Advances* 5(43): 34206-34215, 2015.
- [4] Salima A, Ounissa KS, Lynda M, Mohamed B, Cationic dye (MB) removal using polymer inclusion membrane (PIMs). *Procedia engineering* 33: 38-46, 2012.
- [5] El Nemr A, Hassaan MA, Madkour FF, Advanced oxidation process (AOP) for detoxification of acid red 17 dye solution and degradation mechanism. *Environmental Processes* 5(1): 95-113, 2018.
- [6] Wei W, Yang L, Zhong W, Li S, Cui J, et al., Fast removal of methylene blue from aqueous solution by adsorption onto poorly crystalline hydroxyapatite nanoparticles. *Dig J Nanomater Biostruct* 19: 1343-1363, 2015.
- [7] X. Dou, Y. Zhang, H. Wang, T. Wang, Y. Wang, Performance of granular zirconium–iron oxide in the removal of fluoride from drinking water, *Water Res.* 45, 3571–3578, 2011.
- [8] M. Fan, C.P. Huang, T.A. Hatton, A.E. Bland, R.R. Judkins, Z.L. Wang, Application of nanotechnologies in separation and purification, *Sep. Purif. Technol.* 58, 1, 2007.
- [9] L.K. Adams, D.Y. Lyon, P.J.J. Alvarez, Comparative ecotoxicity of nanoscaled TiO₂, SiO₂, and ZnO water suspensions, *Water Res.* 40, 3527–3532, 2006.
- [10] C.T. Yavuz, J.T. Mayo, W.W. Yu, A. Prakash, J.C. Falkner, S. Yean, L. Cong, H.J. Shipley, A. Kan, M. Tomson, D. Natelson, V.L. Colvin, Low-field magnetic separation of monodisperse Fe₃O₄ nanocrystals, *Science* 314, 964–967, 2006.
- [11] Chen L, Li Y, Hu S, Sun J, Du Q, et al., Removal of methylene blue from water by cellulose/graphene oxide fibres. *Journal of Experimental Nanoscience* 11(14): 1156-1170, 2016.
- [12] Hariani PL, Riyanti F, Kurniaty A, Modification of cellulose with acetic acid to removal of methylene blue dye. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019.
- [13] Kuang Y, Zhang X, Zhou S, Adsorption of Methylene Blue in Water onto Activated Carbon by Surfactant Modification. *Water* 12(2): 587- 606, 2020.
- [14] Asl S, Mousavi M, Labbafi M, Synthesis and characterization of carboxymethyl cellulose from sugarcane bagasse. *J Food Process Technol* 8: 1-6, 2017.
- [15] Shui T, Feng S, Chen G, Li A, Yuan Z, et al., Synthesis of sodium carboxymethyl cellulose using bleached crude cellulose fractionated from cornstalk. *Biomass and Bioenergy* 105: 51-58, 2017.
- [16] Sadeghi, S.; Azhdari, H. Surface modified magnetic Fe₃O₄ nanoparticles as a selective sorbent for solid phase extraction of uranyl ions from water samples. *J. Hazard Mater.*, 215, 208–216, 2012.
- [17] Horváth L, Magrez A, Golberg D, Zhi C, Bando Y, Smajda R, Horváth E, Forró L, Schwaller B. In vitro investigation of the cellular toxicity of boron nitride nanotubes. *ACS Nano.* 2011 May 24;5(5):3800-10. doi: 10.1021/nn200139h. Epub 2011 Apr 22. PMID: 21495683, 2011.