



6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu  
6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium  
1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>



## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumunu / 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium (EFIS)

**EFIS 2022 PROCEEDING**

**ISBN NUMBER: 978-605-9678-31-5**

*Dr. Öğr. Üyesi Engin KOCAMAN*

*Editörler*

*Arş. Gör. Dr. Semih ENGÜN*



## CONTENTS / İÇİNDEKİLER TABLOSU

<i>Bildiri Başlığı</i>	<i>Sayfa No</i>
<i>VANE DENEYİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA</i>	<i>1</i>
<i>USE OF NATURAL PERLITE AGGREGATE AND PERLITE POWDER IN SELF-COMPACTING LIGHTWEIGHT CONCRETE</i>	<i>8</i>
<i>USE OF ZEOLITE AS A NATURAL POZZOLAN AND PERLITE SAND WITH DIFFERENT TYPES OF PVA FIBERS IN ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITE</i>	<i>16</i>
<i>YAKIN GEÇMİŞ KONUT POLİTİKASI DEĞİŞİMİ: KOCAELİ ÖRNEĞİ</i>	<i>23</i>
<i>DEPREM YALITIMININ TARİHSEL GELİŞİMİ, UYGULAMA ÖRNEKLERİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ</i>	<i>31</i>
<i>İSTİNAT DUVARLARININ FARKLI ZEMİNLERDEKİ DAVRANIŞLARI</i>	<i>39</i>
<i>INVESTIGATION OF THE EFFECT OF BLAST LOAD ON STATIC PARAMETERS IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURE USING FINITE ELEMENT METHOD</i>	<i>48</i>
<i>4B BASKI: 3B BASKI İLE 4B BASKININ KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ</i>	<i>56</i>
<i>ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR İÇİN PLA FİLAMENT ÜRETİMİ VE EXTRUDER TASARIMI</i>	<i>64</i>
<i>DRONE GÖRÜNTÜLERİ İLE KAYISI REKOLTE TAHMİN SİSTEMİ</i>	<i>72</i>
<i>VERİ TABANLARINDA KULLANILAN TAM METİN ARAMA YÖNTEMLERİNİN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI</i>	<i>78</i>
<i>YENİ AVRUPA SÜRÜŞ ÇEVİRİMİNDE ELEKTİKLİ ARAÇLAR İÇİN GRİ KURT OPTİMİZASYON TABANLI HIZ KONTROLÖR TASARIMI</i>	<i>86</i>
<i>BİLGİSAYAR DESTEKLİ NOHUT TÜR TAHMİNİ</i>	<i>94</i>
<i>DETECTING PHISHING WEBSITE WITH MACHINE LEARNING</i>	<i>100</i>

---

<i>ENERGY CONSUMPTION FORECASTING USING TIME SERIES</i>	107
<i>TTK KARADON TAŞKÖMÜRÜ İŞLETME MÜESSESESİ HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNİN BİLGİSAYARLA MODELLENMESİ İÇİN ALTYAPI HAZIRLAMA ÇALIŞMALARI</i>	115
<i>OTOMOBİL SOĞUTMA SİSTEMİNDE HİBRİT NANOAKIŞKAN KULLANIMI</i>	121
<i>SİNOP, ANKARA VE HATAY İLLERİNİN RÜZGÂR GÜCÜ POTANSİYELİNİN WEIBULL VE RAYLEIGH DAĞILIMI İLE İNCELENMESİ</i>	129
<i>VİNÇ KANCASININ YAPISAL ANALİZİ VE TOPOLOJİ OPTİMİZASYONU</i>	139
<i>BİR YÜK GEMİSİ AMBAR KAPAĞI İÇİN HİDROLİK DEVRE TASARIMI VE SİMÜLASYONU</i>	146
<i>ÇOK EKSENLİ ROBOT KOL TASARIMI VE TOPOLOJİ OPTİMİZASYONU</i>	154
<i>ULTRASONUN İÇ İÇE GEÇMİŞ POLİMER AĞ YAPILI (IPN) HİDROJEL ÜZERİNDEKİ İLAÇ SALIM ETKİSİNİN İNCELENMESİ</i>	162
<i>ENERJİ TÜKETİMİNDE SU TULUMBALARININ ÖNEMİ; BİR MADEN İŞLETMESİ ÖRNEĞİ</i>	170
<i>KARAYOLU PROJESİ HAZIRLANMASI VE CAD ORTAMINDA PROJELENDİRİLMESİ</i>	175
<i>BETONARME KOLONLARIN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ</i>	183
<i>İNTERFEROMETRİK YAPAY AÇIKLIKLI RADAR TEKNİĞİ İLE SENTINEL-1 RADAR VERİLERİNDEN SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ ÜRETİMİ</i>	191
<i>PPP YÖNTEMİYLE MUTLAK KONUM VE SERBEST AĞ DENGELMESİ YÖNTEMİYLE BAĞIL KONUM BELİRLEME</i>	199
<i>FARKLI BENZETİM ORTAMLARINDA KALP YETMEZLİĞİ OLAN HASTALARIN SAĞKALIM ORANLARININ ÇOK KATMALI ALGILAYICILARLA TESPİTİ</i>	207
<i>VAKIF TAŞINMAZLARININ DEĞERLEMESİNDE KARŞILAŞILAN PROBLEMLER VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ</i>	213
<i>FOTOVOLTAİK ENERJİ TAHMİNİ İÇİN BİNA ÇATI DÜZLEMİ ÇIKARIMI</i>	219

---

<i>İSTANBUL SULTANBEYLİ İLÇESİNDE GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE MÜLKİYET PROBLEMİ VE ÇÖZÜMÜNE İLİŞKİN YAPILAN ÇALIŞMALAR</i>	227
<i>DOĞU KARADENİZ SICAKLIK VE YAĞIŞ VERİLERİNİN ZAMAN SERİLERİ ANALİZLERİ İLE İNCELENMESİ</i>	233
<i>NDVI ve YAĞIŞ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN GEE'DE ZAMAN SERİSİ YÖNTEMİ İLE ANALİZİ: RİZE İLİ ÖRNEĞİ</i>	246
<i>GRACE UYDUSU ve GLDAS MODELİNDEN ELDE EDİLEN TOPLAM SU KÜTLESİ DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI</i>	251
<i>FeWBCr ESASLI SERT YÜZEY DOLGU ALAŞIMININ İNCELENMESİ</i>	259
<i>OPTIMIZING ROUTING WITH MOD-AOMDV FOR LOAD BALANCING ON MANET</i>	266
<i>THE DEVELOPMENT OF VS PROFILE DATABASE FOR LARGESCALE SITE RESPONSE ANALYSIS: AN APPLICATION TO İZMİR AND KOCAELİ</i>	274
<i>THE EFFECT OF CHLORIDE BASED DE-ICERS ON EXPANSION FROM ALKALI-AGGREGATE REACTION</i>	282
<i>INVESTIGATING THE EFFECTS OF NANOPARTICLES ON ANAEROBIC SEWAGE SLUDGE DIGESTION</i>	290
<i>BİR OTOMOBİL KRANK MİLİNİN HASAR ANALİZİ</i>	295
<i>TARLADAN ÇATALA STRATEJİSİNE GÖRE EKMEK ÜRETİMİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ</i>	302
<i>KOLESTEROLÜN BİYOSENSÖRDE DİFERANSİYEL PULS VOLTAMETRİ TEKNİĞİ İLE TAYİNİ</i>	306
<i>TAŞINMAZ DEĞERLEME HARİTALARININ ÜRETİLMESİNDE UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TEKNİKLERİNİN KULLANIMI</i>	311
<i>HASTANE BİLGİ YÖNETİM SİSTEMLERİNİN KİŞİSEL VERİLERİ KORUMA KANUNU UYUMLULUĞU'NUN BİR OZEL HASTANEDE DEĞERLENDİRİLMESİ ANKET ÇALIŞMASI</i>	317
<i>BETON DOLGULU GFRP KUTU KESİTLERDE ARA YÜZEY KAYMA DİRENCİNİN SICAKLIK DEĞİŞİMİ ALTINDA İNCELENMESİ</i>	325

*Sempozyum Onursal Başkanı*

*Prof. Dr. ismail Hakkı ÖZÖLÇER*  
*(ZBEÜ Rektörü)*

*Sempozyum Başkanı*

*Prof. Dr. Şenol Hakan KUTOĞLU*  
*(ZBEÜ-Rektör Yardımcısı)*

## **DÜZENLEME KURULU (ORGANIZATION COMMITTEE)**

- [Dr. Öğr. Üyesi Engin KOCAMAN \(Düzenleme Kurulu Başkanı\)](#)
- [Dr. Öğr. Üyesi Berna AKSOY](#)
- [Dr. Öğr. Üyesi Oğuz KOÇAR](#)
- [Arş. Gör. Dr. Semih ENGÜN](#)
- [Arş. Gör. Dr. Muhammet Karabulut](#)
- [Arş. Gör. Volkan AKGÜL](#)
- [Arş. Gör. Batuhan Cem ÖĞE](#)
- [Rahmah ALHARBİ](#)
- [Gizem TOKMAK](#)
- [Serenay DEVECİ](#)
- [Elif ERKAN](#)
- [İlayda İrem MUMCU](#)

## **BİLİM KURULU (SCIENTIFIC COMMITTEE)**

Prof. Dr. Emrah DOĞAN	İnşaat Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Uğur ŞEN	Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Yılmaz YILDIRIM	Çevre Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hamit AYDIN	Jeoloji Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Kaizmierz BECEK	Geomatics Engineering, Wroclaw Universtiy of Science and Technology, Poland
Prof. Dr. Servet KARASU	İnşaat Mühendisliği, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Şaduman ŞEN	Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN	Maden Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Melih GENİŞ	Maden Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet HAMDİ ÖZYİĞİT	Makina Mühendisliği, Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Weibing DU	School of Surveying and Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, China
Prof. Dr. Şinasi KAYA	Geomatik Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Kadir ÖZDEMİR	Çevre Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Rıfat HACIOĞLU	Elektrik Elektronik Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mrutyunjay PANIGRAHI	Materials and Metallurgical Engineering, Indus University, India
Prof. Dr. Serdar ULUBEYLİ	İnşaat Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye



Prof. Dr. Hüseyin TOPAN	Geomatik Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Süreyya ALTIN	Çevre Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Rahime Seda TIĞLI AYDIN	Biyomedikal Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Mahmut ŞEKER	Gıda Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Jan BLACHOWSKI	Geodesy and Geoinformatics Department, Wroclaw University of Science and Technology
Doç. Dr. Okan SU	Zonguldak Meslek Yüksek Okulu, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü
Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk ÇAPAR	İnşaat Mühendisliği, Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Eray KÖKSAL	Geomatik Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Tuna ÜLGER	İnşaat Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Serkan DİŞLİTAŞ	Bilgisayar Mühendisliği, Hitit Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Rukiye UZUN ARSLAN	Elektrik Elektronik Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÖZTÜRK	İnşaat Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Necati MERT	İnşaat Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

**PROCEEDINGS / BİLDİRİLER**



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

## **VANE DENEYİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

Safa ÇEVİK <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Safa ÇEVİK, İnşaat Yüksek Mühendisi, Teknik Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş., İstanbul TÜRKİYE  
safac@teknikmuhendislik.com.tr

\* Sorumlu yazar; E-Mail: safac@teknikmuhendislik.com.tr; Tel.: +90-537-867-94-33

### **ÖZET**

Drenajsız kayma mukavemeti geoteknik mühendisliği kapsamındaki yapıların tasarımı için önemli bir parametredir. Bu çalışmada bir proje kapsamında yer alan kil birimlerde yapılan Vane Deneyi sonuçları kayma mukavemeti-plastisite indisi ve kayma mukavemeti-derinlik ilişkilerine göre değerlendirilmiştir. Araziden alınan numuneler üzerinde laboratuvar Vane Deneyi yapılmıştır. Drenajsız kayma mukavemeti-plastisite indisi ile ilişkisi Hansbo (1957), Skempton (1954), Bjerrum (1973), Ladd & Foott (1974) ve Garneau & LeBihan (1977) tarafından yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Arazi verilerinin bu araştırmacıların sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Drenajsız kayma mukavemetinin efektif gerilmeye oranı ortalama 0,15 olarak elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Vane Deneyi, Drenajsız Kayma Mukavemeti, Plastisite İndisi

## **STUDY ON VANE SHEAR TEST**

### **ABSTRACT**

Undrained shear strength is very important parameter in geotechnical engineering. In this study, Vane test is performed in the scope of project and test results were evaluated according to undrained shear strength-plasticity index and undrained shear strength-depth. Laboratory Vane test was performed on the samples. The results of this study were compared with Hansbo (1957), Skempton (1954), Bjerrum (1973), Ladd & Foott (1974) and Garneau & LeBihan (1977). Results showed that obtained datas were found to be compatible with the results of these researchers. Ratio of undrained shear strength to effective soil pressure ( $c_u/s'$ ) was calculated as 0,15.

**Key Words:** Vane Test, Undrained Shear Strength, Plasticity Index

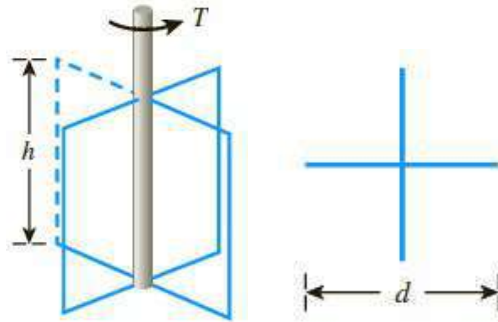
## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Zeminlerin kayma mukavemeti su muhtevası, kıvam limitleri, sıklık gibi zeminin çeşitli fiziksel parametrelerine bağlıdır. Kayma mukavemetinin doğru belirlenmesi geoteknik mühendisliği problemlerin çözümünde önemli bir faktördür. Kayma mukavemeti değeri, çeşitli laboratuvar ve arazi deneyleri ile belirlenebilmektedir. Bunun haricinde literatürde araştırmacılar tarafından geliştirilmiş oldukça fazla korelasyon bulunmaktadır. Kohezyonlu zeminlerde drenajsız kayma mukavemeti, üç eksenli deneyler, serbest basınç deneyi ve Vane deneyi ile belirlenebilmektedir. Bu çalışmada İstanbul ilinde yer alan bir proje kapsamında yapılan laboratuvar Vane deneyi sonuçları değerlendirilmiştir. Deney numuneleri yüzeyden 36-48 m kotlarından alınarak laboratuvar deneyleri bu kotlar arasından alınan numuneler üzerinde yapılmıştır. Vane deneyi ilk olarak 1919 yılında İsveç’ te geliştirilmiş olup 1940’ lı yıllardan beri tüm dünyada killerin drenajsız kayma mukavemetinin belirlenmesi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Chandler, 1988).

## 2. VANE DENEY PROSEDÜRÜ (VANE SHEAR TEST PROCEDURE)

Vane (kanatlı kesici) deneyi çok yumuşak-orta katı killerin drenajsız kayma mukavemetini belirlemek için kullanılmaktadır. Deneyde dört bıçaklı kesici çelik plakalar zemin içine batırılarak tije tork verilir. Kanatlı kesiciye zemin tarafından uygulanan direnç tije uygulanan tork ile ölçülür. Uygulanan tork, T, zemin yüzeylerinde kayma gerilmelerinin oluşmasına ve dolayısıyla bu torka direnç gösteren  $M_s$  direnme momenti oluşacaktır. Zeminde oluşan direnme momenti yardımıyla zeminin drenajsız kayma mukavemeti bağıntı (1) yardımıyla hesaplanır. Bu formülde ( $\pi dh$ ) değeri kanatlı kesicinin çevresini,  $c_u$  değeri drenajsız kohezyonu, ( $d/2$ ) değeri ise moment kolunu ifade etmektedir. Deneyde kullanılan kanatlı kesicinin yüksekliği  $h$ , genişliği  $d$  olmak üzere şematik olarak Şekil 1’ de gösterilmiştir. Laboratuvar deneyinde kullanılan ekipmanlar ise Şekil 2’ de gösterilmiştir.

$$M_s = (\pi dh) \cdot c_u \cdot (d/2) \quad (1)$$



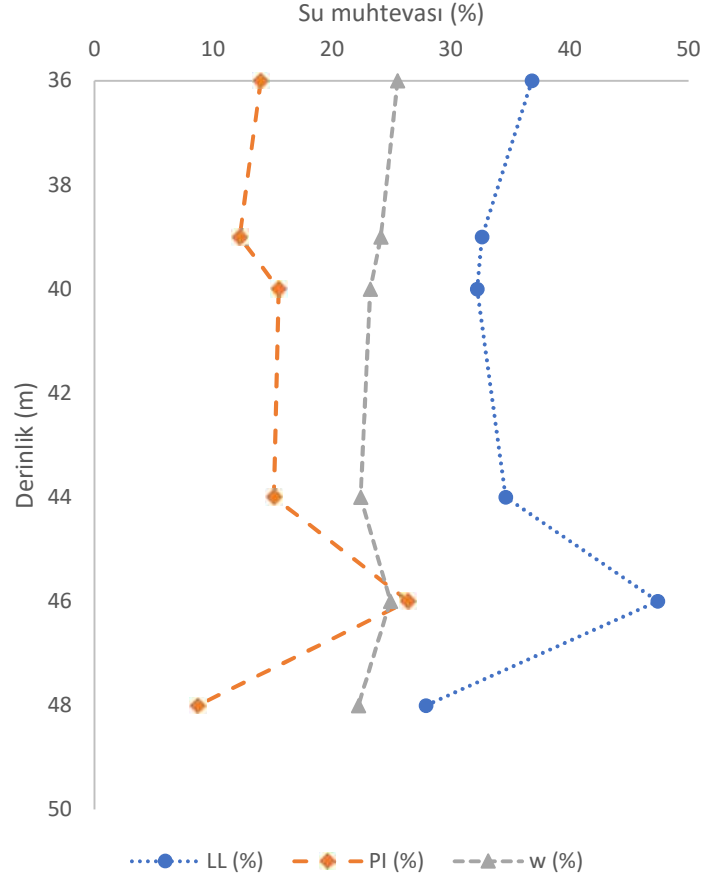
Şekil 1. Kanatlı kesici şematik çizimi (Das, 2018)



Şekil 2. Laboratuvar Vane deney ekipmanı (Das, 2018)

### 3. YAPILAN ÇALIŞMALAR (PERFORMED STUDIES)

Çalışma kapsamında yapılan deneylerde kanatlı kesici genişliği  $d= 12,7$  mm, yüksekliği ise  $h= 12,7$  mm olarak kullanılmıştır. Deney ile bulunan drenajsız kohezyon değerlerine düzeltme kat sayısı uygulanarak tasarım değerleri hesaplanmaktadır. Literatürde zemin kıvam limitlerine bağlı olarak önerilen birçok korelasyon mevcuttur. Kıvam limitlerini belirleme amacıyla yapılan deneyler ile elde edilen likit limit, su muhtevası ve plastisite indisinin derinlikle değişimi Şekil 3' te verilmiştir. Bu çalışmada Bjerrum (1974) ile Morris ve Williams (1994) tarafından plastisite indisi (PI) ve likit limit (LL) değerleri kullanılarak hesaplanan düzeltme katsayıları kullanılmıştır. Hesaplanan düzeltme katsayıları Tablo 1' de verilmiştir.



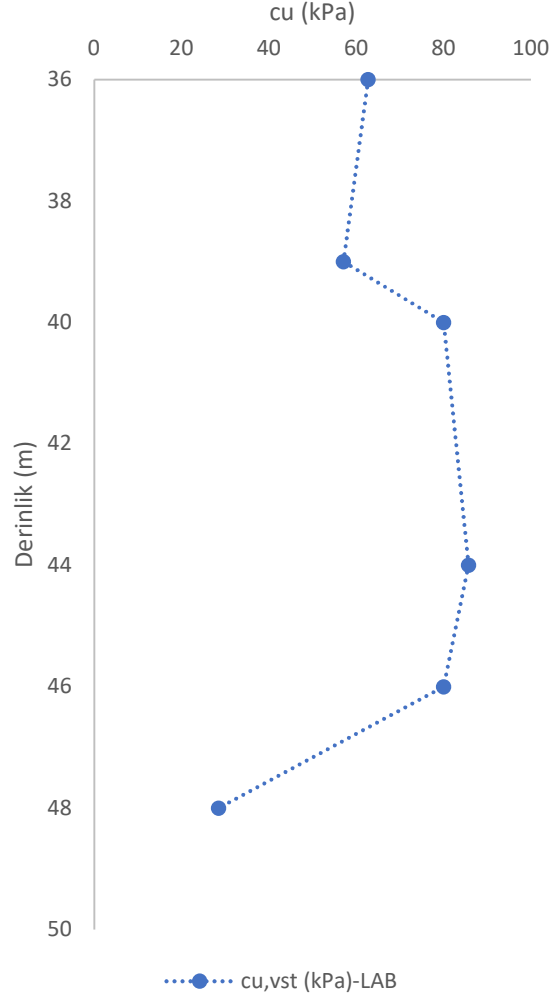
Şekil 3. Kıvam limitleri

Tablo 1 Düzeltme katsayılarının hesabı

Formülasyon	PI (%)	LL (%)	l, düzeltme katsayısı	Referans
$l=1,7-0,54\log(PI)$	14	35	1,081090861	Bjerrum (1974)
$l=1,18e^{-0,08(PI)} + 0,57 (PI>5)$			0,955010158	Morris ve Williams (1994)
$l=7,01e^{-0,08(LL)} + 0,57 (LL>20)$			0,996278539	

Tablo 1' e göre maksimum düzeltme katsayısı 1,08 olarak Bjerrum (1974)' te, minimum düzeltme katsayısı ise Morris ve Williams (1954) tarafından plastisite indisine bağlı olarak önerilen korelasyon yardımıyla 0,95 olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında bu değerlerin ortalaması alınarak düzeltme katsayısı  $\lambda= 1,00$  olarak dikkate alınmıştır. Bağıntı (2) yardımıyla tasarımda kullanılacak drenajsız kayma mukavemeti hesaplanmaktadır. Vane deneyi ile elde edilen drenajsız kayma mukavemeti değerlerinin derinlikle değişimi Şekil 4' te gösterilmiştir.

$$c_{u(\text{design})} = \lambda \cdot c_{u(\text{vane shear})} \quad (2)$$



Şekil 4. Drenajsız kayma mukavemetinin derinlikle değişimi

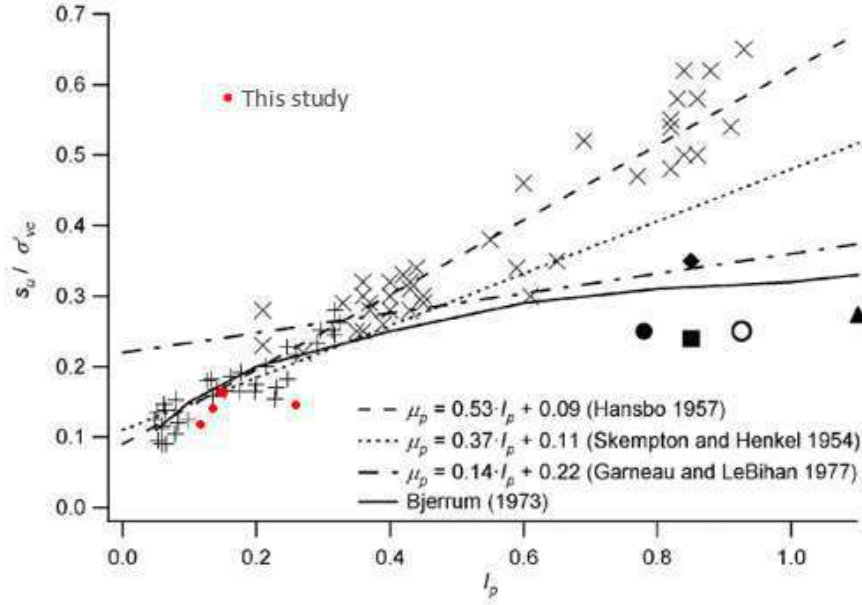
#### 4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ (EVALUATIONS of TEST RESULTS)

Vane deneyi ile elde edilen drenajsız kayma mukavemeti değerleri literatürde önceden yapılmış çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Plastisite indisine (PI) bağlı olarak Skempton (1954) tarafından Bağıntı (3), Hansbo (1957) tarafından Bağıntı (4), Garneau & LeBihan (1977) tarafından Bağıntı (5) önerilmiştir. Bağıntılar drenajsız kayma mukavemetinin düşey efektif gerilmeye oranına bağlı olarak verilmiştir. Yapılan deneyler sonucu elde edilen değerler Şekil 5' te verilen grafikte kırmızı ile gösterilmiştir. Vane deneyi ile belirlenen drenajsız kayma mukavemeti değerlerinin korelasyonlarla hesaplanan değerleri ile örtüştüğü görülmüştür.

$$c_u/\sigma' = 0,11 + 0,0037(PI) \quad (3)$$

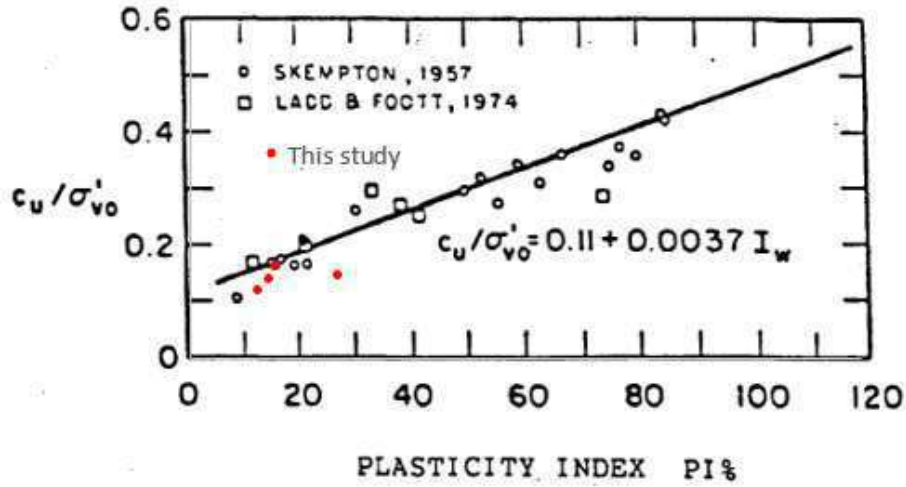
$$c_u/\sigma' = 0,09 + 0,0053(PI) \quad (4)$$

$$c_u/\sigma' = 0,22 + 0,0014(PI) \quad (5)$$



Şekil 5. Skempton (1954), Hansbo (1957), Garneau & LeBihan (1977) ile deney sonuçlarının karşılaştırılması

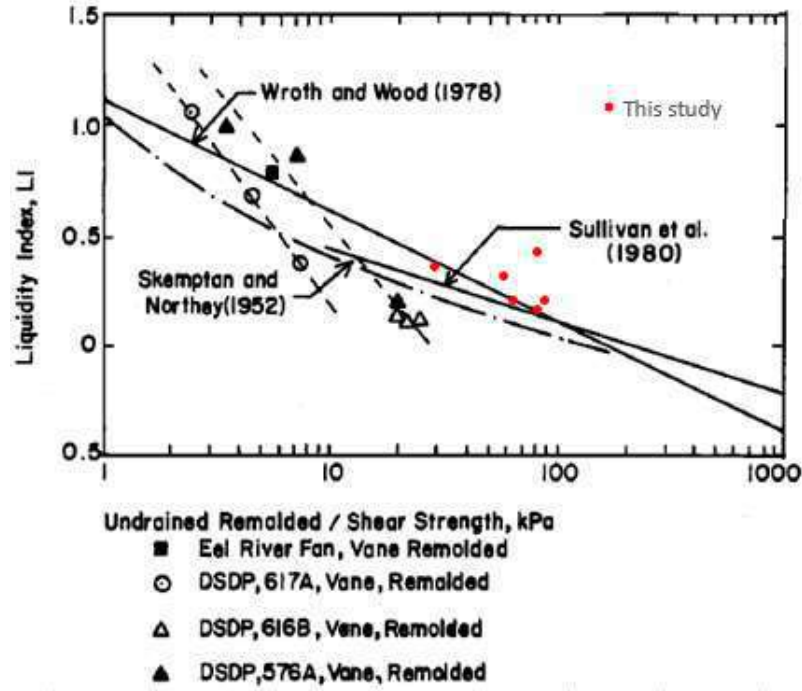
Skempton (1957) ve Ladd & Foott (1974) yaptıkları çalışmalar ile Şekil 6' da gösterilen dağılımları elde etmişlerdir. Bu dağılıma en uygun korelasyon Skempton (1954) tarafından Bağntı (3) ile verilen korelasyondur. Çalışma kapsamında Vane deneyi ile belirlenen drenajsız kayma mukavemeti değerlerinin Skempton (1957) ve Ladd & Foott (1974) tarafından yapılan çalışmalarla örtüştüğü görülmüştür.



Şekil 6. Skempton (1957), Ladd & Foott (1974) ile deney sonuçlarının karşılaştırılması

Wroth & Wood (1978), Skempton & Northeyl (1952), Sullivan ve diğ. (1980) tarafından yapılan araştırmalarda likitide indisi (LI) değişimiyle drenajsız kayma mukavemetindeki değişimler incelenmiştir. Likitide indisi su muhtevası (w), plastisite limit (PL) ve plastisite indisine (PI) bağlı olarak Bağntı (6) ile hesaplanmaktadır. Likitide indisi değerinden zeminin hangi durumda olduğu söylenebilir. Likitide indisi  $LI < 0$  ise küçükse zemin yarı katı veya katı,  $0 < LI < 1$  ise plastik,  $LI > 1$  ise likit (sıvı) zemin özelliği göstermektedir. Likitide indisine göre drenajsız kayma mukavemetinin değişim grafiği Şekil 7' de gösterilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan deneylerde likitide indisi (LI) değerleri 0,15-0,35 arasında değiştiği görülmüş olup drenajsız kayma mukavemetinin literatürle uyumlu olarak belirlendiği gözlenmiştir.

$$LI = (w - PL) / PI \quad (6)$$



Şekil 7. Likitide indisine bağlı olarak deney sonuçlarının karşılaştırılması

Vane deneyi ile elde edilen drenajsız kayma mukavemeti/efektif gerilme ( $c_u/s'$ ) oranı ortalama 0,15 olarak hesaplanmıştır. Bu değer Skempton (1954), Hansbo (1957), Garneau & LeBihan (1977) tarafından önerilen korelasyonlar ile karşılaştırılmıştır. Tablo 2' de verilen değerler incelendiğinde yapılan çalışmaya en yakın değerlerin Skempton (1954) ve Hansbo (1957) korelasyonları ile elde edildiği görülmüştür. Garneau & LeBihan (1977) korelasyonu ile daha yüksek değerler hesaplanmıştır.

Tablo 2 Drenajsız kayma mukavemeti/efektif gerilme ( $c_u/\sigma'$ ) oranları

Deney/Korelasyon	$c_u/\sigma'$
Bu çalışma	0,15
Skempton (1954)	0,16
Hansbo (1957)	0,17
Garneau & LeBihan (1977)	0,24

## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER (RESULTS AND EVALUATIONS)

Bu çalışmada geoteknik mühendisliği tasarımlarında oldukça önem arz eden parametrelerden biri olan drenajsız kayma mukavemetinin Vane deneyi ile belirlenmesi hakkında bilgiler verilmiştir. İstanbul ilinde yer alan bir proje kapsamında yapılan laboratuvar Vane deneyi sonuçları değerlendirilmiştir. Zemin numuneleri yüzeyden 36-48 m derinliklerden alınmıştır. Deney sonuçları literatürde kabul görmüş korelasyonlarla karşılaştırılmıştır. Drenajsız kayma mukavemetinin düşey efektif gerilmeye oranı ve plastisite indisine (PI) bağlı olarak Skempton (1954-1957), Hansbo (1957), Garneau & LeBihan (1977), Ladd & Foott (1974) tarafından yapılan deneysel çalışmaların bu çalışma sonuçları ile oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Bu çalışma kapsamında drenajsız kayma mukavemetinin düşey efektif gerilmeye oranı  $c_u/\sigma'=0,15$  olarak Skempton (1954) ve Hansbo (1957) bağıntıları ile hesaplanan değerler  $c_u/\sigma'=0,16-0,17$  ile benzer mertebede olduğu görülmüştür. Garneau & LeBihan (1977) bağıntısı ile daha yüksek değerler  $c_u/\sigma'=0,24$  hesaplanmıştır. Likitide indisi (LI) değerine bağlı drenajsız kayma mukavemetinin belirlenmesi amacıyla Wroth & Wood (1978), Skempton & Northey (1952) ve Sullivan ve diğ. (1980) tarafından yapılan çalışmaların benzer şekilde bu çalışmada elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür. Yapılan değerlendirmelerin literatürde çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen korelasyon ve deney sonuçlarıyla uygunluğu teyit edilmiştir.



## **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

- Bjerrum, L., (1974). Problems of Soil Mechanics and Construction on Soft Clays, Norwegian Geotechnical Institute, No. 110, Oslo.
- Chandler, R. J., (1988). The In-Situ Measurement of The Undrained Shear Strength of Clays Using The Field Vane. Vane Shear Strength Testing in Soils: Field and Laboratory Studies, ASTM STP 1014, A. F. Richards, Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 13-44.
- Chaney, R.C., Richardson, G.N., (1988). Measurement of Residual-Remolded Vane Shear Strength of Marine Sediments, Vane Shear Strength Testing in Soils, Field and Laboratory Studies, ASTM STP 1014, A.F. Richards, Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 166-181.
- Das, B.M., Sobhan, K. (2018), "Principles of Geotechnical Engineering.," Ninth Edition, Cengage Learning Inc., USA.
- Greig, J.M., (1981). Estimating Undrained Shear Strength of Clay from Cone Penetration Tests, The British Columbia University, USA.
- Hansbo, S., (1957). A New Approach to the Determination of the Shear Strength of Clay by the Fall-Cone Test, Royal Swedish Geotechnical Institute, No. 14, Stockholm.
- Hansen, J.B., (1950). Vane Tests in a Norwegian Quick-Clay, Geotechnique Vol.2 pp. 58-63.
- Hussin, N., Rashid, A.S., Mohamad, H., Samuri, A.R., (2016). Determination of Failure Zone of Vane Shear Testing Using Artificial Transparent Soil, EJGE Vol.20 pp. 6515-6526.
- Ladd, C.C., Foott, R., (1974), New Design Procedure for Stability of Soft Clays, Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 100, No. GT7, pp. 763-768.
- Morris, P.M., Williams, D.J., (1994). Effective Stress Vane Shear Strength Correction Factor Correlations, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 31, No. 3, pp. 335-342.
- Richards, A.F., (1988). Vane Shear Strength Testing in Soils Field and Laboratory Studies, ASTM STP 1014.
- Skempton, A.W., (1948). Vane Tests in the Alluvial Plain of the River Forth Near Grangemouth, Geotechnique, Vol.1 pp. 111-124.
- Sullivan, R.A., Wright, S.J., Senner, D.W.F., (1980). Evaluation of Design Parameters From Laboratory Tests, Offshore Site Investigation, Graham and Trotman Ltd., pp. 201-206.
- Garneau, R., LeBihan, J.P., (1977). Estimation of Some Properties of Champlain Clays with the Swedish Fall-Cone, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 14 pp. 571-581.



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**USE OF NATURAL PERLITE AGGREGATE AND PERLITE POWDER  
IN SELF-COMPACTING LIGHTWEIGHT CONCRETE**

Enes Salih TOPAL<sup>1\*</sup>, Afşin SARITAŞ<sup>2</sup>, Lutfullah TURANLI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Enes Salih TOPAL, Department of Civil Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

<sup>2</sup>Afşin SARITAŞ, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Turkey

<sup>3</sup>Lutfullah TURANLI, Department of Civil Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

\*Corresponding author; E-Mail: 205113102@ybu.edu.tr

**ABSTRACT**

Lightweight concrete is an essential and versatile material that offers a technical, economical, and eco-friendly alternative to normal weight concrete. This study investigates the mechanical properties of self-compacting lightweight concrete utilizing natural perlite aggregate and perlite powder. By substituting perlite powder for cement, it will be possible to reduce the dead weight of the structure and produce a more cost-effective structural lightweight concrete. For this purpose, three concrete mixtures were designed with 0%, 25%, and 50% of perlite powder as cement replacement. All the mixtures had a binder content of 400 kg/m<sup>3</sup>. Also, water/cementitious material ratios of mixtures were 0.38. Natural perlite aggregate can be utilized in the development of self-compacting lightweight aggregate concrete, according to the findings of an experimental investigation. Self-compacting lightweight concrete using natural perlite aggregate, with a compressive strength of 28 MPa-48 MPa, can be produced at 14 days of age, based on the results of experimental work.

**Keywords:** Self-compacting lightweight concrete, natural perlite, perlite powder, pozzolan

## 1. INTRODUCTION

High-performance concrete is defined as concrete with one or more advantageous features than those of normal concrete. High workability, high strength, high elastic modulus, low permeability, high durability, or volume stability are examples of these properties[1].

In terms of the general definition of high-performance concrete, high-strength concrete and self-compacting concrete are both high-performance concretes since they have more significant benefits than normal concretes. The former, for example, has high strength while the latter has high workability. Self-compacting high strength lightweight concrete is another type of high-performance concrete, combining high workability, high strength, and low density.

Structural lightweight concrete is typically prepared with artificial lightweight aggregates and, in order to achieve structural strength levels, requires a more significant binder percentage than normal-weight concrete. Cement and artificial lightweight aggregates, both of which are produced in massive kilns, have seen their production costs rise in recent decades due to fast-rising fuel prices. As a result, the need to reduce production costs has reignited interest in the use of natural lightweight aggregates and pozzolans in lightweight concrete.

The impact of pozzolan on several mechanical parameters of lightweight aggregate concrete was investigated by Mouli and Khelafi [2]. The study's lightweight aggregates were sourced from Algerian natural reserves. Pozzolan was made by grinding the same lightweight aggregates to a fineness of 4200 cm<sup>2</sup>/g for the investigation. Six mixtures with a total binder content of 400 kg/m<sup>3</sup> were created to test the effect of pozzolans. The first mixture was the control group, which consisted entirely of cement as a binder. Cement was replaced with pozzolan by 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% in other combinations. The specimens' compressive strength, splitting, and flexural tensile strength was measured over a year. The findings revealed that specimens with 20% pozzolan had better compressive, splitting, and flexural tensile strength than reference specimens at all ages, ranging from 7 to 365 days. Increases in splitting and flexural tensile strength, according to the researchers, can extend the service life of the concrete by reducing cracking. At 90 days, the specimens with 30% pozzolan had higher compressive strength than the reference specimens. At all ages, the specimens containing 40% and 50% pozzolan exhibited lower compressive strength than the reference specimens.

At the same binder content and compressive strength, Lo et al. [3] evaluated the workability and mechanical characteristics of normal weight self-compacting concrete (SCC) and lightweight self-compacting concrete with expanded shale aggregates (SCLWC). Each group includes seven mixes, with binder content ranging from 500 to 650 kg/m<sup>3</sup> for both groups. The w/b ratio and cement replacement percentage of self-compacting lightweight concrete mixtures were set to 0.30 and 30%, respectively, to obtain equal compressive strength at the same binder content, compared to 0.40 and 50% for its normal-weight counterpart. Increasing the binder amount above 550 kg/m<sup>3</sup> does not improve the filling and passing capacities of mixes, according to the authors, even when the fluidity is enhanced. With increasing binder content, compressive strength ranged from 40 to 60 MPa. The elastic modulus of SCLWC was around 80% of SCC at identical strength, while the density of SCLWC mixes was around 75% of SCC, according to the findings.

Kim et al.[4] investigated the impact of replacing normal weight coarse aggregates with lightweight aggregates on the properties of self-compacting concrete in both the fresh and hardened states. The experiment used two types of lightweight coarse aggregates with various densities, and nine combinations with a constant w/c ratio and fine-to-total aggregate volume ratio were created for this purpose. The control group, which consisted of all-normal weight aggregate, was the first mixing. By 25, 50, 75, and 100 percent of the total coarse aggregate content, four groups used lightweight coarse aggregates made from rhyolite powder, while the remaining four groups used lightweight coarse aggregates made from reclaimed sludge. The flowability increases as the density of the aggregate drops, but the mixture becomes more prone to segregation, according to the research.

Okuyucu et al. [5] researched how raw perlite, both as aggregate and as pozzolan, affected the mechanical parameters of fiber-reinforced semi-lightweight concretes such as compressive strength, tensile strength, and elastic modulus. The toughness of concrete panels reinforced with steel mesh, steel fibers, and polypropylene fibers was also investigated and compared. Perlite powder insertion in concrete enhances compressive strength at 28 days while lowering splitting tensile strength and elastic modulus values, according to the authors.

Many studies on structural lightweight concrete are now being conducted, with the most of them concentrating on artificial lightweight aggregates. However, there are just a few research that focus on natural lightweight aggregates, and even fewer studies that focus on natural perlite aggregate. Therefore, the mechanical properties of self-compacting lightweight concrete prepared from natural lightweight aggregates were investigated in this experimental study in order to contribute to the state of the art in concrete technology.

## 2. EXPERIMENTAL PROGRAM

### 2.1 Materials

*Ordinary portland cement*- The cement used in this study was ordinary portland cement (CEM I 42.5 R), which was comparable to ASTM Type I. Table 1 shows the chemical composition and associated properties of this cement.

Table 1. Chemical composition and physical properties of Portland cement

<b>CEM I 42.5 R type PC</b>	
<b>Chemical Composition*, %</b>	
CaO	58.82
SiO <sub>2</sub>	22.87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.59
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.22
MgO	2.35
SO <sub>3</sub>	3.50
K <sub>2</sub> O	1.05
Na <sub>2</sub> O	0.47
Cl <sup>-</sup>	0.022
LOI	2.11
<b>Physical Properties*</b>	
Specific Gravity, g/cm <sup>3</sup>	3.12
Blaine Fineness, cm <sup>2</sup> /g	3598
Initial Set, min	196
Final Set, min	248
<b>Compressive Strength** (MPa)</b>	
3-days	25.5
7-days	40.1
28-days	48.7

\*As provided by BAŞTAŞ Çimento, Ankara.

\*\*Strength activity index was determined in accordance with ASTM C311[6].

*Natural perlite aggregate*- Natural perlite aggregate was utilized in lightweight concrete mixes. Table 2 shows the physical parameters of natural perlite aggregate in various size ranges.

Table 2. Physical properties of natural perlite aggregate

Aggregate Size (mm)	0-4.75	4.75-8
Dry-Loose Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )	1298	1007.5
Oven Dry Specific Gravity	2.16	1.74
Saturated-Surface Dry Specific Gravity	2.21	1.83
Water Absorption Capacity (%) - 72 hr.	2.35	4.95

*Pozzolan*- Perlite powder used as pozzolan in this research was prepared by grinding natural perlite sand in a ball mill (D=42 cm, L=45 cm) until around 90% of the pulverized material could pass through a 45  $\mu\text{m}$  sieve when wet sieved. Table 3 illustrates the chemical composition and associated properties of perlite powder.

Table 3. Chemical composition and physical properties of perlite powder

<b>Perlite Powder</b>	
<b>Chemical Composition*, %</b>	
SiO <sub>2</sub>	70.96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.16
MgO	0.28
CaO	1.72
K <sub>2</sub> O	4.65
Na <sub>2</sub> O	3.20
LOI	3.27
<b>Physical Properties</b>	
Specific Gravity, g/cm <sup>3</sup>	2.39
Blaine Fineness, cm <sup>2</sup> /g	4600
Passing 45 $\mu\text{m}$ , %	91
<b>Strength Activity Index**, %</b>	
7-days	87
28-days	93

\*As taken from Aşık (2006)[7], Eser (2014)[8].

\*\*Strength activity index was determined in accordance with ASTM C311.

## 2.2. Proportions of Concrete Mixtures

The experimental study aimed to design lightweight concrete using natural perlite aggregate and powder. The goal was to establish a reference against which the test findings could be compared. Three different concrete mixtures were created for this purpose. The first mix (M0) was designed with 0% perlite powder utilizing natural perlite, both fine and coarse aggregate. The second mix (M25) was designed with 25% perlite powder as pozzolan using natural perlite, both fine and coarse aggregate. In the third mix (M50), 50% perlite powder was used as high volume natural pozzolan and natural perlite, both fine and coarse aggregate. The mix proportions and fresh properties of these mixtures are given in Table 4.

Table 4. Mix proportions and fresh properties of the concrete mixtures

<b>Mix Proportions (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
Mix Name	M0	M25	M50
Cement	400	300	200
Perlite Powder	0	100	200
Water	189.6	189.6	189.6
Aggregate	1310	1310	1310
Superplasticizer	2.78	2.88	2.97
w/cm	0.38	0.38	0.38
Theoretical Fresh Density (kg/m <sup>3</sup> )	1902.4	1902.5	1902.6
<b>Fresh Properties</b>			
Measured Fresh Density (kg/m <sup>3</sup> )	1974	1970	1937
Air Content (%)	3.5	2.6	3.8
Slump Flow (cm)	46	46	46

### 2.3. Test Methods

Fresh parameters, including slump flow, air content, and unit weight, were determined right after mixing in accordance with ASTM C1611[9], ASTM C231[10], and ASTM C138[11], respectively. For the casting of specimens, cylindrical molds, which have 200 mm in length and 100 mm in diameter, were used. 24 hours after casting, the specimens were removed from the molds and stored in water at  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  until the testing day. The compressive strength of the specimens was measured in accordance with ASTM C39[12] and observed in 7 and 14 days. Before conducting of compressive strength test, the sulfur capping procedure was applied to cylinder specimens in accordance with ASTM C617[13].

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. Fresh Properties

As stated earlier, within the scope of this study, three types of mixtures were designed. In the mixture M0, M25, and M50, cement was replaced with perlite powder by 0%, 25%, and 50%, respectively. The mix proportions and fresh properties of these mixtures are given in Table 4.

As shown in Table 4, all mixtures have the same binder content, which is  $400\text{ kg/m}^3$ . In mixture M50, the amount of perlite powder doubles the amount of perlite powder in M25. The mixture M50 can also be named as self-compacting high volume pozzolan concrete because 50% of its binder content is a pozzolan.

Because lightweight aggregates have a high absorption capacity and can absorb water for several weeks, it's not too easy to specify an accurate w/c ratio for lightweight concretes. Nonetheless, w/cm ratios have been calculated using perlite aggregates' 3-day absorption capacity data. For all the mixtures, w/c was defined as 0.38. This ratio may appear to be low, but it is necessary in order to obtain high strength lightweight concretes.

Several observations about the slump flow of the mixtures were used to evaluate their workability. Measurement of the slump flow is shown in Figure 1. The slump flow of the M0 was measured 46 cm. In order to obtain same slump flow, a higher amount of superplasticizer was used in the M25 and M50 since the w/cm ratio of the mixtures is the same.



Figure 1. Slump flow measurement of self-compacting concrete

Air contents of M0, M25, and M50 were found to be 3.5, 2.6, and 3.8%, respectively. These values are due to entrapped air gaps because no air-entraining agents were utilized.

The measured fresh density of the concrete mixtures was lower than the theoretical fresh density, which was to be expected. This is due to the fact that the computations are based on aggregate specific gravities in conditions. In reality, because the aggregates are dry during batching, they are unable to absorb all of the water to their maximum

capacity during mixing. As a result, when the concrete densities are measured, the pores in the aggregates are not completely saturated, and some of the water that the aggregates should have absorbed remains in the mixture. For this reason, the measured fresh densities are lower than those predicted by theory.

**3.2. Hardened Properties**

Compressive strength and unit weight of the designed mixtures in air-dry and oven-dry conditions have been provided in Table 5. Air-dry equilibrium density is used to classify concretes according to their weights. The air-density of the mixtures is within the range of 1120-1920 kg/m<sup>3</sup> defined by ACI Committee 213 (2003). M0, M25, and M50 have an air-dry density of 1848, 1822, and 1803 kg/m<sup>3</sup>, respectively.

Table 5. Compressive strength and density of the mixtures

<b>Compressive Strength (MPa)</b>			
Age (days)	M0	M25	M50
7	39.1	31.0	19.3
14	48.5	40.6	28.2
<b>Density (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
Moisture Condition	M0	M25	M50
AD	1848	1822	1803
OD	1766	1749	1740

In Figure 2, it can be seen that the compressive strength of all the mixtures increases according to comparison of the data between 7 days and 14 days test results. The compressive strength values of the designed mixtures were found to be 39.1, 31.0 and 19.3 MPa at 7 days age, and 48.5, 40.6 and 28.2 MPa at 14 days age for M0, M25 and M50, respectively. As expected, partial replacement of perlite powder with cement in the mixture M25 and M50 decreased the compressive strength values for both ages.

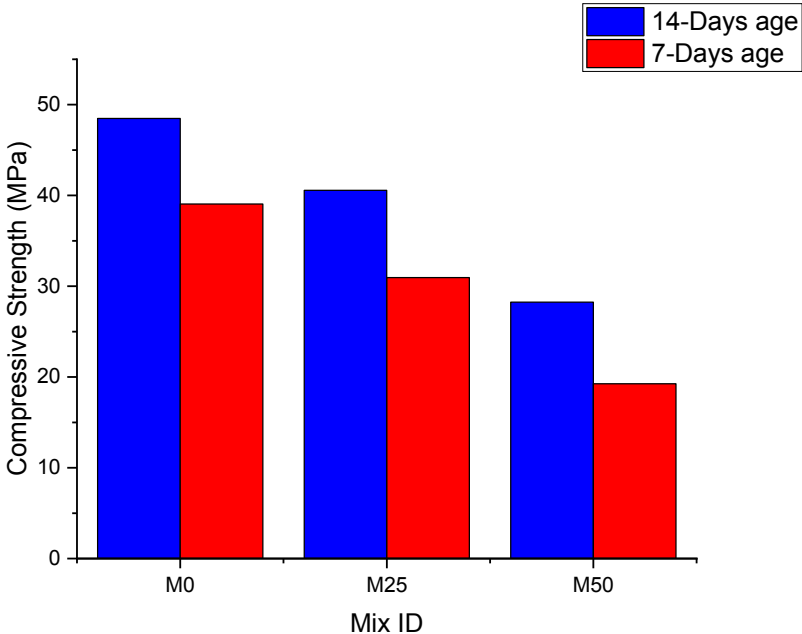


Figure 2. Compressive strength results

**4. CONCLUSIONS**

The following are the findings of the conducted experimental study:

- Natural perlite aggregate can be used in the production of lightweight aggregate concrete.
- Natural perlite aggregate and high volume (50 %) perlite powder as pozzolan can be used to make self-compacting high-strength lightweight concretes with good workability.
- As the density of conventional weight concrete is around  $2300 \text{ kg/m}^3$ , structural lightweight aggregate concrete with natural perlite aggregate has the advantage of lower density. As a result, lightweight aggregate concrete has the advantage of reducing the structure's dead weight as well as the risk of seismic damage because earthquake forces are linked to the structure's mass.
- Self-compacting high-strength lightweight concrete with a 14 days cylindrical compressive strength between 28-48 MPa can be produced by the use of natural perlite aggregate and perlite powder as a pozzolan.



## REFERENCES

- [1] S. H. Kosmatka and M. L. (Architectural engineer) Wilson, *Design and control of concrete mixtures : the guide to applications, methods, and materials*. Portland Cement Association, 2011.
- [2] M. Mouli and H. Khelafi, "Performance characteristics of lightweight aggregate concrete containing natural pozzolan," *Building and Environment*, vol. 43, no. 1, pp. 31–36, 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.038>.
- [3] T. Y. Lo, P. W. C. Tang, H. Z. Cui, and A. Nadeem, "Comparison of workability and mechanical properties of self-compacting lightweight concrete and normal self-compacting concrete," *Materials Research Innovations*, vol. 11, no. 1, pp. 45–50, 2007, doi: [10.1179/143307507X196239](https://doi.org/10.1179/143307507X196239).
- [4] Y. J. Kim, Y. W. Choi, and M. Lachemi, "Characteristics of self-consolidating concrete using two types of lightweight coarse aggregates," *Construction and Building Materials*, vol. 24, no. 1, pp. 11–16, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.08.004>.
- [5] D. Okuyucu, L. Turanlı, B. Uzal, and T. Tankut, "Some characteristics of fibre-reinforced semi-lightweight concrete with unexpanded perlite," *Magazine of Concrete Research*, vol. 63, no. 11, pp. 837–846, 2011, doi: [10.1680/mac.2011.63.11.837](https://doi.org/10.1680/mac.2011.63.11.837).
- [6] "Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete 1", doi: [10.1520/C0311-13](https://doi.org/10.1520/C0311-13).
- [7] M. Aşık, "*Structural Lightweight Concrete with Natural Perlite Aggregate and Perlite Powder*. MSc Thesis, Middle East Technical University, Department of Civil Engineering, Ankara. 2006.
- [8] H. Eser, "*High Performance Structural Lightweight Concrete Utilizing Natural Perlite Aggregate And Perlite Powder*. MSc Thesis, Middle East Technical University, Department of Civil Engineering, Ankara. 2014.
- [9] ASTM C1611/C1611M-09b. (2009). *Standard Test Method for Slump Flow of SelfConsolidating Concrete*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- [10] ASTM C231/C231M-10. (2010). *Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- [11] ASTM C138/138M-12. (2012). *Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- [12] ASTM C39/39M-12a. (2012). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- [13] ASTM C617/C617M-15. (2015). *Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens*. West Conshohocken, PA: ASTM International.



## **USE OF ZEOLITE AS A NATURAL POZZOLAN AND PERLITE SAND WITH DIFFERENT TYPES OF PVA FIBERS IN ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITE**

Abdullah Jamal Mahmoodsami<sup>1\*</sup>, Afşin SARITAŞ<sup>2</sup>, Lutfullah TURANLI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Abdullah Jamal Mahmoodsami, Department of Civil Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

<sup>2</sup> Afşin SARITAŞ, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Turkey

<sup>3</sup> Lutfullah TURANLI, Department of Civil Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

\*Corresponding author; E-Mail: [195113113@ybu.edu.tr](mailto:195113113@ybu.edu.tr),

### **ABSTRACT**

The paper presents an experimental study on the influence of oil-coated and non-oil-coated PVA fibers on ECC mechanical properties. The control mix design contains micronized natural zeolite as a natural pozzolanic material and typically used materials such as ordinary Portland cement, silica sand, and PVA fibers. The first two mixes have the same proportion except for the PVA fiber type, and in the other two mixes, 50% and 100% replacement of silica with perlite sand were considered. The mechanical properties result of ECC indicates that using perlite at 50% could develop both compressive and flexural strength with a slight reduction in ductility behavior which is the more significant unique characteristic of ECC. The PVA fibers also influence compressive and flexural strength. In this regard, oil-coated PVA fiber slightly reduces compressive and flexural strength and improves the ductility behavior and vice versa with non-oil coated surface PVA fibers. The use of 100 % of perlite aggregate in ECC affects ductility behavior and compressive and flexural strengths.

**Keywords:** ECC, Perlite, Zeolite, Oil-coated PVA, Non-oil-coated PVA

## 1. INTRODUCTION

Although concrete members have many advantages, they also have drawbacks attributed to ductility and tensile strength weaknesses. In addition, durability issues are related to many parameters, such as permeability and crack width. In recent decades, researchers have investigated sophisticated technologies to overcome these deficiencies. The outcomes of these investigations could be applied to various types of fiber reinforced concrete (FRC) and tailored engineered cementitious composites (ECC) [1]. Based on micromechanics and fracture mechanics, ECC exhibits strain-hardening and multiple-cracking behaviors under uniaxial tension with the use of less than 2% fiber volume fraction generally by customizing the interface's characteristics between fibers ECC matrix. Unlike regular concrete, which is brittle and prone to cracking, ECC has excellent tensile ductility and toughness, with tensile strain capacity generally ranging from 3% and 12% under uniaxial tension [2–5]. During the flexure test or uniaxial tensile test, the ECC matrix exhibits a multiple micro-cracking with less than 2 mm spacing between saturated dispersed multiple micro-cracks and maximum crack width limited to under 200  $\mu\text{m}$  or even 60  $\mu\text{m}$  which could be classified as harmless cracks [6]. To its considerable tenacity, young's modulus, and dispersion efficiency, (Polyvinyl Alcohol) PVA fiber has been the most extensively utilized fiber type in producing conventional ECC. Since PVA fiber's hydrophilicity, the chemical bond between the PVA fiber and the matrix is extremely strong, which is undesirable and leads to premature fiber rupture before completely employing the maximal fiber reinforcing capacity. Thus, PVA fiber is typically coated with an oil agent to reduce the molecular bonding between the ECC matrix and fibers [7]. However, ECC has a more significant cement content than traditional concrete due to its low sand binder ratio (s/b) and absence of coarse aggregate. A typical ECC mix proportion can have a cement content that is 2–3 times that of a standard concrete mixture [8]. As aforementioned, ECC production consumes a significant amount of Portland cement, and the manufacturing process of Portland cement consumes a significant amount of energy that leads to high carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) emissions. Thus, utilizing supplementary cementitious materials (SCMs) as a partial replacement or as additional cementitious material such as ground granulated blast-furnace slag fly ash and silica fume improves ECC matrix properties and results in a more sustainable and eco-friendly ECC matrix [9–11]. Substantial quantities of crystalline calcium hydroxide  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  are initiated during the cement hydration process. These crystalline layers are weak intermolecular bonds and hence cannot gain the strength of the cement paste. Therefore, pozzolans with a high silica content interact with calcium hydroxide, resulting in the formation of more C-S-H gel resulting in strength increasing [12–14]. Razavi et al. [15] used natural zeolite as a pozzolanic material in ECC with different cement to zeolite ratio (Z/C) ratio. Authors produced ECC with 1.2, 1.6, 2, and 2.4 Z/C ratios. In addition, use Oil-coated PVA fiber, cement, high range water reducer (HRWR), and silica sand. Furthermore, the water binder ratio (w/b) was kept constant at 0.38 throughout all mixture. The results were as follows: compressive strength and elastic modulus reduced as the Z/C ratio increased in all test ages. Compressive strength developed after 28 days due to pozzolanic reactivity for long-term strength gain. Compressive strength reduction due to cement replacement with zeolite was attributed to the porous microstructure of zeolite that results in density reduction of ECC composite. Tensile strain capacity improved as the Z/C ratio increased.

The use of pozzolanic materials in ECC provides an important research topic for the development of sustainable and green ECC materials in the construction industry. The research study presented in this paper aims to investigate the mechanical properties of ECC containing micronized natural zeolite as a natural pozzolan and natural perlite sand (PS). Moreover, two types of PVA fibers were used, namely oil-coated and non-oil-coated PVA fibers. Finally, a comparison was conducted between perlite and silica sand (SS) and two types of PVA fibers to investigate the mechanical performance of each mix.

## 2. EXPERIMENTAL PROGRAM

### 2.1 Materials

Ordinary Portland cement type CEM I 42.5 R conforms to European standards (TS EN 197-1) used in this experimental program and is produced by the BAŞTAŞ cement factory in Ankara. The specific gravity and Blaine specific surface areas were 3.12  $\text{g}/\text{cm}^3$  and 3598  $\text{cm}^2/\text{g}$ . Compressive strength values for cement paste were 25.5 MPa, 37.9 MPa, and 48.2 MPa after 2, 7, and 28 days, respectively. The cement's initial and

final setting times were 196 and 248 minutes, respectively. Natural Zeolite (NZ) is acquired from the Rota Mining factory in Manisa, Turkey, in a micronized condition with a maximum particle size of about 25 $\mu$ m. The specific gravity and surface area (Blaine) values are 2.3 g/cm<sup>3</sup> and 19780 (cm<sup>2</sup>/g), respectively. Chemical composition and physical properties are given in Table 1. According to micromechanics-based ECC design, ductile cementitious composites with multiple micro-cracks necessitate a low ECC matrix fracture toughness. However, as the aggregate's maximum grain size decreases, so does the matrix's toughness, and as a result, aggregate grain size is restricted to obtaining adequate ECC. However, the maximum particle size of around 250  $\mu$ m and specific gravity and absorption capacities are 2.6 g/cm<sup>3</sup> and 0.5 percent, respectively. Silica sand is not easy to find. Furthermore, it is a relatively expensive material. For this reason, this study aims to examine the performance of the ECC matrix utilizing perlite sand rather than silica sand. Natural perlite sand (PS) is supplied from the ERPER factory in Erzincan, Turkey. PS, specific gravity, and absorption capacity values are 2.24 g/cm<sup>3</sup> and 2.14 percent, respectively. The natural perlite aggregate particle size is between 90  $\mu$ m and -250  $\mu$ m. PVA fibers of two types were employed in this investigation. First, the Japanese company KURARAY provided oil-coated PVA fiber. Second, non-oil coated PVA fibers with the commercial name RECS 15 were imported from the NYCON company in the United States. The characteristics of oiled and non-oiled PVA fibers are listed in Table 2. For this purpose, A liquid high range water reducing (HRWR) admixture is used to enhance the workability of ECC mortar. However, the BASF company's MASTERGLENIUM 51 product with a unique admixture based on modified polycarboxylic ether was employed in this study. The specific gravity is 1.10  $\pm$ 0.03 g/cm<sup>3</sup>, the color is brown, and the pH is 6.

Table 1. Chemical compositions and physical properties of cementitious materials

Chemical Analysis	Portland Cement(%)	Natural zeolite (%)
SiO <sub>2</sub>	22.87	65-72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.59	10-12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.22	0.7-1.9
CaO	58.82	2.4-3.7
MgO	2.35	0.9-1.2
Na <sub>2</sub> O	0.47	0.1-0.5
K <sub>2</sub> O	1.05	2.5-3.8
CL	0.022	-
SO <sub>3</sub>	3.50	0.22-0.46
Loss on ignition	2.11	9-14
Specific gravity (g/cm <sup>3</sup> )	3.12	2.30
Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3598	19780

Table 2. Mechanical properties of PVA fibers

Fiber type	Length (mm)	Diameter ( $\mu$ m)	Tensile Strength (MPa)	Young's modulus (GPa)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Oil Content (%)
Oiled-PVA	8	39	1620	42.8	1300	1.2
Non-Oiled PVA	8	39	1600	41	1300	0

## 2.2 Mixture proportion

Several trial mixes were conducted. The compressive strength, flexural strength, and ductility behavior of load-midspan deflection indicate that the following mix is most appropriate. However, four mixtures proportion was designed to keep cement and zeolite at 500 kg/m<sup>3</sup> and 400 kg/m<sup>3</sup>, respectively. The water binder ratio (w/b) was constant throughout all mixes to be 0.46, and HRWR was used to improve the

workability. In addition, to keep the consistency of mortar constant. PVA fibers are kept constant at all mixes with 2% ( 26 kg/m<sup>3</sup>). The mixture proportion is shown in Table 3.

Table 3. Mixture proportions of ECC ( All quantities in kg/m<sup>3</sup>)

Mix ID	Cement	NZ	Water	Replacement (%)	SS	PS	HRWR	Oiled PVA	Non-oiled PVA
ZC1	500	400	419	0	676	0	24.1	26	0
ZC2	500	400	419	0	676	0	24.1	0	26
Z50	500	400	423	50	339	291	24.1	0	26
Z100	500	400	427	100	0	582	24.1	0	26

### 2.3 Specimen preparation and test procedure

A suitable mixing procedure in ECC is a critical and necessary requirement for a better PVA fiber dispersion in the mortar. Therefore, all dry content was placed in a mixing bowl except PVA fibers and mixed for 2 minutes at low speed (62.5 rpm). Then half quantity of HRWR was added to water and mixed with dry content in the mixer bowl with a capacity of 5 liters, and all added materials were mixed for 3 minutes. The rest of the quantity of HRWR is added to the mortar during this process. Finally, the mixing speed was kept at low speed, then PVA fibers were added gradually and mixed for 1 minute at low speed, then speed mode was changed to high speed (125 rpm) and mixed for 3 minutes to obtain a good PVA fiber dispersion. However, the compressive strength test of the ECC matrix was conducted according to the ASTM C109 standard [16] with mold dimensions of 50×50×50 mm cubes and carried out on a compressive strength test machine with a load rate of 1.2 kN/s. The results of each group are an average of 3 samples. The flexural strength and load-deflection tests were performed with a four-point bending test. Since the ECC matrix behaves as a ductile material. Therefore, it is expected to be size-independent [17]. Thus, Specimen dimensions for the bending test are selected as 300×80×15 mm. ECC flexural specimen was tested at a rate of 0.01 mm/s. The flexural strength results are average for the two specimens test.

## 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

After the mixing process, visual and texture inspections were used to verify that no fiber agglomeration occurred. As expected, no agglomeration occurred, and fibers were well dispersed in the mortar. The compressive strength test results of 7 days age are shown in Figure 1. The maximum compressive strength value is 30 MPa for mix Z50, containing 50% of perlite sand and 50% of silica sand. ZC1 and ZC2 contain the same proportion, except the first mix, which contains oil-coated PVA fibers that reduce the chemical bonding interface between PVA fiber and ECC matrix. Therefore, the compressive strength increased slightly due to the use of non-oil coated PVA fibers of the ZC1 mix. The use of more than 50% perlite sand was found to cause a reduction in compressive strength. The mix, ZC100, has 100 % of perlite sand, and its compressive strength dropped to 26 MPa due to the lower strength of perlite aggregate. However, the porous structure of natural zeolite that reduces the ECC matrix's density could also reduce the compressive strength [18]. The load-deflection test was used for the interpretation of ECC matrix ductility behavior. Figure 2 illustrates the ECC matrix's load-deflection curves. For all tested specimens, multiple microcrack behavior was observed. The flexural strength results for 7 days of the age of the ECC matrix are shown in Figure 3. Results indicate that the flexural strength of the ECC matrix is also affected by filler type and PVA fiber. However, 50 % replacement of silica with perlite sand shows improvement in the flexural strength of the ECC matrix. In addition, non-oiled PVA fiber results in higher flexural strength than oiled PVA fibers due to stronger molecular bonding between ECC matrix and non-oil coated PVA fiber. Silica replacement with more than 50% perlite sand results in the reduction of flexural strength. The deflection of specimens (ZC1) containing oil-coated PVA fibers showed a high deflection under the four-point bending test with a slight drop in flexural strength compared with specimens ZC2 containing non-oil-coated PVA fiber. Furthermore, the reduction in mid-span deflection in Z50 and Z100 specimens is suspected to be due to increasing perlite sand percentage

and the angular shape of perlite sand particles that could reduce slipping of PVA fiber from ECC matrix as a result of increasing frictional bond. The deflected specimen is shown in Figure 4.

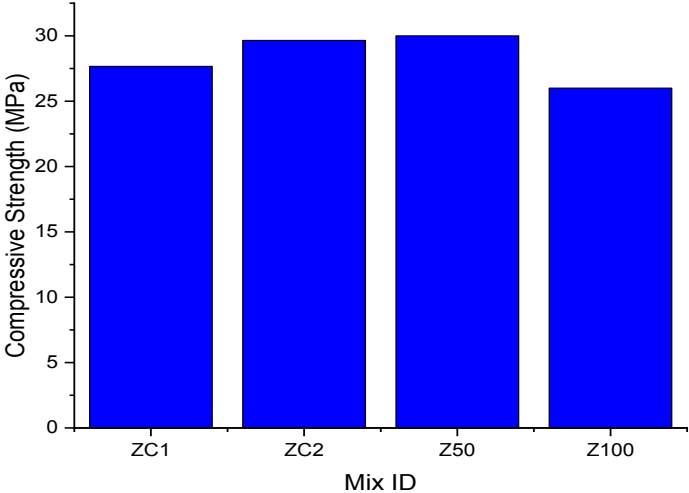


Figure 1. Compressive strength for 7-days age

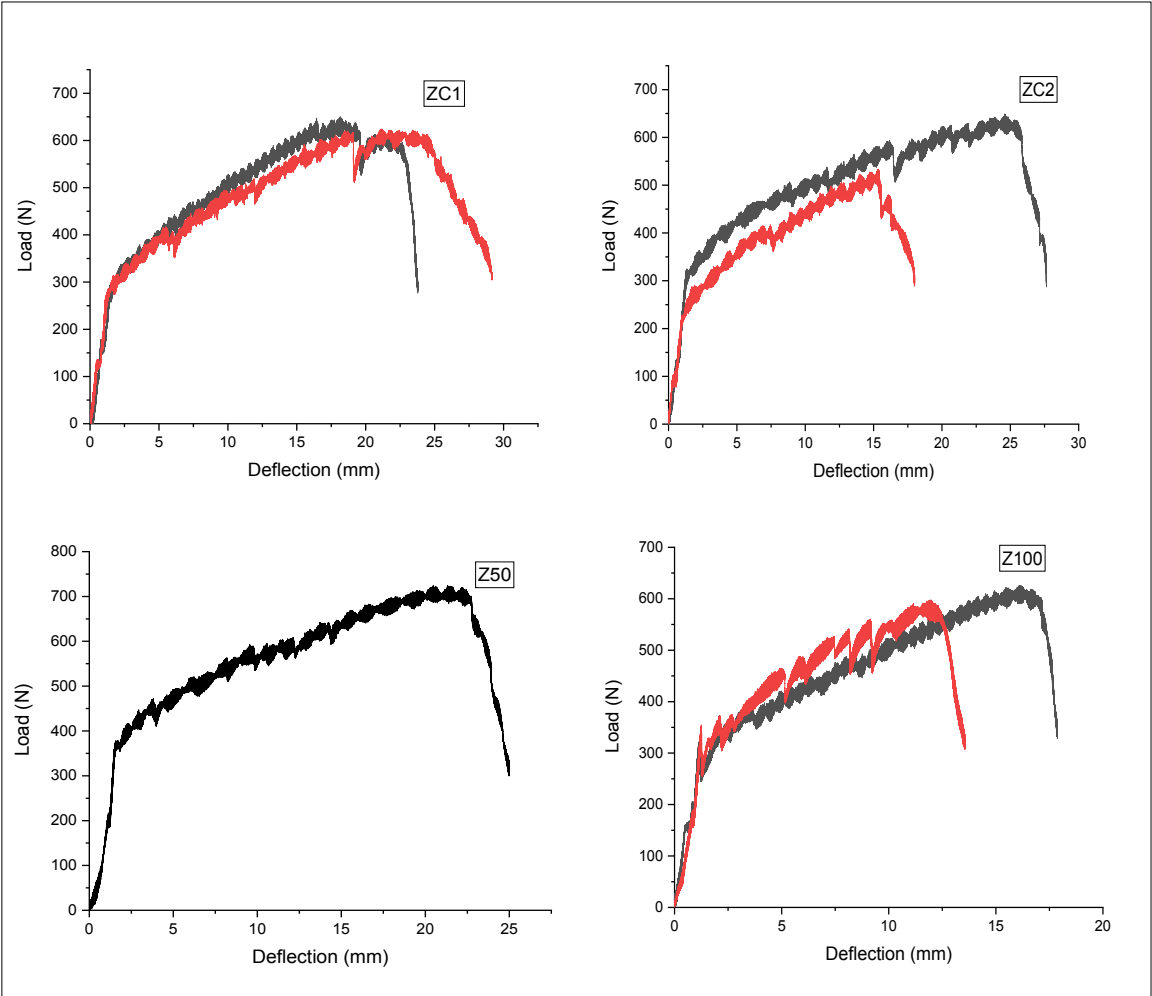


Figure 2. Load-deflection curves for 7-days age of mixtures (ZC1, ZC2, Z50, Z100)

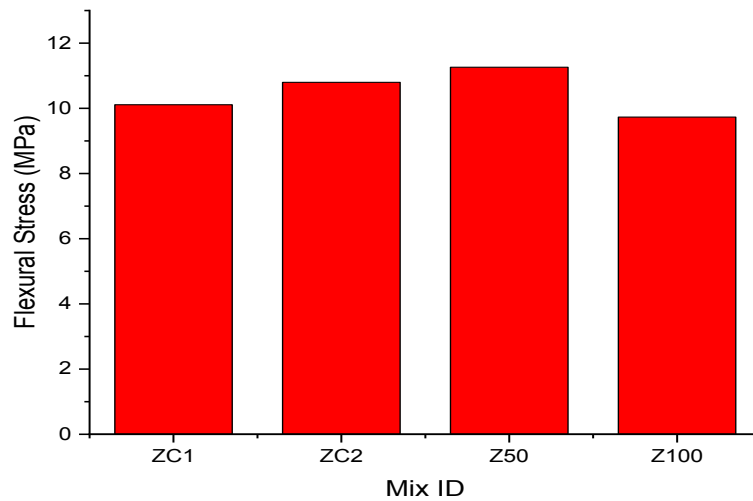


Figure 3. Flexural strength for 7-days age



Figure 4. ECC deflected specimen

#### 4. CONCLUSION

The following conclusions can be obtained from investigations with ECC mixes, including natural zeolite with different amounts of perlite sand and different types of PVA fiber:

1. Performance of the ECC matrix containing oiled PVA fibers results in a slight drop in compressive and flexural strength associated with improvement in the matrix ductility represented in the load-deflection test.
2. Micronized natural zeolite that is used as a natural pozzolanic material improved the PVA fibers dispersion through ECC mortar and caused a compressive strength reduction due to the porous structure of natural zeolite particles
3. Micro multiple cracking behaviors during the load-deflection test occurred in all tested specimens
4. Partial replacement of silica with perlite sand reduces ECC specimens' compressive strength, compressive strength, and ductility. Except for the Z50 mix that results in a higher compressive and flexural strength behavior than other mixes

## REFERENCES

- [1] V. C. Li, "From micromechanics to structural engineering-the design of cementitious composites for civil engineering applications," 1993.
- [2] Z. Cai, F. Liu, J. Yu, K. Yu, and L. Tian, "Development of ultra-high ductility engineered cementitious composites as a novel and resilient fireproof coating," *Constr. Build. Mater.*, vol. 288, p. 123090, 2021.
- [3] J. Cai, J. Pan, J. Tan, and X. Li, "Bond behaviours of deformed steel rebars in engineered cementitious composites (ECC) and concrete," *Constr. Build. Mater.*, vol. 252, p. 119082, 2020.
- [4] A. Caverzan, E. Cadoni, and M. Di Prisco, "Tensile behaviour of high performance fibre-reinforced cementitious composites at high strain rates," *Int. J. Impact Eng.*, vol. 45, pp. 28–38, 2012.
- [5] L. Chai, L. Guo, B. Chen, and C. Ding, "Bond behaviour of bars embedded in ecological high-ductility cementitious composites," *Mag. Concr. Res.*, vol. 72, no. 3, pp. 122–133, 2020.
- [6] V. C. Li, C. Wu, S. Wang, A. Ogawa, and T. Saito, "Interface tailoring for strain-hardening polyvinyl alcohol-engineered cementitious composite (PVA-ECC)," *ACI Mater. J.*, vol. 99, no. 5, pp. 463–472, 2002, doi: 10.14359/12325.
- [7] K. Yu, L. Li, J. Yu, Y. Wang, J. Ye, and Q. Xu, "Direct tensile properties of engineered cementitious composites: A review," *Constr. Build. Mater.*, vol. 165, pp. 346–362, 2018.
- [8] S. Wang and V. C. Li, "Engineered cementitious composites with high-volume fly ash," *ACI Mater. J.*, vol. 104, no. 3, p. 233, 2007.
- [9] W. Fan *et al.*, "Durability of Fibre-Reinforced Calcium Aluminate Cement (CAC)–Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) Blended Mortar after Sulfuric Acid Attack," *Materials (Basel)*, vol. 13, no. 17, p. 3822, 2020.
- [10] M. D. Lepech, V. C. Li, R. E. Robertson, and G. A. Keoleian, "Design of green engineered cementitious composites for improved sustainability," *ACI Mater. J.*, vol. 105, no. 6, p. 567, 2008.
- [11] E. H. Yang, Y. Yang, and V. C. Li, "Use of high volumes of fly ash to improve ECC mechanical properties and material greenness," *ACI Mater. J.*, vol. 104, no. 6, pp. 620–628, 2007, doi: 10.14359/18966.
- [12] S. Lv, H. Hu, J. Zhang, Y. Lei, L. Sun, and Y. Hou, "Structure, performances, and formation mechanism of cement composites with large-scale regular microstructure by distributing uniformly few-layered graphene oxide in cement matrix," *Struct. Concr.*, vol. 20, no. 1, pp. 471–482, 2019.
- [13] S. Adekunle, S. Ahmad, M. Maslehuddin, and H. J. Al-Gahtani, "Properties of SCC prepared using natural pozzolana and industrial wastes as mineral fillers," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 62, pp. 125–133, 2015.
- [14] W. Khaliq and A. Mujeeb, "Effect of processed pozzolans on residual mechanical properties and macrostructure of high-strength concrete at elevated temperatures," *Struct. Concr.*, vol. 20, no. 1, pp. 307–317, 2019.
- [15] S. M. Razavi, H. Nazarpour, and M. Hosseinali Beygi, "Evaluation of mechanical and microstructure properties of engineered cementitious composites made of zeolite," *Struct. Concr.*, no. September 2020, pp. 1–12, 2021, doi: 10.1002/suco.202000594.
- [16] A. C109/109M-16a, "Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (Using 2-in. or cube specimens)," *Annu. B. ASTM Stand.*, pp. 1–10, 2016, doi: 10.1520/C0109.
- [17] M. Lepech and V. C. Li, "Preliminary findings on size effect in ECC structural members in flexure," in *Brittle Matrix Composites 7*, Elsevier, 2003, pp. 57–66.
- [18] S. M. Razavi, H. Nazarpour, and M. Hosseinali Beygi, "Investigation of the efficacy of nano-silica on mechanical properties of Green-Engineered Cementitious Composite (GECC) containing high volume natural zeolite," *Constr. Build. Mater.*, vol. 291, p. 123246, 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.123246





**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

## **YAKIN GEÇMİŞ KONUT POLİTİKASI DEĞİŞİMİ: KOCAELİ ÖRNEĞİ**

Abdurrahman ATMACA\*, Murat Selim ÇEPNİ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Abdurrahman ATMACA, Jeodezi ve Jeoinformasyon Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup> Murat Selim ÇEPNİ, Jeodezi ve Jeoinformasyon Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [abd\\_atmaca@hotmail.com](mailto:abd_atmaca@hotmail.com)

### **ÖZET**

Konut hakkı ve barınma kavramları yasalar çerçevesinde temel hak olarak kabul edilmiştir. Devlet tarafından belli dönemlerde söz konusu temel hakkın tesisi için çeşitli konut politikaları yürürlüğe konulmuştur. Anayasamızda konut hakkı kavramı tarif edilirken, Devletçe çevre şartları gözetilerek belirli bir plan dahilinde gerekli tedbirlerin alınarak konut ihtiyacını karşılamaya yönelik teşebbüslerde bulunulması ifade edilmiştir. Buna ilaveten toplu konuta destek verilmesinden bahsedilerek konut sorununun toplu konut ile çözülebileceğinin sinyalleri verilmiştir. Böylece yürürlüğe konulan Toplu Konut Yasaları ile konut politikaları hız kazanmış ve beraberinde kooperatifçilik, toplu konut ve yerel yönetim iştirakleri gibi yapılar ile zaman içerisinde birçok proje hayata geçirilmiştir. Toplu konut projeleri, finansman açısından daha ekonomik ve ayrıca sosyal donatı imkânlarının daha dengeli dağıldığı yaşam alanlarıdır. Ancak söz konusu sosyal ve kültürel alanların adaletli bir şekilde dağılmadığı ve sağlıklı çevre şartlarının ikinci planda bırakılarak daha fazla konut üretimi amaçlanan toplu konutlarda hane halkının memnuniyetini doğrudan etkilemektedir. Esasında sosyal donatılardan tasarruf edilerek tasarlanan her proje, sonrasında dolaylı olarak konut değerini ve tercih edilebilirliğini azaltmaktadır. Bu çalışma kapsamında 1990 ve 2000’li yılların başlarında inşası başlayan İzmit İlçesinin Yahya Kaptan ve Yuvam Akarca toplu konut projeleri kapsamında nicel bir gözlem yapılarak konut, sosyal ve kültürel donatı miktarlarının sayısal anlamda karşılaştırılması yapılmıştır. Bununla birlikte yine bu çalışma alanlarında satış fiyatları ve satış yoğunlukları belirlenerek birbirleri arasında bir ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır.

**Kelimeler:** İzmit, Konut Politikası, Toplu Konut, Yahya Kaptan, Yuvam Akarca

## **THE EVOLUTION OF NEAR FUTURE ZONING AND BUILDING POLICY IN TURKEY: THE CASE OF KOCAELI**

### **ABSTRACT**

The concepts of the right to housing and right to shelter have been accepted as fundamental rights within the framework of the laws. In certain periods, various housing policies have been put into effect by the State to establish this fundamental right. While defining the concept of right to housing in our constitution, it is stated that the State take the necessary measures with a specific plan, taking into account the environmental conditions and try to meet the housing need. In addition, by mentioning the support for mass housing, signals were given that the housing problem could be solved with mass housing. Thus, housing policies gained momentum with the mass housing laws put into effect and many projects were implemented over time with structures such as cooperatives, mass housing and local government affiliates. Mass housing projects are living spaces where more economical and also social reinforcement opportunities are distributed more evenly in terms of financing. However, it directly affects the satisfaction of the households in the mass housing, where the mentioned social and cultural areas are not distributed in a fair way and more housing production is aimed by leaving the healthy environmental conditions

in the background. In fact, every project designed by saving social facilities indirectly reduces the value and preferability of the housing afterwards. Within the scope of this study, a quantitative was made within the scope of Yahya Kaptan and Yuvam Akarca mass housing projects in Izmit District, the construction of which started in the early 1900s and 2000s, and a numerical comparison of housing, social and cultural equipment was made. However, in these working areas, sales densities were determined and a relationship between each other was tired to be revealed.

**Keywords:** Izmit, Housing Policy, Mass Housing, Yahya Kaptan, Yuvam Akarca

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sanayi devrimi ile birçok gelişmekte olan ülke hızlı bir sanayileşme sürecine girmiştir. Tarım sektörü, teknolojik gelişmeler ile kırdan iş imkânlarını azaltmıştır. Diğer yandan kentlerde de hızla gelişen sanayileşme, kırdan kente bir göç dalgası başlamıştır. Kente hızlı göçe karşı hazırlıksız yakalanan ülkelerde plansız yapılaşma ve konut sıkıntısı baş göstermiştir. Ülkemiz de bu durumundan nasibini almıştır. Halkın, konut ihtiyacını kendi imkânları ile gidermeye çalışması, gecekonduların artmasına sebep olarak plansız bir kentleşme meydana getirmiştir.

Literatürde konut politikası farklı dönemlerde ele alınmıştır. Genel manada ülkemizdeki konut politikasını kategorize edersek; 1960 öncesi sanayileşme ile baş gösteren dönem, plan kapsamında ele alınan 1960 ile 1980 yılları arası dönem, 1980 ile 2000 yılları arası toplu konut yasasına bağlı olarak gelişen konut politikası dönemi ve 2000 yılından sonra ki Toplu Konut İdaresi'nin söz sahibi olduğu dönem olarak sınıflandırabiliriz. 1960 öncesi sanayileşmeye ağırlık veren ülke politikası, konut sorununu ikinci plana bırakmıştır. Bu evrede gecekondulaşmanın artması ciddi bir sorun haline gelmiştir. Kentleşmenin hızlanması ve gecekonduların yaygınlaşması, konut politikası kapsamında gecekondulaşmanın önlenmesine yönelik çalışmalar başlatılmıştır. 1966 yılına kadar ki dönemde gecekonduyu önlemek amacı ile birçok yasa çıkarılmıştır [1].

1960 ve 1980 arası dönem, 1961 Anayasası'nın yürürlükte olduğu dönemdir. Anayasa'nın 49' uncu maddesinde Sağlık Hakkı başlığı altında konut ihtiyacının karşılayan tedbirlerin alınması hususu vurgulanmaktadır. Konut politikaları 1963 yılında Devlet Planlama Teşkilatı'nın kurulması ile 5 yıllık Kalkınma Planları kapsamında ele alınmıştır.

1980 sonrası dönem siyasi hareketliliğin yaşandığı dönem olarak bilinmektedir. 24 Ocak 1980 kararları ve 12 Eylül 1980 Askeri Darbesi, Neoliberal ekonominin başlangıcı sayılır [2]. Nüfus artışı ve buna bağlı olarak gelişen kentleşme sorunlarına bir çözüm olması amacı ile 1981 yılında 2487 Sayılı Toplu Konut Yasası çıkartılmıştır. Ayrıca bu dönemde 1982 Anayasası yürürlüğe girmiştir. 1982 Anayasası'nın 57'nci maddesinde konut yer verilmiştir. Bu madde ile Devletin çevre şartlarını gözeterek belirli bir planlama çerçevesinde konut ihtiyacını karşılamak gayesi ile gerekli önlemleri alması ve toplu konuta destek vermesi ifade edilmektedir. Esasında bu madde ile toplu konuta teşvik edilmekte ve ayrıca konut politikası noktasında devlete ayrıca bir sorumluluk yüklemektedir. 1981 yılında çıkarılan Toplu Konut Yasası, 2985 sayılı Toplu Konut Kanunu ile 1984 yılında yeniden yürürlüğe girmiştir. Günümüzde halen faaliyetini sürdüren Toplu Konut İdaresi'nin (TOKİ) dayanağı olmuştur.

Konut politikası içerisinde önemli bir yere sahip olan konut kooperatifçiliği, konut temininde ciddi bir boşluğu doldurmuştur. Türkiye'de konut kooperatifçiliği, evsiz memurlar ve benzer konumda olan vatandaşları ev sahibi yapmak için 1925 yılında çıkarılan 586 sayılı yasa ile başladığı söylenebilir [3]. Bireylerin münferit olarak konut üretmesi, finansman anlamında daha güç olacağından, kooperatifçilik sayesinde bireylerin bir araya gelmesi ile konut üretimi daha etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. 1981 ve 1984 yılında çıkarılan yasalar ile konut kooperatiflerinin sayıları artış göstermiştir. Buna bağlı olarak 1985 ile 1990 yılları arası kooperatiflere sağlanan finansman desteği sayesinde konut sayısında artış olmuştur [4]. Ancak 2000'li yıllardan sonra TOKİ'nin yetki ve görev tanımlarındaki değişiklikler ile sağladığı finansman desteği sonlandırılıp, doğrudan konut üretimine yönelmesi kooperatiflerin faaliyetlerinin sonlanmasına sebep olmuştur.

Konut sorununa yönelik politikalar arasında Toplu Konut ve Kooperatifçiliğin yanı sıra yerel yönetimler de taşın altına elini koymuştur. Ülkemizde yerel yönetimlerin konut yatırımı yapmaları çok sık karşılaşılan bir durum değildir. Ancak yasalar ile belediyelerinde konut üretimine katkı sağlaması amaçlanmıştır. 1950'de çıkarılan 5656 sayılı yasa ile belediyelere konut yapma yetkisi verilmiştir [5]. Özellikle, 775 sayılı Gecekondu Yasası ile dar gelirli veya yoksul vatandaşları konut sahibi yapmak ve gecekondulaşmayı önlemek amacı ile belediyelere

birtakım görevler yüklemiştir [6]. Yürürlükte olan 5393 sayılı Belediye Kanunu kapsamında banka ve kurumlar ile iştirakli olarak ve konut üretimi için işletme kurmak gibi yetkileri olduğunu görmekteyiz [8].

Ülkemizde konut politikası anlamında Türkiye Emlak Kredi Bankası, toplumsal güvenlik kurumları, konut kooperatifleri ve TOKİ öne çıkan kuruluşlardır. Emlak ve Eytam Bankası olarak kurulan ve 1946 yılında Türkiye Emlak Kredi Bankası ismi ile yeniden kurularak faaliyet gösteren bu banka, 1980'lere kadar ülkemizde, konut denildiğinde akla ilk gelen devlet bankasıdır [6].

2003 yılı Acil Eylem Planı ile hükümet tarafından yeni bir hamle yapılarak TOKİ'nin yetkileri arttırılarak görev ve tanımında değişikliğe gidilmiştir. Son değişiklikler ile konut yapımına teşvik ve finansal destek vermek yerine doğrudan konut yapımına yönelik yetkilere sahip olmuştur. Günümüzde de konut üretimi faaliyetlerini hızla sürdürmektedir. Konut yapımının yanı sıra restorasyon, sosyal donatı, alt yapı, kentsel dönüşüm projelerini de kapsamlı bir şekilde yürütmektedir.

Düzenli ve planlı bir kentleşmede toplu konutların önemi büyüktür. Sosyal donatıların adaletli ve dengeli bir şekilde hizmet etmesine imkân tanımaktadır. Ayrıca üretim maliyeti açısından da ekonomik olduğu kabul edilebilir. Yerel yönetimlerin hizmet sunumu açısından da kolaylık sağlamaktadır. Bu özellikler, toplu konutları müstakil yapılaşmalara göre daha avantajlı hale getirmektedir. Zaten Anayasamız ile toplu konut teşvik edilmekte ve sağlıklı ve dengeli bir çevre oluşturulması önerilmektedir.

Sosyal donatı imkânları toplu konutlarda kalite faktörü olarak kabul edilebilir. Bununla birlikte konut sakinlerinin tercih sebeplerini de etkilemektedir. Planlama standartlarında asgari büyüklükler her ne kadar planlama ilkeleri doğrultusunda hesaplanırsa dahi mevcut fiili durumun gerçekleşen emsali ve konut başına düşen donatı miktarı değişiklik gösterebilmektedir. Çalışma kapsamında Kocaeli-İzmit sınırları içerisinde yer alan iki farklı toplu konut projesi olan Yahya Kaptan ve Yuvam Akarca konutlarının fiili durumu esas alınarak sosyal donatı çeşitliliği ve miktarı açısından karşılaştırılması yapılmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen toplu konutlardan ilki, 1995 sonrası Emlak Bankası ve Toplu Konut İdaresi ortaklığı ile inşa edilmiş olan "Yahya kaptan Emlak Kredi Bankası" konutları, ilk toplu konut uygulaması sayılabilir. İki ve üç odalı farklı plan tiplerinden oluşmaktadırlar. 1987-1988 yıllarında inşasına başlanmış olan proje, 1995 yılında tamamlanmıştır [9]. Türkiye'nin önemli toplu konut uygulamalarından biridir ve her türlü alt yapı ve üst yapı ihtiyacı düşünülerek planlaması yapılmıştır [10]. Bir diğer incelenen toplu konut projesi ise, İzmit, ilçe sınırları içerisinde konut sorununa çağdaş ve kapsamlı çözüm getirmek amacı ile 1996 yılında planlanan, Akarca Konutları'dır. "Yuvam İzmit Konut İdaresi Başkanlığı" altında inşası başlatılmıştır. 15 bin konut yapımını hedefleyen proje etaplardan oluşmaktadır. 1997 yılında temeli atılmış olan projede, ilk etapta 2815 konut inşası tamamlanmıştır [9].

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

Çalışma alanları olan Yahya Kaptan Konutları ve Yuvam Akarca Konutları; İzmit'in güneyinde yer almaktadır. Her iki çalışma alanı, Anadolu Otoyolu ile ayrılmaktadır. Konumsal olarak birbirine yakın konumda yer almaktadırlar. Sınırların belirlenmesinde konutların üretim tarihlerinde ki durumları esas alınmıştır. Günümüz tarihi ile yapım tarihi arasında geçen zaman içerisinde birtakım değişimler olduğu gözlenmiştir. Ancak nicel gözlemler günümüz koşulları içerisinde değerlendirilmiştir. Yahya Kaptan Toplu Konutları çalışma alanı (a) ile Yuvam Akarca Konutları (b) Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Belirlenen sınırlar içerisinde yer alan tüm yapı blokları, sosyal donatı alanları, NETCAD yazılımı ile alanları belirlenmiştir. Satış fiyatları, www.sahibinden.com internet sitesinden elde edilmiştir. Tapu ve Kadastro Müdürlüğü'nün Parsel Sorgulama Uygulamasının Analiz sekmesinden, 2022 yılından geriye dönük altı yıllık bağımsız bölüm satışlarının küme haritaları oluşturulmuştur. Yine aynı uygulamanın parsel öznitelik verileri sekmesinden yapıların kat sayıları, bağımsız bölüm isimleri ve adetleri temin edilmiştir. Ayrıca yapı alanlarının, blok isimlerinin ve adetleri, halihazır harita ile tutarlılıkları keos.izmit.bel.tr ve rehber.kocaeli.bel.tr internet sayfalarından kontrol edilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 2.1 Kocaeli-İzmit Toplu Konut Çalışma Alanı Sınırları (Kocaeli-İzmit Mass Housing Work Area Boundaries) a) Yahya Kaptan Mahallesi Toplu Konutları Çalışma Sınırı (2022), b) Yuvam Akarca Toplu Konutları Çalışma Sınırı (2022) a) Yahya Kaptan Neighborhood Mass Housing Work Area Boundaries b) (Yuvam Akarca Neighborhood Mass Housing Work Area Boundaries).

Öncelikle çalışma alanlarına ait halihazır haritalar, İzmit Belediyesi ve Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilmiştir. Uydu fotoğrafı için Netcad yazılımı içerisinde yer alan Google Earth uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Temin ettiğimiz halihazır haritalar, konutların yapım tarihine aittir. Söz konusu halihazır haritalar üzerine güncel uydu fotoğrafları çakıştırılarak çalışma alanı belirlenmiştir. Çalışma alanı belirlenirken konutların ilk yapıldığı tarihteki sınırları esas alınmıştır. Sonrasında NETCAD yazılımı ile halihazır haritalar üzerinden tüm yapılar, otopark alanları, yeşil alanlar, ayrı tabakalar halinde alan kapatılmıştır. Çalışma sahasının yüzölçümü, konut alanlarının taban yüzölçümleri, otopark olarak ayrılmış alanların yüzölçümleri, pasif yeşil alan, aktif yeşil alan ve spor alanlarının yüzölçümleri hesaplanmıştır. Elde edilen alansal değerler Excel ortamında tablo haline getirilmiştir. Verilerin kontrolünü sağlamak için Tapu ve Kadastro Müdürlüğü'nün Parsel Sorgulama Uygulaması ve İzmit Belediye'sinin e-imar sayfalarından yararlanılmıştır. Parsel Sorgulama ekranından çalışma sahası içerisinde yer alan tüm taşınmazlar sorgulanarak her birinin öz nitelik verileri incelenmiştir. Öz nitelik verileri sekmesinin bağımsız bölüm listesinden, ilgili taşınmaza ait binanın blok numarası, bağımsız bölüm sayısı elde edilmiştir. Bağımsız bölüm listelerinin detayları incelenerek yapıların kat sayısı, mesken veya dükkân olup olmadığı belirlenerek liste oluşturulmuştur. Ayrıca İzmit Belediyesi'nin e-imar uygulaması sayesinde her bir yapının alanları karşılaştırılarak kontrolü sağlanmıştır. Halihazırdan elde edilen alanlar ile e-imardan elde edilen alanlar arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Sonuç olarak alan hesabında halihazırdan elde edilen verilerin tutarlı olduğu kanaatine varılarak, haritadan elde edilen veriler kullanılmıştır. İzmit Belediyesi'nin e-imar uygulaması ve Büyükşehir Belediyesi'nin rehber.kocaeli.bel.tr internet sayfaları sayesinde, çalışma alanında yer alan sosyal ve kültürel tesis alanlarının nitelikleri tespit edilerek kayıtlar oluşturulmuştur. Hesaplanan veriler ile oranlamalar yapılarak kıyaslama yapılmıştır.

Çalışma bölgesine ait satış fiyatlarının tespiti için sahibinden.com internet sayfasından her iki çalışma bölgesinde bulunan (3+1) oda sayısına sahip taşınmazlardan 21'er adet örnek alınmıştır. Toplanan veriler, haziran ayının ilk haftasına aittir. Verilerin satış değerleri, brüt metrekare değerleri, bulunduğu kat sayısı tespit edilmiştir. Alan değerleri ve satış fiyatı değerlerinden excel yardımı ile birim metrekare değerleri elde edilmiştir. Böylelikle karşılaştırmalar birim metrekare üzerinden yapılmıştır. Satış birim metrekare değerlerinin ortalamaları, maksimum ve minimum değerleri ve standart sapmaları hesaplanmıştır.

Her iki çalışma alanına ait satışlar hakkında bir kanaate varabilmek için TKGM'nin parsel sorgulama ekranından küme veya yoğunluk haritası elde etmek mümkündür. 2021 yılına ait satış yoğunluk küme haritası Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Sorgulama sayfasının analiz sekmesinden Bağımsız bölüm satışlarının 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 ve 2021 tarihlerine ait küme haritaları listelenmiştir.



Şekil 2.2 2021 Yılı Satış Yoğunluğu Küme Haritası (2021 Sales Density Cluster Map)

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Yahya Kaptan ve Yuvam Akarca toplu Konutlarına ait hesaplanan yüzölçüm değerleri Tablo 1. 'de gösterilmiştir. Çalışma alanları kıyaslandığında Yahya Kaptan, Yuvam Akarca'ya göre daha büyük bir alana sahiptir. Ancak Tablo 1.'de görüldüğü üzere Yuvam Akarca çalışma alanının içerisinde bulunan Ormanlık alanın park alanı gibi değerlendirilmesi ile tutarlı bir karşılaştırma yapılamayacağından pasif yeşil alan olarak ayrıca değerlendirilmiştir. Tablo 1.'de gösterilen değerlere göre Yuvam Akarca'nın otopark ve pasif yeşil alan olarak Yahya Kaptan'a göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Toplu Konut Alanlarına İlişkin Sayısal Değerler (Numerical Values for Mass Housing Areas)

Çalışma Bölgesi	Çalışma Alanının Yüzölçümü (m <sup>2</sup> )	Top. Yapı Alanı (m <sup>2</sup> )	Konut Alanlarının Yüzölçümü (m <sup>2</sup> )	Bağımsız Bölüm Sayıları	Otopark Alanları Yüzölçümü (m <sup>2</sup> )	Spor Alanı Yüzölçümü (m <sup>2</sup> )	Park Alanı Yüzölçümü (m <sup>2</sup> )	Pasif Yeşil Alanı Yüzölçümü (m <sup>2</sup> )
Yahya Kaptan	917677	125948	93806	5386	51481	25219	145617	0
Yuvam Akarca	697889	74793	68993	3900	67142	9880	64960	110483

Sosyal Donatı Alanlarına ait hesaplamalar Tablo 2.'de gösterilmiştir. Tablo 2.'ye göre Yahya Kaptan konutlarının sosyal donatı çeşitliliği bakımından Yuvam Akarca'ya göre daha zengin olduğu anlaşılmaktadır. Her bir sosyal donatı alanının yüzölçüm değerleri tabloda gösterilmiştir ancak karşılaştırma olarak sosyal donatı sayısına göre oranlama yapılmıştır.

Tablo 2. Sosyal Donatı Alanlarına Ait Hesaplamalar (Calculations for Social Reinforcement Areas)

Soyal Donatı Alanları	Yahya Kaptan			Yuvam Akarca		
	Taban Yüzölçümü (m <sup>2</sup> )	Adet	1000 Bağ. Bölüm Başına Düşen Adet Miktarı	Taban Yüzölçümü (m <sup>2</sup> )	Adet	1000 Bağ. Bölüm Başına Düşen Adet Miktarı
Anaokulu	1451	4	0,74	-	-	-
İlkokul	2959	2	0,37	922	1	0,25
Ortaokulu	939	2	0,37	628	1	0,25
Lise	4038	3	0.56	-	-	-
Sağlık Ocağı	481	1	0.18	528	1	0,25
Cami	580	1	0.18	1544	2	0,25

Bağımsız bölüm başına düşen Otopark, Park Alanı, Spor Alanı ve Pasif Yeşil Alanlar Tablo 3.'te gösterilmiştir. Toplam Yapıların ve Konut alanlarının çalışma alanına oranları, bir anlamda gerçekleşen taban alanı kat sayısını ifade etmektedir.

Tablo 3. Toplu Konut Alanlarına İlişkin Oransal Değerler (Proportional Values for Mass Housing Areas)

Çalışma Bölgesi	Toplam Yapıların Taban Alanı / Çalışma Alanı	Konut Yapılarının Taban Alanı / Çalışma Alanı	Otopark Alanı / Bağımsız Bölüm Sayısı (m <sup>2</sup> )	Park Alanı / Bağımsız Bölüm Sayısı (m <sup>2</sup> )	Spor Alanı / Bağımsız Bölüm Sayısı (m <sup>2</sup> )	Pasif Yeşil Alan / Bağımsız Bölüm Sayısı (m <sup>2</sup> )
Yahya Kaptan	0.14	0.10	9.56	27.04	4.7	-
Yuvam Akarca	0.11	0.10	17.21	16.66	2.5	28

Çalışma alanlarına ait Haziran 2022 tarihinde sahibinden.com internet sitesinde ilana verilmiş 21 adet konut satışı tablo 4.'te gösterilmiştir. Satış fiyatları ve brüt alanlar üzerinden birim metrekare fiyatları hesaplanmıştır. Tablo 4.'te gösterilen değerlerden anlaşıldığı üzere Yahya Kaptan Toplu Konutları, Yuvam Akarca'ya göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Haziran 2022 Satış Değerleri (June 2022 Sales Values)

Yahya Kaptan				Yuvam Akarca				
Brüt Alan(m <sup>2</sup> )	Oda Sayısı	Fiyat (TL)	Birim m <sup>2</sup> Fiyatı (TL)	Brüt Alan(m <sup>2</sup> )	Oda Sayısı	Fiyat (TL)	Birim m <sup>2</sup> Fiyatı (TL)	
1	125	3+1	1.190.000	9.520,00	120	3+1	850.000	7.083,33
2	135	3+1	1.210.000	8.962,96	115	3+1	895.000	7.782,61
3	120	3+1	1.250.000	10.416,67	110	3+1	750.000	6.818,18
4	100	3+1	1.200.000	12.000,00	130	3+1	1.100.000	8.461,54
5	130	3+1	1.288.000	9.907,69	100	3+1	800.000	8.000,00
6	120	3+1	1.500.000	12.500,00	110	3+1	680.000	6.181,82
7	130	3+1	1.550.000	11.923,08	105	3+1	755.000	7.190,48
8	125	3+1	1.300.000	10.400,00	115	3+1	725.000	6.304,35
9	130	3+1	1.575.000	12.115,38	100	3+1	700.000	7.000,00
10	130	3+1	1.580.000	12.153,85	110	3+1	830.000	7.545,45
11	130	3+1	1.400.000	10.769,23	105	3+1	820.000	7.809,52
12	135	3+1	1.475.000	10.925,93	110	3+1	820.000	7.454,55
13	125	3+1	1.270.000	10.160,00	175	3+1	1.620.000	9.257,14
14	145	3+1	1.675.000	11.551,72	125	3+1	850.000	6.800,00
15	121	3+1	1.548.000	12.793,39	220	3+1	1.950.000	8.863,64
16	130	3+1	1.700.000	13.076,92	125	3+1	950.000	7.600,00
17	130	3+1	1.490.000	11.461,54	115	3+1	919.000	7.991,30
18	125	3+1	1.580.000	12.640,00	120	3+1	900.000	7.500,00
19	130	3+1	1.580.000	12.153,85	130	3+1	910.000	7.000,00
20	125	3+1	1.550.000	12.400,00	120	3+1	1.050.000	8.750,00
21	125	3+1	1.325.000	10.600,00	120	3+1	900.000	7.500,00
			Ortalama	11.353,91			Ortalama	7.566,38
			Standart S.	1.138,78			Standart S.	784,20
			Maksimum	13.076,92			Maksimum	9.257,14
			Minimum	8.962,96			Minimum	6.181,82

Yahya Kaptan ve Yuvam Akarca toplu konutlarına ait altı yıllık bağımsız bölüm satış sayıları Tablo 5.'te gösterilmiştir. Tablo 5. verilerine göre satış yoğunluğu anlamında yıllara göre ve toplamda Yahya Kaptan' da daha fazla satış yapıldığı görülmektedir.

Tablo 5. 2021-2016 Yılları Arası Satış Yoğunluğu (Sales Intensity Between 2021-2016)

Çalışma Bölgesi	2021	2020	2019	2018	2017	2016	Toplam
Yahya Kaptan	204	128	105	134	126	150	847
Yuvam Akarca	154	78	85	100	81	124	622

Yukarıda verilen tablo değerlerinden anlaşıldığı üzere Yahya Kaptan konutlarının sosyal donatı çeşitliliği, Yuvam Akarca Konutlarına göre daha fazladır. Bu durum özellikle eğitim alanlarında açık bir şekilde görülmektedir. Yapı alanlarının çalışma alanına oranı arasında çok fazla fark görülmemektedir. Ancak park ve spor alanlarında bu fark daha fazla olduğu görülmektedir. Park alanları, aktif yeşil alan kabul edilebilir. Fakat Yuvam Akarca çalışma alanı içerisinde bulunan orman alanı, konut sakinlerinin yeşil alan gereksinimlerini tam anlamıyla karşılamayacağından, pasif yeşil alan olarak ayrıca değerlendirilmiştir. Yuvam Akarca konutlarında otoparka ayrılan alan Yahya Kaptan konutlarına göre daha fazladır. Diğer yandan konut satış ilan değerleri açısından Yahya Kaptan'ın daha yüksek fiyatlara satıldığı ve yüksek fiyatlara rağmen altı yıllık satış istatistikleri açısından daha fazla alım ve satım gerçekleştiği görülmektedir. Yahya Kaptan ve Yuvam Akarca konutlarının yapım yılı bakımından birbirlerine

daha yakın oldukları düşünülürse, Yahya Kaptan konutlarının tercih edilebilirliğinin fazla olması, sosyal donatı alanı çeşitliliği ve eğitim tesis alanlarının daha fazla olması ile açıklanabilir.

### 3. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yahya Kaptan konutlarının Yuvam Akarca konutlarına göre daha yüksek fiyatlara alıcı bulması, esasında tercih edilebilirliğinin göstergesidir. Bu durum sosyal donatı alanları ile açıklanmaya çalışılmıştır. Her iki konut yoğunluğunun hemen hemen aynı olmasına rağmen konut fiyatlarının farklılığı sosyal donatı alanları ile açıklanabilir. Toplu konut alanlarında ki bu faktörler hem maddi değer anlamında hem de yaşam kalitesi anlamında önemli bir etkiye sahiptir.

### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Keleş, R. (2012), “Kentleşme Politikası.” İmge Kitabevi, Ankara
- [2] Karasu, M. (2009), “Devletin Değişim Sürecinde Belediyelerin Konut Politikalarında Farklılaşan Rolü.”, Cilt 14, Sayı 3,245-264,01.09.2009
- [3] Keleş, R. (1979), “Devlet ve Konut Kooperatifçiliği.”, TMMOB III. Yapı Üretim Kongresi, 22-23 Aralık, İzmir, s.31-40.
- [4] Şengün, H. (2017), “Türkiye’de Konut Kooperatifçiliğinin Dünü Bugünü ve Yarını.” Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi.
- [5] Akın, R. (2015), “Türkiye’ de Sosyal Politika ve Sosyal Konut Politikası.”
- [6] Keleş, R. (2004), “Kentleşme Politikası.”, İmge Kitap Evi, 8.Baskı, Ankara
- [7] Ulusoy, A. “Türkiye’de Konut Politikaları: Tarihsel Süreç ve Aktörlerin Rolü.”, ISSN:2717-9729
- [8] Karasu, Mithat, Arman, (2009), “Devletin Değişim Sürecinde Belediyelerin Konut Üretiminde Farklılaşan Rolü.”, Süleyman Demirel Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, Cilt: 14, Sayı: 3, Ss. 245-264.
- [9] Özgen, E. Y., (2005) “Toplu Konut ve Kalıcı Konut Uygulamalarının İzmit Kent Merkezi Bağlamında İrdelenmesi”, Deprem Sempozyumu, Kocaeli.
- [10] Demirarslan, K., Demirarslan, D. (2018) Kentlerde Yeni Yerleşim Alanlarının Gelişimi ve Katı Atık Sorunu: İzmitYahyakaptan Mahallesi Örneği





**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**DEPREM YALITIMININ TARİHSEL GELİŞİMİ, UYGULAMA**  
**ÖRNEKLERİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ**

Eda Esin ERDOĞAN<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Eda Esin ERDOĞAN<sup>1</sup>, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [erdoganaesin@gmail.com](mailto:erdoganaesin@gmail.com)

**ÖZET**

Deprem gezegenimizin oluşumundan bu yana yaşamı etkileyen, etki gösterdiği bölgelerde insan yaşamını tehdit eden ve yıkıcı etkilerinden korunmak için önlem alınması gereken çok şiddetli ve tehlikeli bir doğal afetdir. Oluştugu bölge üzerinde bulunan yaşam alanlarını etkiler ve bu alanlarda yaşayan insanların barınma, savunma, sağlık gibi birçok yaşamsal ihtiyaçlarını karşılamak üzere inşa edilen yapıları ürettiği kuvvet sebebiyle etkileyip yapısal hasar oluşumuna sebep olmaktadır. Deprem yalıtımı yapıları depremin sebebiyet verdiği bu olumsuz etkilerden korumak amacıyla ortaya çıkmış bir kavramdır. Deprem oluşumunu engellemek mümkün olmadığı için deprem sırasında insan hayatı ve yaşamı üzerinde tehlike oluşturabilecek yapılarda deprem etkisi incelenip bu doğrultuda tasarımların yapılması günümüz mühendislerinin yapı tasarımında öncelikli çalışma alanlarını oluşturmaktadır. Dünya üzerinde depremin etkili olduğu birçok bölgede depremden koruyucu önlemler alınmakta, tasarlanacak olan yapıların deprem güvenliği göz önünde bulundurulmakta ve var olan yapıların deprem performansları incelenerek ihtiyaç halinde gerekli güçlendirmeler yapılmaktadır. Yapılar deprem sırasında yapıya etki edebilecek olası deprem kuvvetlerini güvenle karşılayacak şekilde deprem yönetmeliğine uygun olarak tasarlanmaktadır. Deprem yönetmeliğinde yapılar için çeşitli sınır koşulları verilmekte ve buna uygun tasarım yapılması beklenmektedir. Yine deprem yönetmeliğinde deprem yalıtımı için de gerekli şartlar verilmiş ve yalıtımlı yapılar için farklı koşullar öngörülmüştür. Bu çalışma kapsamında deprem yalıtımının ne olduğu, nasıl uygulandığı, yalıtım araçları, geçmişten günümüze gelişme serüveni, örnek uygulamalar ve yalıtım uygulanmış yapıların yapısal davranışı üzerine bir inceleme yapılacaktır.

**Kelimeler:** Deprem, deprem yalıtımı, yalıtım araçları

**HISTORICAL DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE INSULATION,**  
**APPLICATION EXAMPLES AND WORKING PRINCIPLE**

**ABSTRACT**

Earthquake is a very severe and dangerous natural disaster that has been affecting life since the formation of our planet. It affects the living areas on the area where it occurs and can damage the structures in these areas. Earthquake insulation is a concept that emerged to protect structures from the negative effects of earthquakes. Since it is not possible to prevent the occurrence of earthquakes, the earthquake effect on structures that may pose a danger to human life during an earthquake and their planning in this direction are the primary working areas of engineers in building design. Earthquake protective measures are taken in many regions of the world where earthquakes are effective and the earthquake safety of the buildings to be designed is taken into consideration. The buildings are designed in accordance with the earthquake regulations in order to safely meet the possible earthquake forces that may affect the structure during an earthquake. Within the scope of this study, an examination will be made on what earthquake insulation is, how it is applied insulation tools, the development adventure in the past to the present, sample applications and the structural behavior of the buildings with insulation

**Keywords:** Earthquake, earthquake insulation, insulation tools

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Deprem yeraltında bulunan fay hatlarında gerçekleşen kırılmalar neticesinde açığa çıkan enerjinin dalgalar halinde yayılması olayıdır. Bu dalgalar halinde yayılan enerji yeryüzündeki yapılara ulaştığı zaman bu yapıları da etkilemektedir. Depremün üstyapılardaki etkisi gelen depremin ivmesine, yapının inşa edildiği zeminin cinsine, yapının ağırlığına ve yapısal özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yapıların deprem kuvvetinden direkt etkilenmesini önlemek için deprem yalıtımı kullanılmaktadır. Deprem yalıtımı bir diğer adıyla sismik izolasyon genel tanımıyla yapı ile zeminin doğrudan bağlantısını engellemek ve bu sayede deprem sırasında zeminden yapıya iletilecek olan deprem kuvvetlerini azaltmak amacıyla geliştirilen bir yöntemdir. Yapı ile zeminin direkt bağlantısının önlemek için yalıtım kavramının ortaya çıktığı zamanlardan bu yana çeşitli maddeler ve araçlarla bu temas engellenmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda birçok deneme yapılmış ve en son haliyle günümüzde kullanılan sismik izolatörler geliştirilmiştir.

Deprem etkisi altındaki yapıların performans düzeyleri; kesintisiz kullanım performans düzeyi, sınırlı hasar performans düzeyi, kontrollü hasar performans düzeyi ve göçmenin önlenmesi performans düzeyi olarak sınıflandırılmaktadır. Deprem yalıtımı uygulanan yapılarda deprem sonrası kesintisiz kullanım performans düzeyi beklenmektedir. Deprem anında zeminde ve yalıtım arayüzüne kadar olan yapı elemanlarında deprem direkt ve kontrolsüz şekilde etki ederken yalıtım seviyesi üzerinde kalan yapıda izolatörler sayesinde kontrollü ve oldukça az şiddette etki etmesi beklenmektedir.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

### 2.1 Deprem Yalıtımı ve İzolatör (Earthquake Insulation and Isolator)

Deprem yalıtımı en basit haliyle yapıları deprem etkisinden izole etmek şeklinde tanımlanmaktadır. Deprem yalıtımı için kullanılan araçlara sismik izolatör adı verilmektedir. Sismik izolatörler geçmişten günümüze süregelen çalışmalar neticesinde şuan kullanılan formuna ulaşmıştır. Deprem yalıtımıyla ilgili ilk çalışma 1876 Tokyo Üniversitesi'nde Prof. Dr. John Milne tarafından gerçekleştirilmiştir. Milne yapı ile zemin arasına 2.5 cm çapında demir bilyeler yerleştirmiş ve bu sayede yapının zemin ile olan direkt bağlantısı engellenmiştir. Ancak yapı sadece deprem kuvvetlerinden değil şiddetli rüzgar kuvvetleri altında da hareket göstermiş ve hareket sonrası tekrar eski konumuna gelememiştir[1].

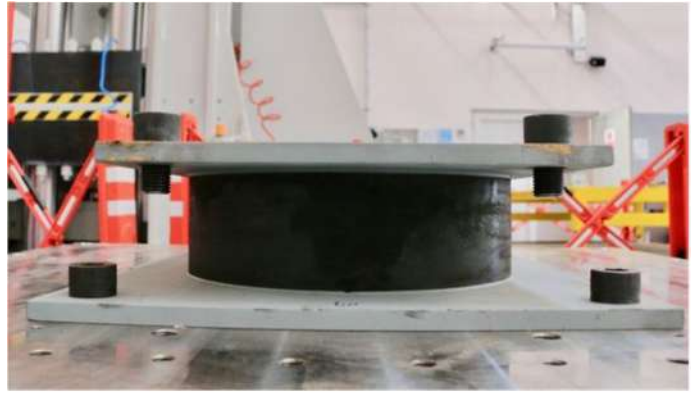
İlk uygulamanın ardından çeşitli ülkelerde çalışmalar devam ederken 1908 de İtalya'da J.A. Calantarients tarafından aynı prensip esas alınarak yapı zemin arasına ince kum, mika veya pudra hammaddesi gibi maddeler yerleştirilmiştir. Bu maddeler sayesinde yapı deprem sırasında bir miktar kayma hareketi yapacak ve deprem kuvvetleri yapısal elemanlara daha az etki edecektir[1].

Deprem yalıtımı ile ilgili ortaya atılan fikirler uygulanıp araştırılırken günümüzdeki izolatör formuna en yakın ilk uygulama 1969 senesinde İsviçreli araştırmacılar tarafından Makedonya'da bulunan bir okulda kauçuk malzemeler kullanılarak elde edilen yalıtım aracı ile yapı izole edilmiştir ve böylece dünyada ilk kauçuk izolatörler ile deprem yalıtımı yapılan bina inşa edilmiştir.

Zamanla teknolojinin ve mühendislik hizmetlerinin gelişmesiyle günümüzde kullanılan modern deprem izolatörleri geliştirilmiştir. Deprem izolatörleri kauçuk tabakalar ve çelik plaklar kullanılarak oluşturulmaktadır. Bu malzemeler üst üste dizilerek düşeyde yapı ağırlığını ve daha fazlasını taşıyabilecek kadar rijit; yatayda ise deprem kuvveti ile sağa sola hareket ederek deprem kuvvetinin yapıyı etkilemesini önleyecek kadar düşük rijitlikte tasarlanmaktadır. Bu sayede yapı altında kullanılan sismik izolatörler düşey doğrultuda ağırlıkları karşılarken yatay doğrultuda deprem kuvvetinin yapıyı tüm gücüyle etkilemesini engellemiş olur. Böylelikle yapılara deprem etkisi ile gelen kuvvetlerin yapı taşıyıcı/taşıyıcı olmayan sisteminde herhangi bir hasar oluşturması önlenmiş ve deprem sonrası kullanımı kesintisiz devam etmesi gereken hastane gibi yapıların güvenliğini artırmıştır. Geçmişten günümüze kullanılan sismik izolatörler ve izolatör kesiti Şekil 1 de gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 1: (a) İlk kauçuk deprem yalıtımlı inşa edilen binada kullanılan izolatör görünümü[2], (b) günümüzde kullanılan sismik izolatör[3]

## 2.2. Sismik İzolatör Çeşitleri (Types of Seismic Isolators)

Deprem yalıtımında kullanılan izolatörler 4 ana tür altında toplam 7 çeşitten oluşmaktadır. Aşağıda listelenen izolatör çeşitleri yapının durumuna, beklenen deprem performansına ve uygunluk durumuna göre seçilmektedir. Bazı yapılarda farklı türlerden izolatörler birlikte kullanılabilir. Yapıya bağlı olarak deprem yalıtımı için izolatör kullanımının yanında sönümleyici sistemler de kullanılmaktadır.

Sismik izolasyon sistemleri:

- Kauçuk esaslı sistemler
  - Düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk izolatörler (LDRB)
  - Yüksek sönümlü doğal kauçuk izolatörler (HDNR)
  - Kurşun çekirdekli izolatörler (LRB)
- Kayma esaslı sistemler
  - Sürtünlü sarkaç sistem (FPS)
  - Elastik sürtünlü taban izolasyon sistemi (R-FBI)
- Kauçuk - kayma karma sistemler
  - Electricite-de-france sistemi (EDF)
  - EERC birleşik sistemi
- Yay tipi sistemler

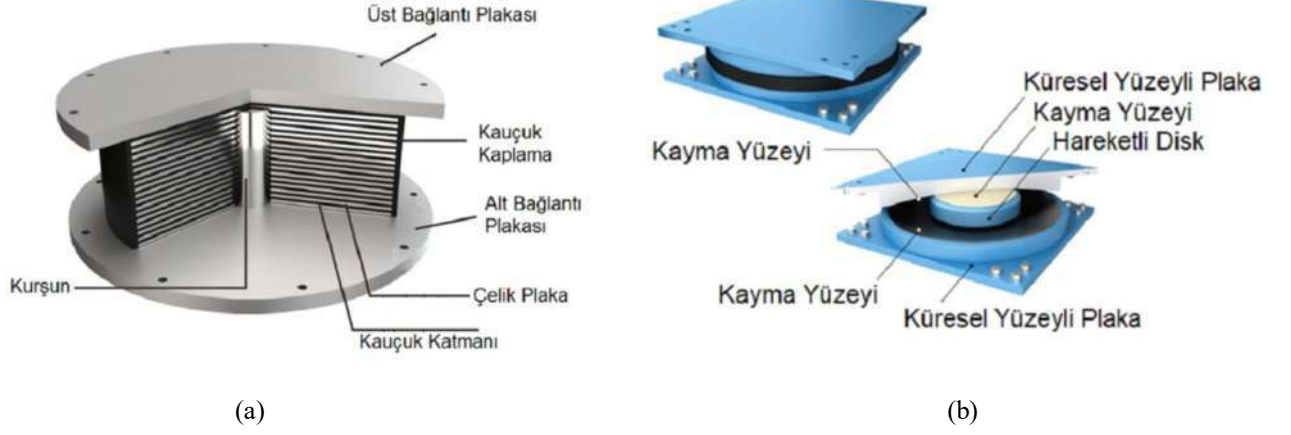
olarak sınıflandırılmaktadır.

Kauçuk esaslı sistemler düşük ve yüksek sönümlü izolatörler olmak üzere iki türe sahiptir. Yapısal olarak 8-20 mm kalınlığa sahip kauçuk plakların arasına 2-3 mm kalınlıktaki çelik levhaların yerleştirilmesiyle oluşturulur. Kullanılan çelik levhalar sönümleyici sistemin yük taşıma kapasitesini artırır ve düşey doğrultuda yüksek rijitlik oluşturur. İlk kez 1969 yılında bir okul binasında uygulanmıştır. En yaygın kullanılan izolatör türüdür [2].

Kayma esaslı sistemlerin temeli Dr J.A. Calantarients tarafında ortaya atılan yapı temeli ile zemin arasına ince kum, mika veya pudra hammaddesi yerleştirilerek deprem sırasında üst yapının kaydırılması prensibi geliştirilerek kayma esaslı yalıtım sistemleri geliştirilmiştir.

Kauçuk-kayma tipi karma sistemler bu iki türün birleştirilmesiyle oluşmaktadır.

Yay tipi sistemler ise viskoz sönümleyici sıvı ile yatay ve düşey yönde esnek davranabilen yaylardan oluşan sistemlerdir.



Şekil 2: (a) Kauçuk esaslı izolatör kesiti[4], (b) kayma esaslı izolatör kesiti[5]

### 2.3 Dünyadaki Bazı Deprem Yalıtımlı Yapılar (Some Earthquakes Insulated Structure)



Şekil 3: Dünyadaki bazı deprem yalıtımlı yapılar [6],[7].

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

#### 3.1 İzolatörlerin Yerleştirilmesi (Placing The Insulators)

Deprem yalıtımı proje aşamasındaki yapılar için uygulanabildiği gibi mevcut yapıları depreme dayanıklı hale getirmek için de kullanılabilir. Mevcut tarihi yapılarda özellikle estetik ve mimari kaygılardan dolayı kolon giriş gibi yapının taşıyıcı elemanına güçlendirme işlemi yapmak yerine deprem güvenliğini sağlamak için taban yalıtım uygulaması tercih edilebilmektedir.

Deprem izolatörleri hem mevcut yapılar hem de yapım aşamasında olan yapılar için her bir kolon elemanın altına bir adet ve perde elemanların altına birkaç adet olacak şekilde yerleştirilmektedir. Deprem izolatörleri yapının en altta bulunan kolonların alt ya da üst uçlarına veya orta kısmına yerleştirilebilmektedir. Yerleştirildiği kısma yalıtım arayüzü adı verilir. Yapıda yalıtım uygulaması yapılacaksa yalıtım sisteminin sorunsuz çalışması için bir bodrum kat inşa edilmesi gereklidir. Bu yapı maliyetinin bir miktar artmasına sebep olması yönünden projenin uygunluk durumuna göre yapı altlarında otopark olarak kullanılması planlanan katlarda kolon üst uçlarına da yerleştirilebilmektedir. Ek bodrum kat gereksinimi izolatörlerin deprem sırasında oluşturacakları yerdeğiştirmenin herhangi bir engelle karşılaşmaması, gerekli durumlarda bakım, onarım ve değişiminin kolaylıkla gerçekleştirilebilecek şekilde yerleştirilmesi için gereklidir. Ayrıca yapı çevresinde de deprem sırasında oluşacak yerdeğiştirmeye için gerekli boşlukların bırakılması gereklidir.

#### 3.2 Deprem Yalıtımının Avantaj Ve Dezavantajları (Advantages and Disadvantages of Earthquake Isolation)

Deprem yalıtım sistemleri, uygulandığı yapılar için birçok avantaj sağlamaktadır. Bu avantajlardan bazıları;

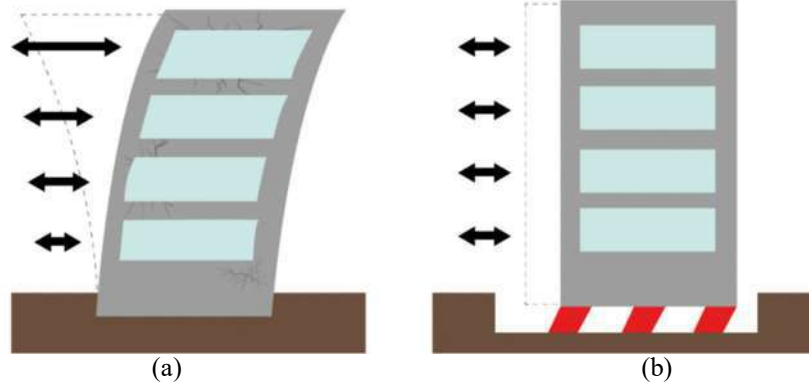
- Deprem sırasında yapının yıkıcı etkilere olan maruziyetini azaltarak yapıda tehlikeli düzeyde hasar oluşmasını önlediği için içeride bulunan canlıların can güvenliğinin üst seviyelerde korunmasını sağlamaktadır.
- Deprem kaynaklı yapıda oluşabilecek hasarların önleniyor olması sebebiyle yapılarda hasar maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır.
- Çok şiddetli deprem kuvvetlerine maruz kalıp bünyesinde değişmesini gerektiren herhangi bir hasar oluşmadığı sürece rutin bakım ihtiyaçları yok denecek kadar azdır, sistemin doğru şekilde kullanılması durumunda servis ömrü yapı ömrü kadardır ve değişimi gerekirse kolaylıkla değiştirilebilir.
- Karayollarındaki köprü ve viyadük gibi zeminden yukarıda inşa edilen yapılarda deprem yalıtımı uygulandığında deprem sırasında ve sonrasında yapının sorunsuz şekilde kullanım hizmeti vermesinde katkı sağlamaktadır.
- Maliyet açısından bakıldığında ise yapıda deprem kaynaklı bir hasar meydana gelip hem mal hem de can kaybına neden olabilecek ve bu olumsuz durumun yarattığı maliyet karşısında deprem yalıtım sisteminin maliyeti çok daha düşük seviyelerde kalacaktır. Dolayısıyla deprem yalıtım sistemleri yapının ilk yapım maliyetini bir miktar artırmış olsa da sağladığı faydalar ve yüksek güvenlik ile hizmet ömrü boyunca birçok yapısal masraftan yapıyı korumuş olur.
- Deprem yalıtımı bulunan yapılarda şiddetli depremler yaşanırken yapı içerisinde bulunan insan ve nesnelere depremin çok daha düşük şiddette hissedilmesini sağlamaktadır.

Deprem yalıtım sisteminin dezavantajları;

- Deprem yalıtım araçları tasarımında öngörülenden daha fazla depreme maruz kalması durumunda değiştirilmesi gerekebilir.
- İzolatörlerin deprem sırasında oluşturacakları yerdeğiştirmeler için bodrum kat inşa edilmeli veya temel derinliği artırılmalıdır.
- Yumuşak zeminlere inşa edilecek olan yapılar için kullanımı uygun değildir. (Yumuşak zeminlerde deprem yalıtımı ile yapı periyodunun artırılması halinde yapıya gelecek deprem yükü artacaktır.)
- Dezavantaj olarak yazılabilecek çoğu maddeler ekstra maliyet oluşumuna bağlıdır.

### 3.3 Çalışma Prensipleri ve Hesap Esasları (Working Principle and Calculations)

Geleneksel yollarla zemine ankastre olarak inşa edilen yapılarda deprem kuvvetleri yapı taşıyıcı elemanları tarafından tüketilmesi esasına dayanarak tasarım yapılırken deprem yalıtımlı yapılarda yapı altına izolasyon sistemleri konularak yapının rijitliği azaltılır, sönüm oranı ve periyodu arttırarak yapıya etki edebilecek deprem kuvvetinin azaltılması esasına göre tasarım yapılmaktadır. Yapının periyodu yapı kütlelerine ve rijitliğine bağlı bir parametredir. İzolasyonlu yapıların inşasında zemine ankastre olarak inşa edilen yapılara göre uzun açıklıkların kolonsuz geçilebilmesi; kolon, kiriş boyutlarının daha küçük olabilmesi gibi avantajlar sebebiyle yapı ağırlığı ve rijitliği azaltılabilmektedir. İzolasyonlu yapılarda deprem sırasında yalıtım seviyesinde ötelenme hareketi gözlemlenmektedir. Yalıtım seviyesindeki öteleme sebebiyle bitişik nizam yapılarda yalıtım uygulamasının yapılması uygun değildir.

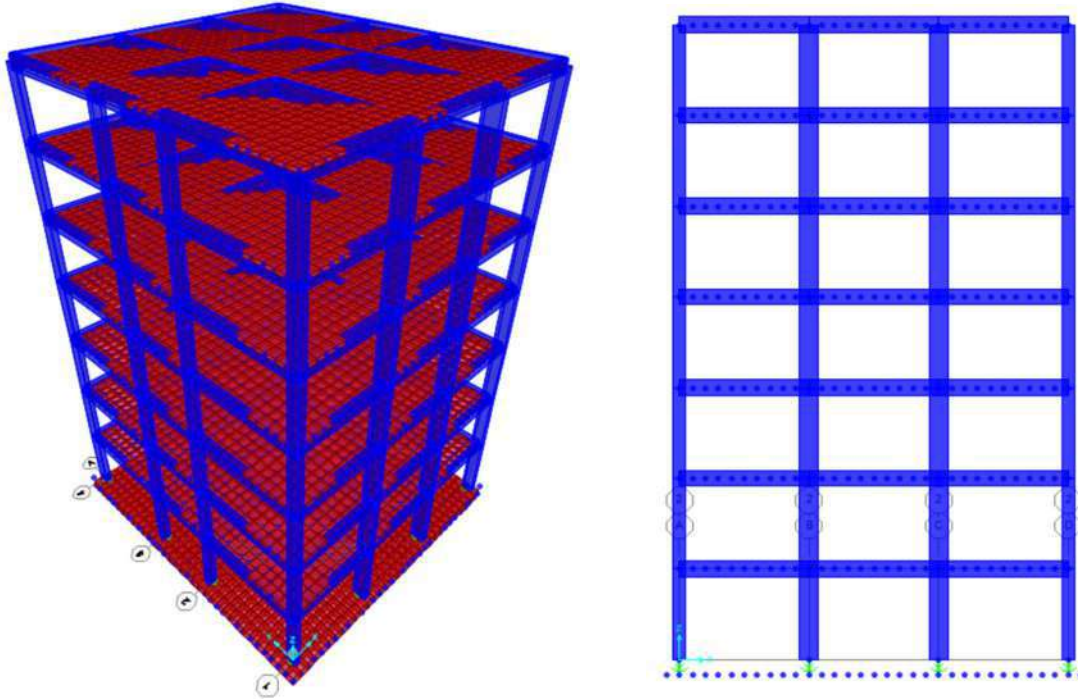


Şekil 4: (a) Zemine ankastre yapı ötelenme davranışı, (b) deprem izolasyonlu yapı ötelenme davranışı[8]

Deprem yalıtım araçlarının hesabı ise projeye, yapının uygulanacağı bölgenin koşullarına, yapı ağırlığına, periyoduna, yalıtım aracının cinsine bağlı olarak hesaplanmaktadır.

## 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Üç boyutlu tasarımı ve xz düzlemindeki bir kesiti aşağıdaki şekilde gösterilmekte olan yapı “İnşaat Mühendisliğinde Sap2000 Uygulamaları” adlı kitaptan alınmış olup yapı hem zemine ankastre hem de izolatörlü olarak modellenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 5: Örnek modelin 3 boyutlu ve kesitsel görünümü

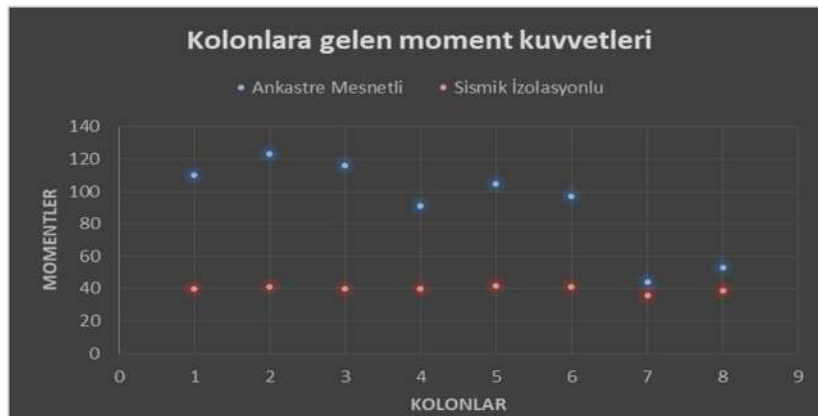
Karşılaştırma sonucunda:

- Yapının zemine ankastre durumundaki hakim periyotları sismik izolasyonlu tasarım yapıldığında 2 kata kadar çıktığı,
- Kütle katılım oranlarının ankastre mesnetli yapılara göre sismik yalıtımlı yapılarda daha yüksek olduğu,
- Ankastre mesnetli yapının kesme kuvvetleri sismik izolasyonlu olarak tasarlandığında yaklaşık 2,0-2.5 katına kadar azaldığı,
- Zemine ankastre yapının sismik izolasyonlu durumuna göre moment kuvvetlerinin değerleri yaklaşık olarak 1,5 katı kadar olduğu,
- Yalıtımlı yapının kiriş kesme ve moment değerleri ankastre mesnetli binanın değerlerinden daha az olduğu,
- Her iki yön için de taban kesme kuvvetleri yalıtımlı yapıda ankastre mesnetli yapının yaklaşık 1/3'ü değerler aldığı,
- Yer değiştirme değerinin yalıtımlı yapıda ankastre mesnetli yapıdan daha yüksek değerler aldığı gözlemlenmiştir.

Karşılaştırma sonuçları değerlendirildiğinde yapının deprem yalıtımlı olarak tasarlanması yalıtımsız geleneksel yöntemlerle tasarlanan modeline göre deprem performansının daha üst düzeyde olduğu, inşa edilirken yapı maliyetini bir miktar artırmış olsa da sağladığı yüksek faydalarla yapının depremi hasarsız atlama imkanı sunmakta ve ankastre olarak inşa edilen yapılarda oluşabilecek deprem hasarlarının giderilmesi için gerekli olan ekstra maliyetlerden yapıyı korumaktadır. Maliyet karşılaştırılması yapıldığında uzun vadede daha karlı bir sistem olarak görülmesi mümkün olabilir.



Şekil 6:Zemine ankastre ve sismik yalıtımlı yapının periyot değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 7:Zemine ankastre ve sismik yalıtımlı yapının moment değerlerinin karşılaştırılması

## KAYNAKLAR ( REFERENCES)

- [1] Tezcan S., Cimilli S.,2002 “*Sesismic Base Isolation BOUN.*” HEF, İstanbul.
- [2] Naeim, F., Kelly, J. M.,1999 “*Design of seismic isolated structures: from theory to practice.*” John Wiley & Sons.
- [3] URL-1<<https://oneymis.com/tag/sismik-izolator/>> Ziyaret tarihi:05.06.2022
- [4] URL-2< <https://www.boomarine.com/products/lead-rubber-bearing>> Ziyaret tarihi:05.06.2022
- [5] URL-3< [https://www.researchgate.net/figure/5-Sliding-base-isolation\\_fig5\\_356089767](https://www.researchgate.net/figure/5-Sliding-base-isolation_fig5_356089767)> Ziyaret tarihi:05.06.2022
- [6] URL-4<[https://en.wikipedia.org/wiki/Te\\_Papa](https://en.wikipedia.org/wiki/Te_Papa)> Ziyaret tarihi:05.06.2022
- [7] URL-5<<https://www.artyapiproje.com/tabanimizolasyonu>> Ziyaret tarihi:05.06.2022
- [8] URL-6<<https://www.thesisat.org/deprem-izolasyon-dernegi-did.html>> Ziyaret tarihi:05.06.2022
- [9] Alhan, C., Öncü-Davas, S.,2016, “*Performance limits of seismically isolated buildings under near-field earthquakes*”, Elsevier, 116, 83–94.
- [10] Cheng, F., Jiang, H., Lou, H., 2008“*London. Smart Structures: Innovative Systems for Seismic Response Control.*” Crc Press.





## İSTİNAT DUVARLARININ FARKLI ZEMİNLERDEKİ DAVRANIŞLARI

Nazile URAL<sup>1</sup>, Serkan AKYILDIZ<sup>2\*</sup>, Halil İbrahim TÜRKMEN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Nazile URAL, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye

<sup>2</sup>Serkan AKYILDIZ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye

<sup>3</sup>Halil İbrahim TÜRKMEN, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye

### ÖZET

İstinat duvarları, yarma yapılmış yol ve temel şevlerinin yanıl toprak itkisi nedeni ile zemini kayma, devrilme ve heyelan gibi etkilerden korumak için şev önüne yapılan duvarlardır. Yarmalar gibi yüksek dolgu işlerinde dolgu şevini kuvvetlendirmek için de istinat duvarları inşaat edilmektedir. Ayrıca, iki farklı seviyedeki zemin, arasında denge sağlanacak şekilde, belli bir açı yaparak istinat duvarı yapılmaktadır. Bu çalışmada, konsol istinat duvarlarının ve ağırlık istinat duvarlarının farklı zemin değerlerindeki depremli-depremsiz ve yer altı su seviyesi 0m-7m olan durumlardaki davranışları Geo5 programı ve ampirik hesaplar ile analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; Üst zeminin kohezyonu (c) ve alt zeminin içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) arttığında devrilme ve kayma güvenlik sayılarının arttığı görüldü aynı zamanda taşıma gücünde de bazı değerlerde artış görülürken bazı değerlerde ise düşüş görülmüştür. Deprem kuvveti uygulandığında güvenlik sayılarında düşüş görüldü. Yer altı su seviyesi 0 m (yüzey seviyesi) iken güvenlik sayılarında düşüş olduğu bulunmuştur. Yer altı su seviyesi 7 m iken taşıma gücü güvenlik sayılarının yer altı su seviyesi olmadığı durumdaki güvenlik sayılarından çok az bir miktarda yüksek çıktığı gözlemlendi. Bulunan sonuçlarda istinat duvarlarının stabil olmadığı fark edilmiştir. Stabil hale getirmek için duvar arkasına dolgu zemin yerleştirilmiştir ayrıca duvar önüne pasif itkiyi arttıracak şekilde dolgu zemin yerleştirilmiştir.

**Kelimeler:** İstinat duvarı, zemin özellikleri, deprem, geo5 programı

## BEHAVIOR OF RETAINING WALLS ON DIFFERENT FLOORINGS

### ABSTRACT

Retaining walls are built in front of the slope to protect the ground from slipping, overturning, and landslides due to the lateral soil thrust of the cut road and foundation slopes. Retaining walls are also built to strengthen the fill slope in high fill works such as cuts. In addition, a retaining wall is made by making a certain angle to provide a balance between the two different levels of ground. This study analyzed and compared the behavior of cantilever retaining walls in earthquake-non-earthquake conditions at different soil values and with a groundwater level of 0M-7M with the Geo5 program and empirical calculations. As a result, It was observed that the rollover and slip safety numbers increased when the cohesion (c) of the upper soil and the internal friction angle ( $\phi$ ) of the subsoil increased. When the earthquake force was applied, the safety numbers decreased. It was found that there was a decrease in the safety numbers when the groundwater level was 0M (overside). It was observed that when the groundwater level was 7M, the safety numbers of the bearing capacity were slightly higher than the safety numbers in the absence of the groundwater level. In the results found, it was noticed that the retaining walls were not stable. Infill soil is placed behind the wall to stabilize it, and an infill soil is placed in front of it to create passive thrust.

**Keywords:** Retaining wall, soil properties, earthquake, geo5 program

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İstinat duvarları, yarma yapılmış yol ve temel şevlerinin yanal toprak itkisi nedeni ile zemini kayma, devrilme ve heyelan gibi etkilerden korumak için şev önüne yapılan duvarlardır. İstinat duvarlarının ikinci bir yapılış şekli yarma ve dolgu şevlerinde kötü görüntüyü yok etmektedir. Doğal zemin veya sonradan yapılan kazı, dolgu gibi malzemelerde kot farkları sebebiyle şev açısı oluşmaktadır. Yani iki farklı seviyedeki zemin, arasında denge sağlanacak şekilde, belli bir açı yaparak birleşmektedir. Zemindeki malzemenin farklı seviyelerde ki geçişlerinde her zaman şev açısı ile problem çözülmemektedir. Bu çalışmada Ağırlık ve Konsol tipi istinat duvarlarında Tablo 1’de gösterilen farklı Zemin parametrelerinde depremli, depremsiz ve yer altı su seviyesi (YASS) 0m-7m olan durumlardaki davranışlarını hem Geo5 programı hemde ampirik hesaplar ile inceleyerek karşılaştırılmıştır. Zemindeki malzemenin yapısı, inşaat yapılan alanın yetersizliği ve suyun zeminde yapacağı aşındırmalardan dolayı istinat duvarı yapılarak çözüm sağlanabilir. Tabii zeminler ile toprak, kum, çakıl gibi malzemelerden oluşan dolgu zeminler, eğer farklı kottaki iki düzey arasında düşey bir düzlem halinde ise dengede duramaz ve göçerler.

Tablo 1 Zemin özellikleri (Soil properties)

Üst zemin		Alt zemin	
c	ø	c	ø
5	10	10	5
10	10	10	10
15	10	10	15
20	10	10	20

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

Sonlu elemanlar yöntemi nümerik analiz yöntemleri arasında bilgisayar yazılımı için en uygun formülasyona sahiptir. Geoteknik mühendisliği uygulamalarında sonlu elemanlar analizlerinde gerçek durumu modelleyebilmek açısından adım adım (aşamalı yükleme, aşamalı kazık) yapılmaktadır. Sayısal analiz de kullanılan programların en geneli Plaxis, Soilworks, Midas Gts Nx, Geo5 programı ve Rocscience programlarıdır. Yaptığımız çalışmada Tablo 1’de gösterilen zemin parametrelerini Şekil 1 ve Şekil 2’deki istinat duvarlarında farklı deprem yüklerinde (yatay deprem katsayısı  $k_h=0,2-0,4$ ), YASS 0m-7m ve YASS olmama durumlarında sonlu elemanlar programı Geo5 ve ampirik hesaplar kullanılarak güvenlik sayıları bulunmuştur. Her iki hesap yönteminde de Rankine Eş.1, Eş.2, Eş.3, Eş.4 ve Mononobe- Okabe Eş.5, Eş.6, Eş.7 yöntemleri kullanılmıştır.  $\lambda_n$  (zemin birim hacim ağırlık) 18 kN/m<sup>3</sup>,  $\lambda_d$  (doğru birim hacim ağırlık) 19 kN/m<sup>3</sup> ve duvar birim ağırlığı 24 kN/m<sup>3</sup> kullanılmıştır. Şekil 1.’ de ağırlık istinat duvarı ve Şekil 2. konsol istinat duvarı verilmiştir.

$$p_A = k_A \sigma_v - 2c\sqrt{k_A} \quad (1)$$

$$k_A = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2)$$

$k_A$ : Rankine aktif toprak basıncı katsayısı

$\sigma_v$ : Düşey efektif gerilme

c: Zemin kohezyonu

ø: Zeminin içsel sürtünme açısı

$$p_p = k_p \sigma_v + 2c\sqrt{k_p} \quad (3)$$

$$k_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (4)$$

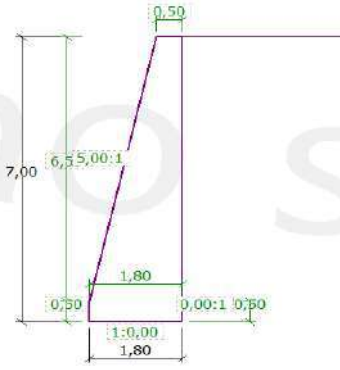
$k_p$ : Rankine pasif toprak basıncı katsayısı

$$P_{AE} = \frac{1}{2} (1 - k_v) K_{AE} H^2 \gamma \quad (5)$$

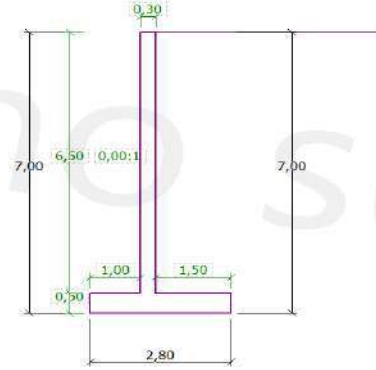
$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{k_h}{1 - k_v} \right) \quad (6)$$

$$k_{AE} = \frac{\cos^2(\phi + \psi - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \psi \cos^2(\delta - \psi + \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \beta - \theta)}{\cos(\delta - \psi + \theta) \cos(\beta + \psi)}} \right]^2} \quad (7)$$

$k_{AE}$ : Deprem basıncı katsayısı



Şekil 1. Ağırılık istinat duvarı



Şekil 2. Konsol istinat duvarı

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Analizler sonucunda mevcut boyutları ile güvenlik sayılarını karşılayamayan istinat duvarlarının boyutları değiştirilmiştir. Tablo 2-10' da farklı zemin özelliklerinde yer altı su seviyesinin ve deprem kuvvetinin değişmesi ile ampirik ve Geo5 analiz sonuçları verilmiştir. Boyutlar değiştirildikten sonra Tablo 11.'de YASS 0m, Kh=0,4 'deki analiz sonuçları verilmiş ve güvenlik sayılarının sınır değerleri geçtiği görülmüştür. Şekil 3 ve 4.' De işe boyut ve dolgu malzemelerinin değişmesi sonucu elde edilen istinat duvarlarının kesiti verilmiştir.

Tablo 2. YASS -, Kh=0 'deki analiz sonucu elde edilen güvenlik sayıları (Safety numbers obtained as a result of the analysis YASS -, Kh=0)

kh=0		YASS= -		AMPİRİK HESAP						GEO5 HESAPLARI					
Üst zemin		Alt zemin		Ağırılık duvar			Konsol duvar			Ağırılık duvar			Konsol duvar		
c	$\phi$	c	$\phi$	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma
5	10	10	5	0,35	0,11	0,51	0,78	0,17	2,2	0,42	0,14	0	0,27	0,07	0

5	10	10	10	0,35	0,16	0,54	0,78	0,23	2,4	0,42	0,14	0	0,27	0,07	0
5	10	10	15	0,35	0,21	0,6	0,78	0,29	2,7	0,42	0,14	0,01	0,27	0,07	0,01
5	10	10	20	0,35	0,26	0,7	0,78	0,35	3,2	0,42	0,14	0,01	0,27	0,07	0,01
10	10	10	5	0,46	0,15	0,74	1,02	0,22	4,2	0,59	0,17	0	0,37	0,09	0
10	10	10	10	0,46	0,21	0,79	1,02	0,3	4,5	0,59	0,17	0	0,37	0,09	0
10	10	10	15	0,46	0,28	0,87	1,02	0,37	5,1	0,59	0,17	0,01	0,37	0,09	0,01
10	10	10	20	0,46	0,34	1,02	1,02	0,46	6,1	0,59	0,17	0,01	0,37	0,09	0,01
15	10	10	5	0,66	0,22	1,27	1,47	0,32	2	0,86	0,22	0	0,54	0,12	0
15	10	10	10	0,66	0,31	1,36	1,47	0,43	2,2	0,86	0,22	0	0,54	0,12	0
15	10	10	15	0,66	0,40	1,51	1,47	0,54	2,5	0,86	0,22	0,01	0,54	0,12	0,01
15	10	10	20	0,66	0,49	1,76	1,47	0,66	3	0,86	0,22	0,01	0,54	0,12	0,01
20	10	10	5	1,17	0,39	0,79	2,61	0,56	1,3	1,31	0,29	0	0,83	0,15	0
20	10	10	10	1,17	0,55	0,85	2,61	0,76	1,5	1,31	0,29	0	0,83	0,15	0
20	10	10	15	1,17	0,71	0,94	2,61	0,96	1,6	1,31	0,29	0,01	0,83	0,15	0,01
20	10	10	20	1,17	0,87	1,09	2,61	1,17	2	1,31	0,29	0,01	0,83	0,15	0,01

Tablo 3. YASS -, Kh=0,2 'deki analiz sonucu elde edilen güvenlik sayıları (Safety numbers obtained as a result of the analysis YASS -, Kh=0.2)

kh=0,2		YASS= -		AMPİRİK HESAP						GEO5 HESAPLARI					
Üst zemin		Alt zemin		Ağırlık duvar			Konsol duvar			Ağırlık duvar			Konsol duvar		
c	∅	c	∅	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma
5	10	10	5	0,26	0,09	0,35	0,58	0,13	1,3	0,17	0,08	0	0,15	0,05	0
5	10	10	10	0,26	0,12	0,37	0,58	0,17	1,4	0,17	0,08	0	0,15	0,05	0
5	10	10	15	0,26	0,16	0,41	0,58	0,21	1,5	0,17	0,08	0,01	0,15	0,05	0,01
5	10	10	20	0,26	0,19	0,48	0,58	0,26	1,8	0,17	0,08	0,01	0,15	0,05	0,01
10	10	10	5	0,33	0,11	0,47	0,74	0,16	2	0,19	0,09	0	0,18	0,06	0
10	10	10	10	0,33	0,16	0,51	0,74	0,21	2,2	0,19	0,09	0	0,18	0,06	0
10	10	10	15	0,33	0,20	0,56	0,74	0,27	2,5	0,19	0,09	0,01	0,18	0,06	0,01
10	10	10	20	0,33	0,25	0,65	0,74	0,33	3	0,19	0,09	0,01	0,18	0,06	0,01
15	10	10	5	0,46	0,15	3,3	1,02	0,22	4,4	0,22	0,10	0	0,20	0,07	0
15	10	10	10	0,46	0,21	3,53	1,02	0,29	4,8	0,22	0,10	0	0,20	0,07	0
15	10	10	15	0,46	0,28	3,92	1,02	0,37	5,3	0,22	0,10	0,01	0,20	0,07	0,01
15	10	10	20	0,46	0,34	4,58	1,02	0,45	6,4	0,22	0,10	0,01	0,20	0,07	0,01
20	10	10	5	0,73	0,25	1,12	1,63	0,35	1,9	0,25	0,11	0	0,23	0,08	0
20	10	10	10	0,73	0,34	1,2	1,63	0,47	2,1	0,25	0,11	0	0,23	0,08	0
20	10	10	15	0,73	0,44	1,33	1,63	0,60	2,3	0,25	0,11	0,01	0,23	0,08	0,01
20	10	10	20	0,73	0,54	1,55	1,63	0,73	2,8	0,25	0,11	0,01	0,23	0,08	0,01

Tablo 4. YASS -, Kh=0,4 'deki analiz sonucu elde edilen güvenlik sayıları (Safety numbers obtained as a result of the analysis YASS -, Kh=0.4)

kh=0,4		YASS= -		AMPİRİK HESAP						GEO5 HESAPLARI					
Üst zemin		Alt zemin		Ağırlık duvar			Konsol duvar			Ağırlık duvar			Konsol duvar		

c	ø	c	ø	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma
5	10	10	5	0,25	0,08	0,33	0,56	0,12	1,2	0,14	0,06	0	0,13	0,04	0
5	10	10	10	0,25	0,12	0,36	0,56	0,16	1,3	0,14	0,06	0	0,13	0,04	0
5	10	10	15	0,25	0,15	0,4	0,56	0,2	1,5	0,14	0,06	0,01	0,13	0,04	0,01
5	10	10	20	0,25	0,19	0,46	0,56	0,25	1,7	0,14	0,06	0,01	0,13	0,04	0,01
10	10	10	5	0,33	0,11	0,46	0,73	0,15	2	0,16	0,07	0	0,16	0,05	0
10	10	10	10	0,33	0,15	0,5	0,73	0,21	2,1	0,16	0,07	0	0,16	0,05	0
10	10	10	15	0,33	0,20	0,55	0,73	0,27	2,4	0,16	0,07	0,01	0,16	0,05	0,01
10	10	10	20	0,33	0,24	0,64	0,73	0,32	2,9	0,16	0,07	0,01	0,16	0,05	0,01
15	10	10	5	0,47	0,16	2,99	1,04	0,22	4,1	0,18	0,08	0	0,18	0,06	0
15	10	10	10	0,47	0,22	3,2	1,04	0,3	4,4	0,18	0,08	0	0,18	0,06	0
15	10	10	15	0,47	0,28	3,55	1,04	0,38	5	0,18	0,08	0,01	0,18	0,06	0,01
15	10	10	20	0,47	0,35	4,15	1,04	0,46	6	0,18	0,08	0,01	0,18	0,06	0,01
20	10	10	5	0,81	0,27	1,01	1,8	0,39	1,8	0,20	0,09	0	0,20	0,06	0
20	10	10	10	0,81	0,38	1,08	1,8	0,53	1,9	0,20	0,09	0	0,20	0,06	0
20	10	10	15	0,81	0,49	1,2	1,8	0,68	2,1	0,20	0,09	0,01	0,20	0,06	0,01
20	10	10	20	0,81	0,60	1,4	1,8	0,82	2,5	0,20	0,09	0,01	0,20	0,06	0,01

Tablo 5. YASS 0m, Kh=0 'deki analiz sonucu elde edilen güvenlik sayıları (Safety numbers obtained as a result of the analysis YASS 0M, Kh=0)

kh=0		YASS= 0m		AMPİRİK HESAP						GEO5 HESAPLARI					
Üst zemin		Alt zemin		Ağırlık duvar			Konsol duvar			Ağırlık duvar			Konsol duvar		
c	ø	c	ø	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma
5	10	10	5	0,17	0,06	0,13	0,40	0,08	0,4	0,31	0,11	0	0,16	0,05	0
5	10	10	10	0,17	0,08	0,14	0,40	0,11	0,4	0,31	0,11	0	0,16	0,05	0
5	10	10	15	0,17	0,1	0,17	0,40	0,14	0,5	0,31	0,11	0	0,16	0,05	0
5	10	10	20	0,17	0,13	0,2	0,40	0,18	0,6	0,31	0,11	0	0,16	0,05	0
10	10	10	5	0,2	0,07	0,15	0,45	0,09	0,5	0,36	0,12	0	0,19	0,06	0
10	10	10	10	0,2	0,09	0,17	0,45	0,13	0,5	0,36	0,12	0	0,19	0,06	0
10	10	10	15	0,2	0,12	0,19	0,45	0,16	0,6	0,36	0,12	0	0,19	0,06	0
10	10	10	20	0,2	0,15	0,23	0,45	0,20	0,8	0,36	0,12	0	0,19	0,06	0
15	10	10	5	0,23	0,08	0,18	0,52	0,11	0,6	0,39	0,13	0	0,20	0,06	0
15	10	10	10	0,23	0,11	0,2	0,52	0,15	0,7	0,39	0,13	0	0,20	0,06	0
15	10	10	15	0,23	0,14	0,23	0,52	0,19	0,8	0,39	0,13	0	0,20	0,06	0
15	10	10	20	0,23	0,17	0,27	0,52	0,23	1	0,39	0,13	0	0,20	0,06	0
20	10	10	5	0,27	0,09	0,22	0,61	0,13	0,8	0,4	0,14	0	0,21	0,06	0
20	10	10	10	0,27	0,12	0,24	0,61	0,17	0,9	0,4	0,14	0	0,21	0,06	0
20	10	10	15	0,27	0,16	0,27	0,61	0,22	1	0,4	0,14	0	0,21	0,06	0
20	10	10	20	0,27	0,2	0,33	0,61	0,27	1,3	0,4	0,14	0	0,21	0,06	0

Tablo 6. YASS 0m, Kh=0,2 'deki analiz sonucu elde edilen güvenlik sayıları (Safety numbers obtained as a result of the analysis YASS 0M, Kh=0.2)

kh=0,2	YASS= 0m	AMPİRİK HESAP						GEO5 HESAPLARI					
--------	----------	---------------	--	--	--	--	--	----------------	--	--	--	--	--

Üst zemin		Alt zemin		Ağırlık duvar			Konsol duvar			Ağırlık duvar			Konsol duvar		
c	ø	c	ø	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma
5	10	10	5	0,15	0,05	0,11	0,34	0,07	0,3	0,18	0,07	0	0,12	0,04	0
5	10	10	10	0,15	0,07	0,12	0,34	0,09	0,4	0,18	0,07	0	0,12	0,04	0
5	10	10	15	0,15	0,09	0,14	0,34	0,12	0,4	0,18	0,07	0	0,12	0,04	0
5	10	10	20	0,15	0,11	0,17	0,34	0,15	0,5	0,18	0,07	0	0,12	0,04	0
10	10	10	5	0,17	0,06	0,13	0,38	0,08	0,4	0,20	0,08	0	0,13	0,04	0
10	10	10	10	0,17	0,08	0,14	0,38	0,11	0,4	0,20	0,08	0	0,13	0,04	0
10	10	10	15	0,17	0,10	0,16	0,38	0,14	0,5	0,20	0,08	0	0,13	0,04	0
10	10	10	20	0,17	0,12	0,19	0,38	0,17	0,6	0,20	0,08	0	0,13	0,04	0
15	10	10	5	0,19	0,07	0,15	0,45	0,09	0,5	0,21	0,09	0	0,14	0,05	0
15	10	10	10	0,19	0,09	0,16	0,45	0,12	0,5	0,21	0,09	0	0,14	0,05	0
15	10	10	15	0,19	0,12	0,19	0,45	0,16	0,6	0,21	0,09	0	0,14	0,05	0
15	10	10	20	0,19	0,14	0,23	0,45	0,2	0,8	0,21	0,09	0	0,14	0,05	0
20	10	10	5	0,23	0,08	0,18	0,53	0,11	0,6	0,22	0,09	0	0,14	0,05	0
20	10	10	10	0,23	0,11	0,2	0,53	0,15	0,7	0,22	0,09	0	0,14	0,05	0
20	10	10	15	0,23	0,14	0,23	0,53	0,19	0,8	0,22	0,09	0	0,14	0,05	0
20	10	10	20	0,23	0,17	0,28	0,53	0,23	1	0,22	0,09	0	0,14	0,05	0

Tablo 7. YASS 0m, Kh=0,4 'deki analiz sonucu elde edilen güvenlik sayıları (Safety numbers obtained as a result of the analysis YASS 0M, Kh=0.4)

kh=0,4		YASS= 0m		AMPİRİK HESAP						GEO5 HESAPLARI					
Üst zemin		Alt zemin		Ağırlık duvar			Konsol duvar			Ağırlık duvar			Konsol duvar		
c	ø	c	ø	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma
5	10	10	5	0,14	0,05	0,11	0,33	0,07	0,3	0,15	0,06	0	0,10	0,03	0
5	10	10	10	0,14	0,07	0,12	0,33	0,08	0,3	0,15	0,06	0	0,10	0,03	0
5	10	10	15	0,14	0,09	0,13	0,33	0,1	0,4	0,15	0,06	0	0,10	0,03	0
5	10	10	20	0,14	0,11	0,16	0,33	0,12	0,5	0,15	0,06	0	0,10	0,03	0
10	10	10	5	0,17	0,06	0,12	0,38	0,07	0,4	0,16	0,06	0	0,11	0,03	0
10	10	10	10	0,17	0,08	0,14	0,38	0,1	0,4	0,16	0,06	0	0,11	0,03	0
10	10	10	15	0,17	0,10	0,16	0,38	0,12	0,5	0,16	0,06	0	0,11	0,03	0
10	10	10	20	0,17	0,12	0,19	0,38	0,14	0,6	0,16	0,06	0	0,11	0,03	0
15	10	10	5	0,19	0,07	0,15	0,45	0,09	0,5	0,17	0,07	0	0,11	0,04	0
15	10	10	10	0,19	0,09	0,17	0,45	0,11	0,5	0,17	0,07	0	0,11	0,04	0
15	10	10	15	0,19	0,12	0,19	0,45	0,14	0,6	0,17	0,07	0	0,11	0,04	0
15	10	10	20	0,19	0,14	0,23	0,45	0,17	0,8	0,17	0,07	0	0,11	0,04	0
20	10	10	5	0,24	0,08	0,19	0,55	0,11	0,7	0,17	0,07	0	0,12	0,04	0
20	10	10	10	0,24	0,11	0,21	0,55	0,14	0,7	0,17	0,07	0	0,12	0,04	0
20	10	10	15	0,24	0,14	0,24	0,55	0,17	0,8	0,17	0,07	0	0,12	0,04	0
20	10	10	20	0,24	0,18	0,29	0,55	0,2	1	0,17	0,07	0	0,12	0,04	0

Tablo 8. YASS 7m, Kh=0 'deki analiz sonucu elde edilen güvenlik sayıları (Safety numbers obtained as a result of the analysis YASS 7M, Kh=0)

kh=0		YASS= 7m		AMPİRİK HESAP						GEO5 HESAPLARI					
Üst zemin		Alt zemin		Ağırlık duvar			Konsol duvar			Ağırlık duvar			Konsol duvar		
c	ø	c	ø	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma
5	10	10	5	0,35	0,11	0,53	0,78	0,17	2,3	0,42	0,14	0	0,27	0,07	0
5	10	10	10	0,35	0,16	0,56	0,78	0,23	2,5	0,42	0,14	0	0,27	0,07	0
5	10	10	15	0,35	0,21	0,61	0,78	0,29	2,7	0,42	0,14	0,01	0,27	0,07	0,01
5	10	10	20	0,35	0,26	0,69	0,78	0,35	3,1	0,42	0,14	0,01	0,27	0,07	0,01
10	10	10	5	0,46	0,15	0,77	1,02	0,22	4,7	0,59	0,17	0	0,37	0,09	0
10	10	10	10	0,46	0,21	0,81	1,02	0,3	5,1	0,59	0,17	0	0,37	0,09	0
10	10	10	15	0,46	0,28	0,89	1,02	0,37	5,5	0,59	0,17	0,01	0,37	0,09	0,01
10	10	10	20	0,46	0,34	1	1,02	0,46	6,4	0,59	0,17	0,01	0,37	0,09	0,01
15	10	10	5	0,66	0,22	1,33	1,47	0,32	2,1	0,86	0,22	0	0,54	0,12	0
15	10	10	10	0,66	0,31	1,41	1,47	0,43	2,3	0,86	0,22	0	0,54	0,12	0
15	10	10	15	0,66	0,40	1,53	1,47	0,54	2,5	0,86	0,22	0,01	0,54	0,12	0,01
15	10	10	20	0,66	0,49	1,74	1,47	0,66	2,9	0,86	0,22	0,01	0,54	0,12	0,01
20	10	10	5	1,17	0,39	0,82	2,61	0,56	1,4	1,31	0,39	0	0,83	0,15	0
20	10	10	10	1,17	0,55	0,87	2,61	0,76	1,5	1,31	0,39	0	0,83	0,15	0
20	10	10	15	1,17	0,71	0,95	2,61	0,96	1,6	1,31	0,39	0,01	0,83	0,15	0,01
20	10	10	20	1,17	0,87	1,08	2,61	1,17	1,9	1,31	0,39	0,01	0,83	0,15	0,01

Tablo 9. YASS 7m, Kh=0,2 'deki analiz sonucu elde edilen güvenlik sayıları (Safety numbers obtained as a result of the analysis YASS 7M, Kh=0.2)

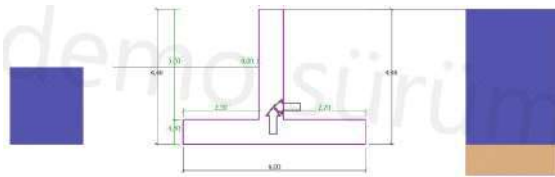
kh=0,2		YASS= 7m		AMPİRİK HESAP						GEO5 HESAPLARI					
Üst zemin		Alt zemin		Ağırlık duvar			Konsol duvar			Ağırlık duvar			Konsol duvar		
c	ø	c	ø	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma
5	10	10	5	0,26	0,09	0,36	0,58	0,13	1,3	0,17	0,08	0	0,15	0,05	0
5	10	10	10	0,26	0,12	0,39	0,58	0,17	1,4	0,17	0,08	0	0,15	0,05	0
5	10	10	15	0,26	0,16	0,42	0,58	0,21	1,5	0,17	0,08	0,01	0,15	0,05	0,01
5	10	10	20	0,26	0,19	0,48	0,58	0,22	1,7	0,17	0,08	0,01	0,15	0,05	0,01
10	10	10	5	0,33	0,11	0,49	0,74	0,16	2	0,19	0,09	0	0,18	0,06	0
10	10	10	10	0,33	0,16	0,52	0,74	0,21	2,2	0,19	0,09	0	0,18	0,06	0
10	10	10	15	0,33	0,20	0,57	0,74	0,27	2,4	0,19	0,09	0,01	0,18	0,06	0,01
10	10	10	20	0,33	0,25	0,64	0,74	0,33	2,7	0,19	0,09	0,01	0,18	0,06	0,01
15	10	10	5	0,46	0,15	1,72	1,02	0,22	2,6	0,22	0,10	0	0,20	0,07	0
15	10	10	10	0,46	0,21	1,82	1,02	0,29	2,8	0,22	0,10	0	0,20	0,07	0
15	10	10	15	0,46	0,28	1,99	1,02	0,37	3,1	0,22	0,10	0,01	0,20	0,07	0,01
15	10	10	20	0,46	0,34	2,25	1,02	0,45	3,5	0,22	0,10	0,01	0,20	0,07	0,01
20	10	10	5	0,73	0,25	1,16	1,63	0,35	1,9	0,25	0,11	0	0,23	0,08	0
20	10	10	10	0,73	0,34	1,24	1,63	0,47	2	0,25	0,11	0	0,23	0,08	0
20	10	10	15	0,73	0,44	1,34	1,63	0,6	2,2	0,25	0,11	0,01	0,23	0,08	0,01
20	10	10	20	0,73	0,54	1,52	1,63	0,73	2,6	0,25	0,11	0,01	0,23	0,08	0,01

Tablo 10. YASS 7m, Kh=0,4 'deki analiz sonucu elde edilen güvenlik sayıları (Safety numbers obtained as a result of the analysis YASS 7M, Kh=0.4)

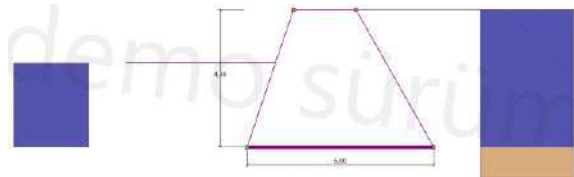
kh=0,4		YASS= 7m		AMPİRİK HESAP						GEO5 HESAPLARI					
Üst zemin		Alt zemin		Ağırlık duvar			Konsol duvar			Ağırlık duvar			Konsol duvar		
c	ø	c	ø	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma
5	10	10	5	0,25	0,08	0,35	0,56	0,12	1,2	0,14	0,06	0	0,13	0,04	0
5	10	10	10	0,25	0,12	0,37	0,56	0,16	1,3	0,14	0,06	0	0,13	0,04	0
5	10	10	15	0,25	0,15	0,4	0,56	0,2	1,4	0,14	0,06	0,01	0,13	0,04	0,01
5	10	10	20	0,25	0,19	0,45	0,56	0,25	1,6	0,14	0,06	0,01	0,13	0,04	0,01
10	10	10	5	0,33	0,11	0,48	0,73	0,15	2	0,16	0,07	0	0,16	0,05	0
10	10	10	10	0,33	0,15	0,51	0,73	0,21	2,1	0,16	0,07	0	0,16	0,05	0
10	10	10	15	0,33	0,20	0,56	0,73	0,27	2,3	0,16	0,07	0,01	0,16	0,05	0,01
10	10	10	20	0,33	0,24	0,63	0,73	0,32	2,6	0,16	0,07	0,01	0,16	0,05	0,01
15	10	10	5	0,47	0,16	3,12	1,04	0,22	4,1	0,18	0,08	0	0,18	0,06	0
15	10	10	10	0,47	0,22	3,31	1,04	0,3	4,4	0,18	0,08	0	0,18	0,06	0
15	10	10	15	0,47	0,28	3,6	1,04	0,38	4,8	0,18	0,08	0,01	0,18	0,06	0,01
15	10	10	20	0,47	0,35	4,08	1,04	0,46	5,5	0,18	0,08	0,01	0,18	0,06	0,01
20	10	10	5	0,81	0,27	1,05	1,8	0,39	1,7	0,20	0,09	0	0,20	0,06	0
20	10	10	10	0,81	0,38	1,11	1,8	0,53	1,9	0,20	0,09	0	0,20	0,06	0
20	10	10	15	0,81	0,49	1,21	1,8	0,68	2	0,20	0,09	0,01	0,20	0,06	0,01
20	10	10	20	0,81	0,6	1,37	1,8	0,82	2,3	0,20	0,09	0,01	0,20	0,06	0,01

Tablo 11. YASS 0m, Kh=0,4 'deki analiz sonucu değişen duvar boyutlarına göre bulunan güvenlik sayıları (The safety found according to the changing Wall dimensions as a result of the analysis in YASS 0M, Kh=0.4)

kh=0,4		YASS= 0m		AMPİRİK HESAP						GEO5 HESAPLARI					
Üst zemin		Alt zemin		Ağırlık duvar			Konsol duvar			Ağırlık duvar			Konsol duvar		
c	ø	c	ø	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma	Devrilme	Kayma	Taşıma
0	35	10	5	6,45	2,75	2,19	5,12	1,81	6,08	1,89	1,6	8,74	2,14	1,93	15,47
0	35	10	10	6,45	3,63	2,23	5,12	1,94	6,19	1,89	1,6	8,91	2,14	1,93	15,76
0	35	10	15	6,45	4,52	2,3	5,12	2,08	6,39	1,89	1,6	9,2	2,14	1,93	16,27
0	35	10	20	6,45	5,43	2,43	5,12	2,21	6,76	1,89	1,6	9,72	2,14	1,93	17,2



Şekil 3. Stabil hale getirilmiş konsol istinat duvarı



Şekil 4. Stabil hale getirilmiş ağırlık konsol istinat duvarı



#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Çalışma sonunda, ampirik hesap ve sonlu elemanlar programı olan Geo5'in 2 farklı tipteki duvarın güvenlik sayıları karşılaştırılması yapılmıştır. Üst zeminin kohezyonu ve alt zeminin içsel sürtünme açısının arttığı durumlarda devrilme ve kayma güvenlik sayılarında artış görülürken taşıma gücünde farklılıklar görülmüştür. Deprem kuvveti uygulandığında güvenlik sayılarında düşüş gözlemlenmiştir. YASS 0 m iken, YASS olmaması durumuna göre güvenlik sayılarında düşüş görülürken, YASS 7 m iken devrilme ve kayma güvenlik sayılarında değişiklik meydana gelmemiştir. Taşıma gücünde ise çok az bir miktarda artış gözlemlenmiştir. Devrilme, kayma ve taşıma gücü tahkiklerinde stabil olmayan duvarları stabil hale getirmek için duvar boyutlarında arttırıldı. Duvarların arkasındaki doğal zemin dolgu zemin değiştirildi. Aynı zamanda duvarların önüne pasif itki oluşturmak içinde dolgu zemin yerleştirildi. Ampirik ve Geo5 sonuçları birbirine yakın çıkmasına rağmen farklı değerler verdiği görülmüştür. Bunun nedenini ise Geo5 programının güvenli tarafta kalmak için daha hassas hesap yapması olarak açıklayabiliriz.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

Göçer G., Donatılı Zemin Duvar Tasarımında Parametrik Analizler, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2002.

Polat A., Geosentetik Donatılı İstinat Duvarı Üzerine Parametrik Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir 2020.

Kotan D., Geotekstil Donatılı Zemin İstinat Duvarları İle Yamaçlarda Stabilitenin Arttırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2008.

Çakır T., Konsol Bir İstinat Duvarının Sismik Davranışı Üzerinde Dolgu Etkileşiminin Değerlendirilmesi Üzerine Parametrik Bir Çalışma, Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane 2016.

Köktan U., DEMİR G., ERTEK M. K., Bir Konsol İstinat Duvarının Sismik Davranışına Yeraltı Su Seviyesindeki Değişimlerin Etkisinin İncelenmesi, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun 2018.

Özbey K., İstinat Duvarı Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2003.

Yıldız M. C., İstinat Duvarına Etkiyen Dinamik Toprak Basınçları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2015.

Kelek İ., Karayolu Projelerinde İnşa Edilen İstinat Duvarların Ve Donatılı Zemin Yapıların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik 2021.



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF BLAST LOAD ON STATIC  
PARAMETERS IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURE USING  
FINITE ELEMENT METHOD**

Abdiladif Sadak Yusuf

Department of Civil Engineering, Ondokuz Mayıs University/Samsun, Turkey

\*Corresponding author; E-Mail: [c.ladiif20@gmail.com](mailto:c.ladiif20@gmail.com)

**ABSTRACT**

This paper presents an investigation of the effect of the blast load static parameters in concrete structures by using the finite element method. This study was examined to determine the effect of the explosion on a 5-story building by taking point nodes on every floor. A floor high is 3m and bay width is 5m and 4m respectively. The columns, beams, and slab dimensions were taken at 30\*60cm, 30\*50m, and 15cm respectively. The concrete was C30 as well. This study used blast acceleration data which is taken in the Samsun-Atakent quarrying blast. Quarry blasting is the controlled use of explosives and other methods such as pressurized gas blasting pyrotechnics to break up rocks. The study used a comparison method which is before and after the application of blast load on the structure and interpretation was made by paying attention to the most vulnerable on the floors. As a result of the study, the difference of moments, shear forces, displacements, and blast acceleration was given attention for comparing the before and after building's blast load. At the end of this study, explosive materials were evaluated for how effective and dangerous they are in concrete structures.

**Keywords:** Blast load, reinforced concrete structure, finite element method, static analysis.

## 1. INTRODUCTION

In recent years, a structure exposed to blast load due to random events or natural events has gained importance and has become a serious issue that needs to be addressed quite often. This was given great attention due to incidents that occur accidentally or intentionally in buildings all over the world. Many structures and human lives in both developing and developed countries suffer from the blast loads. Attacking city centers with portable bombs has become one of the regular terrorist attacks worldwide [1]. When it comes to the explosion, it is not just that flames, clouds of smoke and irregular flying pieces, collapsed buildings, and very loud noises appear. In fact, the explosion is a combination of complex physical and chemical properties that kills valuable lives and collapses many buildings. Terrorist activities and threats have become a growing problem all over the world, and protecting citizens against terrorist acts includes anticipating, preventing, and mitigating blast damages [2]. The effects of terrorist activities in city centers are neither limited to the target structure nor equivalent to the free space environment. The effects were devastating for the structure due to the channeling/funneling effect of adjacent structures [3]. In the past, structures were just designed to withstand normal load conditions and often could tolerate some abnormal loads, but the structures were not designed for blast load due to the low probability of explosion in the building and economic reasons, the structural members were not designed to respond elastically to a blast load and cannot resist the large magnitude of the blast load [4]. For this reason, it was started giving great attention to the problems of blast and earthquakes loads and their effect on the structures. The earthquake problem is quite old, but most of the information about it has been accumulated in the last fifty years [5]. Blast loading differs from ordinary loads (dead loads, live loads, snow, and wind) because the peak overpressure is very high and is applied to the structure for an extremely short time, and requires dynamic analysis [6]. In a Ronan Point apartment tower in London in 1968, great emphasis is placed on the robustness of the structures, i.e., keeping the structures as insensitive as possible to local failures. In this fortuitous event, a gas explosion on the 18th floor of a high-rise prefabricated reinforced concrete building threw the walls out of the building and caused the support of the upper floor reinforced concrete slab to be lost. Structural failure, including glass breakage, resulted in many more victims and injuries than the blast wave itself. This loss of support caused the corner of the entire building to collapse gradually, resulting in 5 deaths and 16 injuries [7]. Some problems were found in the design of the building, as well as some construction details of the joints, which led to a lack of structural redundancy; these observations led to changes in building codes [8]. Many buildings that can be loaded by explosive events are moment resisting frames in concrete or steel structures, and their behavior under blast loads is of great interest [9]. The explosion problem is relatively new, information on developments in this area is mostly provided through the publications of the Army Corps of Engineers, the Department of Defense, other government departments, and public agencies [10]. Eurocode EN 1991-1-7 refers to the case of accidental loadings and explosions, but mainly focuses on impact actions such as collisions from trucks, trains, ships, helicopters, or any other vehicle in general. [11]. Quarry blasting is the controlled use of explosives and other methods such as pressurized gas blasting pyrotechnics to break up rocks. It is often used in mining, quarrying, and civil engineering such as dams, tunnels, or road construction. Blasting is one of the first operations carried out in a quarry to obtain the material to be processed. In the blasting part of this process, the chemical energy in the explosive is used to both breakup and displace the rock [12].

This study was examined to determine the effect of the explosion on concrete structures and dynamic analysis was made with the finite element method. In addition, the effect of the explosion on a 5-story building by taking point nodes on every floor by comparing before and after the explosion on the building was analyzed and an interpretation was made by paying attention to the most vulnerable on the floors. The changes of moments, shear forces, displacements, and blast acceleration were given attention for comparing the before and after building's blast load. At the end of this study, explosive materials were evaluated for how effective and dangerous they are in concrete structures.

## 2. DATA AND METHOD

### *2.1 Description of Explosion and Its Charge Profile*

An explosion has been defined as a large-scale, rapid, and sudden release of energy. Explosions can be classified as physical, nuclear, or chemical events according to their nature. In physical explosions, energy can be released from the catastrophic failure of a compressed gas cylinder, from volcanic eruptions, or even from the mixing of

two liquids at different temperatures [13]. Explosives can be classified as solid, liquid, or gas according to their physical state. Solid explosives are essentially high explosives for which their explosive effects are best known. It can be classified as a secondary or primary explosive according to its sensitivity to ignition. The second is an ignition in which simple ignition can easily explode from a spark, flame, or impact. Substances such as mercury fulminate and lead azide are primary explosives. Secondary explosives can cause extensive damage to the environment by creating blast waves when detonated. Examples include trinitrotoluene (TNT) and ANFO [14]. The explosion of a condensed high explosive produces hot gases at a pressure of up to 300 kilobar and at a temperature of about 3000-4000C° [15]. The hot gas expands and forces the volume it occupies. As a result, a layer of compressed air (blast wave) formed in front of this gas volume, which contained most of the energy released by the explosion. The blast wave instantly increased to a pressure value above the atmospheric pressure of the environment [16]. As this shock wave expanded outward from the blast source, it was termed side overpressure. After a short time, the pressure at the front may have dropped below the ambient pressure. In such an unfavorable stage, a partial vacuum is formed and sucked air. Accompanied by high suction winds that carried debris long distances away from the source of the explosion [17]. Figure 1, shows the shock wave velocity and blast pressure differences in explosive wave propagation.

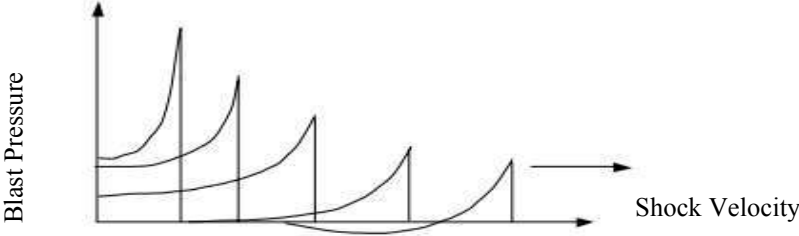


Figure 1. Explosive Wave Propagation (Ngo et al. 2007).

This study was examined to determine the effect of the explosion on a 5-story building by taking point nodes on every floor. A floor high is 3m and bay width is 5m and 4m respectively. The columns, beams, and slab dimensions were taken at 30\*60cm, 30\*50cm, and 15cm respectively. The concrete material was C30 as well. This study used blast acceleration data which is taken in the Samsun-Atakent quarrying blast. The study used a comparison method which is before and after the application of blast load on the structure and interpretation was made by paying attention to the most vulnerable on the floors. The 3D finite element model of the concrete structure was generated using SAP 2000 software.



Figure 2.3D view of the Structural model

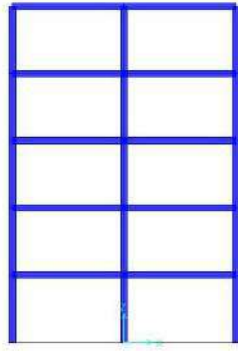


Figure 3. Structural side view.

### 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Before blast load was applied to the structure (Self-weight of the structure) and after the application of blast load to the structure analysis was carried out using the finite element method. This study was examined under collected blast acceleration data from Samsun Atakent quarry. From the structure, five-point nodes were taken which represent the five floors that the building contains. From all point nodes of the building were analyzed for their maximum moments, shear forces, and displacements in both cases before and after blast load and compared separately in both cases. Data was represented in both tables and figures as well.

#### *3.1 Analysis of Concrete Structure Before Blast.*

The results of the typical analysis before applying blast load to the concrete structure are shown in Table 1 and the moments, and displacements respectively are given in Figures 5 and 6.

Table 1. Before blast load

Nodes	Moments (kNm)	Shear Force (kN)	Displacement (m) (10-6)
26	-1.1654	0.777	-0.29
27	0.0251	2.794	-0.52
28	-0.2111	3.137	-0.069
29	0.2006	3.177	-0.80
30	-1.4804	5.393	-0.86

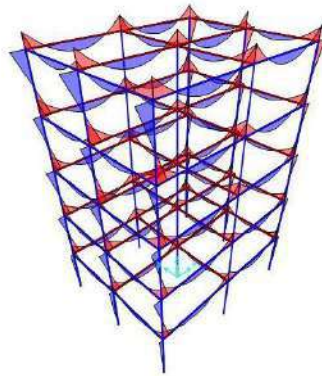


Figure 4. Moment before blast load.



Figure 5. Displacement before blast load.

### ***3.2 Analysis of Concrete Structure After Blast Load.***

The results of the typical analysis after applying blast load to the concrete structure are shown in Table 2 and the shear forces, and displacements respectively are given in Figures 7, and 8.

Table 2. After blast load.

Nodes	Moments (kNm)	Shear Forces (kN)	Displacement (m) (10-6)
26	0.0154	0.006481	0.165
27	0.0016	0.006257	0.220
28	0.0014	0.005223	0.275
29	0.0010	0.007922	0.315
30	0.0008	0.008569	0.336

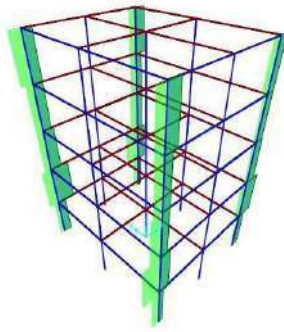


Figure 6. Shear force after blast load.

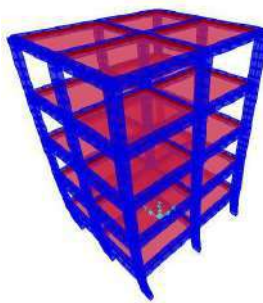


Figure 7 Displacement after blast.

### 3.3 Comparison of Analysis Results

The comparison of shear forces, moments, and displacements of the model before and after blast load is given in Tables 3,4,5, and Figures 9,10,11,12.

Table 3. Shear forces comparison before and after applying blast loads.

Point of node	Difference (kN)	Difference (%)
26	0.7705	99.1659
27	2.7877	99.7761
28	3.1318	99.8335
29	3.1691	99.7506
30	5.3844	99.8411

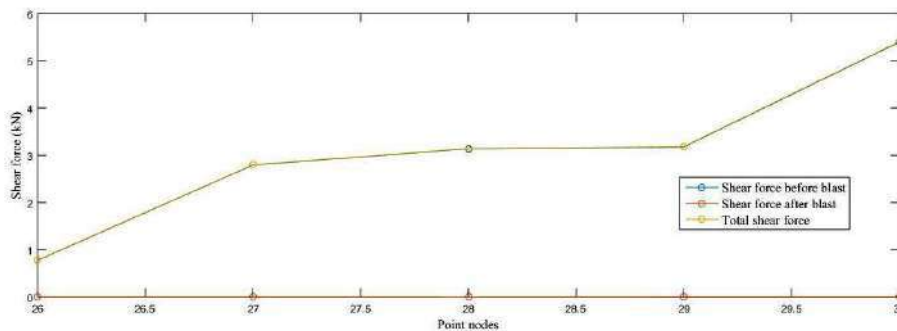


Figure 8. Total shear forces.

Table 4. Moment's comparison before and after applying blast loads.

Point of node	Difference (kNm)	Difference (%)
26	-1.1808	101.3214
27	0.0235	93.6255
28	-0.2125	100.6632
29	0.1996	99.5015
30	-1.4812	100.0560

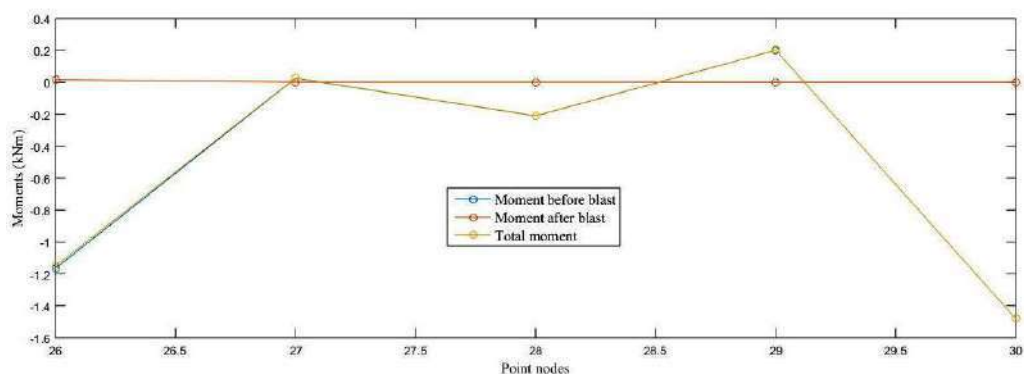


Figure 9. Total moments.

Table 5. Displacements comparison before and after applying blast loads.

Point of node	Difference (m) (10-6)	Difference (%)
26	-0.29166	100.5721
27	-0.52120	100.4252
28	-0.69175	100.3997
29	-0.80415	100.3935
30	-0.85836	100.3930

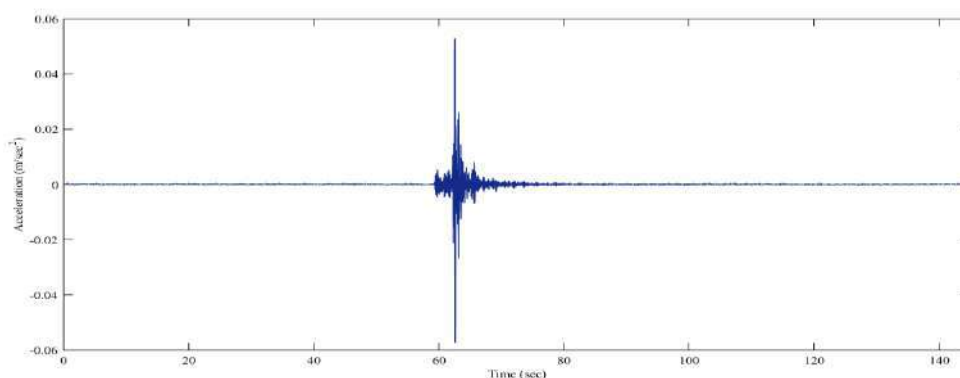


Figure 10. Time Acceleration.

#### 4. CONCLUSIONS

In this paper, it has done a static analysis of a reinforced concrete structure with blast load. The total duration of blast acceleration was 145.44 seconds and the maximum time with an acceleration of 0.0529 m/sec<sup>2</sup>. The result of the structure analyzed before and blast load cases of shear forces, moments, and displacements, the ratio changes in the parameters of the structure are listed below:

In the node 26, the shear force, moment, and displacement differences between concrete structures before after blast load were obtained as: The Shear force difference is 0.7705kN and the Percentage difference is 99.1659%.



The Moment difference is -1.1808kNm and the Percentage difference is 101.3214%. The Displacement difference is  $-0.2917 \times 10^{-6}$  m and the percentage difference is 100.5721%.

In the node 27, the shear force, moment, and displacement differences between concrete structures before after blast load were obtained as: The Shear force difference is 2.7877kN and the Percentage difference is 99.7761%. The Moment difference is 0.0235kNm and the Percentage difference is 93.6255%. The Displacement difference is  $-0.5212 \times 10^{-6}$  m and the percentage difference is 100.4252%.

In the node 28, the shear force, moment, and displacement differences between concrete structures before after blast load were obtained as: The Shear force difference is 3.1318kN and the Percentage difference is 99.8335%. The Moment difference is -0.2125kNm and the Percentage difference is 99.5015%. The Displacement difference is  $-0.6918 \times 10^{-6}$  m and the percentage difference is 100.3997%.

In the node 29, the shear force, moment, and displacement differences between concrete structures before after blast load were obtained as: The Shear force difference is 3.1691kN and the Percentage difference is 99.7506%. The Moment difference is 0.1996kNm and the Percentage difference is 99.5015%. The Displacement difference is  $-0.8041 \times 10^{-6}$  m and the percentage difference is 100.3935%.

In the node 30, the shear force, moment, and displacement differences between concrete structures before after blast load were obtained as: The Shear force difference is 5.3844kN and the Percentage difference is 99.8411%. The Moment difference is -1.4813Nm and the Percentage difference is 100.0560%. The Displacement difference is  $-0.8584 \times 10^{-6}$  m and the percentage difference is 100.3930%. Therefore, the fifth floor is the most vulnerable and dangerous one.

## REFERENCES

- Badshah, E., Naseer, A., Ashraf, M., Shah, F., ve Akhtar, K. "Review of blast loading models, masonry response, and mitigation." *Shock and Vibration*, 2017.
- Chen, H., ve Liew, J. "Explosion and fire analysis of steel frames using mixed element approach". *Journal of Engineering Mechanics*, (2005): 131(6), 606-616,
- Figuli, L., Bedon, C., Zvaková, Z., Jangl, Š., ve Kavický, V. "Dynamic analysis of a blast loaded steel structure." *Procedia Engineering*, (2017): 199, 2463-2469,
- Forni, D., Chiaia, B., ve Cadoni, E. "Blast effects on steel columns under fire conditions." *Journal of Constructional Steel Research* (2017): 136, 1-10.
- Izzuddin, B., ve Fang, Q. "Rate-sensitive analysis of framed structures structure's formulation and verification." *Structural engineering and mechanics: An international journal*, (1997): 5(3), 221-237.
- Kulkarni, A., ve Sambireddy, G. "Analysis of blast loading effect on high-rise buildings". *Civil and Environmental Research* (2014): 6(10).
- Liew, J. R. "Survivability of steel frame structures subject to blast and fire." *Journal of Constructional Steel Research*, (2008): 64(7-8), 854-866.
- Liu, Y., Yan, J.-b., & Huang, F.-l. "Behavior of reinforced concrete beams and columns subjected to blast loading." *Defence Technology*, (2018): 14(5), 550-559.
- Longinow, A. "Blast protection of buildings. Practice Periodical on Structural Design and Construction", (2013):18(4), 194-195.
- Ngo, T., Mendis, P., Gupta, A., ve Ramsay, J. "Blast loading and blast effects on structures—an overview." *Electronic Journal of Structural Engineering*, 7(S1), (2007): 76-91.
- Nourzadeh, D. D., Humar, J., ve Braimah, A. "Comparison of response of building structures to blast loading and seismic excitations." *Procedia Engineering*, 210, (2017): 320-325.
- Günday, F., Dushimimana, A., & Tuhta, S. "Analytical and Experimental Modal Analysis of a Model Steel Structure Using Blast Excitation". *In International Conference on Innovative Engineering Applications*, 2018.



## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium 1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

### 4B BASKI: 3B BASKI İLE 4B BASKININ KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Nazlı Aşkın ARIKAN<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Nazlı Aşkın ARIKAN, Makina Mühendisliği Bölümü, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [20185125005@ogr.akdeniz.edu.tr](mailto:20185125005@ogr.akdeniz.edu.tr)

#### ÖZET

Eklemeli imalat bir diğer adıyla katmanlı imalat pek çok sektörde kendine yer edinmiştir. Geleneksel imalat yöntemlerinin aksine malzemeleri katman katman biriktirerek üretimi esas almaktadır. 3B baskı ile üretim tekniği, x, y, z eksenlerini esas alarak üç boyuta sahip statik parçaların üretildiği eklemeli imalat tekniğidir. 4B baskı ile üretim tekniği ise 3B baskı ile üretim tekniğine zaman fonksiyonunun eklenmesi ile zamanla ısı, ışık, nem, sıcaklık, pH gibi faktörler ile parçanın şeklinin ve işlevinin değişmesi ile dinamik yapıların üretildiği eklemeli imalat tekniğidir. Bu çalışmada, pek çok alanda geleneksel olan üretim yöntemlerinin kullanımının yerini alan 3B ve 4B baskı ile üretim yöntemleri tanıtılmış ve kullanılan malzemelere yer verilmiştir. Ayrıca bu üretim yöntemleri kullanılarak, literatürde bulunan uygulamalara yer vermek de amaçlanmıştır. İncelenen çalışmalar sonucunda 4B baskı ile üretimin pek çok alanda kullanılabileceği fakat akıllı malzemelere ulaşabilmenin maliyetli olduğu ve kullanım yaygınlığı açısından 3B baskı ile üretimin daha yaygın kullanıldığı gözlemlenmiştir. Endüstri 4.0 ilerledikçe eklemeli imalat tekniklerinin gelişimi ve uygulama alanlarına faydasının artacağı beklenmektedir. Şöyle ki, bu konuda 5B baskı tekniğinin gelişimi ön plana çıkmaktadır. Her ne kadar birbirlerinin devamı gibi olsa da bu üretim tekniklerinin kendine has avantaj ve dezavantajları da bulunmaktadır. Yapılacak çalışmalarda, 3B, 4B, 5B baskı tekniklerinin birlikte kullanımı veya birbirinin eksiklerini tamamlamadaki faydaları çalışmalara farklı bakış açıları kazandırabilecektir. Özellikle, yapay zeka tekniklerinden makine öğrenme algoritmaları ile eklemeli imalat tekniklerinden 4B baskının birlikte kullanılmasının başarılı sonuçlar verebileceği öngörülmektedir.

**Kelimeler:** 3B baskı, 4B baskı, uygulamalar

### 4D PRINTING: INVESTIGATION OF THE USABILITY OF 4D PRINTING WITH 3D PRINTING

#### ABSTRACT

The production technique with 3D printing is an additive manufacturing technique in which static parts with three dimensions are produced based on the x, y, z axes. The production technique with 4D printing is an additive manufacturing technique in which dynamic structures are produced by changing the shape and function of the part with factors such as heat, light, humidity, temperature, pH over time by adding the time function to the production technique with 3D printing. In this study, production methods with 3D and 4D printing, which replace the use of conventional manufacturing methods in many fields, are introduced and the materials used are included. In addition to, it is also aimed to include applications in the literature by using these manufacturing methods. As a result of investigation of study, 4D printing can make use of many fields but it is costly to access smart materials and 3D printing is used more widely in terms of use of generality. As Industry 4.0 progresses, it is expected that the development of additive manufacturing techniques and their benefits in application areas will increase. Particularly, it is predicted that the combination of machine learning algorithms from artificial intelligence techniques with 4D printing from additive manufacturing techniques can supply with successful results.

**Keywords:** 3D printing, 4D printing, applications

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Eklemeli imalat veya katmanlı imalat ( hızlı prototipleme ), havacılık, otomotiv, tıp, dişçilik, oyuncaklar, moda, endüstri, mimari ve sanat alanında uygulama alanlarına sahiptir [1]. 3B ( 3D ) baskı, parçalar oluşturmak amacıyla malzemeleri katman katman istifleyerek imalatı sağlayan geleneksel olmayan imalat yöntemine denir. Hammaddeden kesme çıkarma gibi işlemlerin yapıldığı geleneksel imalat yöntemlerinin aksine geleneksel olmayan imalat yöntemleri, karmaşık şekillerin üretimine olanak sağlayan, malzemelerin katman katman bir tabla üzerinde aşağıdan yukarıya doğru yazdırılması işlemine dayanmaktadır [2]. 4B ( 4D ) baskı, 3B ( 3D ) baskının devamı sayılan ancak dış uyarıcılar ile etkilenen ( nem, rüzgar, ışık, ısı, manyetik alan, basınç, pH ) akıllı malzemelerin kullanıldığı katmanlı imalat yöntemine denir [1]. 4B ( 4D ) baskı ile üretilen nesnelere rengi, şekli ve fonksiyonu zamanla değiştirilerek, dinamik fonksiyonlar oluşturulabilmektedir. Bu sebeple de, 4B ( 4D ) baskı ile imalata, 3B ( 3D ) baskı ile imalat yöntemine zaman boyutunun eklenmiş hali denilmektedir.

Bir mühendis ya da tasarımcı, geleneksel ( eksiltmeli ) imalat yöntemlerini kullanarak bir bloktan malzemeyi işleyerek imalatı gerçekleştirebilir ama burada malzeme israfı ön plandadır [3]. Geleneksel ( eksiltmeli ) imalat yöntemlerinde böyle bir durum söz konusu olmayıp, malzemelerin istiflenmesi ( biriktirilmesi ) ile üretim yapılmaktadır. Literatürdeki çalışmalar derlendiğinde, Mallakpour vd. [4], çalışmalarında 3B ve 4B baskı üretim yöntemleri ile yapılan uygulamalara yer vermişlerdir. Çoğunlukla diğer üretim yöntemlerine göre daha düşük fiyat ile üretim yapılabileceğini belirtmişlerdir. Ryan vd. [5], yapmış oldukları çalışmada 4B yazıcılar ve kullanılan akıllı malzemelerin işlevselliği ve uygulama alanları üzerinde durmuşlardır. Chen vd. [2], çalışmalarında 3B baskı ile gıda baskısı uygulamalarını ve kullanılan katkı maddelerini sunmuşlardır. Lanaro vd. [6], çikolatadan üretilen karmaşık 3B nesnelere basılmasını sağlamak amacıyla düşük bütçeli 3B çikolata baskı cihazını tasarlayıp, üretmişlerdir. Bununla birlikte baskı parametrelerini optimize etmeyi amaçlamışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda, tasarladıkları yazıcının farklı gıda ürünlerinin de basılmasında kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Sharma ve Rai [3], çalışmalarında FDM tekniğine, bu teknikte kullanılan malzemelere ve yapılan uygulamalara yer vermişlerdir. Ayrıca, 3B ve 4B baskı ile üretim arasındaki farklara da değinmişlerdir. B.A vd. [7], çalışmalarında 3B baskı kullanılarak yapılan uygulamalara, malzemelere ve bu üretim tekniğinin avantajları ve dezavantajlarına yer vermişlerdir.

3B ve 4B baskı ile üretime yönelik çalışmalara bakıldığında pek çok alanda uygulamalara yer verildiği görülmektedir. Bu uygulama örneklerine ‘3B ve 4B baskı ile imalatın uygulamaları’ başlığı altında yer verilecektir. Endüstri 4.0 ilerledikçe eklemeli imalat tekniklerinin gelişimi ve uygulama alanlarına faydasının artacağı da beklenmektedir. Bu sebeple, bu çalışmada, pek çok alanda geleneksel olan üretim yöntemlerinin yerini alan 3B ve 4B baskı ile üretim yöntemleri tanıtılmış ve kullanılan malzemelere yer verilmiştir. Ayrıca bahsedilen üretim teknolojileri kullanılarak, literatürde bulunan uygulamalara yer vermek de amaçlanmıştır.

## 2. 3B VE 4B BASKI İLE İMALATTA KULLANILAN MALZEMELER (MATERIALS USED IN MANUFACTURING WITH 3D AND 4D PRINTING)

3B baskı ile üretimde metaller, plastikler, seramikler, kompozitler kullanılmaktadır. Plastikler, termoset plastikler ve termo plastikler olarak ayrılmaktadır. Bu malzemeler çoğunlukla 3B yazıcılarda kullanılmaktadır. Metaller ve metal tozları, metal eklemeli imalat (toz yatak füzyon ve doğrudan metal lazer sinterleme vb.) yöntemlerde kullanılmaktadır. Karbon fiber takviyeli filamentler ile yapılan üretimde dayanıklı parçaların üretilmesi ön plana çıkmaktadır. 4B baskı ile üretimde ise akıllı malzemeler kullanılmaktadır [4]. 4B baskı ile üretimde kullanılan akıllı malzemeler, dış uyarıcılardan (pH, biyoenzim, sıcaklık, ışık, ısı vb.) zaman içerisinde etkilenmektedir. Akıllı malzemeler, kendi içerisinde şekil hafızalı malzemeler, kendi kendini onaran malzemeler, metamalzemeler ve hidrojeller olarak ayrılmaktadır [5]. Şekil hafızalı malzemeler kendi içerisinde şekil hafızalı polimerler, şekil hafızalı hibritler, şekil hafızalı kompozitler, şekil hafızalı seramikler ve şekil hafızalı alaşımlar olarak ayrılmaktadır. Metamalzemeler, başka malzemelerde bulunmayan özellikleri sergileyerek akıllı malzemeler gibi davranan malzemelerdir [5]. Antenler, sensörler ve akustik parçalarda, biyomedikal uygulamalarda bu malzemeler kullanılmaktadır. Kendi kendini onaran malzemeler, herhangi bir çizik ve çatlak gibi bir hasar mekanizması oluştuğunda kendi kendini onaran malzemelere denir [5]. Bu malzemeler, sağlık ve elektronik gibi alanlarda kullanılmakla birlikte herhangi bir şekil değişimi oluştuğundan sonra eski haline geri dönebilmektedir. Hidrojeller, 4B baskı için kullanılan polimer malzeme kategorisindedir. Hidrojeller, suda çözünmeyen ve su absorbe edebilen, çapraz bağlara sahip hidrofilik polimer malzemelerdir [5]. 4B baskı için kullanılan hidrojeller, iyi işlenebilir

özelliğine sahip malzemelerdir. 4B baskı için kullanılan malzemeler, akıllı malzemeler kategorisinde olduğu için ticari olarak temin edilebilmeleri, maliyetler açısından zordur. Bu sebeple de, özellikle 3B baskı, 4B baskı ile üretime göre günümüzde daha yaygın kullanılmaktadır.

### 2.1 3B ve 4B Baskı ile İmalatın Uygulamaları (Applications of Manufacturing with 3D and 4D printing)

Chen vd. [2], katkı maddeleri ile basılan doğal gıda jellerinin duyu kalitesini arttırmaya çalışmışlardır. Duyusal kalitenin görmek, duymak, koklamak kadar önemli olduğunu çalışmalarında belirtmişlerdir. Şekil 1’de gösterildiği üzere geleneksel imalat yöntemleri ile üretilmemiş, 3D gıda basımı yapılmış olan gıda örneklerine yer verilmiştir:



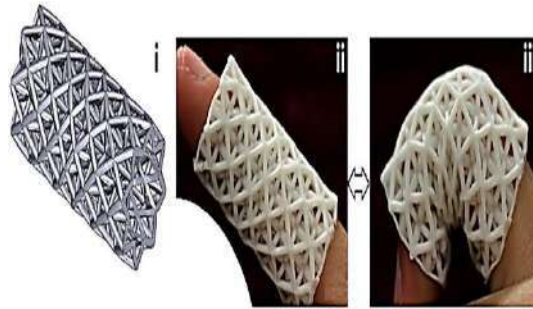
Şekil 1: 3B baskı tekniği ile imal edilen gıdalar [2]

Sharma ve Rai [3], çalışmalarında FDM tekniği kullanarak COVID-19 sürecinde kullanılan parçalardan bahsetmişlerdir. Şekil 2’de 3B baskı ile imalat tekniğinden FDM (Ergiyik Biriktirme Tekniği) kullanılarak pandemi sürecinde üretilmiş olan parçalar gösterilmektedir:

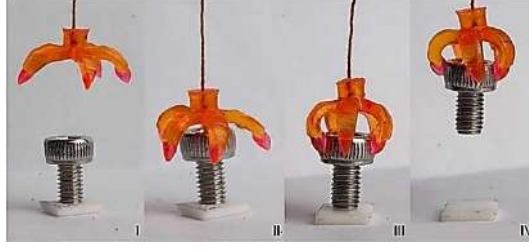


Şekil 2: COVID-19 sürecinde kullanılmak üzere üretilen 3B baskılı parçalar [3]

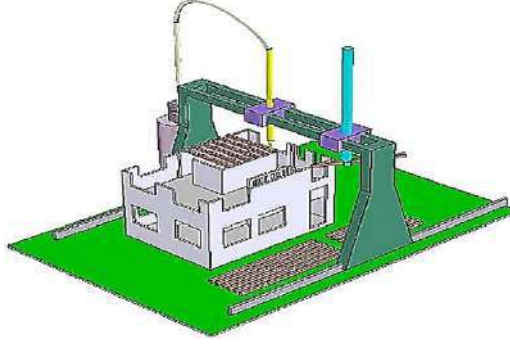
Momeni vd.[8], yaptıkları çalışmada 4B baskı ile elastomer metamateryallerden imal edilen parçalara ve 4B baskı ile üretilen ısıyla şekil değiştiren tutucu ve 4B baskı ile bir apartman inşasının imalatına yer vermişlerdir. Şekil 3,4,5’de 4B baskı ile imal edilen parçalar gösterilmektedir:



Şekil 3: 4B baskı ile imal edilen elastomer metamateryalden yapılan parça [8]

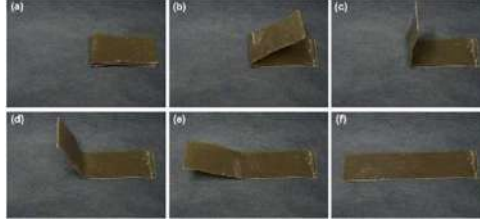


Şekil 4: 4B baskı ile imal edilen ısıyla şekil değişimi gösteren şekil hafızalı malzemeden üretilmiş tutucu [8]

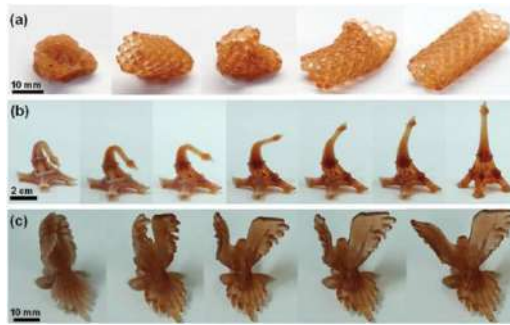


Şekil 5: 4B baskı ile tek seferde imal edilen bir apartmanın gösterimi [8]

Joshi vd.[9], yaptıkları çalışmada şekil hafızalı polimer malzeme olan poliüretan kullanarak 4B baskı ile imal edilen parçaya ve şekil değişiminin gösterimine yer vermişlerdir. Şekil 6 ve Şekil 7’de bu gösterimlere yer verilmiştir:

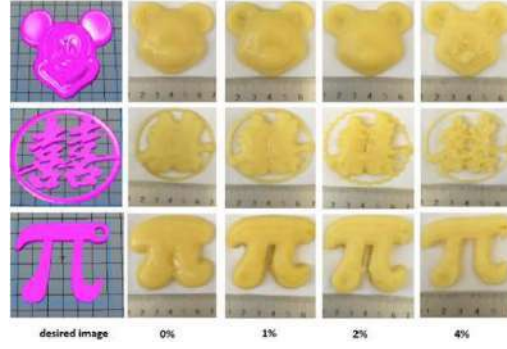


Şekil 6: 4B baskı ile şekil hafızalı polimer esaslı poliüretan malzemeden imal edilen nesnelerin şekil değişiminin gösterimi [9]



Şekil 7: 4B baskı ile imal edilen parçaların şekil değişiminin gösterimi [9]

Liu vd.[10], yaptıkları çalışmada farklı yoğunluklarda patates nişastası eklenerek patates püresi basmışlardır. Şekil 8’de 3B baskı ile imal edilen patates püreleri görülmektedir. Şekil 9’da da 3B baskı ile imal edilen patates baskıları görülmektedir:



Şekil 8: 3B baskı ile imal edilen patates püreleri [10]



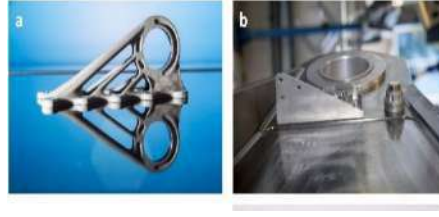
Şekil 9: 3B baskı ile imal edilen patates baskıları [10]

Liu vd. [10], ayrıca çalışmalarında 3B baskılı çikolataların FDM (Ergiyik Biriktirme Tekniği) ile üretildiğini belirtmişlerdir. Ama çikolata tozu kullanarak da SLS (Seçici Lazer Sinterleme) yöntemi ile de çikolata üretiminin yapıldığını belirtmişlerdir. 3B baskı ile imal edilen tatlıların bazıları da Şekil 10 (a, b, c, d) gösterilmiştir:



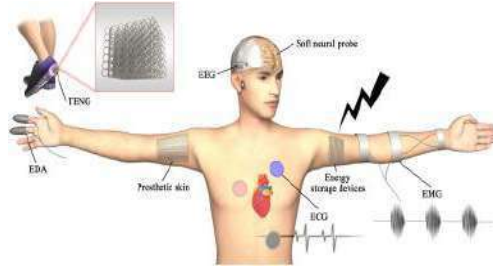
Şekil 10: 3B baskı tekniği ile imal edilen a.) çikolata b.) renkli tatlılar c.) şekerler d.) gül şeklinde çikolata [10]

Liu vd. [10], çalışmalarında 3B baskı ile imal edilen havacılık uygulamalarında kullanılan kabin braketlerinin 3B baskı teknolojisi ile üretimine de yer vermişlerdir. Çalışmalarında, eklemeli imalat teknolojileri ile üretilen parçaların, geleneksel üretim yöntemlerine (döküm, dövme) göre daha hafif parça üretimlerinin yapılabildiğini açıklamışlardır. Bu durumda özellikle havacılık endüstrisinde fayda sağladığını vurgulamışlardır. Bu görseller, Şekil 11 (a, b)'de yer almaktadır:



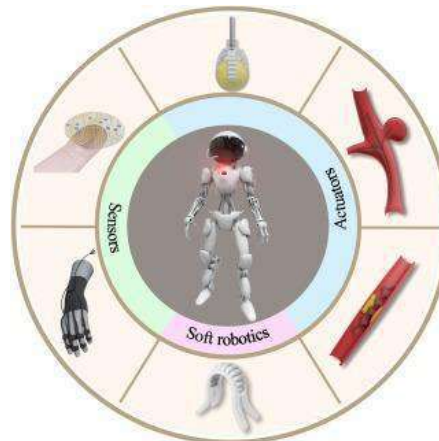
Şekil 11: 3B baskı tekniği ile imal edilen a.) kabin braketi b.) titanyum malzemeden üretilmiş braket [10]

Liu vd. [10], çalışmalarında esnek elektronik cihazların kullanımının arttığını belirtmişlerdir. Gerilim sensörleri, nanogeneratörler, kapasitörler, piller ve esnek elektrot gibi çeşitli türlerde giyilebilir cihazlar bulunmaktadır. Şekil 12’de de eklemeli imalat ile üretilen esnek ve giyilebilir cihazların kullanımına yer verilmiştir:



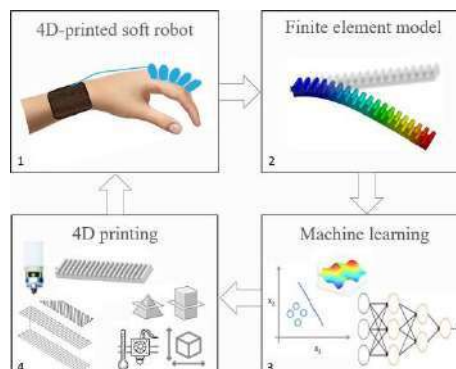
Şekil 12: Eklemeli imalat ile üretilen esnek ve giyilebilir cihazların kullanımı [10]

Liu vd. [10], çalışmalarında aktüatörler, sensörler ve robotik uygulamalar içinde eklemeli imalat tekniklerinin kullanıldığını belirtmişlerdir. Şekil 13’de de bu kullanımlara yönelik örnekler verilmiştir:



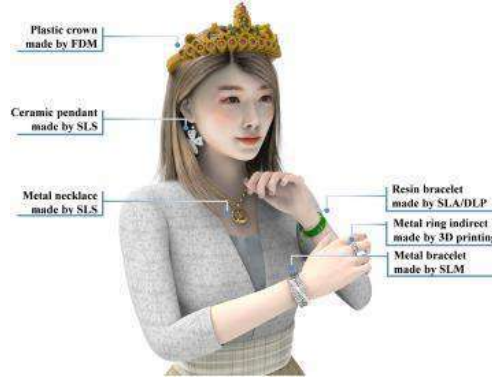
Şekil 13: Eklemeli imalatın robotik uygulamalarda, yumuşak sensörlerde, aktüatörlerde kullanımı [10]

Son yıllarda da yumuşak robotik teknolojisi, katı robotlarda var olmayan esneklik ve uyarlanabilirlikten dolayı ilgi çekmektedir. Özellikle, 4B baskı teknolojisinin, yapay zeka alanının bir alt dalı olan makina öğrenimi ile birlikte çalışılmasının başarılı sonuçlar verebileceği üzerinde durulmuştur. Şekil 14’de 4B baskı ile üretilen yumuşak robotik parça görseline yer verilmiştir:



Şekil 14: 4B baskı ile üretilen yumuşak robotik parçalar [11]

Liu vd. [10], çalışmalarında takı ve sanat dekorasyonları içinde 3B baskı ile imalatın kullanıldığını belirtmişlerdir. Kişiselleştirilmiş parçaların üretiminin yapılması ve sıfır atık sağlamanın bu üretim tekniğinin avantajları arasında olduğunu belirtmişlerdir. Şekil 15’de de 3B baskı ile üretilen takı uygulama örneklerine yer verilmiştir:



Şekil 15: Takı ve Mücevheratın 3B baskı ile üretim uygulamaları [10]

### 3. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

3B ve 4B baskı ile imalat son yılların dikkat çeken üretim yöntemlerindedir. Seri üretim dışında hızlı şekilde kişiselleştirilmiş parçaların, prototiplerin, modellerin üretiminde avantaj sağlayan üretim teknikleridir. Esnek tasarım ve yeşil üretim olanağı, bu üretim yöntemlerinin tercih sebebidir. Geleneksel üretim yöntemleri, eklemeli imalat yöntemlerine göre zaman alıcı ve daha çok çaba gerektiren üretim yöntemleridir. Fakat, eklemeli imalat ile parça üretimi sonunda hedeflenen yüzey kalitesine ulaşamayabilir. Bu husus eklemeli imalat sonrası işlemler (son işlemler) ile giderilmektedir.

Endüstri 4.0’ın getirisi olan eklemeli imalat teknikleri, geleneksel imalat tekniklerine yenilikçi bir bakış açısı kazandırmaktadır. Ayrıca, şu an günümüzde 5B yazıcılar yer almaktadır. Bu baskı tekniği ile de 3B ve 4B baskının gerçekleştiremeyeceği kavisli, iç bükey parçaların üretimi kolaylıkla yapılabilecektir. Ayrıca daha mukavemetli parçaların üretilebileceği ve daha az malzeme kullanımı ile üretimin gerçekleştirilebileceği de bu baskı tekniğinin sağladığı avantajlardandır.

### KAYNAKLAR ( REFERENCES)

- Manikandan, N., Rajesh, P. K., & Harish, V. (2020). An analysis of the methods and materials for 4-dimensional printing. *Materials Today: Proceedings*, 38, 2167–2173. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.551>.
- Chen, Y., Zhang, M., Sun, Y., & Phuhongsung, P. (2022). Improving 3D/4D printing characteristics of natural food gels by novel additives: A review. *Food Hydrocolloids*, 123(July 2021), 107160. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107160>.
- Sharma, A., & Rai, A. (2022). Fused deposition modelling (FDM) based 3D & 4D Printing: A state of art review. *Materials Today: Proceedings*, (xxxx), 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.679>.
- Mallakpour, Shadpour, Farbod Tabesh, ve Chaudhery Mustansar Hussain. 2021. “3D and 4D printing: From innovation to evolution”. *Advances in Colloid and Interface Science* 294(June): 102482. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102482>.
- Ryan, K. R., Down, M. P., & Banks, C. E. (2021). Future of additive manufacturing: Overview of 4D and 3D



- printed smart and advanced materials and their applications. *Chemical Engineering Journal*, 403(July 2020), 126162. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126162>.
- Lanaro, Matthew vd. 2017. "3D printing complex chocolate objects: Platform design, optimization and evaluation". *Journal of Food Engineering* 215: 13–22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.029>.
- B.A, P., N, L., Buradi, A., N, S., B L, P., & R, V. (2022). A comprehensive review of emerging additivemanufacturing (3D printing technology): Methods, materials, applications, challenges, trends and future potential. *Materials Today: Proceedings*, 52, 1309–1313. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.059>.
- Momeni, F., M.Mehdi Hassani.N, S., Liu, X., & Ni, J. (2017). A review of 4D printing. *Materials and Design*, 122, 42–79. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.02.068>.
- Joshi, S., Rawat, K., C, K., Rajamohan, V., Mathew, A. T., Koziol, K., ... A.S.S, B. (2020). 4D printing of materials for the future: Opportunities and challenges. *Applied Materials Today*, 18, 100490. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2019.100490>.
- Liu, Z., Zhang, M., Bhandari, B., & Wang, Y. (2017). 3D printing: Printing precision and application in food sector. *Trends in Food Science and Technology*, 69, 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.018>.
- Zolfagharian, A., Durran, L., Gharaie, S., Rolfe, B., Kaynak, A., & Bodaghi, M. (2021). 4D printing soft robots guided by machine learning and finite element models. *Sensors and Actuators, A: Physical*, 328, 112774. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.112774>.



## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium 1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

### ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR İÇİN PLA FİLAMENT ÜRETİMİ VE EXTRUDER TASARIMI

Esra TOPRAK<sup>1,\*</sup>, R. Seda TIĞLI AYDIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [esra.toprak@beun.edu.tr](mailto:esra.toprak@beun.edu.tr)

#### ÖZET

Üç boyutlu (3B) baskı, filament olarak adlandırılan 3B baskı malzemesinin ergitilerek katmanlar halinde oluşturulup üst üste eklenmesi prensibine dayanan, serbest formlu ve karmaşık geometrili objelerin üretilmesine imkân sağlayan pratik bir imalat metodudur. 3B yazıcılarda kullanılan termoplastik özelliğe sahip filamentlerin kalitesi ve teknik özellikleri baskı kalitesini doğrudan etkilemesi nedeniyle, filamentler ürünün niteliğine göre farklı özellik ve sıcaklık değerlerinde kullanılmaktadır. Filament üretimi polimerik malzemelerin ergitildikten sonra istenen çaptaki bir nozuldan sabit bir kalınlık değeri oluşturacak biçimde akışının sağlanması suretiyle ekstrüzyon prosesiyle elde edilmektedir. Bu çalışmanın amacı, üç boyutlu yazıcılarda kullanılan filament üretimi için ekstruder tasarımının gerçekleştirilmesi ve prototipi üretilen ekstruder ile PLA (Polilaktik asit) pelletlerinden PLA filamenti üretimi gerçekleştirilmesidir. Çalışmada ekstrüzyon prosesinde optimum ekstrüzyon sıcaklığı belirlenmiş ve ekstrüzyon sıcaklığının PLA filament çapına etkisi incelenmiştir.

**Kelimeler:** Ekstrüzyon, Ekstrüder, PLA filamenti

### FABRICATION OF PLA FILAMENT AND EXTRUDER DESIGN FOR 3D PRINTERS

#### ABSTRACT

Three-dimensional (3D) printing is a practical manufacturing method that allows the production of free-form and complex geometry objects based on the principle of melting the 3D printing material called filament and creating them in layers and adding them on top of each other. Since the quality and technical characteristics of the filaments with thermoplastic properties used in 3D printers directly affect the printing quality, the filaments are used at different properties and temperature values according to the nature of the product. Filament production is achieved by extrusion process by ensuring that polymeric materials flow through a nozzle of the desired diameter after melting to form a constant thickness value. The aim of this study is to design extruders for the production of filaments used in three-dimensional printers and to produce PLA filament from PLA (Polylactic acid) pellets with the extruder prototyped. In this study, the optimum extrusion temperature in the extrusion process was determined and the effect of extrusion temperature on PLA filament diameter was examined.

**Keywords:** Extrusion, Extruder, PLA filament

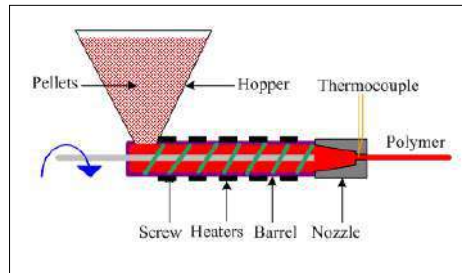
## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Hızlı prototipleme ve eklemeli imalat olarak da adlandırılan imalat teknolojisi, genellikle üç boyutlu baskı teknolojisi kullanılarak yapılır. Üç boyutlu (3B) baskı, geleneksel bilgisayar destekli üretimdeki talaş kaldırma prensibinin tersine malzemelerin birleştirilerek katmanlar halinde oluşturulup üst üste eklenmesi prensibine dayanan, serbest formlu ve karmaşık geometriye sahip objelerin üretilmesine imkân sağlayan pratik bir imalat metodudur [1]. Yazıcı teknolojisinde bir devrim niteliği taşıyan 3 boyutlu yazıcılar, ham madde olarak ısı ile yumuşayarak kalıplanabilir hale gelen ve soğuduktan sonra ise katılaştıran termoplastik özelliğe sahip 3B filament kullanılmaktadır. 3D yazıcı filament türlerinden en çok tercih edilenler akrilonitril bütadien stiren (ABS), polilaktik asit (PLA) dir. Ayrıca polyethylene terephthalate glycol-modified (PETG), high impact polystyrene (HIPS), polyvinyl alcohol (PVA), Naylon gibi filamentler de kullanılmaktadır. PLA ile genellikle %30-40 oranında karıştırılmış; tahta, ağaç kabuğu, bambu, bronz, pirinç, bakır, esnek PLA, sıcaklığa ve ışığa duyarlı PLA, karbon fiberler ve antibakteriyel filamentler gibi özel malzemeler de bulunmaktadır [2].

Filament, eklemeli imalatın zaruri bir parçasıdır ve FDM 3B baskı için temel malzemedir. Günümüzde mühendislik, mimarlık, sanat, diş hekimliği, eğitim, arkeoloji, moda, kuyumculuk ve aksesuar üretimine kadar birçok alanda aktif olarak rol alan ve ulaşılması, temin edilmesi her geçen gün daha kolay hale gelen 3 boyutlu yazıcılar, istenilen özelliklere sahip, kaliteli bir filament olan ihtiyacı da arttırmaktadır. Bu bahsedilen durum ve filamentlerin yazıcıların kullanım amaçlarına göre farklılık göstermesi filament üretim sürecini de önemli hale getirmektedir [3,4]. Bununla beraber, filament kullanıcıları, filamentleri en az maliyetle elde etmek için filament üretim sürecindeki “ekstrüzyon” işleminde aktif rol alma ihtiyacı doğmaktadır. Filamentler, istenen katkı maddeleriyle zenginleştirilmiş bir polimer malzemenin sürekli bir işlemde ergitildiği ve oluşturulduğu ekstrüzyon işlemiyle elde edilmektedir.

Bir ekstrüderde, ham maddenin girişi için besleme hunisi, ham maddenin iletilmesi, eritilmesi ve basınç oluşturulması için kovan ve vida, vidanın kontrollü olarak döndürülebilmesi için redüktörlü motor, kovanın ısıtılması için mika ve ya seramik rezistanslar, kovan içerisindeki sıcaklık kontrolünü sağlamak için sıcaklık kontrol ünitesi, SSR röle ve termokupl, oluşturulmak istenen filament çapına göre (1.75 mm/2.85 mm) delinmiş kalıp ve kalıptan çıkan filamentin soğutma için fan kullanılmaktadır [5,6].

Ekstruderler, tek vidalı ve çift vidalı olarak tasarlanmaktadır. Tek vidalı ekstruderler, saf polimer üretimi gerektiğinde kullanılırken, çift vidalı ekstruderler ise iki veya daha fazla ekstrüzyonun karıştırılması ve ekstrüde edilmesi gerektiğinde kullanılmaktadır. Tek vidalı ekstrüzyon, homojen eriyik ve karışım sağlayan erimiş polimere basınç ve kesme uygulanmasına yardımcı olan bir tek vida içermektedir. Varil sıcaklıkları kullanılan polimere göre ayarlanmaktadır ve uygulanan ısı polimerin viskozitesini düşürmektedir. Vida, uygulanan ısı ve basınç yardımıyla polimeri kalıba iletir ve istenilen boyutlarda çıktı elde edilmesini sağlamaktadır. Varillerin sıcaklıkları, ekstruderin içinde bulunan termokuplplar tarafından kontrol edilmektedir. Erimiş polimeri kalıptan katılaştırmak için bir soğutma maddesi olarak hava veya su kullanılmaktadır [7]



Şekil 1 Tek vidalı ekstruder

Çift vidalı ekstrüder, tek vidalı ekstrüder temelinde geliştirilmiştir. İyi besleme performansı, karıştırma ve plastikleştirme performansı, eritme performansı, ekstrüzyon stabilitesi vb. nedeniyle, ekstrüde ürünlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu çalışma kapsamında tasarlanacak olan ekstruder de maliyetin minimum seviyede tutulması ve bileşenlerinin kolay temin edilmesinin amaçlanmasından dolayı tek vidalı olarak üretilmiştir.

Literatür incelendiğinde filament üretimleriyle ilgili çalışmalar olduğu fakat çok az sayıda yerli-ticari olmayan ekstruder tasarımlarıyla (in-house) birlikte filament üretim proseslerinin incelendiğini ve çoğu prosesin ticari ekstruderlerle sağlandığı belirlenmiştir.

Wenjie Liu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, kişiselleştirilmiş FDM 3D baskıya uygun polilaktik asit (PLA) filamentleri hazırlamak amacıyla, ticari ekstruder ile elde edilen PLA filamentlerinin çapı, yüzey pürüzlülüğü ve nihai çekme gerilmesi üzerine ekstrüzyon sıcaklığı ve vida hızı gibi faktörlerin etkisini araştırmışlardır. Ekstrüzyon sıcaklığı 190-195°C ve vida hızı 2-5 rpm koşullarında nitelikli filamentlerin elde edilebildiği bulunmuştur. [8].

Aydın ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada masa üstü üç boyutlu yazıcılar için granül plastik hammaddeden filament üretebilen dikey tip bir ekstruder tasarımı ve prototip üretimi gerçekleştirilmiştir. Tek vidalı olarak tasarlanan ekstruder sistemi için PLA (Polilaktik asit) granülleri kullanılmıştır. 1.75 mm çapında PLA filament üretebilmek için ekstrüzyon sıcaklığı 190-200 °C olarak ayarlanmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar ve ölçümler dikey olan yapının üretilebilir ve çalışabilir olduğunu göstermiştir. [9].

Nithya Priya ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 25 mm çapı ile 12 L/D oranına sahip ekstruder vidası, 25.05 mm çaplı barrel çapı, pirinç tapadan yapılmış nozul, 12 V 5A güç kaynağı ve arduino temelli PID algoritmasına sahip yatay ekstruder tasarlamışlardır. Ekstruder ile atık PLA ve ABS malzemelerinden 1.75 mm çaplı filamentler üretilmiştir. PLA malzemesi için ısıtıcılar 195°C'ye, ABS için 185°C'ye ayarlanmıştır. [10].

PeterByrles ve arkadaşları yaptıkları çalışmada ticari olarak temin edilebilen bir çift vidalı 3D yazıcı filament ekstruder ile üç farklı hammadde türü (ABS peletleri, PLA peletleri ve toz haline getirilmiş PLA peletleri) için 180 °C'lik bir ayarda çalıştırmışlardır [11].

Bu çalışmada, tasarımı Solidworks ile planlanmış ticari olmayan-yerli (in-house) ekstruder sisteminin elde edilerek PLA filament üretiminin gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Üretilen PLA filamentlerin proses sıcaklık değişimleriyle beraber filament çapı boyut değişimleri araştırılmıştır.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

### 2.1. Malzemeler ve Hazırlama Teknikleri (Materials and Preparation Techniques)

Filament ekstruder sistemi bazı temel işlevlerden oluşmaktadır. Bunlar;

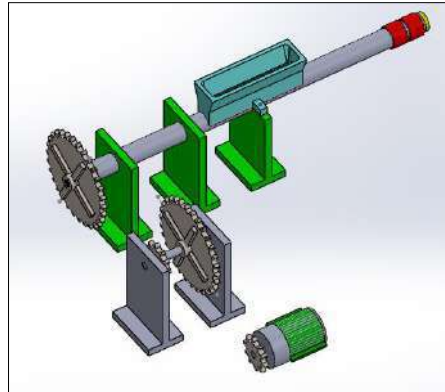
- DC motor sürüşü ve ekstrüzyon vidasının döndürülmesi
- Ekstrüzyon kovanı ve ısıtılması
- Kovan içerisine ham madde girişi
- Ekstrüzyon kovan sıcaklığının belirlenmesi
- Filament çıkışı ve soğutulması[12].

### Malzemeler

Tasarlanan filament ekstruder için kullanılacak malzemeler ve kullanım amacı tabloda yer almaktadır.

Ekstruder yapımında kullanılacak malzemeler	
Adı	Projede Kullanım Amacı
Matkap Ucu	Ekstrüzyon vidası işlevini görmektedir. Polimerin taşınması, iletilmesi ve eritilmesini sağlar.
DC motor (10 RPM)	Ekstrüzyon vidasını döndürür.
DC motor hız kontrol kartı	Ekstrüzyon vidasını döndürecek olan DC motorun hız kontrolünü sağlar.
Galvaniz Boru	Kovan işlevi görmektedir. Ekstrüzyon vidasını muhafaza eder.
Meme rezistans	Kovanın ısıtılmasını ve kovan içerisindeki polimerin erimesini sağlar.

PID Sıcaklık Kontrol Ünitesi	Kovan sıcaklığını belirli bir set değerine ayarlanmasını ve kontrolünü sağlar.
SSR röle	Kovan sıcaklığının set değerinde sabit kalmasını sağlar.
Ni-Cr Termokupl	Kovan sıcaklık bilgisinin sıcaklık kontrol ünitesine iletilmesini sağlar.
Switch	Rezistans ve fanlara enerji giriş-çıkışını kontrol eder.
Nema17 Step Motor	Filament sarma sistemi için gereklidir.
Arduino Nano	Filament sarma sistemi için gereklidir.
2x16 LCD Ekran	Ekstrüzyon sırasında yapılan işlemleri gösterir.
Sarı Kör Tapa İç Dişli 3/4	Kalıp görevini görür. Filamentin istenilen boyutta çıkışını sağlar.
Fan	Kalıptan çıkan filamentin soğutur.
Güç kaynağı	Ekstrüdere gerekli enerjiyi sağlar. Rezistansların ısınması ve ekstrüzyon vidasının dönüşünü sağlar.
Güç kablosu	Ekstrüderin çalışması için güç kaynağına enerji sağlar.
Tahta düzenek	Ekstrüderin sabit bir profilde olmasını ve gerekli ekipmanların montajını sağlar.
PLA	Filament üretimi için kullanılacaktır.



Şekil 2 SolidWorks ekstruder çizimi

## BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

### 3.1. Ekstruder Tasarımı

Ekstrüzyon vidası üç bölümden oluşur: besleme bölgesi, sıkıştırma bölgesi ve ölçüm bölgesi. Besleme bölgesi, dönme hareketini kullanarak plastiğin uzunlamasına hareketini başlatmak için haznedeki namluya plastik topraklar gönderir; vida dişleri, plastiği hazne içindeki namludan aşağı doğru hareket ettirir. Isıtıcılar, plastiğin hazne duvarına karşı sürtünmesini artırmak için bir temas geliştirmesine yardımcı olur. Ek olarak, sürtünme olmadan plastik ileriye aktarılamaz ve sadece vidanın içinde dönerdi. Sıkıştırma bölgesinde, kanat yüksekliği azalırken vidanın kök çapı artar. Plastik granüller, namluda üretilen sıkıştırma, kesme ve ısıtma nedeniyle burada sıvılaştırılır. Daha sonra erimiş plastik, ölçüm bölgesinden geçer. Bu bölgede vida çapı sabit kalır ve yüksek basınç altındaki erimiş plastik ekstrüder kalıbına pompalanır. Tasarlanan ekstrüderde ekstrüzyon vidası olarak matkap ucu kullanılmıştır. Matkap ucunun dış çapı 16 mm ve çalışma uzunluğu 385 mm olarak belirlenmiştir. Ekstrüzyon vidası için L/D oranı 24/1'dir. (Şekil 3)

Kovan, vida için muhafaza sağlar. Plastik parçalar vida aracılığıyla kovana beslenir. Plastiğin erimesi ve karıştırılması, nozula iletilmesi kovan içinde meydana gelir. Kovan, vida boyunca ilerlerken malzemeyi içeride tutmaktan sorumlu kısımdır. Kovan, ekstrüzyon işlemi sırasında yüksek sıcaklıklara maruz kaldığından galvaniz boru olarak seçilmiştir. Galvaniz boru 24.7 mm dış çaplı ve 50 cm uzunluğundadır. Besleme hunisi, plastik

malzemeden yapılmıştır. Huni tasarımı için spesifikasyon yoktur. Boyutu, uygulamaya veya üretim miktarına bağlı olarak değişir. Motor, DC redüktörlü motordur. 12 V beslemeden gelen güç kaynağına bağlıdır ve motora seri olarak bağlanan bir hız kontrolörü tarafından kontrol edilir. Nozül, plastiğin son şeklini tanımladığı için ekstrüderin en önemli unsurlarından biridir. Nozülü hızlı ısıtmak ve homojen hale getirmek için iyi bir ısı iletkeni olması gerekir. Kullanılan nozül, ½ inc sarı kör tapadır. Kör tapa, 1.75 mm çaplı filament elde edilebilmesi için 1,5 mm çapında delinmiştir.



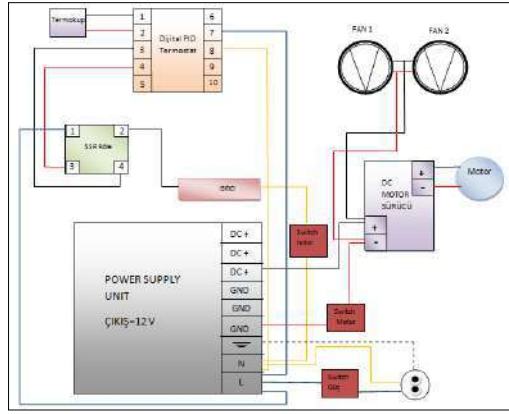
Şekil 3 Kovan, vida, nozul, DC motor ve sürücü kartı

Sıcaklık kontrol ünitesi, rezistans, PID sıcaklık kontrol ünitesi, SSR röle ve termokupldan oluşmaktadır. Kovan ile nozül arasında yerleştirilen termokupl, kovanın sıcaklık bilgisini PID'e taşır. PID, bu bilgiyi set edilen değer ile karşılaştırır. Termokupl sıcaklığı, set değerinden düşük ise SSR röleyi aktif hale getirir ve rezistanlar çalışır. Termokupl sıcaklığı, set değerinden yüksek ise SSR röleyi pasif hale geçer ve rezistanlar çalışmaz. Bu çalışma mantığı ile kovan sıcaklığı, set edilen değerde sabitlenir (Şekil 4).

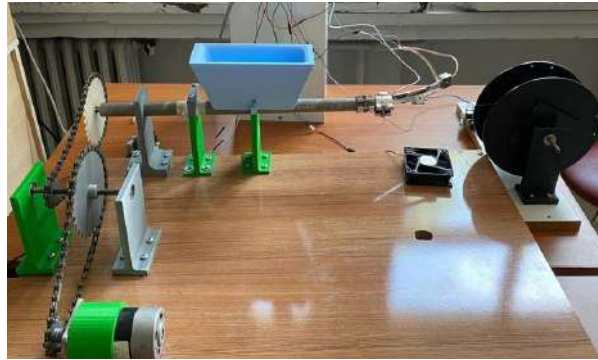


Şekil 4 PID, termokupl, SSR röle ve termokupl

Sistem, dikdörtgen ağaçtan bir düzenek üzerine konumlanmıştır (Şekil 6). Filament ekstrüder için hazırlanan tasarım dikkate alınarak ekstrüderin sabitleneceği düzende kovan görevi üstlenen galvaniz boru düzeneğe monte edilmiştir. Ekstrüder vidası yerine kullanılan matkap ucu, kovan içerisine yerleştirilmiştir. Matkap ucunun dönmesini sağlayacak olan redüktörlü DC motor, matkap ucuna göre konumlandırılmıştır. DC motorun dönüşünü sağlayacak olan dişliler galvaniz boru ve matkap ucuna göre yerleştirilmiştir. Kovana peş peşe olacak şekilde uç kısmına yerleştirilen rezistansların, sıcaklık kontrolünün sağlanması için tasarımda yer aldığı gibi PID kontrol ünitesi, SSR röle için düzende bölmeler oluşturulmuştur. Kovanın sıcaklığını kontrol sistemine iletmek ile görevli olan Ni-Cr termokupl, kovan ile nozül arasında yerleştirilmiştir. Kovanın uç kısmına bir adet fan vida ile montelenmiştir. Sisteme güç sağlayacak olan güç kaynağı düzeneğin arka tarafına monte edilerek güç kablosu ile enerjisi sağlanmıştır. Gerekli ekipmanlar tasarımda belirtilen konumlara yerleştirildikten sonra bağlantı şeması dikkate alınarak gerekli elektrik bağlantıları yapılmıştır (Şekil 5). Güç kaynağından rezistanslara, PID kontrol ünitesine, DC motor hız kontrol kartına, fanlara enerji sağlanmaktadır. Rezistanslara enerji girişi çıkışı switch ile kontrol edilmektedir.



Şekil 5 Ekstrüder bağlantı şeması

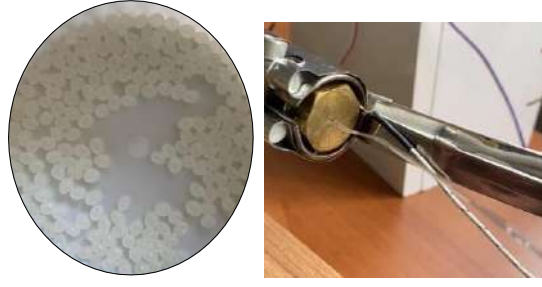


Şekil 6 Filament ekstrüder

### 3.2. PLA filament üretimi

PLA olarak da bilinen polilaktik asit, mısır nişastası veya şeker kamışı gibi yenilenebilir, organik kaynaklardan elde edilen termoplastik bir monomerdur. PLA polimerleri camsı geçiş sıcaklığı 60-65 °C, erime sıcaklığı 130-180 °C ve gerilme modülü 2,7-16 GPa'dır. PLA'nın temel mekanik özellikleri polistiren ve PET arasındadır. PLA, ekstrüde edilmemiş peletler için bulunan değerlere çok yakın olan  $5,9 \pm 0,08$  g/10 dak'lık bir MFI'ye sahiptir [13,14].

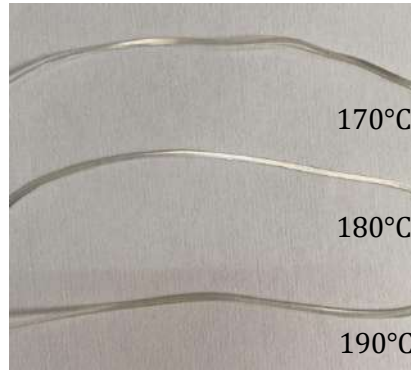
PLA pelletlerinden PLA filamentini üretmek için ekstrüder istenilen sıcaklık değerine ayarlanmıştır. DC motor belirli bir dönüş hızında sabitlenmiştir ve PLA pelletleri besleme hunisinden matkap ucuna doğru dökülmüştür. Matkap ucu ile temas eden pelletler, matkap ucunun dönüşüyle birlikte kovanın uç kısmına, ısıtıcıların aktif olduğu bölgeye doğru hareket etmiştir. Kovanın uç kısmında nozulu da içine alarak peş peşe yerleştirilen iki adet rezistans ve matkap ucunun dönüşünden kaynaklı kovanın iç sürtünmesi PLA pelletlerinin eriyik hale gelmesini sağlamıştır. Yeterli erime sıcaklığına ulaşan malzeme nozul ucunda dışarı çıkmaya zorlanmıştır ve nozulun delik kısmından PLA filament çıkışı gözlemlenmiştir (Şekil 7). Çıkan filament nozul ucuna yerleştirilen fan ile soğutularak sarma sistemine doğru ilerlemesi sağlanmıştır. Sarma sistemine bağlı olan DC motor, hız kontrol kartı ile dönmeye başlamıştır ve filament boş makaraya sarılmıştır. Makara dönüşü için optimum seviyede dönüş hızı ayarlanmıştır.



Şekil 7 Polilaktik asit (PLA) ve Filament çıkışı

### 3.3. Ekstrüzyon sıcaklığının PLA filament çapına etkisi

Ekstrüzyon sıcaklığı sırasıyla 170°C, 180°C ve 190°C'ye ayarlanmıştır. Ayarlanan ekstrüzyon sıcaklığı PID sıcaklık kontrol ünitesi ve röleler ile kontrol edilmektedir. Sabit bir sıcaklığa ayarlanan ekstrüdere, besleme hunisi aracılığıyla PLA pelletleri eklenmektedir. 20 RPM dönüş hızına sahip ekstrüder motoru vasıtasıyla nozul ucundan filament çıkışı gözlemlenmektedir. Üç farklı sıcaklık değerinde oluşturulan filamentler verilmiştir (Şekil 8). Oluşan filament sabit hızlı sarma sistemine aktarılarak sarım işlemi yapılmaktadır. Farklı ekstrüzyon sıcaklıklarında oluşan filamentlerin dijital kumpas ile farklı noktalarından çapları ölçülmüştür. Çap ölçümünde her bir sıcaklık değerine sahip filamentlerden 10'ar adet çap ölçümü yapılmıştır ve elde edilen değerler kaydedilmiştir (Tablo 1).



Şekil 8 Farklı sıcaklık değerleri için filamentler

Tablo 1 Sıcaklığa göre filament çapındaki değişim

Ekstrüzyon Sıcaklığı	170°C	180°C	190°C
Filament Çapı(mm)	1,397±0,007	1,270±0,008	1,168±0,005

## SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada ticari olmayan-yerli (in-house) tek vidalı ekstruder sistem tasarımı yapılmış ve tasarlanan sistemin prototipi elde edilmiştir. Ekstruder kullanılarak PLA pelletlerinden filament elde edilebilmiş ve ekstruderde farklı sıcaklıklarda elde edilen filamentlerin çap analizi yapılmıştır. Çap analizi sonucunda ekstrüzyon sıcaklığındaki artışın, filamentin çapını azalttığı gözlemlenmiştir. 190°C'de üretilen filamentin nihai filament çapına en uzak sonucu verirken en yakın sonuç 170°C'de görülmektedir. Sıcaklık artışı filament çapını olumsuz etkilerken, standart sapmada azalmaya neden olmuştur.



## TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Bu çalışma 2021-39971044-02 numaralı proje ile Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmektedir.

## KAYNAKLAR ( REFERENCES)

- [1] Sürmen H. K., “Eklemeli İmalat (3b Baskı): Teknolojiler Ve Uygulamalar.” Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 24, Sayı 2, (2019).
- [2]<https://www.artiboyut.com/index.php/tr/bilgi-bankasi/39-3d-yazici-filament-ozellikleri> > Ziyaret Tarihi: 25.08.2018
- [3] <https://www.gelecekgeldi.com/teknoloji-2/3d-yazicilarin-kullanim-alanlari/> > Ziyaret Tarihi: 27.07.2021
- [4] Wankhade M.H., Bahaley S.G. “Design and Development of Plastic Filament Extruder for 3D Printing.” IRA-International Journal of Technology & Engineering ISSN 2455-4480; Vol 10, no. 03 (2018): 23-40.
- [5] Ocak G., Baba E., Terlemezoğlu A. ve Güleç C. “Masaüstü Plastik Ekstrüzyon Makinesi Tasarımı ve İmalatı.” Karadeniz Teknik Üniversitesi Bitirme Tezi, Trabzon (2015).
- [6] <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/plastic-extrusion>> Ziyaret Tarihi:27.08.2018
- [7] Kaynan Ö. “Fabrication And Characterization Of Ultra High Performance Cnts/Pei Nanocomposite Filaments For Additive Manufacturing” M.Sc. Thesis, Istanbul Technical University F Graduate School Of Science Engineering And Technology.
- [8] Liu W., Zhou J., Ma Y., Wang J. and Xu J. “Fabrication of PLA Filaments and its Printable Performance” School of Material Science and Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China
- [9] Aydın M., Güler B., Çetinkaya K., “Dikey Ekstrüzyon (Filament) Sistemi Tasarım Ve Prototip İmalatı.”, International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry 2:1 (2018): 1-10.
- [10] Priya N., Kumar N., Kumar P., “Design and fabrication of filament extruder with spooler.” Department of Mechatronics Engineering, Sri Krishna College of Engineering and Technology, Coimbatore 641008, India (2021).
- [11] Byrles P., Wallace M. A., Boyes W. K. and Rogers K., “Particle and volatile organic compound emissions from a 3D printer filament extruder.” Science of The Total Environment, Volume 736, 20 (2020).
- [12] Çelik B., Şener B., Serin G., Ünver H., “Ergiyik Filament Fabrikasyonu, 3B Yazıcılar İçin Kompozit Filament Ekstrüder Makinesi Geliştirilmesi.” Makina Tasarım Ve İmalat Dergisi Cilt 17, Sayı 2, (2019):65.
- [13] [https://tr.wikipedia.org/wiki/Polilaktik\\_asit](https://tr.wikipedia.org/wiki/Polilaktik_asit) Ziyaret Tarihi: 08.06.2022
- [14] Djellal S., Sadoun T., Haddaoui N. and Bergeret A., “Viscosity and viscoelasticity measurements of low density polyethylene/poly(lactic acid) blends.” Polymer Bulletin 72(5) (2015).



## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium

1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

# DRONE GÖRÜNTÜLERİ İLE KAYISI REKOLTE TAHMİN SİSTEMİ

Recep BİÇER<sup>1,\*</sup>, Mehmet Emin TENKEKİ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Recep BİÇER, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup> Mehmet Emin TENKEKİ, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [recepbicer@gmail.com](mailto:recepbicer@gmail.com)

## ÖZET

Ülkemiz kayısı, incir, kiraz ve fındık gibi bazı ürünlerde dünyada önemli bir üretim merkezidir. Ülkemiz kayısı üretiminde dünyada birinci sırada yer almaktadır. 2020 yılında 352 bin ton taze kayısı üretimiyle Malatya ili Türkiye toplam üretiminin %42,2'sini karşılamaktadır. Kayısı ihraç ettiğimiz ürünlerin başında gelmektedir. Tarım ürünlerinin ihraç edilebilir olması ülkeler için önemli bir ekonomik değerdir. Bunun için bu ürünlerin rekoltelerinin hasat yapılmadan önce doğru tahmin edilebilmesi arz-talep dengesini kuracak ve ürünün piyasa değeri üzerinde oluşabilecek manipülasyonları engelleyecektir. Son yıllarda meyvelerin rekolte tahmini konusunda 3D görüntüler, termal kameralar, hiperspektral sensörler ve hatta 3D tarama teknikleri kullanılarak problemin çözümü konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Ancak bu projelerde maliyet oldukça yüksektir. Projemizde pahalı donanımlar kullanmadan kayısı rekoltesini tahmin edebilmek için bir çalışma yapıldı. Bu çalışmada Derin Öğrenme algoritmalarından YOLOv4 kullanılarak kayısı bahçesinde bulunan ağaçlar üzerindeki kayısı meyvelerinin ve kayısı ağaçlarının tespit edilmesi ve buna bağlı olarak kayısı rekoltesinin hesaplanması amaçlandı. Malatya ili Battalgazi ilçesinden görüntü verileri drone kullanılarak 10m ve 30m yükseklik aralıklarından oluşturuldu. Toplam 1880 kayısı meyvesi, 130 kayısı ağacı üstten görünüm ve 52 kayısı ağacı resmi kullanılarak toplam 2062 adet görüntüden veri seti oluşturuldu. Çalışma sonucunda kayısıların yaprakların altında kalması, uzaktan kayısı tespitinin zor olması gibi zorluklara rağmen ortalama %96,2 oranında doğru rekolte tahmin başarı oranına ulaşıldı.

**Kelimeler:** Rekolte tahmini, Görüntü işleme, Derin öğrenme, YOLOv4 algoritması, Darknet

## APRICOT YIELD PREDICTION SYSTEM WITH DRONE IMAGES

### ABSTRACT

Our country is an important production center in the world for some products such as apricots, figs, cherries and hazelnuts. Our country ranks first in the world in apricot production. With 352 thousand tons of fresh apricot production in 2020, the province of Malatya meets 42.2% of Turkey's total production. Apricot is one of the products we export. Exportability of agricultural products is an important economic value for countries. For this reason, accurate estimation of the yields of these products before the harvest will establish the supply-demand balance and prevent manipulations that may occur on the market value of the product. In recent years, studies have been carried out to solve the problem by using 3D images, thermal cameras, hyperspectral sensors and even 3D scanning techniques in yield estimation. However, the cost of these projects is quite high. In our project, a study was carried out to estimate the apricot yield without using expensive equipment. In this study it was aimed to determine the apricot fruits and apricot trees on the trees in the apricot orchard using YOLOv4, one of the Deep Learning algorithms, and to calculate the apricot yield accordingly. Image data from Malatya province Battalgazi district were created using a drone from 10m and 30m height ranges. A data set was created from a total of 2062 images using a total of 1880 apricot fruit, 130 apricot tree top view and 52 apricot tree images. As a result of the study, an average of 96.2% accurate yield prediction success rate was achieved, despite difficulties such as the apricots being under the leaves and the difficulty of detecting apricots from a distance.

**Keywords:** Yield prediction, Image processing, Deep learning, YOLOv4 algorithm, Darknet

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tarım, bir ülke nüfusunun beslenmesinde, milli gelir ve istihdama katkısı konusunda, sanayi sektörü için hammadde ihtiyacının karşılanmasında, ihracata doğrudan ve dolaylı katkıda bulunması nedeniyle ülkeler için son derece önemli bir sektördür. Özellikle 2020 yılında ortaya çıkan Covid-19 pandemisinden sonra tarım ürünlerine olan ihtiyaç ve bunun sonucunda ürün fiyatlarındaki fahiş fiyat artışları tarım ürünlerinin planlı bir şekilde rekoltelevlerinin hesaplanmasının ve takip edilmesinin önemini ortaya çıkarmıştır.

Kayısı meyvesinin ekonomik değerinin yüksek olması ve ihraç ettiğimiz tarım ürünlerinden biri olması sebebiyle rekoltesinin hasat yapılmadan öncesi belirlenmesi, ülke içindeki piyasa fiyatlarının belirlenmesinde ve ihracat politikaları için de çok önemlidir. Dünya Gıda Örgütü (FAO) verilerine göre, 2019 yılında yaklaşık 562 bin hektar alanda 4,1 milyon ton kayısı üretimi gerçekleştirilmiştir. Türkiye hem kayısı üretim alanında hem de üretim miktarında dünyada birinci sırada yer almaktadır. Aynı zamanda Türkiye için önemli bir ihracat ürünü olan kayısı 2020 yılında 321 milyon dolar ihracat geliri sağlamıştır [1].

Rekoltenin doğru hesaplanması iç piyasa fiyatlarını ve ihracat gelirlerini doğrudan etkilemektedir. Rekolte, "tahmini rekolte ve "gerçek rekolte" olarak ayrı ayrı incelenmektedir. Tahmini rekolte tarım ürününün dalda iken, gerçek rekolte ise ürünün hasat edilmesinden sonra belirlenen rakamlardır. Tahmini rekolte işlemleri geleneksel yöntemlerle yapılmaya devam etmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte hasat tahmini için de bilimsel uygulamaların ve çalışmaların sayısını arttırmaktadır.

Steven Puttemans ve ark. (2021), çilek ve elma meyvelerinin hasat oranlarını belirleyebilmek için 2D görüntü işleme teknikleri ile tam otomatik yarı denetimli bir meyve sınıflandırıcı model sunmuşlardır. Bunun için elma ve çilek meyvelerinin görüntülerini meyveler olgunlaşmadan ve olgunlaştıktan sonra belirli uzaklıklardan resimlerini çekerek meyve tespiti yaparak sonuçlarını ele aldılar. Buna göre olgunlaşmamış meyvelerde hasat tahmininin zor olduğunu belirttiler. Meyve tespiti yapabilmek için Blob algılama algoritması (Blob Detection Algorithm) kullandılar. Sonuç olarak dış mekan koşullarında 3D sensörler, IR ve hiperspektral gibi ekstra sensörlerin kullanımına gerek kalmadan 2D görüntü işleme teknikleri ile hasat tahmininin yapılacağını belirttiler [2].

Mahdi HATAMI VARJOVI (2017), bir kayısı bahçesinden elde edilen görüntülerden hasat tahmin sistemi geliştirmiştir. Rekolte tahmini yapabilmek için YSA (Yapay Sinir Ağı) kullanmışlardır. Kenar tabanlı, örme ve bölge tabanlı bölütleme yöntemlerini kullanarak en iyi tahmin sonucunu bulmaya çalışmışlardır. Elde ettikleri sonuçları bir kayısı bahçesi seçerek test etmişlerdir. Yaptıkları çalışmalar sonucunda %90 rekolte tahmin başarı sonucuna ulaştıklarını bildirmişlerdir[3].

Longsheng Fu ve ark. (2018), kivi bahçelerinden gün içinde yakalanan görüntüler üzerinden kivi algılama uygulaması yapmışlardır. Veri seti elde edilen 700 görüntünün içinde 2100 alt görüntü olarak kivi meyvesi görüntüsü toplamışlardır. Kivi için etiketli veri kümesi eğitim, doğrulama ve test gruplarına ayırmışlardır. Model oluşturmak için Fast R-CNN ve Zeiler ve Fergus network (ZFNet) algoritmalarını kullanmışlardır. Fast R-CNN, Zeiler ve Fergus network (ZFNet) ile geri yayılım ve stokastik gradyan iniş teknikleri kullanılarak uçtan uca eğitim yapmışlardır. Çalışma sonunda %92.3 tanınma oranına ulaşmışlardır [4].

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

### 2.1 Veri Seti (Data Set)

Malatya ili Battalgazi ilçesinde bulunan 7 dönüm kayısı bahçesinden Drone ile 10 ile 30m arasındaki yükseklikten fotoğraf ve video görüntüleri alınmıştır. Kayısı tespiti için 1m ile 20m arasından kayısı ağaçlarının görüntüleri alınmıştır. Kayısı ağaçlarının fiziki özelliklerinden dolayı kayısı meyveleri ağaç dallarının altında veya yaprakların altında üçerli, beşerli vb. gruplar halinde bulunabilmektedir.

Veri setimiz "apricot", "tree(up)" ve "tree(side) olarak 3 sınıftan oluşmaktadır. Kayısı ağaçlarının üstten ve yandan görünüşleri farklı olduğundan iki ayrı sınıf olarak ele alınmıştır. 1880 kayısı meyvesi, 130 kayısı ağacı üstten

görünüm ve 52 kayısı ağacı yandan görünüm ile toplam 2062 adet veriden oluşan veri seti oluşturulmuştur. Sınıflara ait girdi verisi elde edebilmek için etiketleme (labelling) işlemi ücretsiz ve kolay bir kullanım sunan Roboflow yazılımı ile online olarak kullanılarak etiketlemeler tamamlanmıştır. Etiketleme işleminden sonra %80 eğitim, %20 test verisi olarak veri seti planlanmıştır. Veri setinde yer alan görüntüler 416\*416 boyutuna göre tekrar boyutlandırılmıştır.



Şekil 1 Kayısı bahçesi görüntüsü (30 m yükseklik)



Şekil 2 Kayısı görüntüsü (3 m uzaklık)

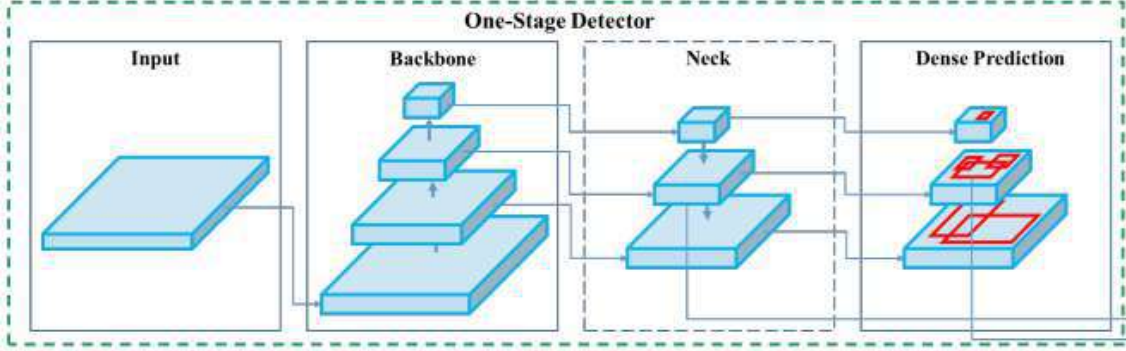
## 2.2 Darknet

Darknet, C ve CUDA ile yazılmıştır. Açık kaynaklı bir sinir ağı çerçevesidir. Kurulumu sade ve kolaydır. CPU ve GPU desteği ile hesaplamaları desteklemektedir. En önemli özelliği ise hızlı olmasıdır. Tekrarlayan sinir ağları,

zamanla değişen verileri temsil etmek için güçlü bir model yapısı sunmaktadır. Projemizde model eğitiminin yapılabilmesi için Google Colab platformuna kaynağını AlexeyAB/Darknet'ten alan Darknet kütüphanesi kurulmuştur.

### 2.3 Yolov4 Algoritması (Yolo Algorithm)

YOLO algoritmasının dördüncü versiyonu YOLOv4 Nisan 2020 yılında yayınlanmıştır [5]. YOLOv4 algoritması genel olarak 3 katmandan oluşmaktadır. Bunlar omurga ağı, yukarı örnekleme ve yolo katmanıdır.



Şekil 3 YOLOv4 Genel Yapısı

YOLOv4 algoritmasının en önemli özelliği tek bir ekran kartı ile eğitim işlemini hız bir şekilde yapılabilmesidir. YOLOv4 algoritması eğitim işlemlerinde CSPDarknet-53 [6] omurgasını kullanmaktadır. VGGNet [7] adında bir CNN mimarisi ağına benzeyen bu omurga yapısı evrimsel sinir ağlarının öğrenme yeteneklerini iyileştirmek için önerilen bir yapıdır.

### 2.4 Google Colab (Google Colaboratory)

Yapay zeka, makine öğrenmesi ve derin öğrenme projeleri için ekran kartı kapasitesi yüksek, işlemci hızı yüksek ve güçlü bilgisayarlara ihtiyaç duyulmaktadır. Yüksek maliyet gerektiren bilgisayarlara erişim güç olmaktadır. Bu sorununun çözümüne destek olmak için ücretsiz olan ve kurulum gerektirmeyen Google Colab, 2017 senesinde Google tarafından kullanıma sunulmuştur [8]. Google Colab (Google Colaboratory), bulut tabanlı, kullanımı kolay ve ortak çalışmaya dayalı bir programlama ortamıdır. Projemizde de Google Colab Pro ile Tesla P100-PCIE-16GB GPU desteği sağlanarak 3 sınıf için 6000 iterasyon ile model eğitimi gerçekleştirilmiştir.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Rekolte hesabının yapılabilmesi için bahçeden örnek olarak seçilen kayısı ağacının görüntüsü Python programlama dili ile hazırladığımız "Rekolte Tahmin Programına" yüklenmektedir. Program tespit ettiği kayısıların ağırlıklarını kg. olarak tahmin etmekte ve kayısı ağacındaki toplam ağırlığı bulmaktadır. Daha sonra kayısı bahçesi görüntüsü programa yüklenerek programın kayısı ağaçlarını tespit etmesi ve toplam rekolteyi bulması amaçlanmıştır.

Rekolte hesabının yapılabilmesi için nesnelerin başarılı tespit edilmesi gerekmektedir. Eğitilen modelin test edilmesinde doğruluk(accuracy), kesinlik(precision), hatırlama(recall) ve F ölçümü(f1-score) gibi çeşitli standart değerlendirme ölçütleri kullanılmaktadır. Denklemlerde, gerçek pozitifler (TP), doğru şekilde tahmin edilen örneklerin sayısıdır; yanlış negatifler (FN), yanlış tahmin edilen örneklerin sayısıdır. Doğru negatifler (TN), doğru şekilde tahmin edilen negatif örneklerin sayısıdır, yanlış pozitifler (FP) ise yanlış tahmin edilen negatif örneklerin sayısıdır.

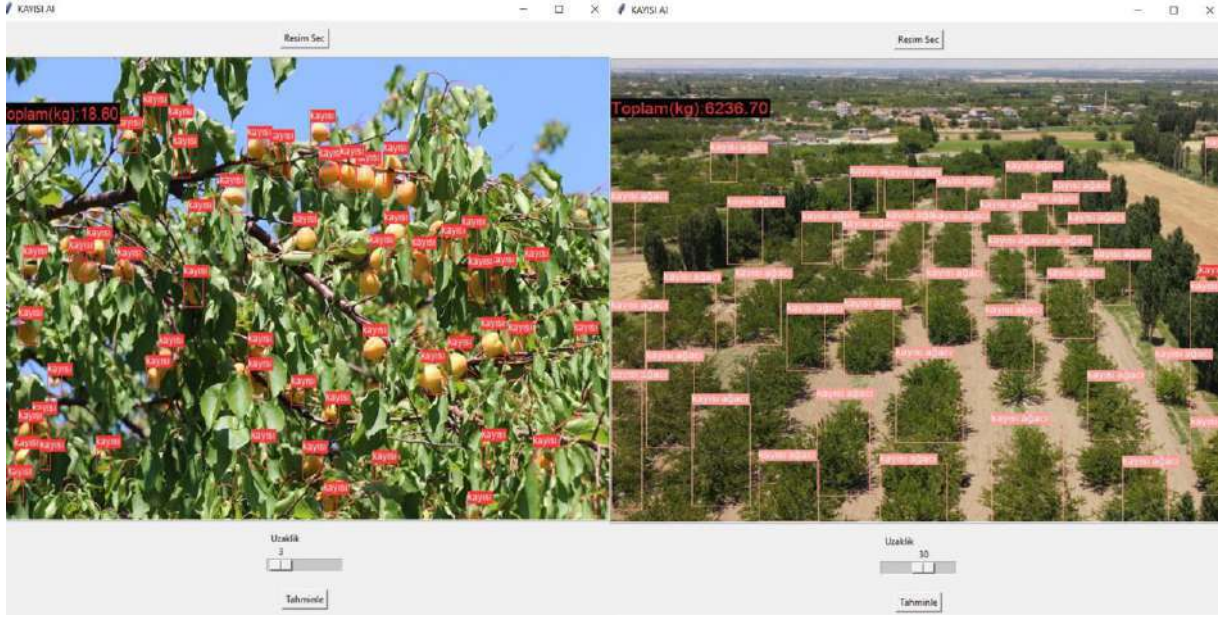
$$\text{Doğruluk (Accuracy)} = \frac{TN + TP}{TP+FP+TN+FN} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Kesinlik(Precision)} = \frac{TP}{FP+TP} \quad (2)$$

$$\text{Hatırlama(Recall)} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

$$F \text{ ölçümü}(F1\text{-score}) = (2 * \text{Precision} * \text{Recall}) / (\text{Precision} + \text{Recall}) \quad (4)$$

Şekil 4'te 3m uzaklıktan bir kayısı ağacı ile 30m yükseklikten Drone ile çekilen kayısı bahçesinin görüntülerinin rekolte doğruluk(Accuracy) oranı %96,2 olarak ölçülmüştür.



Şekil 4 Rekolte Tahmin Programı tahmin sonuçları

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada tarım ürünlerinin rekolte değerlerini hesaplayabilmek geleneksel yöntemlerin yerine bilimsel yöntemler ile başarılı sonuçların elde edilebileceği gösterilmiştir. Bunun için kayısı meyvesi ve kayısı ağaçlarının görüntüleri, Python programlama dili, Google Colab Pro, YOLOv4 algoritması, Darknet Sinir Ağı, Roboflow online ücretsiz platformu, OpenCV ve Numpy kütüphaneleri kullanılarak bir “Rekolte Tahmin Programı” oluşturulmuştur. Kayıların net görüldüğü resimlerde programımız ortalama %96,2 oranında başarılı sonuçlar vermiştir. Ancak kayısı ağaçlarının karakteristiği dallarının dağınık olması ve kayısı meyvesini dalları ve yaprakları ile örtmesinden dolayı Drone çekimi ile belirli yükseklikten sonra kayısı tespitinin düştüğü gözlenmiştir. Ayrıca yaprakların kayıların arasında veya önünde görüntülenmesi, yan yana olan kayıların tespitini zorlaştırmıştır. Drone çekimi sırasında güneş ışınlarının açısı sonuçları etkileyen diğer bir etken olduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak kodlanan programın oldukça başarılı rekolte tahmini yapabildiği ve farklı derin öğrenme algoritmaları ile de farklı meyvelerin rekolte tahmin işlemlerinin yapılabileceği gösterilmiştir. Aynı zamanda kayısı bahçelerinde yapılan kabala satışlarda tahmin hatalarının düşürülmesi açısından yapılan bu çalışmanın önemli yararlar sağlayacağı ve bu konuda yapılacak olan çalışmalara yön vereceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR ( REFERENCES)

- [1] T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü (2021). *Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Ürün Raporu Kayısı 2021*. (YAYIN NO: 334). Erişim Adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/>
- [2] Steven Puttemans, Laurent Tits, Yasmin Vanbrabant ve Toon Goedeme (2021), “*Automated visual fruit detection for harvest estimation and robotic harvesting*”. Sayfa 2-3. IEEE, 2017
- [3] Mahdi HATAMI VARJOVI (2017), “*Malatya’daki kayısı rekoltesinin bilgisayar görmesi teknikleriyle hesaplanması*.” Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, 2017.
- [4] Longsheng Fu. Yali Feng. Yaqoob Majeed. Xin Zhang. Jing Zhang. Manoj Karkee. Qin Zhang (2018), “*Kiwifruit detection in field images using Faster R-CNN with ZFNet*.” Sayfa 45–50, IFAC 51-17, (2018)
- [5] Aykan ÇALIŞKAN (2021), “*Baskılı devre kartları için düşük maliyetli otomatik kusur tespit sisteminin geliştirilmesi*.” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, 2021.
- [6] Phat Nguyen Huu and Khang Doan Xuan, “*Proposing Algorithm Using YOLOV4 and VGG-16 for Smart-Education*.” Computational Intelligence and So. Computing Volume 2021, Article ID 1682395, 14 pages <https://doi.org/10.1155/2021/1682395>
- [7] Alexey Bochkovskiy, Hong-Yuan Mark Liao and Chien-Yao Wang, “*YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection*.” <https://arxiv.org/abs/2004.10934>
- [8] Google Colab Nedir? (29 Mart, 2022). Erişim adresi: [https://globalaihub.com/blog/google-colab-nedir-ve-nasil-kullanilir/#:~:text=Google%20Colab%20\(Google%20Colaboratory\)%2C,senesinde%20Google%20taraf%C4%B1ndan%20piyasaya%20s%C3%BCr%C3%BCld%C3%BC](https://globalaihub.com/blog/google-colab-nedir-ve-nasil-kullanilir/#:~:text=Google%20Colab%20(Google%20Colaboratory)%2C,senesinde%20Google%20taraf%C4%B1ndan%20piyasaya%20s%C3%BCr%C3%BCld%C3%BC)



## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium

1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

### VERİ TABANLARINDA KULLANILAN TAM METİN ARAMA YÖNTEMLERİNİN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI

Mahamoud Brahim ADOUM<sup>1</sup>, Altan MESUT<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Mahamoud Brahim ADOUM, Office National des Media Audiovisuels (ONAMA) - N'Djamena / Tchad

<sup>2</sup> Altan MESUT, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Trakya Üniversitesi, Edirne / Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [altanmesut@trakya.edu.tr](mailto:altanmesut@trakya.edu.tr)

#### ÖZET

Bu çalışmada, ilişkisel ve NoSQL veri tabanlarında kullanılan Tam Metin Arama (FTS: Full Text Search) yöntemlerinin incelenmesi ve performans karşılaştırması yapılmıştır. FTS, sözcüklerin veya terimlerin bulunduğu belgelerle eşleştirildiği metin indeksleri adı verilen yapılar üzerinde gerçekleştirilir. Metin indekslerinde kelimenin belgenin kaç farklı yerinde yer aldığı ve o yerlerin konumları da saklanabilir. Veritabanlarında bir kelime veya terim aranırken, tüm dokümanları taramak yerine bu metin indeksleri kullanılarak arama işlemi çok daha hızlı gerçekleştirilir. Metin dizinindeki öge sayısı, etkisiz kelimelerin silinmesi ve köklere ayırma gibi bazı ön işlem aşamalarıyla azaltılabilir. Testlerimizde kullanılan metinler İngilizce olduğu için indeksler oluşturulurken İngilizce'ye göre bu ön işlem adımları uygulanmıştır. Testlerde DBpedia sitesinden toplanan yaklaşık 2,3 GB boyutunda makale özeti ve Project Gutenberg sitesinden toplanan yaklaşık 10 GB boyutunda kitaptan oluşan iki farklı veri seti kullanılmıştır. Karşılaştırma için seçilen MSSQL Server, MySQL, MongoDB ve Elasticsearch veri tabanı yönetim sistemlerinde ilgili yöntemler ile metin indeksleri oluşturulmuştur. Metin indekslerini yaratma süreleri ve oluşan metin indekslerinin büyüklükleri de elde edilerek verilmiştir. Bulunma sıklıkları farklı olan 100 adet kelime bu indeksler üzerinde aranıp süre sonuçları elde edilmiştir. Ayrıca Elasticsearch dışındaki veritabanlarında bu kelimelerden 10 tanesi ile Regex/Like gibi metin arama sorguları da yürütülmüş ve indeks kullanmadan metin arama hızları da elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda hangi veri tabanı yönetim sistemindeki Tam Metin Arama veya Regex/Like yönteminin daha hızlı çalıştığı ortaya çıkarılmıştır.

**Kelimeler:** Tam metin arama, veri tabanı, MSSQL Server, MySQL, MongoDB, Elasticsearch, İVTYS, NoSQL.

### PERFORMANCE COMPARISON OF FULL TEXT SEARCH METHODS USED IN DATABASES

#### ABSTRACT

In this study, Full Text Search (FTS) methods used in Relational and NoSQL databases were examined and performance comparison was made. FTS is performed on structures called text indexes, in which words or terms are mapped to the documents in which they are located. Text indexes can also store how many different places the word is located in the document and the locations of those places. While searching a word or term in the databases, the search process is performed much faster using these text indexes instead of scanning all documents. The number of items in the text index can be reduced with some pre-processing stages, such as stopwords filtering and stemming. Since the texts used in our tests were in English, these pre-processing stages were applied according to English while creating the indexes. Two different datasets consisting of approximately 2.3 GB of article abstracts collected from the DBpedia site and approximately 10 GB of books collected from the Project Gutenberg site were used in the tests. Text indexes were created with the relevant methods in MSSQL Server, MySQL, MongoDB and Elasticsearch database management systems that are selected for comparison. The time to create the text indexes and the size of the resulting text indexes are also obtained and presented. 100 words with different frequency of occurrence were searched on these indexes and time results were obtained. In addition, text search queries such as Regex/Like were carried out with 10 of these words in databases other than Elasticsearch, and text search speeds were also obtained without using an index. As a result of the study, it has been revealed that the Full Text Search or Regex/Like method of which database management system works faster.

**Keywords:** Full text search, database, MSSQL Server, MySQL, MongoDB, Elasticsearch, RDBMS, NoSQL.



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde dünya nüfusunun 2/3'ünün internet kullandığını ve kullanıcıların çoğunun sosyal medya veya farklı platformlara veri yüklediğini göz önünde bulundurduğumuz zaman, her gün üretilen verinin çok büyük miktarda olduğunu tahmin etmek zor değildir. Bu verilerin depolanması ve işlenmesi üretiminden daha fazla önem taşımaktadır. Aranılan bir terim veya kelimenin hangi dokümanlarda olduğunu bulup kullanıcıya göstermenin süresi ise kullanılan donanımın gücü kadar, verinin kaydedilme biçimine ve kullanılan veri tabanı yönetim sistemine bağlıdır. Veri tabanlarında metin arama hızını arttırmak amacıyla metin indekslerinin kullanımı da gittikçe yaygınlaşmaktadır. En çok kullanılan İlişkisel Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (İVTYS - RDBMS: Relational Database Management Systems) olan Oracle'da 2001, MSSQL Server'da 2008 ve MySQL'de 2013 yılından beri metin indeksleri kullanılmaktadır. Son yıllarda kullanımları gittikçe artan NoSQL (Not Only SQL) türü veritabanlarının özellikle belge deposu (document store) türünde olanlarında bu tür indeks yapıları kullanılmaktadır. Verileri doğrudan indeks üzerinde saklayan Elasticsearch arama motoru (search engine) ise metin arama işlerinde en çok tercih edilen veri tabanlarından biridir.

Veri tabanı yönetim sistemleri üzerindeki FTS işlemlerinin performansının ortaya konulması üzerine olan bu çalışma literatürde örneğine rastlanmayan bir çalışma olması nedeniyle özgün bir değere sahiptir. Literatürde tam metin arama yaklaşımlarının performanslarını inceleyen bazı çalışmalar olsa da, hangi veri tabanında kullanılan arama yöntemlerinin daha etkin çalıştığı konusunda bugüne kadar kapsamlı bir araştırma yapılmadığı görülmektedir. Kılıç ve Karabey tarafından yapılan çalışmada [1], popüler tam metin arama motorlarından Solr ve Elasticsearch verimlilik, kullanım kolaylığı, hız ve güvenlik açısından karşılaştırılmış ve her iki arama motorunun da avantaj ve dezavantajlarına yer verilmiştir. Minack, Siberski ve Nejd tarafından yapılan çalışmada [2], sadece RDF depoları üzerinde tam metin arama performansı ölçülmüştür. Mesut ve Öztürk tarafından yapılan çalışmada ise MongoDB'nin BTree indeksi ile yapılan klasik tam metin arama işleminin daha hızlı çalışabilmesi için bir yaklaşım sunulmuştur [3]. Ülkemizde ve dünyada bazı veritabanları üzerinde CRUD (Create, Read, Update, Delete / Oluşturma, Okuma, Güncelleme, Silme) performansını ölçen ve kıyaslayan bazı çalışmalar yapılmış olsa da, bu çalışmalara FTS türü sorgulamalar dahil edilmemiştir. Bazı tez çalışmalarında sadece NoSQL türündeki veri tabanlarının performansı kıyaslanmış [4-9], bazı tez çalışmalarında ise hem ilişkisel hem de NoSQL türünde olan veri tabanları beraber performans yönünden karşılaştırılmıştır [10-13]. Dumanlı'nın çalışmasında [11] metin arama sorguları üzerinden karşılaştırma yapılmış olsa da, indeks kullanmayan Like/Regex türü aramalar ile kıyaslama yapılmış, indeks kullanan FTS aramaları çalışmaya dahil edilmemiştir.

Bu çalışmada İVTYS türünde MSSQL Server ve MySQL ile NoSQL türünde MongoDB ve Elasticsearch veri tabanı yönetim sistemleri üzerinde testler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bulunma sıklıkları farklı olan 100 adet kelime veri tabanlarında oluşturulan metin indeksleri üzerinde aranıp süre sonuçları elde edilmiştir. Ayrıca Elasticsearch dışındaki veritabanlarında bu kelimelerden 10 tanesi ile Regex/Like gibi metin arama sorguları da yürütülerek indeks kullanılmadığı durumdaki metin arama hızları da elde edilmiştir. Sonuç olarak hangi veri tabanı yönetim sistemindeki Tam Metin Arama veya Regex/Like yönteminin daha hızlı çalıştığı ortaya çıkarılmıştır.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

### 2.1. Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (Database Management Systems)

Bu çalışmada, iki adet RDBMS (MySQL ve Microsoft SQL Server) ve iki adet NoSQL (MongoDB ve Elasticsearch) olmak üzere FTS aramayı destekleyen dört farklı veri tabanı yönetim sistemi üzerinde arama testleri yapılmıştır. Tercih edilen tüm veri tabanları db-engines.com sitesine göre en popüler 10 veri tabanı içinde yer almaktadır. Çalışmanın yazıldığı 2022 yılı başlarında MySQL ikinci, MSSQL Server ise üçüncü en popüler veri tabanıdır. En çok kullanılan belge deposu türündeki MongoDB genel sıralamada beşinci ve en çok kullanılan arama motoru türündeki Elasticsearch ise genel sıralamada sekizinci sıradadır. Seçilen veri tabanı sistemlerinin testlerde kullanılan versiyonları; MySQL 8.0.24-commercial (64-bit), SQL Server Developer 14.0.2037.2 (64-bit), MongoDB 4.2.2 (64-bit) ve Elasticsearch 7.13.1 (64-bit) şeklindedir. Her bir veri tabanı yönetim sisteminde test öncesi işlem olarak veri tabanı oluşturma, veri seti yükleme ve metin indeksi oluşturma (Elasticsearch hariç) aşamaları gerçekleştirilmiştir. Elasticsearch zaten tam metin aramaya yönelik bir arama motoru olduğu için yüklenen veriler doğrudan Inverted Index türünde bir indeks içinde saklanmaktadır.

## 2.2. Veri Setleri (Data Sets)

Testlerin yerel bir bilgisayarda yapılması gerektiği için her bir veri tabanı sistemine büyük metinlerden ve küçük metinlerden oluşan toplam iki veri seti yüklenmiştir. Çalışma boyunca büyük veri seti için Gutenberg ve küçük veri seti için Wikipedia ifadesi kullanılmıştır. Gutenberg veri seti, <https://www.gutenberg.org/> sitesinden alınan toplam 9.951.064.264 bayt boyutunda 21.405 adet İngilizce kitaptan oluşmaktadır. Wikipedia veri seti ise <https://www.dbpedia.org/> sitesinden alınan toplam 2.317.910.604 bayt boyutunda 4.383.126 adet İngilizce makale özetinden oluşmaktadır (bu özetler 114 adet farklı dosyada bulunmaktadır). İki farklı veri seti kullanılmasındaki amaç; FTS türü aramalarda ‘az sayıda & büyük boyutlu’ dokümanların olması ile ‘çok sayıda & küçük boyutlu’ dokümanların olması durumları arasındaki farkı ortaya koymaktır. Gutenberg veri setinde ortalama doküman boyutu 464.894 bayt iken, Wikipedia veri setinde bu değer 529 bayttır. Veri setlerinin ‘txt’ veya ‘json’ dosya biçimlerinde saklanan kopyalarından veri tabanlarına uygun bir şekilde aktarılması için bazen ilgili veri tabanının import aracından, bazen de Python yazılım dilinden yararlanmıştır.

## 2.3. Tam Metin Arama (Full Text Search: FTS)

Tam Metin Araması kitap, makale, bildiri veya dergiler gibi elektronik biçiminde dokümanlar şeklinde belirli bir yerde tutulan kaynakların üzerinde kelime veya metin aramasına denir. Aranılan bir kelime veya metnin hangi kayıt veya dokümanlarda yer aldığını belirlemek için indeksli veya indekli olmayan bir metin arama yöntemi kullanılabilir.

Metin araması için oluşturulan özel indeksler üzerinden arama yapıldığında sonuçların çok daha hızlı getirilmesi sağlanırken indeksli olmayan veriler üzerinde ise bu işlem için tüm veriler üzerinden tarama (scan) yapılması gerekeceğinden sonuçlar daha yavaş döndürülebilmektedir.

FTS için genellikle Ters İndeks (Inverted Index) yöntemi kullanılır. Ters indeks adından da anlaşıldığı gibi düz arama mantığı yönteminin yaptığı işin tersini yaparak aranan sonuca ulaşmaktadır. Bir veri seti üzerinde ters dizin oluşturulurken, tüm dokümanlarda yer alan kelimeler (önceki bölümde anlatılan ön işlemler sonrası geriye kalan kökler) ve bunların hangi dokümanlarda yer aldığı ayrı ayrı indekslenir. Bunun yanında, Tam Ters İndeks (Full Inverted Index) adında bir indeksleme yöntemi daha mevcuttur. Bu indeksleme türünde, aranan terimlerin hangi dokümanlarda geçtiğinin yanı sıra terimin o dokümandaki kaçınıcı kelime olduğu gibi konum bilgileri de saklanmaktadır. Fakat aynı kelime bir dokümanın onlarca veya yüzlerce farklı konumunda yer alıyor olması durumunda tüm konum bilgilerinin saklanması gerekeceğinden bu türde tam ters dizinler oldukça fazla yer kaplayacaktır.

Veri tabanlarında sıkça kullanılan B-Tree indeksleme yöntemi de metin indekslerinde kullanılabilir. MongoDB’de klasik metin indekslemede B-Tree türünü kullanırken bulut veri tabanı hizmeti olan MongoDB Atlas içinde bulunan metin arama özelliği, Elasticsearch gibi Apache Lucene kütüphanesini kullanır, yani ters indeks ile çalışır.

Tam metin aramada dokümanlar yazıldıkları dile özgü bazı ön işlemlerden geçirilerek metin indeksindeki eleman sayısının daha az olması sağlanabilmektedir.

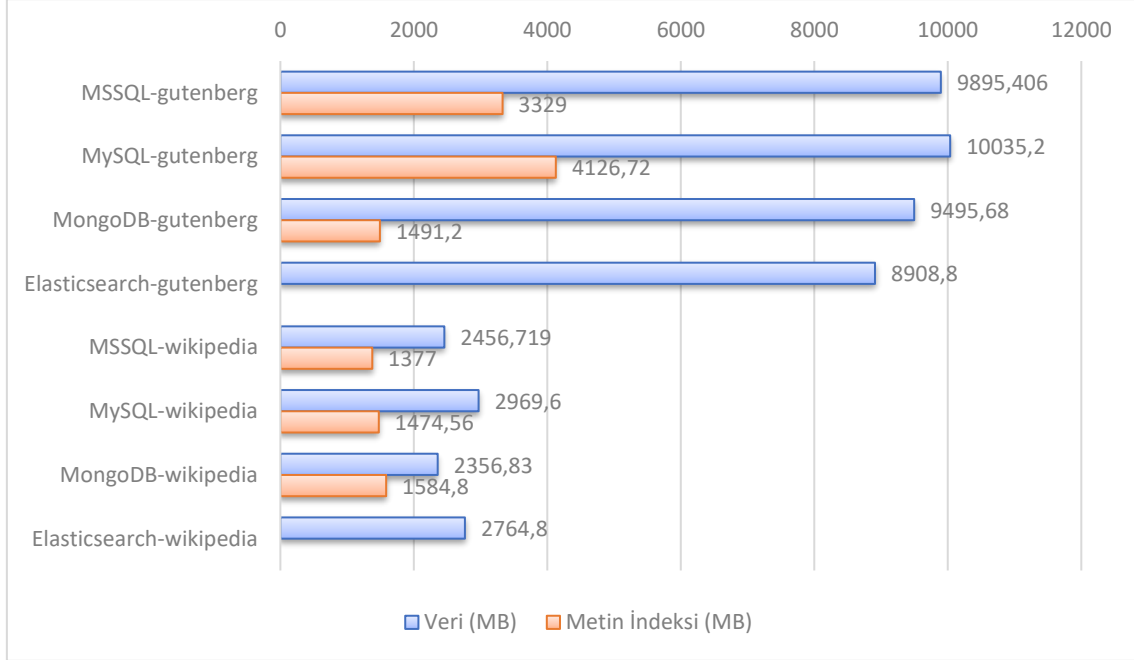
### 2.3.1. Tam metin aramada dile özgü işlemler (Language specific operations in full-text search)

Tam Metin Aramada, dile özgü olarak bazı ön işlemler yapılmaktadır. Bu işlemler metni parçalara ayırma (Tokenizer), etkisiz kelimelerin çıkarılması (Stopword Filtering) ve kök-ek ayırma (Stemming) işlemleridir. Tokenizer işleminde, metinler genellikle boşluk karakterlerinden parçalara ayrılır ve her parça (token) metnin içindeki bir kelimeye denk gelmektedir. Stopword Filtering işleminde, İngilizcede yer alan “the”, “and” veya “that” gibi tek başına aranmayacak ve indekse dâhil etmenin pek bir anlamı olmayan etkisiz kelimelerin elenmesi sağlanmaktadır. Stemming işleminde ise kelimelerin eklerine bakmaksızın kök kısımlarının indekslenmesini sağlanmaktadır. Örneğin İngilizce diline göre bir ön işlem yapılarak ‘compute’, ‘computer’, ‘computation’ veya ‘computing’ kelimeleri ‘comput’ anahtarı ile indekslenerek, hepsinin arama sonuçlarının aynı olması sağlanabilir. Bu şekilde hem indeks boyutu küçültülür, hem de indeks üzerinde arama hızı artırılabilir. Aynı zamanda aranan bir kelimenin farklı ekler almış halini içeren dokümanlara da ulaşılmış olur. Çalışmada kullanılan veri setleri İngilizce olduğu için veri tabanlarında indeksleme yapılırken İngilizce’ye göre bu ön işlemler uygulanmıştır.

### 3. TEST SONUÇLARI VE TARTIŞMA (TEST RESULTS AND DISCUSSIONS)

#### 3.1. İndekslerin Boyutları ve Oluşturulma Süreleri (Sizes and Creation Times of Indexes)

Veri tabanlarında saklanan verilerin ve oluşturulan metin indekslerinin boyutları Şekil 1’de, indeks oluşturma süreleri ise Tablo 1’de verilmiştir. Elasticsearch’te saklanan veriler doğrudan indeks içinde saklandığı için Tablo 1’de bu veri tabanına ait bir indeks oluşturma süresi verilmemiş, Şekil 1’de ise sadece bir değer verilmiştir.



Şekil 1. Saklanan verilerin ve metin indekslerinin boyutlarının karşılaştırılması

Şekil 1’deki sonuçlara göre, Gutenberg veri seti için en küçük boyutlu metin indeksini MongoDB, Wikipedia veri seti için ise MSSQL yaratmıştır. MySQL’in oluşturduğu metin indeksleri her iki veri seti için de MSSQL’den fazla yer kaplamaktadır. Gutenberg veri seti için her iki ilişkisel veri tabanından çok daha küçük boyutlu indeks yaratan MongoDB, Wikipedia veri seti için her ikisinin de gerisinde kalmıştır. Elasticsearch’e ait değerleri “veri” olarak değerlendirirsek Gutenberg için en iyi, “indeks” olarak değerlendirirsek ise her iki veri seti için de en kötü sonuçları verdiği söylenebilir.

Tablo 1. Oluşturulan indekslerde süre karşılaştırılması

Veri Tabanları	Gutenberg Veri Seti	Wikipedia Veri Seti
MySQL	1 saat 16 dakika	15 dakika
MongoDB	19 dakika	14 dakika
MSSQL	15 dakika	8 dakika

Tablo 1’deki süre sonuçları incelendiğinde, MSSQL’in her iki veri seti için de en hızlı indeks oluşturan, MySQL’in ise en yavaş indeks oluşturan olduğu görülmektedir. MySQL özellikle Gutenberg veri setine ait indeksi diğerlerine göre çok daha yavaş oluşturmuştur.

#### 3.2. Sorgu Testlerinin Sonuçları (Results of Query Tests)

##### 3.2.1. Testlerde kullanılan kelimeler (Words used in the tests)

Seçilen veri tabanlarından MySQL, MSSQL ve MongoDB üzerinde oluşturulan metin indeksleri kullanılarak FTS sorguları ve indeks kullanılmadan Like/Regex sorguları yapılarak iki farklı şekilde performans ölçülmüştür. Elasticsearch üzerinde ise yapısı gereği sadece FTS türünde sorgu testleri yapılmıştır. Bir veri tabanı üzerinde testler yapılırken diğerleri kapalı durumda tutularak işlemci ve hafızanın maksimum verim ile kullanılması

sağlanmıştır. Hızlı sonuç alınan FTS aramaları için 100 farklı kelime, yavaş sonuç alınan Like/Regex sorguları için ise 10 farklı kelime Python ile yazılan kodlar ile arka arkaya aranmıştır. FTS ve Like/Regex aramalarında kullanılan kelimeler sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2. FTS Aramalarında Kullanılan Kelimeler

allows	proposes	characteristics	Germany	Norway
computer	seasons	religious	Spain	Sweden
original	handles	artist	eventually	anthem
turns	grand	ocean	champion	broadcast
staff	England	farming	Mexico	Jerome
feels	conclusion	achievement	Egypt	Hannah
fired	retiring	overlooking	Turkey	phone
attachment	judgment	student	grandmother	rehabilitation
growing	description	divisions	Holland	spherical
watch	solely	farmer	Russia	Balkan
earth	corresponds	coined	Greece	Finland
studied	appreciation	reviews	adjacent	Bulgaria
anyone	enables	bowling	voluntarily	traction
quarter	profession	compete	massacre	ethnic
apart	capitalism	averaged	devastated	vocalist
crowd	amazing	knights	psychology	coastal
ranges	assembly	muscles	Turkish	television
supplies	abroad	electrical	mobile	conceptual
accompanying	host	China	actress	database
pull	Tchad	Italy	Denmark	Edirne

Tablo 3. Like/Regex Aramalarında Kullanılan Kelimeler

allows	student	grandmother	Tchad	database
computer	Turkey	psychology	Turkish	Edirne

### 3.2.2. FTS arama sonuçları (FTS search results)

Her kelimenin Gutenberg veri setinde kaç farklı kitapta, Wikipedia veri setinde ise kaç farklı makale özetinde geçtiği bulunmuş ve bu sorguların ne kadar sürede yapıldığı da elde edilmiştir. Elasticsearch üzerinde bu türden bir sorgulama çok hızlı yapılabilirdiği için (ilgili doküman sayısı da indeks içinde saklandığından dolayı), sadece doküman/kayıt sayısı değil, ilgili doküman/kayıt içindeki name (Gutenberg veri seti için) veya id (Wikipedia veri seti için) alanlarındaki bilgilerin de elde edildiği farklı bir yöntem ile de testler yapılmıştır. Testlerde kullanılan iki farklı yöntem kısaca şu şekildedir:

**Yöntem 1:** MSSQL ve MySQL'de Gutenberg için COUNT(name), Wikipedia için COUNT(id) SQL ifadeleri kullanılmıştır. Aynı işlemler için MongoDB'de Python'ın pymongo paketinin count\_documents yöntemi kullanılırken, Elasticsearch'te Elasticsearch paketinin count yöntemi kullanılmıştır.

**Yöntem 2:** Aranılan kelimenin yer aldığı tüm dokümanlara/kayıtlara ait name veya id bilgileri bir listeye atılarak, bu liste üzerinde len fonksiyonu ile ilgili sayılar elde edilmiştir. Bu yöntem doğal olarak birinci yöntemden daha yavaş sonuç döndürmektedir.

Yapılan tüm testlerde veri tabanları üzerinde ilk önce "set" kelimesi aratılmıştır. Bu işlemin amacı tüm kitapların içeriğinde yer alan bu kelimenin aratılması ile Gutenberg veri setindeki tüm kitaplara ait verinin RAM'e çıkartılmasını sağlamaktır (Wikipedia veri setindeki tüm makale özetlerinde yer alan ortak bir kelime bulunmadığından o veri seti için de aynı kelime kullanılmıştır). Tüm VT'ler üzerinde yapılan FTS testlerindeki süre sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. FTS Arama Sonuçları (sn)

Veri Tabanı Yönetim Sistemleri	Yöntem 1		Yöntem 2	
	Gutenberg	Wikipedia	Gutenberg	Wikipedia
MSSQL	0,45	8,19	1,16	9,28
MySQL	1,03	1,50	12.845,26	1.168,26
MongoDB	114,32	15,67	114,52	25,59
Elasticsearch	0,22	0,18	4.401,9	322,7

Gutenberg veri seti üzerindeki Yöntem 1 testlerinde en hızlı sonuç veren NoSQL türündeki Elasticsearch olurken, diğer NoSQL türündeki MongoDB 519 kat daha yavaş sonuç döndürerek son sırada yer almıştır. İkinci sırada yer alan MSSQL veri tabanı Elasticsearch'e göre 2 kat daha yavaş sonuç verirken, MySQL'e göre neredeyse 3 kat ve MongoDB'ye göre 254 kat daha hızlı sonuç vermiştir.

Wikipedia veri seti üzerindeki Yöntem 1 testlerinde en hızlı sonuç döndüren yine Elasticsearch olurken, MySQL'e göre 8 kat, MSSQL'e göre 45 kat ve son sırada yer alan MongoDB'ye göre 87 kat daha hızlı olmuştur. Benzer sorgu Gutenberg veri seti üzerinde yapıldığında üçüncü sırada kalan MySQL, daha önce ikinci sırada yer alan MSSQL'den 5 kat daha hızlı sonuç vererek ikinci sıraya yükselmiştir.

Gutenberg veri seti ile ilgili Yöntem 2 testlerinde en hızlı sonuç veren RDBMS türündeki MSSQL veri tabanı olurken en yavaş sonuç veren MySQL olmuştur. MSSQL yaklaşık olarak MongoDB'den 100 kat, Elasticsearch'ten 4 bin kat ve MySQL'den 11 bin kat daha hızlı sonuç vermiştir. MongoDB ikinci sırada yer alarak Elasticsearch'ten 38 kat ve MySQL'den 112 kat daha hızlı sonuç vermiştir.

Wikipedia veri seti ile ilgili Yöntem 2 testlerinde sonuçları en hızlı döndüren MSSQL veri tabanı, MongoDB'ye göre yaklaşık 3 kat, Elasticsearch'e göre 34 kat ve son sırada yer alan MySQL'e göre 125 kat daha hızlı olmuştur. İkinci sırada yer alan MongoDB'nin sonucu ise Elasticsearch'e göre 12 kat ve MySQL'e göre 45 kat daha hızlı olmuştur.

### 3.2.3. Regex/Like arama sonuçları (Regex/Like search results)

İndeksli olmayan veriler üzerinde yapılan testlerde RDBMS'ler için LIKE ve MongoDB için ise Regex türü aramalar kullanılmıştır. FTS aramalarındaki gibi bu testte de aynı iki veri seti üzerinde Yöntem 1 ile Yöntem 2 kullanılmıştır. Normal aramalar çok daha yavaş olduğu için bu testte 10 adet kelime aranmıştır (Bkz: Tablo 3). Tüm VT'ler üzerinde yapılan normal aramaların süre sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Normal Arama Sonuçları

Veri Tabanı Yönetim Sistemleri	Yöntem 1		Yöntem 2	
	Gutenberg	Wikipedia	Gutenberg	Wikipedia
MSSQL	6 994,35	428,79	6 990,98	428,59
MySQL	2 443,77	430,16	2 449,21	429,42
MongoDB	190,74	64,76	173,11	66,15

Tablo 5'teki sonuçlara baktığımızda, yapılan tüm testlerde en hızlı sonuç veren NoSQL türündeki MongoDB olduğunu söyleyebiliriz. MongoDB, Gutenberg - Yöntem 1 testlerinde en yavaş sonuç döndürerek son sırada yer alan MSSQL'den 37 kat, ikinci sırada yer alan MySQL'den ise 13 kat daha hızlı sonuç vermiştir.

Wikipedia - Yöntem 1 testlerinde en hızlı sonuç döndüren yine MongoDB olurken, RDBMS sistemler neredeyse aynı değerleri üretirken MongoDB'den yaklaşık 7 kat daha yavaş sonuç vermişlerdir. Gutenberg - Yöntem 1 üzerinde son sırada yer alan MSSQL, Wikipedia üzerinde MySQL'den biraz daha hızlı sonuç vermiştir.

Like/Regex türü aramaların yavaş olması sebebiyle, Yöntem 2'de Yöntem 1'e göre daha fazla veri gönderilmesine rağmen, iletim süresi arama süresinin yanında çok küçük olduğu için, her iki yöntemin sonuçları arasında fazla fark olmamıştır.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmanın genel amacı, farklı metin indeksleme tekniklerini kullanan farklı veri tabanı sistemleri üzerindeki Tam Metin Arama yaklaşımlarının performanslarını kıyaslamaktır. Çalışmanın yan amacı da indeksli olmayan metin verisi üzerinde 'Like' veya 'Regex' gibi yöntemler ile normal metin arama performansının ölçülmesidir. Seçilen iki farklı veri setinden biri daha az sayıda ama büyük boyutlu metinleri (kitaplar) içerirken, diğeri daha çok sayıda ama küçük boyutlu metinleri (makale özetleri) içermektedir. Süre ölçümlerinde adil olunması açısından testlerin tamamı Python kodları üzerinden yapılmıştır.

Verilen kelimeyi içeren kitapların isimlerini getirme sorgusu yürütüldüğünde en yüksek performans gösteren RDBMS kategorisindeki MSSQL olurken, en düşük hız yine aynı kategoride olan MySQL'de kaydedilmiştir. Bu sorgu testinde ikinci sırayı MongoDB, üçüncü sırayı ise Elasticsearch almıştır. Verilen kelimeyi içeren kitapların sayısını getirme sorgusunda ise NoSQL kategorisinde yer alan Elasticsearch arama motoru en hızlı olurken, aynı kategoriden olan MongoDB veri tabanı en yavaş olmuştur. Bu sorgu testinde ise ikinci sırayı MSSQL, üçüncü sırayı MySQL almıştır.

Verilen kelimeyi içeren makale özetlerinin 'id' numaralarını getirme sorgusunda en yüksek performans gösteren yine MSSQL olurken, MySQL de yine en yavaş olmuştur. Kitaplar ile ilgili sorgu testinde olduğu gibi ikinci sırada yine MongoDB ve üçüncü sırada yine Elasticsearch yer almıştır. Benzer şekilde, verilen kelimeyi içeren makale özetlerinin sayısını getirme sorgusunda da yine Elasticsearch en yüksek ve MongoDB en yavaş performansa sahip olmuş, fakat bu defa ikinci ve üçüncü sıra yer değiştirmiştir. Kitaplar ile ilgili testte MySQL'e göre 2 kat daha hızlı sonuç veren MSSQL, makale özetleri söz konusu olduğunda 5 kat yavaş kalmıştır.

Elasticsearch'ün yer almadığı Regex/Like testlerindeki sonuçlara göre, Regex kullanan MongoDB her durumda Like türü arama yapan rakiplerine karşı üstün performans göstermiştir. Kitaplar üzerinde MySQL ikinci MSSQL ise üçüncü olurken, makale özetleri ile ilgili sorgularda her iki RDBMS sistemi de yakın sonuçlar vermiştir.

Yapılan test sonuçlarından yola çıkarak, metin indeksi üzerinde yapılan aramalarda sadece belirli bir kelimeyi içeren belgelerin sayısı isteniyorsa Elasticsearch arama motorunun tercih edilmesi mantıklıdır. Fakat belgeler ile ilgili bir alanın listesi elde edilecek ise MSSQL veri tabanının kullanılmasının performansı çok daha iyi olacaktır. İndeks kullanmayan metin içinde metin arama sorgularında ise MongoDB veri tabanının çok iyi performans verdiği görülmüştür. MySQL ise herhangi bir durumda en iyi olamamıştır. Teste dahil edilen tüm veri tabanları ile ilgili genel değerlendirmenin özeti Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Arama Türüne Göre En İyi Veri Tabanı

Veri Tabanı Yönetim Sistemleri	Metin İndeksleri Üzerinde Arama		Normal Arama
	İlgili belgelere ait bir alan (name / id) isteniyorsa	İlgili belge sayısı (count) isteniyorsa	LIKE / Regex sorgularında
MSSQL	En hızlı		En yavaş
MySQL	En yavaş		
MongoDB		En yavaş	En hızlı
Elasticsearch		En hızlı	

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Kılıç, U., Karabey, I. (2016, October). Comparison of Solr and Elasticsearch Among Popular Full Text Search Engines and Their Security Analysis. In International Conference on Computer Science and Engineering (pp. 812-818), Tekirdağ / Türkiye.
- [2] Minack, E., Siberski, W., & Nejd, W. (2009, Mayıs). Benchmarking fulltext search performance of RDF stores. In European Semantic Web Conference (pp. 81-95). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [3] Mesut, A., Öztürk, E. (2021). A method to improve full-text search performance of MongoDB. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, [https://jag.journalagent.com/pajes/pdfs/PAJES-89590-RESEARCH\\_ARTICLE-MESUT.pdf](https://jag.journalagent.com/pajes/pdfs/PAJES-89590-RESEARCH_ARTICLE-MESUT.pdf)

- [4] Aladily, A. (2015). The performance wise comparison of the most widely used noSQL databases. Yüksek Lisans Tezi. Kadir Has Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] Bhamra, K. (2017). A Comparative Analysis of MongoDB and Cassandra. Yüksek Lisans Tezi. University of Bergen / Department of Informatics, Norway.
- [6] Hammood, A. H. (2016). NoSQL veritabanı sistemlerinin karşılaştırılması: MongoDB, apache HBase, and apache Cassandra üzerine bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi. Çankaya Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [7] Shwaysh, M. M. (2018). Security and performance comparison of NoSQL database systems. Yüksek Lisans Tezi. Çankaya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [8] Singh, K. (2015). Survey of NoSQL Database Engines for Big Data. Yüksek Lisans Tezi, Aalto University, School of Science, Espoo / Finland.
- [9] Swaminathan, S. N. (2015). Quantitative analysis of scalable nosql databases. Yüksek Lisans Tezi. The University of Texas at Arlington, ABD.
- [10] Bolat N. A. (2019). NOSQL ve RDBSM yapıların performans karşılaştırması. Yüksek Lisans Tezi. Beykent Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [11] Dumanlı, B. (2019). En çok kullanılan ilişkisel ve NoSQL veri tabanı yönetim sistemlerinin performans karşılaştırması. Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- [12] Seçgin C. (2018). İlişkisel ve NoSQL Veri Tabanı Sistemlerinin Performans Karşılaştırması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Aydın Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] Taha, İ. A. (2017). A comprehensive comparison of NOSQL and relational database management systems, Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

## **Yeni Avrupa Sürüş Çevriminde Elektrikli Araçlar için Gri Kurt Optimizasyon Tabanlı Hız Kontrolör Tasarımı**

Yılmaz Seryar ARIKUŞU<sup>1,\*</sup>, Nevra BAYHAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yılmaz Seryar ARIKUŞU, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Hasan Ferdi Turgutlu Teknoloji Fakültesi Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye

<sup>2</sup> Nevra BAYHAN, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [yilmaz.arikusu@cbu.edu.tr](mailto:yilmaz.arikusu@cbu.edu.tr)

### **ÖZET**

Bu çalışmada, bir elektrikli aracın matematiksel modeli simülasyon ortamında oluşturularak, yeni Avrupa sürüş çevriminde (NEDC) incelenmiş ve NEDC çevriminde hız kontrolör tasarlanmıştır. Hız kontrolcüsü için oransal-integral (PI) kontrolcü kullanılmıştır. PI kontrolcüsünün parametre değerleri, gri kurt optimizasyon yöntemi (GWO) ve Ziegler-Nichols (ZN) yöntemleriyle elde edilmiştir. Optimize edilen PI denetleyici parametreleri elektrikli araç modeline uygulanmış ve sistem çıktıları incelenmiştir. Elde edilen sistem çıktılarına göre Gri kurt optimizasyon tabanlı PI (GWO-PI) kontrolcüsünün referans değerini, Ziegler-Nichols yöntemiyle elde edilen PI (ZN-PI) kontrolcüsüne göre daha iyi takip ettiği gözlemlenmiştir.

**Kelimeler:** Elektrikli araçlar, Gri kurt optimizasyon, PI kontrolör, Model ve benzetim,

### **Grey Wolf Optimization Based Speed Controller Design For Electric Vehicles In The New European Driving Cycle**

#### **ABSTRACT**

In this study, a mathematical model of an electric vehicle is created in the simulation environment, the new European driving cycle (NEDC) is examined and a speed controller is designed in NEDC driving cycle. A proportional-integral (PI) controller is used for the speed controller. Parameter values of the PI controller were obtained by grey wolf optimization method (GWO) and Ziegler-Nichols (ZN) methods. The optimized PI controller parameters are applied to the electric vehicle model and the system outputs are examined. According to the obtained system outputs, it has been observed that the gray wolf optimization-based PI (GWO-PI) controller followed the reference value better than the PI (ZN-PI) controller obtained by the Ziegler-Nichols method.

**Keywords:** Electric vehicles, Grey wolf optimizer, PI controller, Model and simulation



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde, fosil yakıtların çevreye verdikleri zararlar ve dünyada fosil yakıt rezervlerinin azalması sebebiyle elektrikli araçlara olan ilgi sürekli artmaktadır. Genel olarak elektrikli araçların çeşitli bilgisayar programları vasıtasıyla benzetimi yapılarak motor kontrolü ve optimizasyonu yapılmaktadır [1]. Literatürde, elektrikli araçlarda kullanılan motor ve motor kontrolü için pekçok çalışmalar yapılmıştır. Zeina vd. DC motorlu elektrikli aracın eğim ve farklı yüklerde durum performansını gösteren çalışma önermişlerdir [2]. Tingting vd. kalıcı mıknatıslı senkron motor (PMSM) kullanan araç motorunun matematiksel modellemesini yaparak hız ve akım sonuçlarının değerlendirildiği bir çalışma önermişlerdir [3]. Sezen vd. hibrit araçlarda anahtarlama relüktans motor (SRM) kontrolü için kararlı hal, tork dengesizlikleri çalışmasını yapmışlardır. [4]. Hartani vd. yapmış oldukları çalışmada, tekerleklere yerleştirilen dört adet Sabit Mıknatıslı Senkron Motor (SMSM) kullanılmasıyla tahrik edilen taşıt modeli önermişlerdir [5]. Moldavanu elektrikli araç modeline etkileyen faktörleri göz önünde bulundurarak simulinkte çalışma yapmış ve hız kontrolcüsü için PI kontrolcü kullanmıştır [6]. Demir vd., elektrikli otomobillerde sık kullanılan elektrik motor tipleri hakkında bilgi vermenin yanısıra elektrik motor tip seçimi yaparken göz önünde bulundurmaları gereken parametreleri anlatmışlardır [7].

Bu çalışmada, Yeni Avrupa sürüş çevriminde (NEDC), elektrikli araç modelinin simülasyon çalışması yapılmıştır. NEDC çevriminde aracın hız kontrolcüsü olarak oransal- integral (PI) kontrolör kullanılmıştır. PI kontrolcüsünün parametre değerleri gri kurt optimizasyon yöntemi (GWO-PI) ve ZN-PI ile elde edilmiş ve sistem cevapları birbirleriyle karşılaştırılmıştır. GWO-PI kontrolörün, ZN-PI kontrolöre göre referans değerini daha iyi takip ettiği gözlemlenmiştir.

## 2. ELEKTRİKLİ ARAÇ MODELİ (MODEL of ELECTRIC VEHICLE)

Bir aracı hareket ettirebilmek için tahrik kuvvetine ihtiyaç vardır. Elektrikli araçlarda bu kuvvet elektrikli motor ile sağlanmaktadır. Motor tarafından üretilen kuvvet taşıtın tekerlekleri vasıtasıyla zemin ile etkileşimi çekiş kuvvetini oluşturmaktadır. Taşıt hareket halinde iken bu çekiş kuvvetine ters yönde direnç kuvvetleri oluşmaktadır. Bu ters kuvvetler, aerodinamik hava direnci kuvveti, yuvarlanma direnci kuvveti ve yokuş direnci kuvvetidir. Bu çalışmada, yol eğimi ihmal edildiği için yokuş direnç kuvveti modele dahil edilmemiştir. Taşıt hareketinde de havanın akışkan olarak kabul edilmesi sonucu taşıt hareket yönünün tersi yönde bir direnç kuvveti yani aerodinamik hava direnci kuvveti oluşur. Aerodinamik kuvvet akan havanın dinamik basıncına, taşıtın hareket yönünün dik kesit alanına ve taşıtın aerodinamik yapısına bağlıdır. Sonuç olarak taşıt parametrelerinden geniş kesit alanı ve sahip olduğu yüksek hız aerodinamik direnç kuvvetini artırır. Aerodinamik hava direnci kuvveti

$$F_{aero} = \frac{1}{2} \rho A C_D V^2 \quad (1)$$

şeklinde olur. Burada,  $\rho$ ; havanın öz kütlesi,  $A$ ; aracın kesit alanı,  $V$ ; araç hızı,  $C_D$ ; aerodinamik katsayıdır. Aerodinamik kuvvetin parametre değerleri  $\rho = 1.225 \frac{kg}{m^3}$ ,  $A = 2.3 m^2$ ,  $C_D = 0.24$  şeklindedir [6]. Parametre değerleri (1)'de yerine yazılırsa

$$F_{aero} = 0.3381V^2 \quad (2)$$

elde edilir. Tekerleğin elastik yapısı nedeniyle, tekerlek temas merkezinin önünden yuvarlanmaya karşı tekerlek yuvarlanma dirençleri oluşmaktadır. Yuvarlanma direnci;

$$F_{yuv} = C_r m g \quad (3)$$

olarak ifade edilmektedir. Burada,  $C_r$  yuvarlanma katsayısı,  $m$ ; kütle ve  $g$ ; yerçekimi ivmesidir. Parametre değerleri  $C_r = 0.02$ ,  $m = 2108 kg$  ve  $g = 9.81 m/s^2$  şeklindedir [6]. Parametre değerleri (3)'de yerine yazılırsa

$$F_{yuv} = 0.02 \times 2108 \times 9.81 = 413N \quad (4)$$

elde edilir. Aracın çekiş kuvveti elektrikli motorun ürettiği torku tekerleğe aktarılmasıyla oluşmaktadır. Motor çekiş kuvveti (5)'de gösterilmiştir.

$$F_{\text{çekiş}} = \frac{T}{L} G_r \quad (5)$$

Burada,  $T$ ; tork,  $L$ ; teker yarıçapı,  $G_r$ ; dişli oranını vermektedir. Parametre değerleri  $L = 24 \text{ cm}$ ,  $G_r = 9.73$  seçilmiştir [1]. Böylelikle değerler (5)'de yerine yazılırsa

$$F_{\text{çekiş}} = 40.5T \quad (6)$$

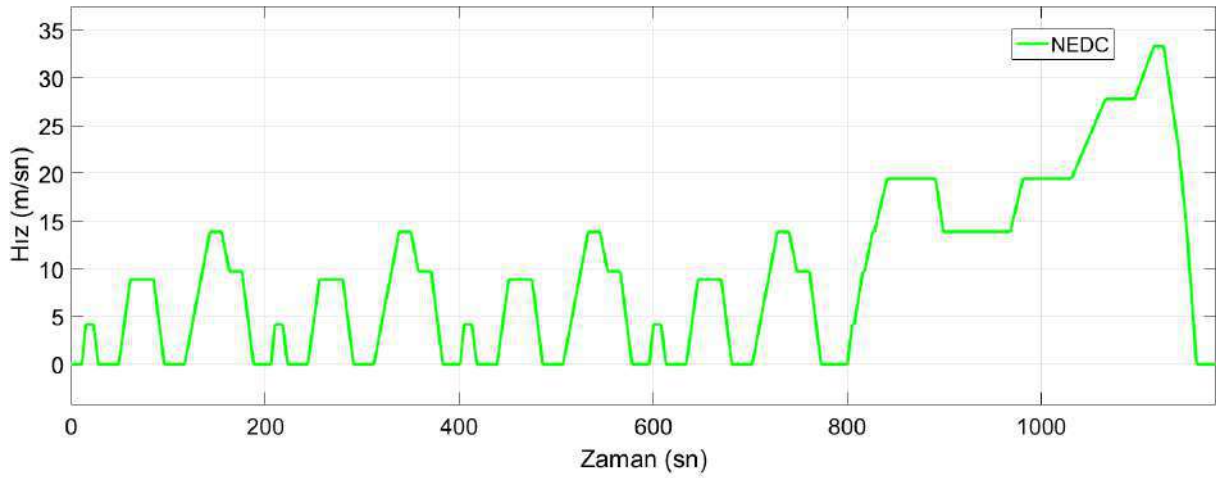
ifadesi elde edilir. Newton'un 2. Yasasına göre, araca etki eden net kuvvetler, araca aynı yönde ivme kazandırır. Cisme etki eden kuvvet denklemi aşağıda gösterilmiştir.

$$0.7 \times 40.5T - 413 - 0.3381V^2 = ma = 2108 \times a \quad (7)$$

(7) düzenlenirse

$$a = \frac{0.7 \times 40.5T - 413 - 0.3381V^2}{2108} \quad (8)$$

elde edilir. (8)'de verilen hız değerleri ( $V$ ) NEDC sürüş çevriminden gelen değerlerdir. NEDC sürüş çevrimi zamana bağlı olarak hız ve zaman grafiği olup Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. NEDC Sürüş Çevrimi

Burada, elektrikli motor olarak fırçalı motor kullanılmıştır. Fırçalı motor kullanılmasının sebebi yüksek verimde olması ve matematiksel modelinin kolayca ifade edilebilmesidir. Dc motorun matematiksel modeli (9)'da gösterilmiştir.

$$v = I(t)R + L \frac{di}{dt} + E(t) \quad (9)$$

Burada,  $v$ ; volt,  $I$ ; akım,  $R$ ; direnç,  $L$ ; indüktans,  $E$ ; elektromotor kuvvetidir. Üretilen tork

$$T(t) = K_T \times I(t) \quad (10)$$

şeklindedir. Burada,  $K_T$ , motor tork sabitidir. Elektromotor kuvvet (11)'de gösterilmiştir.

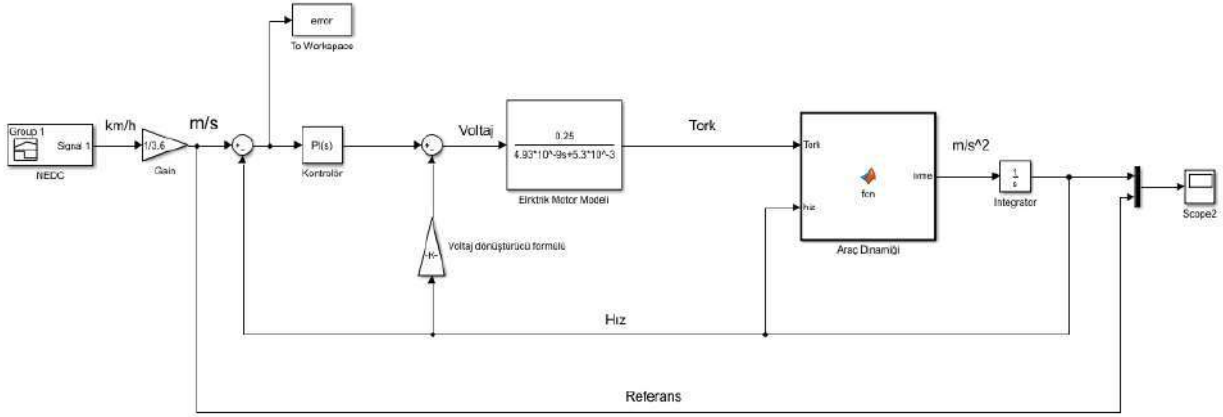
$$E(t) = K_E \times w(t) \quad (11)$$

(9), (10) ve (11)'in Laplace dönüşümleri alınarak; sistemin girişi motorun voltajı ve sistemin çıkış ise üretilen tork olmak üzere sistemin giriş-çıkış arası transfer fonksiyonu elde edilir [6]. Böylece sistemin transfer fonksiyonu

$$\frac{0.25}{4.93 \times 10^{-9}s + 5.3 \times 10^{-3}} \quad (12)$$

olarak hesaplanır. Burada,  $R = 5.3 \times 10^{-3} \text{ Ohm}$ ,  $L = 493 \times 10^{-9} \text{ H}$ ,  $K_E = 0.12 \text{ Vs/rad}$ ,  $K_T = 0.25 \text{ Nm/Amp}$  olarak seçilmiştir [6].

Elektrikli araç modeli, yukarıda verilen eşitlikler göz önüne alınarak Şekil 2'deki gibi simülasyon ortamında oluşturulmuştur. Burada, referans değeri NEDC sürüş çevrimi olarak 1180 saniye boyunca simülasyon koşutularak hız kontrolü gerçekleştirilecektir. Şekil 2'de gösterilen araç dinamiği bloğu (8)'de verilen denklemdir.



Şekil 2 Elektrikli Araç Modeli

## 2.1 GRİ KURT OPTİMİZASYONU (GREY WOLF OPTİMİZIER)

Gri kurt optimizasyon yöntemi, kurt sürülerinin avlanma davranışları incelenip; matematiksel olarak bilgisayar ortamında benzetimi yapılarak oluşturulmuştur. Gri kurtlarda hiyerarşik bir düzen bulunmaktadır. Lider kurt alfa ( $\alpha$ ) sürüye liderlik ederek, avlanma, konaklama gibi konularda karar verir. İkinci seviyedeki kurtlar beta ( $\beta$ ),  $\alpha$ 'nın yardımcısı olup, lider kurttan gelen emirleri sürünün geri kalanına iletir. Delta ( $\delta$ ) kurtlar üçüncü seviyede olup, alfa ve betadan gelen emirleri yerine getirmektedir. Omega ( $\omega$ ), sürünün en alt tabakasında yer almaktadır. Gri kurt optimizasyon yöntemi algoritmasında kurt sürüsünün avını yakalama davranışlarının benzetiminde, başlangıç olarak arama uzayında uygunluk değerleri (fitness) hesaplanan kurt bireyleri hiyerarşik duruma göre sınıflandırılır. Uygunluk değeri en iyi olan konum alfa kurt ( $\vec{X}_\alpha$ ), ikinci en iyi olan beta kurt ( $\vec{X}_\beta$ ), üçüncü en iyi olan delta kurt ( $\vec{X}_\delta$ ) olarak belirlenir. Geriye kalan konumlar omega sınıfına dahildirler. Gri kurtlar avı takip eder, kovalar ve ava yaklaşırlar. Av durduğunda, kurtlar onu çevreler ve herhangi bir rastgele konumda avın mesafesine göre konumlarını günceller. Av kaçamayacak durumda olduğunda saldırmaya başlarlar. Avın sürü tarafından çevrenmesini gösteren denklemler (13-17)'de verilmiştir [8-9].

$$\vec{D}_\alpha = |\vec{C}_1 \vec{X}_\alpha - \vec{X}_t^i|, \vec{D}_\beta = |\vec{C}_2 \vec{X}_\beta - \vec{X}_t^i|, \vec{D}_\delta = |\vec{C}_3 \vec{X}_\delta - \vec{X}_t^i| \quad (13)$$

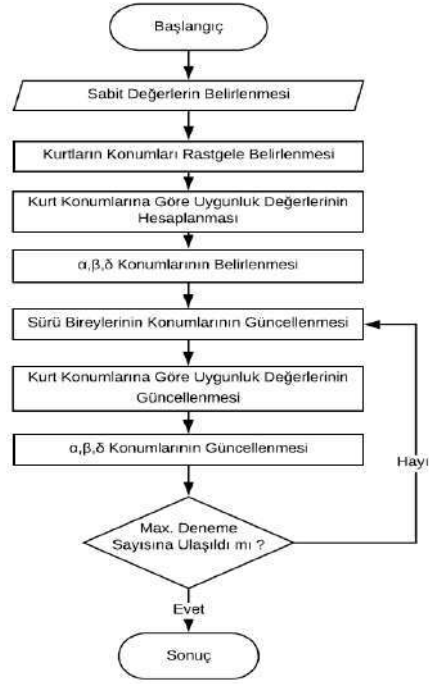
$$\vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1 \vec{D}_\alpha, \vec{X}_2 = \vec{X}_\beta - \vec{A}_2 \vec{D}_\beta, \vec{X}_3 = \vec{X}_\delta - \vec{A}_3 \vec{D}_\delta \quad (14)$$

$$\vec{X}_{t+1}^i = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3} \quad (15)$$

$$\vec{A} = 2\vec{a}\vec{r}_1 - \vec{a} \quad (16)$$

$$\vec{C} = 2\vec{r}_2 \quad (17)$$

Burada,  $\vec{C}$ ,  $\vec{A}$  vektör katsayılarını,  $t$  anlık iterasyon sayısını,  $\vec{X}$  gri kurtların konum vektörünü,  $\vec{r}_1$  ve  $\vec{r}_2$  [0,1] aralığında değişen rastgele vektörler,  $\vec{a}$  ise iterasyon boyunca 2'den 0 düşen katsayısıdır. Gri kurt algoritmasının akış diyagramı Şekil 3'de gösterilmiştir.



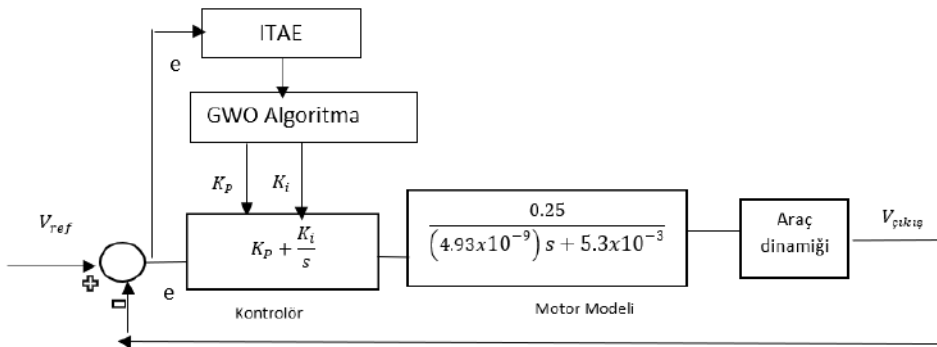
Şekil 3. Gri Kurt Optimizasyonu Akış Diyagramı [8-9]

### 3. KONTROLÖR TASARIMI (CONTROLLER DESIGN)

Bu çalışmada, elektrikli araç sistemde hız kontrolçüsü için PI kontrolör kullanılmıştır. PI kontrolörün kazanç parametreleri, gri kurt optimizasyon yöntemi (GWO) kullanılarak elde edilmiştir. Bu çalışmada amaç fonksiyonu olarak zaman ağırlıklı mutlak hata toplamı (ITAE) kullanılmıştır. ITAE formülü

$$ITAE = \int_0^{\infty} t|e| dt \quad (18)$$

şekindedir. Burada t, zamanı ve e ise hatayı ifade etmektedir. Hata, elektrikli araç modelinin çıkış hızı ile giriş hızı arasındaki farka eşittir. Şekil 4'deki elektrikli araç sisteminde hata, e ile gösterilmiştir. Elektrikli araç sisteminde ITAE amaç fonksiyonunun kullanılmasının nedeni, hata sinyalini sifıra yaklaştırarak minimum seviyede tutmak ve kontrolcü etkisiyle çıkış sinyalinin yerleşme süresinin minimum olmasını sağlamaktır. Burada amaç fonksiyonunun minimum olmasını sağlayacak olan  $K_p$  ve  $K_i$  parametre değerlerine sahip PI kontrolörün ve GWO algoritmasının elektrikli araç sistemine uygulanışı ile algoritmanın istenen sonuca ulaşabilmesi için ITAE amaç fonksiyonunun, e hata kolu ile ilişkisi Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. GWO-PI ile denetlenen elektrikli araç modeli

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULT AND DISCUSSION)

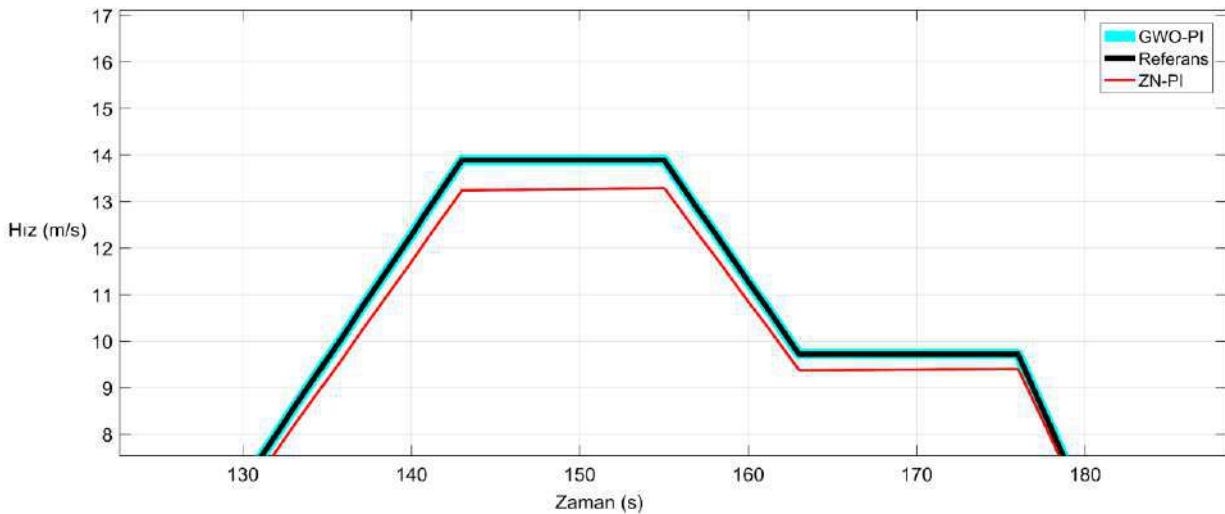
Bu çalışmada, elektrikli araç sisteminde kullanılan PI kontrolcünün kazanç parametre değerleri, gri kurt optimizasyon yöntemi (GWO) ve Ziegler-Nichols (ZN) yöntemi ile bulunmuş ve elektrikli araç sisteminin çıkışları üzerine olan etkilerinin karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu algoritmalarla optimize edilmiş PI kontrolörlerin uygulandığı elektrikli araç sisteminin çıkış sinyallerinin geçici rejimini daha net görebilmek için NEDC sürüş çevrimi kullanılmıştır. PI kontrolcünün  $K_p$  ve  $K_i$  parametre değerlerinin alt sınır değerleri [0 0], üst sınır değerleri sırasıyla [1000 15000] olarak seçilmiştir. Parametre değeri 50 ve iterasyon sayısı ise 30 olarak seçilmiştir. Simulasyonlar Matlab simulinkte [10] yapılmıştır

NEDC sürüş çevrim giriş değerine göre GWO ve Ziegler-Nichols (ZN) yöntemleri ile optimize edilen PI kontrolörlerin  $K_p$  ve  $K_i$  parametre değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

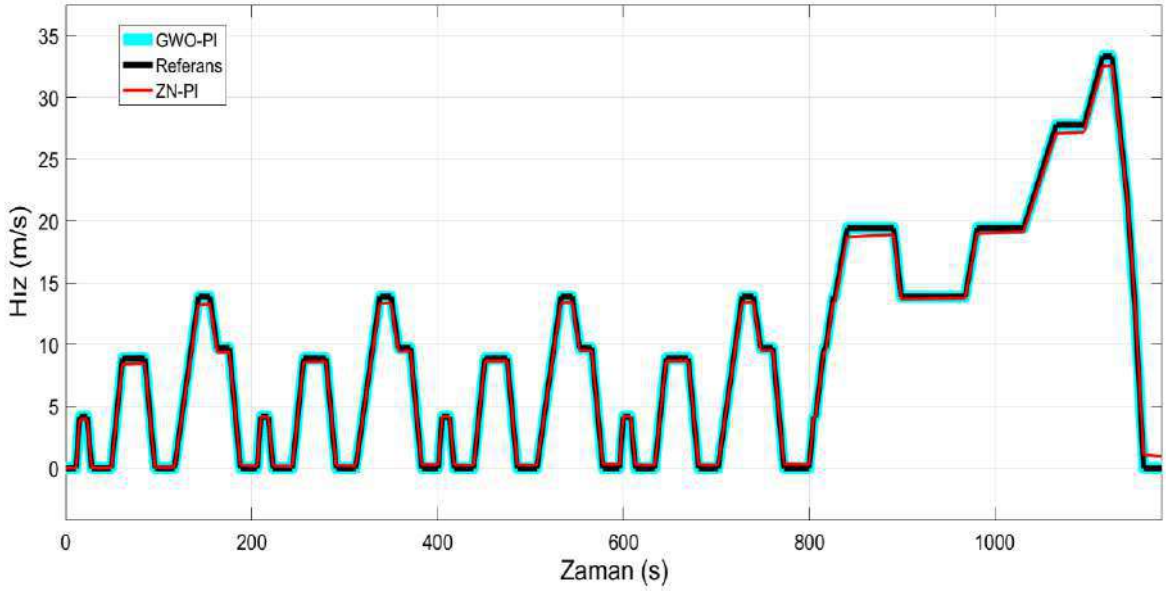
Tablo 1: Optimize edilmiş PI kontrolör parametre değerleri

Kontrolör	$K_p$	$K_i$
ZN-PI	82.122	0.5
GWO-PID	976.180	10581.60

Gri kurt tabanlı PI kontrolör (GWO-PI) ve ZN-PI kontrolörleri uygulanmış olan elektrikli araç sistemin cevap eğrileri Şekil 5’de gösterilmiştir. Şekil 5’de, referans değeri siyah renkli, ZN-PI cevabı kırmızı renkle ve GWO-PI cevabı ise turkuaz renk ile gösterilmiştir. GWO-PI cevabı, referans girişini hızlı biçimde takip ettiğinden dolayı şekil üzerinde net anlaşılabilmesi için referans değerine göre daha kalın çizdirilmiştir. Şekil 6’da ise 130-180 saniye arasında Şekil 5’in yakınlaştırılmış hali verilmiştir. Şekil 6 incelediğinde, GWO-PI kontrolcüsünün cevabının, referans değerini kısa sürede takip etmekte olduğu ve aynı zamanda ZN-PI kontrolcüsünün cevabına göre de referans giriş değerini çok daha yakından takip ettiği görülmektedir .

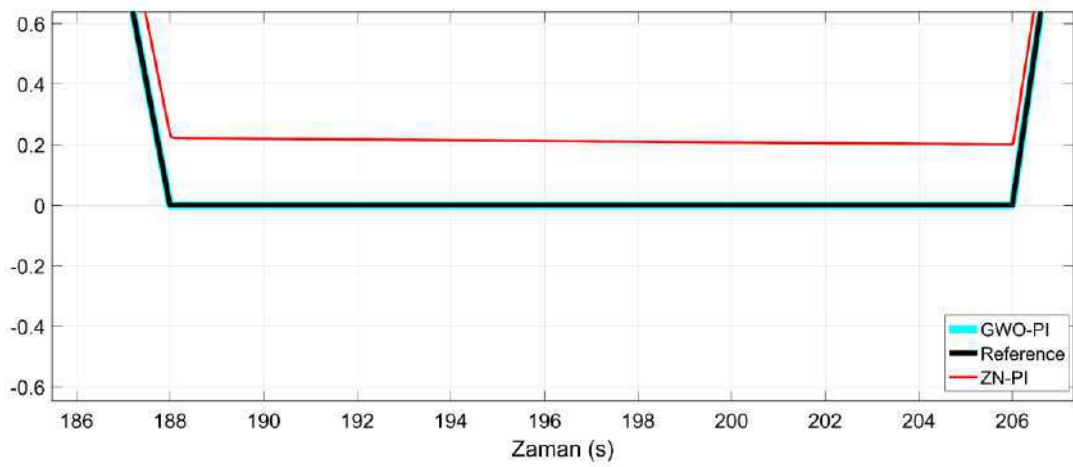


Şekil 5. Kontrolcü Sonuçları



Şekil 7. 130-180 saniye yakınlaştırılmış hali

Şekil 7’de ise Şekil 5’in 188-206 saniye arasındaki yakınlaştırılmış hali verilmiştir. Şekil 7’de dikkatlice incelendiğinde GWO-PI kontrolcüsünün cevabının ZN-PI kontrolcüsünün cevabına göre daha hızlı takip ettiği ve sıfır noktasına daha cabuk ulaştığı görülür. Böylece ZN-PI kontrolcüsünün cevabının sıfır değerinin üstündeki değerde sabit kaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6. 188-206 yakınlaştırılmış hali

## 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, elektrikli araç modelinde araca etkileyen dinamikler göz önünde bulundurularak simülasyon ortamında bir elektrikli araç modeli oluşturulmuştur. Simülasyon ortamında oluşturulan bu elektrikli araç Yeni Avrupa sürüş çevriminde (NEDC) incelenmiştir. NEDC çevrimindeki hız değerleri araca giriş değeri olarak verilmiş ve aracın hız kontrolcüsü olarak da oransal- integral (PI) kontrolör kullanılmıştır. PI kontrolcüsünün parametre değerleri gri kurt (GWO-PI) ve Ziegler-Nichols (ZN-PI) optimize edilerek elektrikli araç sistemine uygulanmış ve araç sistem çıktıları üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. GWO-PI kontrolörün sistem cevabının ZN-PI kontrolörün cevabına göre sistemi daha hızlı takip ettiği gözlemlenmiştir. GWO-PI kontrolcüsünün NEDC sürüş çevriminde anlık hız değişimlerinde hızlı adapte olabildiği ve özellikle araç hızının sıfır olduğu kısımda kontrolcü

cevabında sıfır noktasına rahat ulaşabildiği gözlemlenmiştir. Geleceğe yönelik çalışmalar olarak farklı sürüş çevrimlerindeki elektrikli veya hibrit araçlar için Gri kurt optimizasyon algoritmasının yanı sıra farklı meta-sezgisel optimizasyon yöntemlerinin de kullanılması planlanmaktadır.

## **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

- [1] Özek A, “Elektrikli bir aracın genel performans simülasyonu ve gerçekleşmesi”, Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
- [2] Zeina Bitara, Samih Al Jabia, Imad Khamisb. Modeling and Simulation of Series DC Motors in Electric Car. Proceedings of the ScienceDirect, 2015, Cilt 50, sayfa 460-470.
- [3] Tingting Liu, Guojin Chen, Shigang Li. Application Of Vector Control Technology For Pmsm Used in Electrical Vehicles. The open Automation and Control Systems Journal 2014, 6, 1334-134.
- [4] Serkan Sezen, Ercument Karakas, Kadir Yilmaz, Murat Ayaz. Finite element modeling and control of a high-power SRM for Hibrit electric vehicle. Proceedings of the ScienceDirect, 2016, cilt 62, sayfa 49-67.
- [5] Hartani K, Bourahla M, Miloud Y, Sekour M, 2009, Electronic Differential With Direct Torque Fuzzy Control For Vehicle Propulsion System, Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, 17, 21-38.
- [6] D Moldovanu 2020 Implementation in MATLAB Simulink of a basic electric vehicle IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. Vol. 898, 012015
- [7] Kaymaz H., Demir M. F., Elektrikli Otomobiller için Çekiş Motor Tip Seçimi Int. Per. of Recent Tech. in App. Eng. 2020; 2(1): 35-41 DOI: 10.35333/porta.2020.211
- [8] Mirjalili S., Mirjalili S. ve Lewis A., 2014, Grey Wolf Optimizer, cilt 69, pp. 46-61.
- [9] K. S. Sezer , “Metasezgisel Algoritmalarla Optimize Edilmiş Kesir Dereceli PID Kontrolörler ile Gaz Türbin Elektrik Santralinin Kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, 2021.
- [10] MATLAB 2016b Reference Manual,2016



## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium 1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

### BİLGİSAYAR DESTEKLİ NOHUT TÜR TAHMİNİ

Fırat KESKİNBİÇAK<sup>1</sup>, Kerim KARADAĞ<sup>2,\*</sup>

<sup>1,2</sup> Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [k.karadag@harran.edu.tr](mailto:k.karadag@harran.edu.tr)

#### ÖZET

Tarımda üretim artışı, ekilebilir alanların geliştirilmesi, ilaçlama ve sulama faaliyetlerinin etkinleştirilmesi gibi bazı parametrelere bağlıdır. Bunların yanı sıra ilaçlama ve tohum türlerinin de verimlilik üzerinde etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu yüzden tohum türlerinin düzgün seçimi önemlidir. Gelişen teknoloji ile birlikte bilimsel çalışmalardan meydana gelen büyük veriler dijital olarak kayıt altına alınabilmekte ve tahmin veya karar verme sürecinde kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada, nohut bitkisine ait özelliklerden makine öğrenme yöntemleri ile sınıflandırma işlemi yapılarak nohut tür çeşitliliği tahmini yapılmıştır. Sınıflandırma için karar ağaçları, destek vektör makineleri ve k en yakın komşuluk yöntemleri kullanılmıştır. Başarı ölçütü olarak doğruluk tercih edilmiştir. Elde edilen sonuçların başarı oranları karşılaştırıldığında yalnızca ham datalar kullanılarak yapılan sınıflandırmada en yüksek başarı oranı %90,6 olmuştur. Aynı şekilde ham datalar ile birlikte oluşturulan sentetik verilerin kullanıldığı verisetinin sınıflandırma başarı oranı en yüksek %100 olmuştur. Sonuçların başarı performanslarının yüksek oluşu makine öğrenmesi algoritmalarının bu alanda kullanılabileceğini göstermiştir.

**Kelimeler:** Nohut, Makine Öğrenmesi, Sınıflandırma, Doğruluk

### COMPUTER AIDED CHICKEN TYPE FORECAST

#### ABSTRACT

Production increase in agriculture depends on some parameters such as improving arable land, activating spraying and irrigation activities. In addition to these, it is known that spraying and seed types have an effect on productivity. Therefore, proper selection of seed types is important. With the developing technology, big data consisting of scientific studies can be recorded digitally and used in the estimation or decision-making process. In this study, chickpea species diversity was estimated by classifying the characteristics of the chickpea plant with machine learning methods. Decision trees, support vector machines and k nearest neighbor methods are used for classification. Accuracy was chosen as the criterion of success. When the success rates of the results obtained were compared, the highest success rate was 90.6% in the classification made using only raw data. Likewise, the classification success rate of the dataset, in which the synthetic data created together with the raw data, was used, was the highest 100%. The high performance of the results showed that machine learning algorithms can be used in this field.

**Keywords:** Chickpea, Machine learning, Classification, Accuracy



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Canlılarda beslenme ihtiyacı devam ettiği sürece, tarım önemini koruyacaktır. Tarımın önemli bir kısmını oluşturan bakliyat grubu insanların beslenmesinde hep yer almıştır. Bakliyatlar, yüksek oranda ham protein içermeleri, vitamin ve mineral maddeler açısından zengin oluşları tercih edilmelerini sağlamıştır. Ayrıca sap ve samanının tahıllara göre daha kaliteli protein içermesinden dolayı hayvan besiciliğinde de kullanımını yaygınlaştırmıştır [1]. Tarımda kullanım alanı olarak, baklagillerin büyük bir kısmını nohut oluşturmaktadır. Nohut, yemeklik tane baklagiller içerisinde kurağa en dayanıklı bitki olduğundan, kurak ve yarı kurak alanlarda ekim nöbetine girerek nadas alanlarının daraltılmasında önemli rol oynamaktadır [2]. Harcanan emek ve elde edilen verimin yüksek oluşu tarım için önemli parametrelerden biridir. Nohut kuraklığa dayanıklı olmakla birlikte yağışların az olması nohut verimliliğini de etkilemektedir. Verimliliği artırmak için, doğru ürün türlerinin tespiti, daha az alandan daha fazla ürün elde etme yöntemleri gibi araştırmalar yapılmaktadır [3]. Tarımsal üretimde verimlilik ve tür tespiti sürdürülebilirlik için oldukça önemli bir yere sahiptir. Son yıllarda her alanda kullanımı hızla artan makine öğrenmesi teknolojilerinin tarımdaki uygulamaları, tarımın geleceğini belirlemede önemli bir yere sahiptir. Makine öğrenmesi, matematiksel ve istatistiksel yöntemler kullanılarak, elde bulunan verilerden sonuçlar çıkaran, bu sonuçlarla bilinmeyene dair tahminlerde bulunan değerler dizisidir. Makine öğrenme yöntemlerinin tarımsal alanda uygulamaları ile ilgili çalışmalar incelendiğinde; Belay ve ark., yaptıkları çalışmalarında, derin öğrenme teknikleri kullanarak bir nohut hastalığı tespit modeli geliştirmişler [4]. Khatri ve ark., çalışmalarında buğday tohum sınıflandırmasını makine öğrenme yöntemleri kullanarak yapmışlar [5]. Ayele ve Tamiru, makine öğrenmesi yöntemleri kullanarak nohut türü sınıflandırması yapmışlar [6]. Bayar yaptığı çalışmada, bir nohut yığını hacim ve ağırlık tahmin aracının ölçüm doğruluğunu artırmak için makine öğrenmesi yöntemleri ve nohutların küresellik hesaplamasında Moore-komşu izleme algoritmalarını kullanmış [7]. Kosmowski ve Worku yaptıkları çalışmalarında, Etiyopyada arpa, nohut ve sorgum çeşitlerini tanımlamak için minyatürleştirilmiş bir NIR spektrometresi ile toplanan görünür/yakın kızılötesi hiperspektral verileri kullanmanın fizibilitesini araştırıp, çeşitleri ayırt edilmesinde makine öğrenmesi algoritmalarından yararlanmışlar [8]. Kirtis ve ark., nohuta ait bitki rejenerasyon protokolü kurup, ardından farklı makine öğrenme algoritmaları kullanarak model tahmini oluşturmuşlar [9]. Taheri-Garavand ve ark., yaptıkları çalışmalarında, görünür spektrumdaki (400–700 nm) tohum görüntülerini kullanarak nohut çeşitlerinin otomatik olarak tanımlanması için bir evrimsel sinir ağı (CNN) çerçevesi sunmuşlar [10]. Sinha ve ark., önceki raporlardan ve hava faktörlerinden alınan DRR insidansı verilerini dikkate alarak DRR insidansının yapay sinir ağı tabanlı bir tahminini gerçekleştirmişler [11]. Azimi ve ark., nohut görüntülerini kullanarak su stresini sınıflandırmak için geleneksel makine öğrenimi yöntemleri ile derin öğrenme yöntemlerinin performanslarını karşılaştırmışlar [12].

Yapılan çalışmada, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme arazileri kullanılarak ekilen nohut türlerinden elde edilen veri seti kullanılmıştır. İlk olarak sınıflandırma işlemi yapılarak nohut tohum türleri tahmin edilmiştir. Sınıflandırma için, Karar Ağaçları (KA), Destek vektör Makineleri (DVM) ve k en yakın komşu (KNN) yöntemleri kullanılmış, performans ölçütü olarak ise doğruluk ve gerçek oran (GO) kullanılmıştır.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

### 2.1 Verisetinin Elde Edilişi (Dataset Acquisition)

Bu çalışmada, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme arazileri kullanılarak ekilen nohut türlerinden elde edilen veri seti kullanılmıştır. Elde edilen bu veri kümesi 64 örnek ve nohut tohum türlerine ait özelliklerden oluşmuştur. Bu örneklerden 41 tanesi Cicer echinospermum nohut türüne ait, 23 tanesi ise Cicer reticulatum nohut türüne aittir. Özellik olarak, nohut türlerine ait; tane ağırlığı, tohum hacmi (tohuma ait en, boy ve genişlikten hesaplanarak), tohum yoğunluğu (tohumun ağırlık ve hacminden hesaplanarak), tohum rengi, ilk çiçeklenme gün sayısı, ilk bakla bağlama gün sayısı, olgunlaşma gün sayısı, tohum kabuk bağlama şekli, siyah noktalar, bitki tac genişliği, nohut tohum cinsi ve dekar verimliliği kullanılmıştır. Verisetine ait özellikler tablo 1 de verilmiştir.

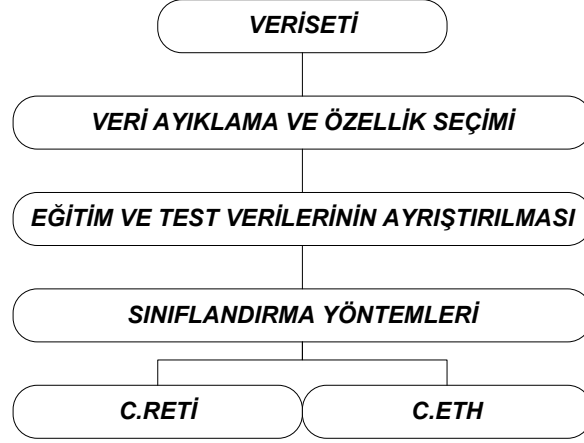
Tablo 1. Verisetine ait özellikler

Verisetinde Özellikler	Kullanılan Özellik açıklamaları	Özellik değer aralığı	Normalizasyon Değer aralığı
100 tane tohum ağırlık (g)	Tartılarak hesaplanmış	8,62 - 17,24	0,1 - 0,9
Tohum Genişlik	Kumpas Yardımı ile ölçülmüş	4,17 - 6,48	0,1 - 0,9
Tohum En	Kumpas Yardımı ile ölçülmüş	4,52 - 6,75	0,1 - 0,9
Tohum Boy	Kumpas Yardımı ile ölçülmüş	5,95 - 9,01	0,1 - 0,9
Tohum hacmi (cm <sup>3</sup> )		0,10 - 0,30	0,1 - 0,9
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )		0,39 - 1,24	0,1 - 0,9
İlk Çiçeklenme gün sayısı	Ekim tarihi ile ilk çiçeğin görüldüğü gün	121,00 - 143,00	0,1 - 0,9
İlk Bakla bağlama gün sayısı	Ekim tarihi ile ilk bakla bağlamanın görüldüğü gün	132,67 - 149,50	0,1 - 0,9
Olgunlaşma gün sayısı	Ekimin yapıldığı günden itibaren bitkilerin tüm yeşil aksamalarının sarardığı döneme kadar geçen gün sayısı	174,00 - 223,67	0,1 - 0,9
Siyah noktalar	Var - Yok	0 - 1	
Bitki taç genişliği (cm <sup>2</sup> )	Düşey ve yatay uzunluk toplanıp ikiye bölünerek çap hesaplanmış	1014,01 - 2950,28	0,1 - 0,9
Parsel verimi (g\parsel)	Hasat edilen bitkilerin sap ve tane verimlerinin birlikte tartılması ile hesaplanmış	15,61 - 108,05	0,1 - 0,9
Dekar verimi (kg\da)	Parselden oranlararak hesaplanmış	52,03 - 360,17	0,1 - 0,9
Cins tür	Cicer echinospermum ve Cicer reticulatum	0 - 1	0,1 - 0,9

## 2.2 Paradigma (Paradigm)

Elde edilen veri setinde 64 örneğin; 41 tanesi cicer echinospermum ve 23 tanesi ise cicer reticulatum nohut türünden oluşmuştur. İlk olarak 64 örnek kullanılarak sınıflandırma işlemi yapılmış ve nohut tohum tür tahmini yapılmıştır. Her iki gruba ait nohut tohum türlerinin örnek sayıları eşit olmadığı için değerlendirmede olası

hataların önüne geçmek için az olan cicer reticulatum tohum türü için sentetik veriler oluşturularak cicer echinospermum örnek sayıları ile eşitlenmiş ve toplam 82 örnek değerlendirmeye alınarak tekrar sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Sentetik veri oluşturmak için synthetic minority oversampling technique yöntemi kullanılmıştır. Son aşamada normal ve sentetikli verisetleri normalize edilerek işleme alınmıştır. Çalışma akış diagramı şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma akış diagramı

### 2.3 Sınıflandırma ve Başarı Ölçütleri (Classification and Success Criteria)

Çalışmada, makine öğrenme algoritmalarından yararlanarak nohut tohum türüne ve dekar başı verimliliği tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu algoritmaların temel amacı hesaplama yöntemlerini kullanarak veriden bilgi elde etmeyi sağlamaktır. Kullanılan birçok farklı yöntem vardır, fakat doğru algoritmaların seçimi önemlidir. Bu çalışmada; KA, DVM ve KNN yöntemleri kullanılmıştır. KA, bir kararın her olası sonucunu göstermek için dallanma tekniğini kullanan bir grafik veya ağaç oluşturur. Bir karar ağacı temsiline, her dahili düğüm bir özelliği test eder, her dal, ana düğümün sonucuna karşılık gelir ve her yaprak sonunda sınıf etiketini atar. Bir örneği sınıflandırmak için, ağacın kökünden başlayarak yukarıdan aşağıya bir yaklaşım uygulanır. Belirli bir özellik veya düğüm için, bir yaprağa ulaşıncaya veya bir etikete karar verilene kadar, o özneliğin veri noktasının değeriyle uyuşan dal dikkate alınır [13]. DVM yöntemi, farklı sınıflara ait veri setini birbirinden en uzak olacak şekilde, aynı sınıfa ait veri kümelerini ise en yakın olacak şekilde ayırmaya çalışan bir yöntemdir. KNN, sınıflandırma işlemi için en yakın komşu sayısı  $k$ 'yı seçer ve  $k$ 'nın grup üyeliğine göre verileri sınıflandırır. [14]. Veri setleri sınıflandırma işlemine tutulmadan önce normalizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Normalizasyon için eş.1 kullanılmıştır.

$$N = 0,8 * \frac{(X_i - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} + 0,1 \quad (1)$$

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

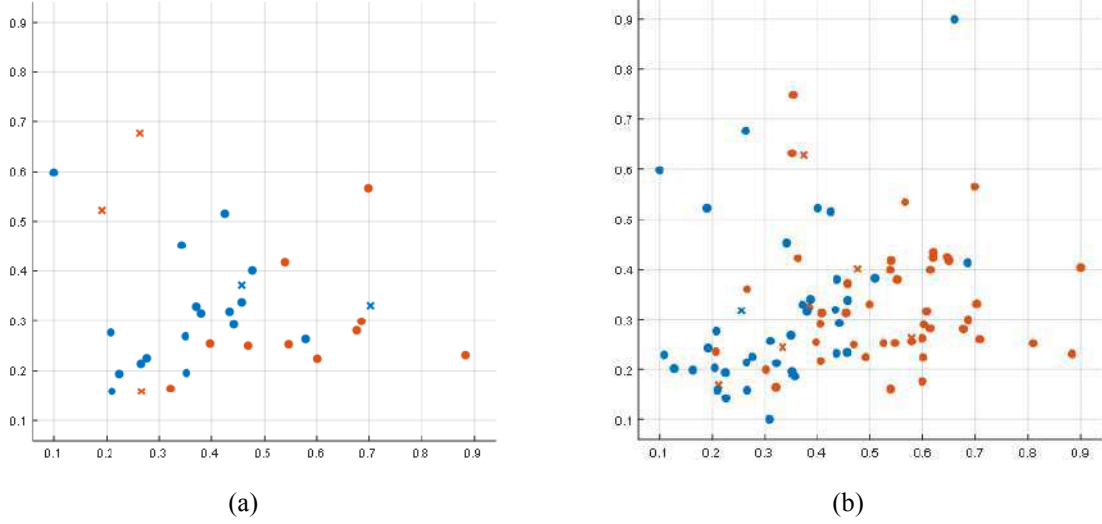
Çalışmada kullanılan veri kümesi, sınıflandırma için nohut tohum türü cicer echinospermum ve cicer reticulatum olacak şekilde iki grup olarak işleme alınmıştır. Regresyon için ise dekar başı elde edilen ürün miktarı tahmin edilmiştir. Eğitim ve test verileri harmanlanarak 5 çapraz doğrulama ve veri setinin %50 eğitim, %50 test işleminde kullanılacak şekilde iki farklı aşamada değerlendirilmiştir. Nohut tohum türleri arasında dengesiz bir dağılım olduğu için sentetik veriler oluşturularak tekrardan makine öğrenme yöntemleri kullanılmış ve elde edilen sonuçların doğruluk değerleri tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. elde edilen sonuçların doğruluk değerleri

Classification Methods	Ham Data		Sentetik + Ham Data	
	%50-%50	CV-5	%50-%50	CV-5
KA	68.8	71.9	72.1	100
DVM	90.6	87.5	88.4	94.3
KNN	84.4	82.8	93	96.6

Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, sadece ham dataların olduğu veriseti işleme alındığında eğitim ve test verileri eşit alındığında doğruluk performans ölçütü kullanılarak DVM yöntemi ile en yüksek başarı oranı elde edilmiştir. Sentetik veriler dahil edilerek yapılan sınıflandırma işleminde başarı oranlarının arttığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi örnek sayısı arttıkça özellikler arası değerlendirme hassasiyetinin artmasından kaynaklanmaktadır. Bu şekilde elde edilen en yüksek başarı oranı eğitim ve test verilerinin CV-5 ile ayrılıp KA yöntemi kullanılarak yapılan sınıflandırmada olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 2a-2b de örnek olarak, sınıflandırma sonucu en yüksek değerlerin elde edildiği doğru ve yanlışların dağılımları verilmiştir.



Şekil 2. Nohut tür tahmini doğru ve yanlış dağılımı (a) Ham veriseti kullanılıp ayrıştırma %50-%50 yapılmış  
(b) Ham + sentetik veriseti kullanılıp ayrıştırma CV-5 ile yapılmış

Şekiller incelendiğinde mavi ve kırmızı renkler nohut türlerinden Cicer echinospermum ve Cicer reticulatumu ifade etmektedir. Çarpı (x) şeklinde verilen değerler ise yanlış grup tahmininde bulunduğunu göstermektedir. Örnekler sınıflandırma sonucu en yüksek sonuçların elde edildiği ufulamadan seçilmiştir. Şekil 2a' da ham verisetinin kullanıldığı, eğitim ve test verilerinin ayrıştırma işleminin %50-%50 şeklinde yapıldığı ve en yüksek sonucun elde edildiği DVM örneği kullanılmıştır. Şekil 2b' de ise ham + sentetik verilerin olduğu veriseti kullanılmış, eğitim ve test verilerinin ayrıştırma işlemi CV-5 ile yapılmış ve en yüksek sonucun elde edildiği KA örneği kullanılmıştır.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme arazilerinden edilen veri seti kullanılarak, nohut tür tahmini yapılmıştır. Tahmin işlemi makine öğrenme yöntemlerinden, KA, DVM ve KNN kullanılarak yapılmıştır. Değerlendirmenin daha hassas ve kabul edilebilir olması için oluşturulan sentetik verilerinde dahil edildiği veriseti kullanıldığında, elde edilen sonuçlar her üç yönteminde başarılı olduğunu bu alan için kullanılabileceğini göstermiştir. Burada sunulan makine öğrenimi algoritmaları, tarımın herhangi bir alanında ve bu çalışma özelinde nohut tohum tür tahmininde ziraatçilere destek sunmuş olabilir.

#### Teşekkür

Çalışmada kullanılan verisetinin elde edilmesinde her türlü desteğini sağlayan Doç.Dr. Abdullah Kahraman hocamıza teşekkür ediyorum.

## KAYNAKLAR ( REFERENCES)

- [1] Eyidogan, F. ve Öz, M.T. (2007). Effect of salinity on antioxidant responses of chickpea seedlings. *Acta Physiol Plant*, 29: 485-493.
- [2] Burucu, D. (2017). Ürün Raporu:NOHUT. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. ISBN: 978-605-2207-14-7.
- [3] Erman, M., Çiftçi, V., Ve Geçit, H. H., 1997. Nohut (*Cicer arietinum L.*)'ta Özellikler Arası İlişkiler ve Path Katsayısı Analizi Üzerine Bir Araştırma. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 3 (3): 43-46.
- [4] Belay, A. J., Salau, A. O., Ashagrie, M., & Haile, M. B. (2022). Development of a chickpea disease detection and classification model using deep learning. *Informatics in Medicine Unlocked*, 100970.
- [5] Khatri, A., Agrawal, S., & Chatterjee, J. M. (2022). Wheat Seed Classification: Utilizing Ensemble Machine Learning Approach. *Scientific Programming*, 2022.
- [6] Ayele, N. A., & Tamiru, H. K. (2020). Developing Classification Model for Chickpea Types using Machine Learning Algorithms. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 10(1), 5-11.
- [7] Bayar, G. (2021). Increasing measurement accuracy of a chickpea pile weight estimation tool using Moore-neighbor tracing algorithm in sphericity calculation. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1), 296-308.
- [8] Kosmowski, F., & Worku, T. (2018). Evaluation of a miniaturized NIR spectrometer for cultivar identification: The case of barley, chickpea and sorghum in Ethiopia. *PloS one*, 13(3), e0193620.
- [9] Kirtis, A., Aasim, M., & Katırcı, R. (2022). Application of artificial neural network and machine learning algorithms for modeling the in vitro regeneration of chickpea (*Cicer arietinum L.*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 1-12.
- [10] Taheri-Garavand, A., Nasiri, A., Fanourakis, D., Fatahi, S., Omid, M., & Nikoloudakis, N. (2021). Automated in situ seed variety identification via deep learning: a case study in chickpea. *Plants*, 10(7), 1406.
- [11] Sinha, R., Irulappan, V., Patil, B. S., Reddy, P. C. O., Ramegowda, V., Mohan-Raju, B., ... & Senthil-Kumar, M. (2021). Low soil moisture predisposes field-grown chickpea plants to dry root rot disease: evidence from simulation modeling and correlation analysis. *Scientific reports*, 11(1), 1-12.
- [12] Azimi, S., Kaur, T., & Gandhi, T. K. (2020, December). Water stress identification in chickpea plant shoot images using deep learning. In *2020 IEEE 17th India Council International Conference (INDICON)* (pp. 1-7). IEEE.
- [13] Das, K., & Behera, R. N. (2017). A survey on machine learning: concept, algorithms and applications. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, 5(2), 1301-1309.
- [14] Karadağ, K. (2020). Makine Öğrenme Yöntemleri ile Semen Kalitesi Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 306-311.



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

## DETECTING PHISHING WEBSITE WITH MACHINE LEARNING

Zeynep ALTIPARMAK<sup>1,\*</sup>, Hatice Medine ÇAYIR<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup>Zeynep ALTIPARMAK, Department of Computer Engineering, Adana Alparslan Turkes Science and Technology University, Turkey

<sup>2</sup>Hatice Medine ÇAYIR, Department of Computer Engineering, Adana Alparslan Turkes Science and Technology University, Turkey

\*Corresponding author E-Mail: 170101041@ogr.atu.edu.tr

\*\*Corresponding author E-Mail: 180101023@ogr.atu.edu.tr

### ABSTRACT

Phishing is a type of social engineering attack used to steal private and valuable user data such as login credentials and credit card numbers. It is the process of revealing sensitive personal data by an attacker by deceiving users through a web page created by giving a credible impression. The detection of phishing sites, which affect many people around the world, has become an important field of study when the damage they cause is considered. In this article, research has been made on the common features of phishing sites and the selection of features that can be used for detection among them. By examining the common features of the websites, a study was conducted to select the features that can be used for identification. Chi-square and Recursive Feature Elimination methods were applied to select the important features among these obtained features. A detection model is designed by combining filtered features with artificial intelligence learning models. Our model achieved an accuracy of 92.7% using 10-fold cross-validation. We believe the work presented in this paper augments other such works and provides a promising basis for future research in this area.

**Keywords:** Social engineering, machine learning, feature selection

## 1. INTRODUCTION

Phishing is a social engineering attack that aims to steal valuable personal information that should be kept private by exploiting users' vulnerabilities without appearing overtly malicious. If the user interacts with a suspicious-looking site, it is inevitable for attackers to gain access to valuable information.

These days, when the Internet is in every aspect of our lives, the rate of occurrence of such attacks tends to increase. According to the Anti-Phishing Working Group's (APWG) Q4 2021 Phishing Activity Trends Report, phishing website attacks continued to increase throughout the year, with a total of 316,747 attacks in December 2021[1]. Considering these data, it has become necessary to create a defense mechanism.

In this article, recognizing the need for a detection mechanism for phishing websites, we examined the common features of phishing websites. Leveraging these features, we filtered out identifying common features and created a feature list for phishing detection. Combining these features with artificial intelligence models, we examined the results for the trained models.

This article is organized as follows: In Section 2 we provide an overview of the dataset and selected features used in our experiments. In section 3, we describe the different experiments carried out and present the results of different machine learning algorithms. Finally, in section 5, we present our results and conclusions.

## 2. DATA AND METHOD

In this research, a data set containing 1000 instances and 18 features, consisting of 500 benign websites samples[2] and 500 phishing websites samples[3], was used. Two different feature selection methods were used to increase the success of the model. With these methods, 2 more different datasets containing 1000 instances and 10 features were obtained. Table 1. below shows the dataset containing 18 features before the feature selection methods were applied. Table 2. shows the dataset with 10 features selected using the Chi-square method. Table 3. shows the data set containing 10 features using the Recursive Feature Elimination method.

Table 1. Dataset with attributes

No.	Attribute	No.	Attribute
1	hasIP	10	httpInDomain
2	longURL	11	DNSRecord
3	tinyURL	12	webTraffic
4	hasAtSign	13	domainAge
5	redirection	14	domainEnd
6	prefix/suffix	15	iFrame
7	googleIndex	16	mouseOver
8	multiSubDomain	17	rightClick
9	issuerVerified	18	webForwards

Table 2. Selected 10 features with Chi-square

No.	Attribute	No.	Attribute
1	longURL	6	googleIndex
2	webTraffic	7	redirection
3	prefix/suffix	8	domainAge
4	multiSubDomain	9	domainEnd
5	hasAtSign	10	iFrame

Table 3. Selected 10 features with RFE

No.	Attribute	No.	Attribute
1	hasIP	6	multiSubDomain
2	longURL	7	DNSRecord
3	hasAtSign	8	domainAge
4	redirection	9	iFrame
5	prefix/suffix	10	mouseOver

## ***2.1 Feature Extraction***

In this study, the following 18 different features were used.

### ***2.1.1 Has IP Address***

If an IP address is used as an alternative to the domain name in the URL, users can be sure that this website is phishing and it is not trustworthy for sharing personal private information.

### ***2.1.2 Long URL***

Phishers can use long URLs to hide the doubtful part in the address bar. According to the research [4], the length measurement was determined as 54. If the URL length is greater than 54, it will be labeled as phishing.

### ***2.1.3 Tiny URL***

TinyURL is a URL shortening web service, which provides short aliases for the redirection of long URLs.[5] Some URL shortening services are: "bit.ly, goo.gl, tinyurl, short.to, tiny.cc, to.ly, qr.net, zip.net, short.ie, etc."

### ***2.1.4 Has '@' Sign***

Using the "@" symbol in the URL leads the browser to ignore everything preceding the "@" symbol and the real address often follows the "@" symbol.[5]



### **2.1.5 Redirection**

The “//” symbol within the URL means that the user is redirecting to another website. URLs starting with http have the “//” symbol at index 5. For example “<http://www.phishing.com>”. In URLs starting with https, the “//” symbol is in the 6th index. For example “<https://www.machinelearning.com>”. Therefore, the “//” symbol in any index greater than 6 is proof that that website is phishing.

### **2.1.6 Prefix/Suffix**

Website URLs do not normally contain dash symbols “-” in URL paths. If a website URL path contains a dash symbol, it is classified as phishing.

### **2.1.7 Google Index**

Google index is an important criterion for the reliability of websites. If a website is benign it will be in Google's index. On the contrary, it indicates that the website is phishing

### **2.1.8 Multi Sub Domain**

Domain parts are extracted from URLs, the number of points in the domain is determined and information about the subdomain is tried to be extracted. If the number of points is more than 2, this domain has a multi sub-domain. URLs with multiple subdomains are classified as phishing.

### **2.1.9 Issuer Verified**

Although websites include 'https' to increase reliability, this feature alone is not enough. The digital certificate that contains 'https' must be issued by a trusted institution and remain valid. Websites that do not have these features are classified as phishing.

### **2.1.10 HTTP in Domain**

The phishers may add the “https” or “http” token to the domain part of a URL to trick users. Any extra use of “http” or “https” in the URL path means that the website is phishing. For example “<https://https-www.machinelearning.com>”

### **2.1.11 DNS Record**

If the DNS record of a website is empty or not found then the website is classified as phishing, otherwise it is classified as benign.

### **2.1.12 Web Traffic**

The popularity of the website can be measured by determining the number of visitors and the number of pages they visit. However, since phishing websites live for a short period of time, they may not be recognized by the Alexa database[5].

### **2.1.13 Domain Age**

According to research, the average minimum age of a legitimate domain name is 6 months.[5] Therefore, if the domain age is less than 6 months, the website is classified as benign.

### **2.1.14 Domain End**

Considering the short lifespan of phishing websites, domain end was chosen as a feature. Research [5] shows that phishing websites' domain registrations are used for the longest 1 year. Websites with domain end periods of less than 1 year are classified as phishing.

### **2.1.15 iFrame**

An iFrame is an HTML tag that helps us call and display a different web page inside a web page. The "frameBorder" property specifies whether frame borders are visible. Phishing websites use this attribute, which causes the browser to make a visual identification.

### **2.1.16 Mouse Over**

Phishers may use JavaScript to show a fake URL in the status bar to users. To extract this feature, we must dig out the webpage source code, particularly the "onMouseOver" event, and check if it makes any changes on the status bar.[5]

### **2.1.17 Right-Click**

Phishers use JavaScript to disable the right-click function so that users cannot view and save the webpage source code.[5] If the right-click function in the source code of a website is disabled, that website is classified as phishing.

### **2.1.18 Web Forwards**

The number of times a website is redirected is an effective attribute in determining whether that website is benign or phishing. While benign websites make 1 or less than 1 redirect, phishing websites make more than 1 redirect.

## **2.2 Feature Selection**

Feature selection is the process of increasing the performance success of the classification model by selecting the most useful features on the existing data set. Two different feature selection methods were used in this study. These are Chi-square and Recursive Feature Elimination (RFE). The success of the model was recalculated by selecting the number of features from 18 to 10 for both methods.

### **2.2.1 Chi-square Method**

Chi-square method is used to select the most effective features in a dataset. It measures the degree of association between two categorical variables. Then select the desired number of features with the best Chi-square scores.

$$x^2 = \sum \frac{(\text{Observed frequency} - \text{Expected frequency})^2}{\text{Expected frequency}}$$

### **2.2.2 Recursive Feature Elimination(RFE)**

It is a greedy optimization algorithm that aims to work recursively to find the best performing subset of features. New models that are getting smaller and smaller are created. And at each iteration, the best or worst performing attributes are retained. Iterations continue until all attributes are exhausted and the next model is created. The best-performing attributes are sorted in order of elimination and feature subsets are created.

## **2.3 Performance Measures**

For a classification problem, the success of the model is important. The success of this model is determined by the number of correct and incorrect predictions obtained from all predictions. A confusion matrix is used to measure the success of the model. The confusion matrix has 4 parameters; true positives, true negatives, false positives, and false negatives.

Figure 4. Confusion Matrix[5]

Actual (Classes)	Predicted (Clusters)	
	Positive	Negative
Positive	TP	FN
Negative	FP	TN

Accuracy is used to measure the ratio of accurately estimated samples to the total number of samples. It can be considered that high accuracy means a successful model(1). The error rate is used to measure the ratio of the values of incorrectly estimated samples to the total number of samples(2). Precision is the ratio of correctly classified positive samples to estimated total positive samples(3). The recall is used to measure the proportion of positive values classified as true(4). F-score is harmonic mean precision and recall. It takes into account both false positives and false negatives. F-score is more reliable than accuracy(5).

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \quad (1)$$

$$Error\ Rate = \frac{FP+FN}{TP+FP+TN+FN} \quad (2)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (4)$$

$$F - Score = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (5)$$

### 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

In this study, results were obtained with 3 different classification algorithms. These are Naive Bayes, Random Tree, and Logistic. All classification algorithms calculate the performance measures with 10-fold cross-validation. Results were obtained using the Weka tool.

The F-score score of the classification was calculated using the Naive Bayes, Random Tree, and Logistic classification algorithms in the WEKA tool of the three different CSV files. The first CSV file includes 18 features

and 1000 instances. The F-scores were in order of 92.1% with Naïve Bayes, 92.6% with Random Tree, and 92.5% with Logistic.

The second CSV file includes 10 features and 1000 instances which are selected by the Chi-square method. The F-scores were in order of 92.3% with Naïve Bayes, 92.6% with Random Tree, and 92.7% with Logistic. And the third CSV file includes 10 features and 1000 instances which are selected by the Recursive Feature Elimination method. The F-scores were in order of 92.3% with Naïve Bayes, 92.6% with Random Tree, and 92.7% with Logistic.

When the results obtained were examined, it was observed that the chi-square method, which is one of the two different feature selection methods, increased the success rate of the model, while the RFE method had the opposite effect. Therefore, the use of 10 features selected by the Chi-square method gave higher success scores. For this reason, the model we propose has been developed with 10 selected features. The developed model showed its success by giving high f-score and accuracy values.

#### **4. CONCLUSIONS**

This study presents a model proposal that can be used to detect increasing phishing websites. While developing this model, Chi-square and Recursive Feature Elimination methods were applied for feature selection on the features selected for detection. Some results were obtained by applying Naïve Bayes, Random Tree, and Logistic algorithms separately on the data sets created with the features determined by the mentioned methods and the raw data set. Among these results, the highest success rate was obtained with a rate of 92.7% by using the features selected with Chi-square with the Logistic algorithm.

In future work, this model can be improved by using a larger dataset and identifying different features from the 18 selected features.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

We are very grateful for the assistance and motivation provided by our instructor Dr. Shahid ALAM in completing the work presented in this paper.

#### **REFERENCES**

PHISHING ACTIVITY TRENDS REPORT - 4th Quarter 2021, APWG, Published 23 February 2022

[URL 2016 | Datasets | Research | Canadian Institute for Cybersecurity | UNB PhishTank](#)

Mohammad, Rami M., Fadi Thabtah, and Lee McCluskey. "Phishing websites features." *School of Computing and Engineering, University of Huddersfield* (2015).

[TinyURL - Wikipedia](#)

Morsidi, Farid, et al. "Malay named entity recognition: a review." *Journal of ICT in Education* 2 (2015): 1-14.



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

## **ENERGY CONSUMPTION FORECASTING USING TIME SERIES**

Ali Kerem GÜLER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ali Kerem GÜLER, Department of Computer Engineering, Kadir Has University, Istanbul Turkey

\*Corresponding author; E-Mail: [aliguler@stu.khas.edu.tr](mailto:aliguler@stu.khas.edu.tr)

### **ABSTRACT**

It is planned to forecast power demand using artificial intelligence approaches based on hourly electricity use and to optimise the future generation and distribution of electricity-generating businesses. It allows us to look ahead and see what might happen in the future, which is extremely useful when making strategic judgments. The technique may adapt to varied scenarios and applications by increasing forecasting efficiency and accuracy. It is also a necessary condition for maintaining a stable power system in the face of rising renewable energy sources.

The ability of a time series forecasting model to predict the future is defined by its performance. Forecasting, on the other hand, is challenging due to the fact that electricity load profiles are linked to unreliable, non-linear, and non-stationary signals. It can be concluded that the primary goal of time series analysis is to develop mathematical models that provide plausible descriptions from sample data, as well as a dynamic system implementation that includes varied productivity depending on the time of day, season, or climate, in order to support the use of the global electricity grid and provide greater flexibility. Multiple relationships must be determined by the use of various appliances from concurrent information flows. As a result, it's no wonder that forecasting is becoming increasingly popular in academic circles.

**Keywords:** Time Series, Machine Learning, Energy Consumption Forecasting

# 1. INTRODUCTION

Energy occupies a very essential place in people’s life. As technology develops, the need for energy also increases. According to conducted research, energy consumption has been increasing exponentially since the industrial age as shown in figure 1. At first, very low energy was used, but today it has reached 160,000 TWh (Roser, 2020).

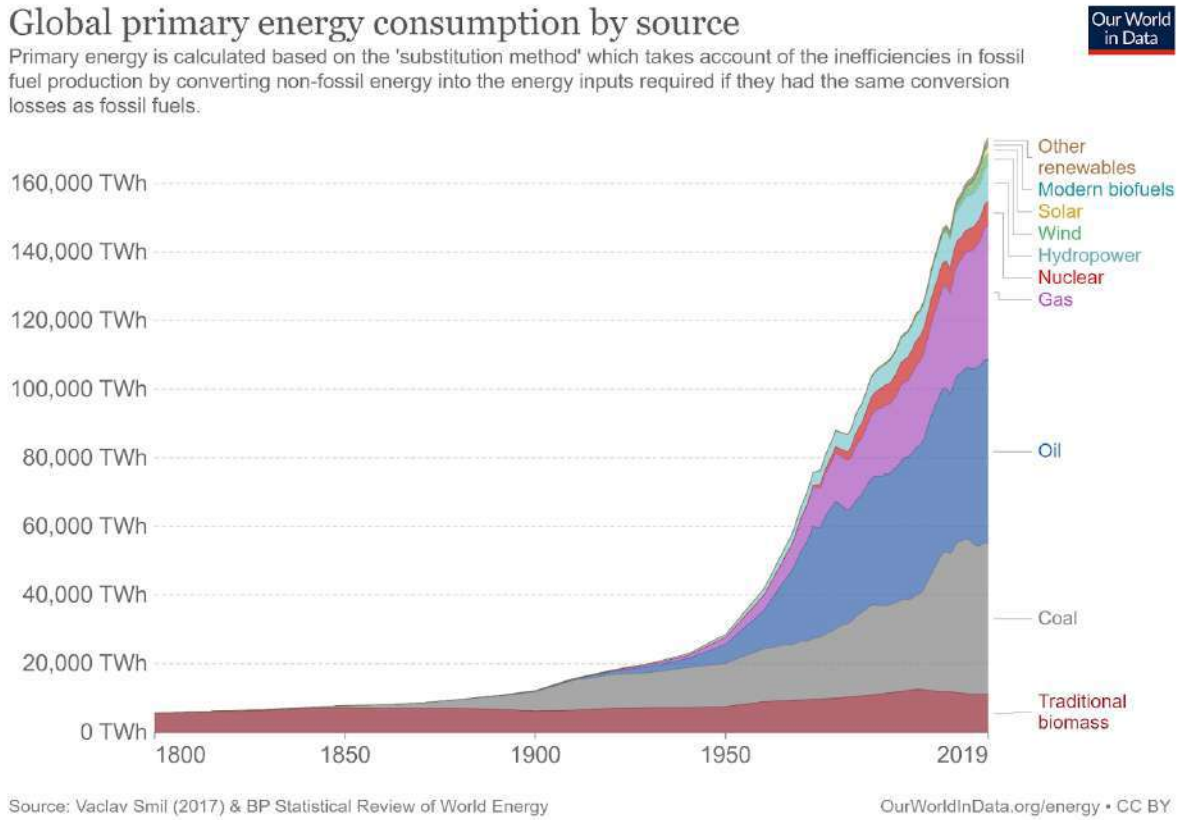


Figure 1 Global Primary energy consumption by source

Considering that this will increase even more, making estimates based on energy consumption has been a sensitive situation for future planning. In the project, data on energy consumption will be collected and estimates will be made about the amount of energy that can be used in the next time period. Machine learning and artificial intelligence will be used when creating an energy consumption forecast.

# 2. DATA AND METHOD

Electricity consumption data was obtained from EPIAŞ platform. On this platform data on energy markets such as generation, transmission and consumption are published. One year of hourly consumption data from 2018 to 2022 was saved as csv files. Python language was used for coding the time series module.

Pycharm and Jupyter Notebook were used as compilers during the coding phase. These compilers are more suitable for code debugging. The codes were developed in Python version 3.9, so the library requirements were determined to be compatible with this version.

Since it is open source for the database, the use of Postgresql database was preferred. The data obtained here was preserved after being organized with code (collection of multiple csv files in a single file).

## 2.1 Materials and Preparation Techniques

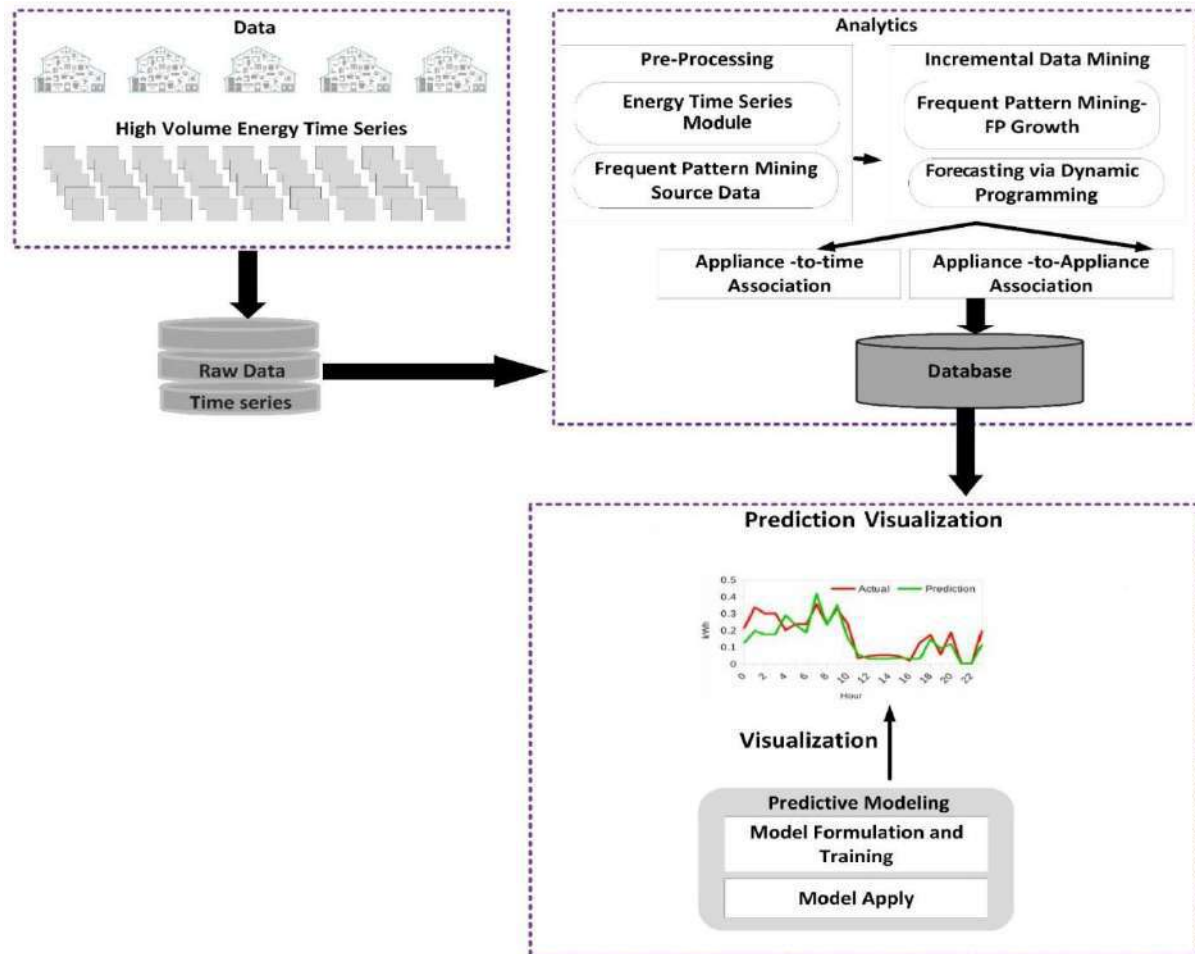


Figure 2 (Architectural Design of the Project)

### 2.1.1 Implementation of Time Series Modules

Time Series modules are examined under three separate headings. First, AutoML methods were applied. Implementation of PyCaret, H2O and Prophet algorithms from AutoML methods was carried out.

PyCaret is an open-source Python library that contains machine learning algorithms and applies all algorithms to selected data. Returns the best algorithms based on the selected success metric after applying all algorithms.

H2O Driverless AI delivers superior time series capabilities to optimize almost any prediction time window, incorporate data from numerous predictors, handle structured character data and high-cardinality categorical variables, and handle gaps in time series data and other missing values.

Prophet is a procedure for forecasting time series data based on an additive model where non-linear trends are fit with yearly, weekly, and daily seasonality, plus holiday effects. It works best with time series that have strong seasonal effects and several seasons of historical data. Prophet is robust to missing data and shifts in the trend, and typically handles outliers well.

Prophet is open-source software released by Facebook's Core Data Science team.

After AutoML algorithms, Random Forest and XGBoost algorithms from Machine Learning Algorithms were applied.

Finally, the implementation of the ARIMA algorithm, one of the statistical methods, was carried out.

### 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Figure shows that prediction part was extremely close to exact values.

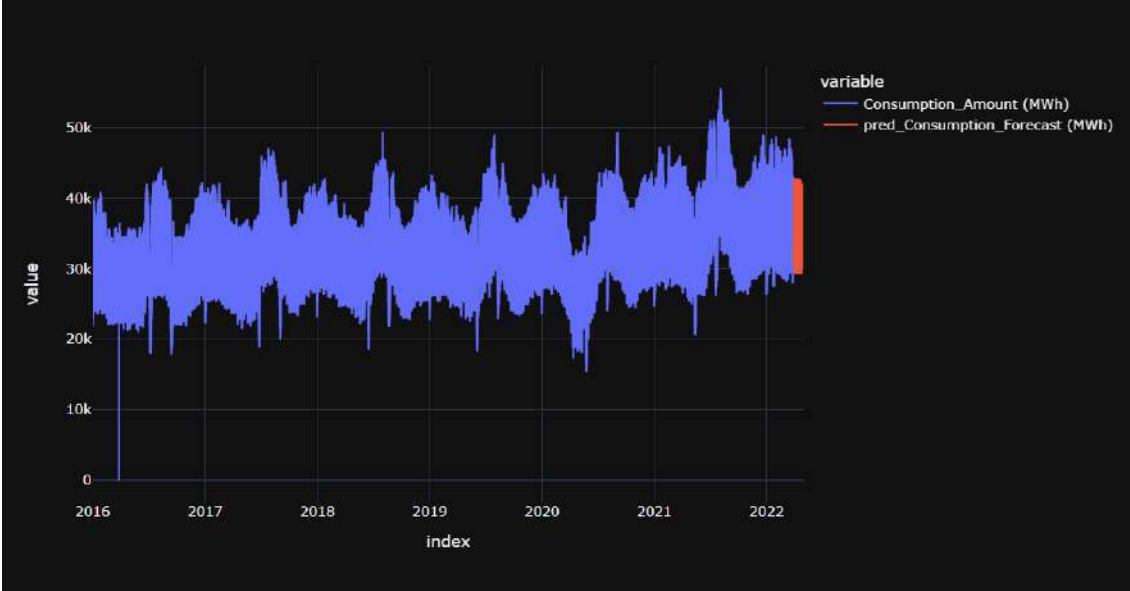


Figure 3 The results of H2O

However, the speed of data extraction and processing is very slow. Therefore, it was not the best model between the AutoMLs.

The results of Prophet Forecast is shown in *Figure 4*. At the bottom, the lines have shifted a lot, which negatively affects the variance of the estimates. Therefore, it is not a good method for this project.



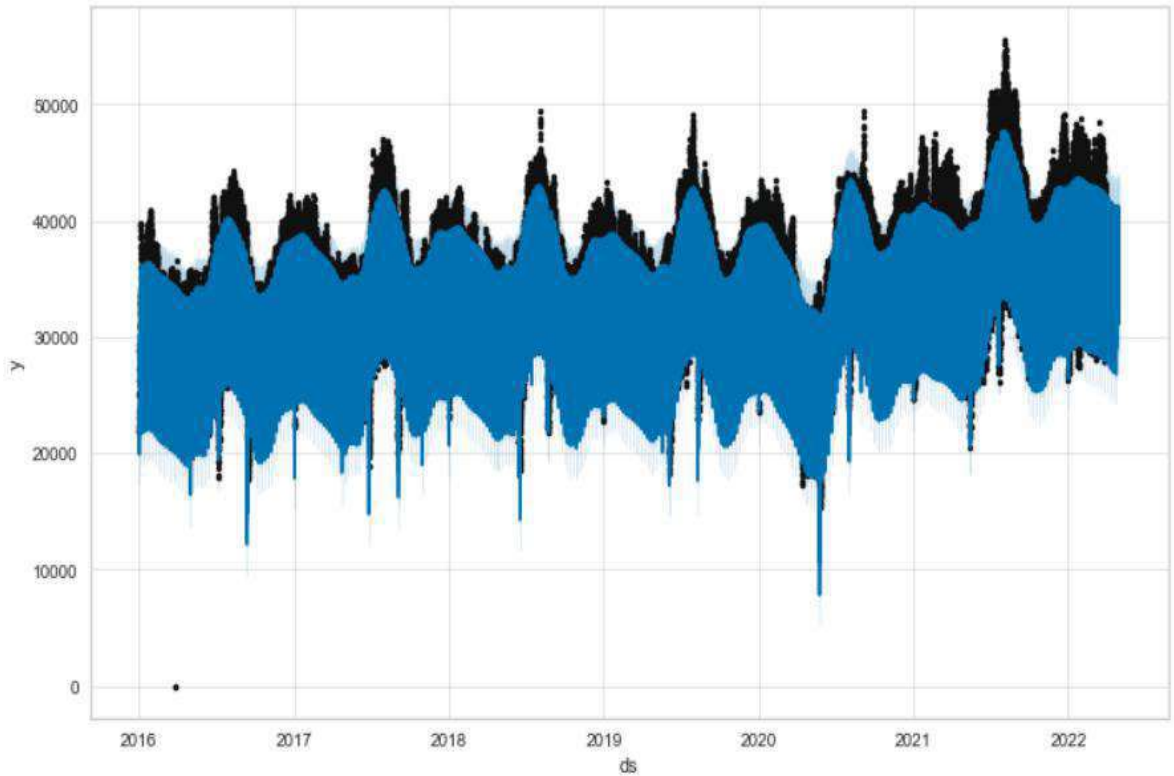


Figure 4 (Result of Prophet Forecast)

Prediction part is very similar with value of consumption part as shown in *Figure 5*. It is also very similar figure with *Figure 3*. However, PyCaret Forecast model is faster than H2O model. Therefore, when interface was created this model was used.

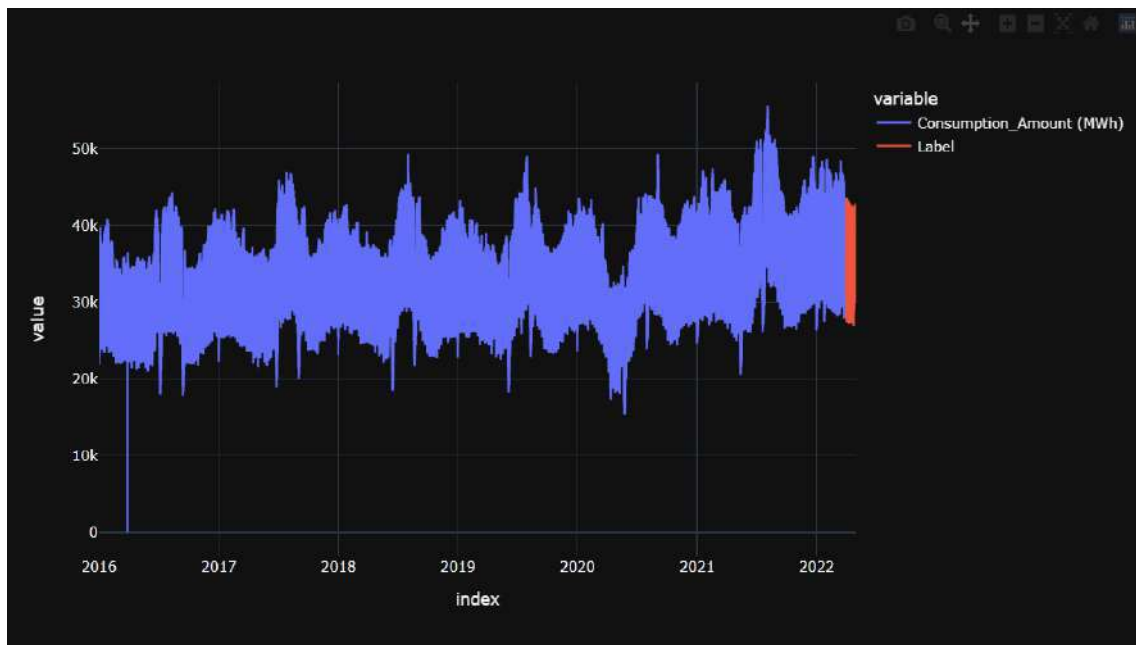


Figure 5 (Result of PyCaret Forecast)

The ARIMA model is very similar to the ARMA model, with the exception that it incorporates a new factor called Integrated (I), which stands for differencing in the ARIMA model. In order to forecast future values, the ARIMA model combines a number of differences already applied to the model in order to make it stationary, the number of previous lags, and residuals errors (Shetty, 2020). The result of ARIMA is shown in *Figure 16*. This was also not the best solution method because the prediction value returned to the same value after a while.

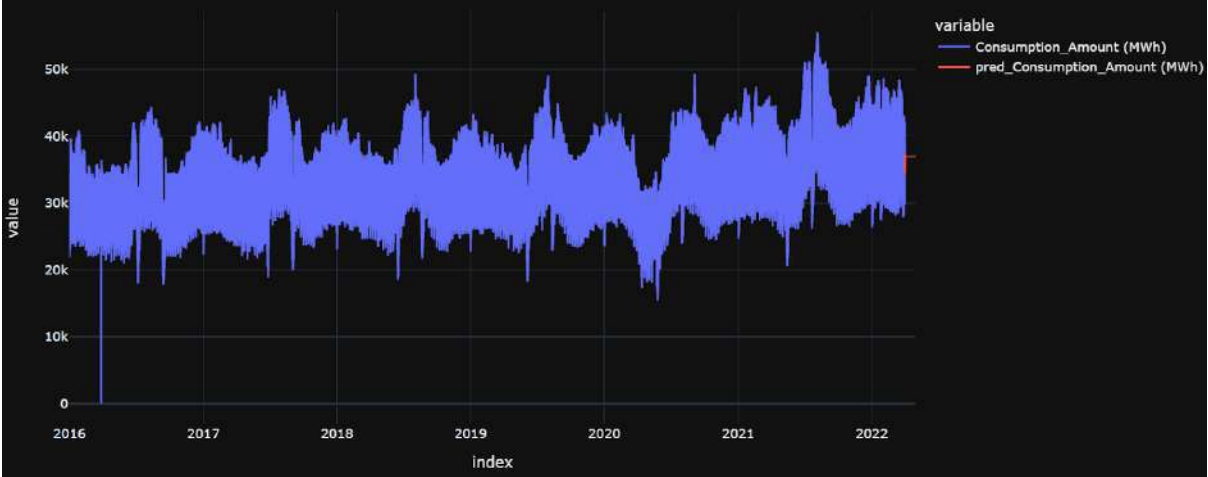


Figure 6 (Result of Auto Regressive Integrated Moving Average)

It is a supervised learning method. It is based on ensemble learning, which is a method of integrating numerous classifiers to solve a complex problem and increase the model's performance. The more trees in the forest, the higher the accuracy and the lower the risk of overfitting (Random Forest Algorithm). The results by using random forest is shown in *Figure 7*. It is a very successful method, but the PyCaret method is more successful than this method.

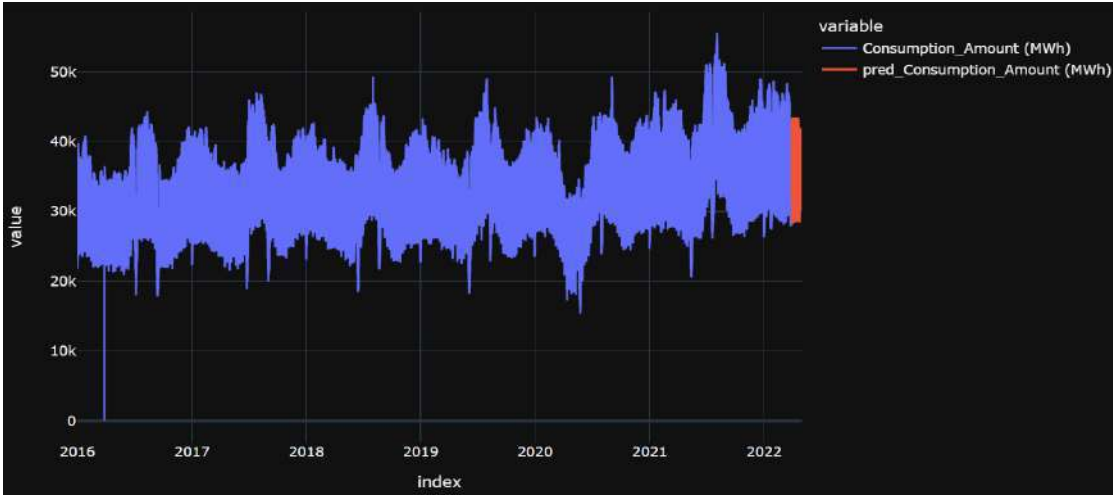


Figure 7 (Result of Random Forest)

XGBoost is a machine learning technique that prioritizes model performance and computation speed (Saha, 2022). The result of XGBOOST is shown in *Figure 8*. This was the method that was most compatible with the project because the fastest result was obtained in this method.



Figure 8 (Result of XGBoost)

#### 4. CONCLUSIONS

Within the scope of this project, Energy Consumption Forecasting was made by using Machine Learning methods, AutoML methods and Statistical methods. The results obtained were presented with an interface and their graphics were examined.

#### REFERENCES

- Ang, K.-M. (2022, 04 13). *AutoML: Automatic Machine Learning*. H2O.ai: <https://docs.h2o.ai/h2o/latest-stable/h2o-docs/automl.html#automl-automatic-machine-learning>
- Bajaj, A. (2022, 05 06). *ARIMA & SARIMA: Real-World Time Series Forecasting*. Neptune Blog: <https://neptune.ai/blog/arima-sarima-real-world-time-series-forecasting-guide>
- Brownlee, J. (2021, 07 07). *A Gentle Introduction to Long Short-Term Memory Networks by the Experts*. Machine Learning Mastery: <https://machinelearningmastery.com/gentle-introduction-long-short-term-memory-networks-experts/>
- Mandal, M. (2021, 05 01). Introduction to Convolutional Neural Networks (CNN). *Data Science Blogathon*. *Multi-layer Perceptron*. (-). scikit learn: [https://scikit-learn.org/stable/modules/neural\\_networks\\_supervised.html](https://scikit-learn.org/stable/modules/neural_networks_supervised.html)
- Nishida, K. (2017, 04 12). *An Introduction to Time Series Forecasting with Prophet in Exploratory*. Medium: <https://blog.exploratory.io/an-introduction-to-time-series-forecasting-with-prophet-package-in-exploratory-129ed0c12112> adresinden
- Prabhakaran, S. (2019, 07 07). *Vector Autoregression (VAR) – Comprehensive Guide with Examples in Python*. Machine Learning Plus: <https://www.machinelearningplus.com/time-series/vector-autoregression-examples-python/>
- Przybyla, M. (2020, 12 14). *Time-Series Forecasting: NeuralProphet vs AutoML*. Towards Data Science: <https://towardsdatascience.com/time-series-forecasting-neuralprophet-vs-automl-fa4dfb2c3a9e>
- Random Forest Algorithm*. (tarih yok). Java T Point: <https://www.javatpoint.com/machine-learning-random-forest-algorithm>
- Saha, S. (2022, 02 10). *XGBoost vs LightGBM: How Are They Different*. neptune blog: <https://neptune.ai/blog/xgboost-vs-lightgbm>
- Shetty, C. (2020, 07 22). *Time Series Models*. Towards Data Science: <https://towardsdatascience.com/time-series-models-d9266f8ac7b0>
- Support Vector Machine Algorithm*. (2022). Java T Point: <https://www.javatpoint.com/machine-learning-support-vector-machine-algorithm>
- Tatman, D. R. (2017, 06 12). *Which algorithm takes the crown: Light GBM vs XGBOOST?* Analytics Vidhya: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2017/06/which-algorithm-takes-the-crown-light-gbm-vs-xgboost/#:~:text=There%20has%20been%20only%20a,when%20dealing%20with%20large%20datasets>

Tatman, D. R. (2021, 07 08). *AutoML using Pycaret with a Regression Use-Case*. analyticsvidhya:  
<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/07/automl-using-pycaret-with-a-regression-use-case/>  
Varghese, D. (2018, 12 06). *Comparative Study on Classic Machine learning Algorithms*. Towards Data Science:  
<https://towardsdatascience.com/comparative-study-on-classic-machine-learning-algorithms-24f9ff6ab222>



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**TTK KARADON TAŞKÖMÜRÜ İŞLETME MÜESSESESİ**  
**HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNİN BİLGİSAYARLA MODELLENMESİ**  
**İÇİN ALTYAPI HAZIRLAMA ÇALIŞMALARI**

Hacı Mehmet BARDIZ<sup>1,\*</sup>, Alaaddin ÇAKIR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hacı Mehmet BARDIZ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Alaaddin ÇAKIR, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

\*Sorumlu yazar; E-Mail: [haci\\_bardiz@hotmail.com](mailto:haci_bardiz@hotmail.com)

**ÖZET**

Zonguldak ilinin 12 km doğusunda yer alan ve 66 km<sup>2</sup>'lik alanda faaliyetlerini sürdüren Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi (KTİM), Türkiye'nin en büyük taşkömürü üreticisi olan Türkiye Taşkömürü Kurumu'na (TTK) bağlı 5 müesseseden biridir. KarTİM, Kilimli İşletme Müdürlüğü ve Gelik İşletme Müdürlüğü olmak üzere 2 ayrı müdürlük altında çalışmalarını sürdürmektedir. 10 ayrı hazırlık ve üretim katına ve yaklaşık olarak 120 km yeraltı açıklığına sahip olan Kilimli ve Gelik kömür ocaklarının havalandırma devreleri birbirleriyle bağlantılıdır. Bu nedenle KTİM'de Kilimli ve Gelik kömür ocaklarının birlikte havalandırıldığı tek bir havalandırma şebekesi mevcuttur. Bu havalandırma şebekesine 5 noktadan giren hava 3 ayrı emici fanla dışarı atılmaktadır. Bu çalışmada; KTİM ocaklarının havalandırma şebekesinin Ventsim 3-Boyutlu Ocak Havalandırma Benzetim Programı yardımıyla modellenmesi çalışmalarının başlangıç süreci ele alınmıştır. Bu kapsamda, modelleme sürecinin başlangıcında karşılaşılan sorunlar, çözüm önerileri ve hazırlanması gereken altyapı çalışmaları konularında ayrıntılı bilgiler verilmiştir.

**Kelimeler:** TTK, Karadon, kömür ocağı, havalandırma, bilgisayarla modelleme

**INFRASTRUCTURE PREPARATION WORKS FOR COMPUTER**  
**MODELING OF VENTILATION NETWORK OF TTK KARADON**  
**HARD COAL ESTABLISHMENT**

**ABSTRACT**

Karadon Hard Coal Establishment (KTİM), located 12 km east of Zonguldak province and continuing its activities on an area of 66 km<sup>2</sup>, is one of the 5 establishments affiliated to the Turkish Hard Coal Enterprise (TTK), which is the largest hard coal producer in Turkey. KTİM continues its activities under two separate directorates, namely the Kilimli Mines Directorate and the Gelik Mines Directorate. The ventilation circuits of Kilimli and Gelik coal mines, which have 10 separate preparation and production floors and an underground opening of approximately 120 km, are interconnected. For this reason, there is only one ventilation network in KTİM where Kilimli and Gelik coal mines are ventilated together. The air entering this ventilation network from 5 points is thrown out with 3 separate suction fans. In this study, the initial process of modeling the ventilation network of KTİM coal mines with the help of Ventsim 3-Dimensional Furnace Ventilation Simulation Program is discussed. In this context, detailed information is given on the problems encountered at the beginning of the modeling process, solution suggestions and infrastructure works that need to be prepared.

**Keywords:** TTK, Karadon, coal mine, ventilation, computer modeling

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Türkiye'nin en büyük taşkömürü üreticisi olan Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK), yaklaşık olarak, 8.141.667 ton hazır, 328.734.878 ton görünür, 250.540.144 ton muhtemel ve 227.514.496 ton mümkün rezervi olmak üzere toplam 814.931.185 ton taşkömürü rezervine sahip bulunmaktadır. Kurum, kendisine bağlı Armutçuk, Kozlu, Üzülmüş, Karadon ve Amasra Taşkömürü İşletme Müesseseleri olmak üzere 5 müessesede kömür üretimi çalışmalarına devam etmektedir. Bu müesseselerde, 2021 yılında taştta 1.100 metre galeri, kömürde ise 5.424 metre taban sürülmüş olup, 19'u uzun-göçertmeli ayak, 8'i yarı mekanize ayak olmak üzere toplam 27 ayak ve 1 tumba panoda toplam 1.351.873 ton tüvenan kömür üretimi gerçekleştirilmiştir. Kurumda 2021 yılsonu itibariyle; 117'si 657 sayılı yasaya tabi, 1.130'ü sözleşmeli ve 7.750'si işçi olmak üzere toplam 8.848 personel görev yapmaktadır [1].

TTK'ya bağlı olarak hazırlık ve üretim çalışmalarını sürdüren Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi (KTİM), 2021 yılında gerçekleştirdiği 540.437 ton tüvenan kömür üretimiyle TTK'nın en yüksek kömür üretimi gerçekleştiren müessesesi durumundadır. Söz konusu üretimler Kilimli İşletme Müdürlüğünde -260, -360 ve -460 katlarında, Gelik İşletme Müdürlüğünde ise -150, -260, -360 ve -460 katlarında gerçekleştirilmektedir. Müessesede -540 katına inilmiş olup, -540 katı Gelik kanadı anakat galerisinin açılması çalışmaları devam etmektedir. KTİM işletme müdürlüklerinde kömür üretimlerinin gerçekleştirildiği ocak numaraları ve ayak bilgileri aşağıda sıralanmaktadır:

Kilimli İşletme Müdürlüğü:

- 1. Ocak: -260/-360 Akalın Batı Ayak ve -260/-360 Orta Akdağ Doğu Ayak,
- 2. Ocak: -260/-360 Unutulmuş Batı Ayak ve -360/-460 Orta Akdağ Batı Ayak,
- 3. Ocak: -360/-460 Taban Acılık Batı Ayak,
- 4. Ocak: -360/-460 Kurul Batı Ayak.

Gelik İşletme Müdürlüğü:

- 1. Ocak: -150/-260 Nasifoğlu Batı Ayak ve -260/-360 Acılık Doğu Ayak,
- 2. Ocak: -260/-360 Taban Sulu Doğu Ayak ve -260/-360 Acılık Doğu Ayak,
- 3. Ocak: -150/-260 Hacımemiş Doğu Ayak ve -150/-260 Kurul Doğu Yarı Mekanize Ayak
- 4. Ocak: -360/-460 Gökcan Doğu Yarı Mekanize Ayak.

KTİM'de ortalama damar kalınlığı hazırlık arınları da dahil 2.85 m olup, 2021 yılında taştta 164 metre galeri, kömürde ise 1.641 metre taban sürülmüş, üretimlerin tümü bakir kömür damarlarında gerçekleştirilmiştir. Müessesede 2021 yılsonu itibariyle; 10'ü 657 sayılı yasaya tabi, 185'i sözleşmeli ve 2.554'ü işçilik olmak üzere toplam 2.749 çalışan görev yapmaktadır [1].

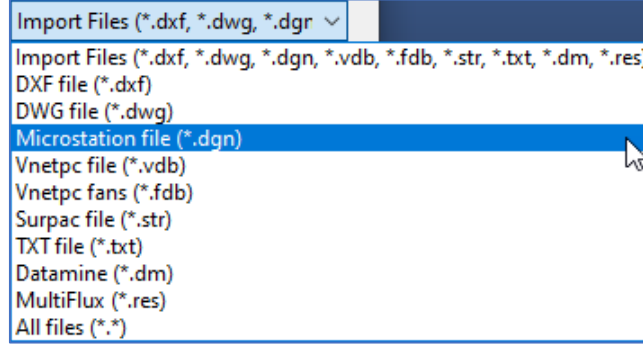
KTİM ocaklarına; Karadon Yeni Servis Kuyusu, Karadon 1 No.lu Kuyu, Gelik 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu, +50 Desandresi ve +140 Baca Ağzı olarak adlandırılan 5 ayrı noktadan temiz hava girişi sağlanmaktadır. Adı geçen noktalardan giren temiz hava Kilimli ve Gelik ocaklarını havalandırdıktan sonra Kilimli Aslan Bahçesi Fanı, Karadon +52 Fanı ve Gelik +140 Fanı olarak adlandırılan emici fanlar yardımıyla dışarı atılmaktadır. Adı geçen 3 fanın emdiği hava miktarlarının toplamı yaklaşık 15.000 m<sup>3</sup>/dak civarındadır [2].

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

Bu çalışma kapsamında KTİM tarafından MicroStation Modelleme, Dokümantasyon ve Görselleştirme Programında hazırlanan KTİM ocaklarının .dgn biçimindeki 3-boyutlu ocak planının Ventsim 3-Boyutlu Ocak Havalandırma Benzetim Programına aktarılması çalışmaları esnasında karşılaşılan sorunlar ve dikkat edilmesi gereken hususlar ele alınmıştır.

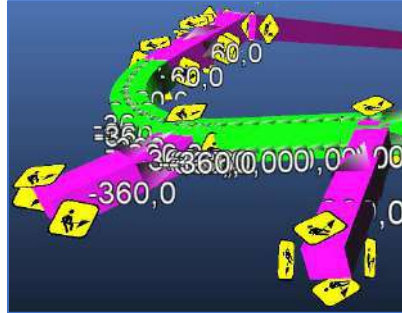
## 2.1 Havalandırma Şebekesinin Çizilmesi (Drawing the Ventilation Network)

2.1 Ventsim, Microstation dosya biçimi olan .dgn dosyalarını içe aktarabildiği (import) gibi, diğer birçok çizim dosyası biçimini de tanımaktadır (Şekil 1). MicroStation'da hazırlanan .dgn biçimindeki çizimlerin Ventsim'e içe aktarılması esnasında Import Option penceresindeki varsayılan ayarlara ilaveten, aktarılan çizimin 3-boyutlu olarak görüntülenmesi için "Convert to Airway Solids" seçeneğinin işaretlenmesinde yarar görülmektedir [3].



Şekil 1. Ventsim tarafından içe aktarılabilen dosya türleri  
(File types that can be imported by Ventsim)

KTİM ocaklarının .dgn biçimindeki imalat planının Ventsim'e içe aktarım işlemi tamamlandığında kuyu ve bürlerin (yeraltında katlar arasında açılan kuyular) eksik olduğu, galeri, desandre (eğimli galeri), taban yolları ve kömür üretim ayakları gibi tüm açıklıkların kare kesitli olarak dönüştürüldüğü ve çok sayıda hava yolu bağlantılarında kopukluk olduğu görülmüştür. Bu durumla, .dxf ya da .dwg biçimine dönüştürülen dosyaların içe aktarılması sonrasında da karşılaşılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Kare kesitli ve kopuk dönüşüm hataları  
(Square-section and broken transform errors)

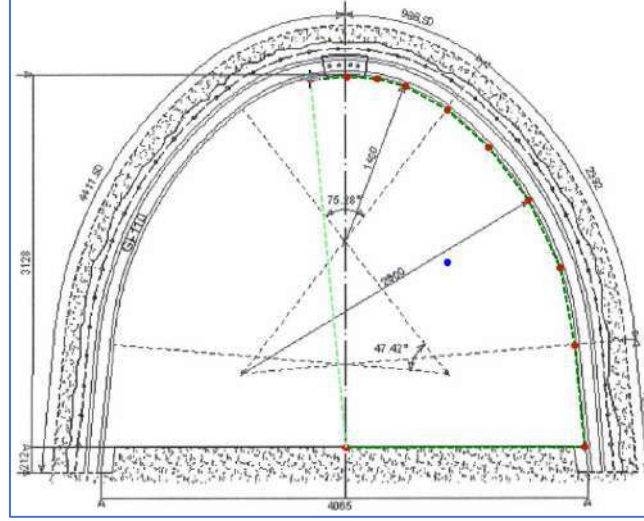
Ventsim'e içe aktarım sonrasında karşılaşılan bir diğer ilginç durum, oluşturulan ilk modelin 14.918 gibi son derece yüksek sayıda hava yolundan (koldan) meydana gelmesidir. Bunun nedeni; Şekil 2'den de görülebileceği gibi, Ventsim'in yeraltındaki kurbaları (virajları) çok sayıda ve çok kısa hava yolunu birbirine ekleyerek modellemesidir. Ancak, hava yolu sayısının bu denli yüksek olmasının Ventsim'in çalışma verimi üzerinde herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı görülmüştür.

Oluşturulan Ventsim dosyasındaki eksiklikler ve kopukluklar, KTİM ocaklarının orijinal imalat planındaki bilgiler esas alınarak ve bu bilgilere sadık kalınarak elle yapılan uzun bir düzeltme çalışması sonrasında giderilmiş, böylece hazırlanan modelde kesintisiz bir havalandırma sağlanması için gerekli olan altyapı hazırlık çalışmalarının önemli bir kısmı tamamlanmıştır.

## 2.2 Havayolu Profillerinin Çizilmesi (Drawing Airway Profiles)

Bir sonraki aşamada Ventsim'in Preset Values (Öntanımlı Değerler) modülü kullanılarak, KTİM ocaklarında kullanılan B5, B8, B10, B12, B14, B18 ve B24 kesitli standart ocak açıklık değerleri, ölçekli teknik çizimleri yardımıyla Havayolu Profilleri (Tunnel Profiles) ve Havayolu Tipleri (Tunnel Types) Ventsim'e tanıtılmıştır. Havayolu profillerinin tanıtılmasında; öncelikle tanıtılacak profile bir ad verilmekte (Örn. B10 Demirbağ) ve Profile String (Profil Dizesi) sütunundaki simge tıklanarak Custom Shape Builder (Özel Şekil Oluşturucu)

penceresine geçiş yapılmaktadır. Bu pencereye Select Image (Resim Seç) düğmesi tıklanarak profili oluşturulacak havayolunun ölçekli teknik çizimi yüklenmekte, Insert (Ekle) düğmesi yardımıyla demirbağ çiziminin iç yüzeyi takip edilerek noktalar oluşturulmakta ve başlangıç noktasına geri dönülerek profil hattı çizimi tamamlanmaktadır (Şekil 3). Profil oluşturmak için yapılan noktalama işlemleri esnasında tıklanan nokta sayısının bir önemi yoktur. Ancak, hassas bir profil oluşturulabilmesi için, özellikle demirbağın kıvrımının yüksek olduğu tepe kısımlarında nokta aralıklarının kısa tutulmasında yarar vardır.



Şekil 3. B10 demirbağ için profil oluşturulması (Profile creation for B10 anchor)

## 2.2 Havayolu Tiplerinin Tanımlanması (Definition of Airway Types)

Profil oluşturulmasının ardından, Yine Ventsim'in Preset Values (Öntanımlı Değerler) modülü kullanılarak söz konusu profilin boyutlandırılması gerekmektedir. Daha önce profili tanımlanmış bir havayolunun tipinin tanıtılmasında; öncelikle tanıtılacak havayolu tipine bir tip adı verilmekte (Örn. B10), daha sonra bu demirbağa ait taban genişliği ve tavan orta noktasının yüksekliği değerleri girilerek Profil sütunundaki açılır pencereden ilgili profil (Örn. B10 Demirbağ) seçilmektedir (Şekil 4).

	# in use (total all stages)	Airway	Diameter m	Width m	Height m	Perimeter m	Area m <sup>2</sup>	Profile
▶		B10	0	4,065	3,128			B10 Demirbağ ▼
*								▼

Şekil

Şekil 4. B10 demirbağ için tip oluşturulması (Type creation for B10 anchor)

Ventsim, profili ve tipi eşleştirilen bu demirbağa ait kesit alanını otomatik olarak hesaplamakta ve demirbağın profili de çizim alanında kullanıcı tarafından seçilen havayoluna uyarlanabilmektedir (Şekil 5).

Size	
Tunnel Type	B 10
Airway Shape	B 10 Demirbağ
Width (m)	4,07
Height (m)	3,13
Area (m <sup>2</sup> )	10,06941

Şekil 5. Profili ve tipi eşleştirilmiş havayolunun çizim alanına uyarlanması  
(Adapting the profile and type-matched airline to the drawing area)



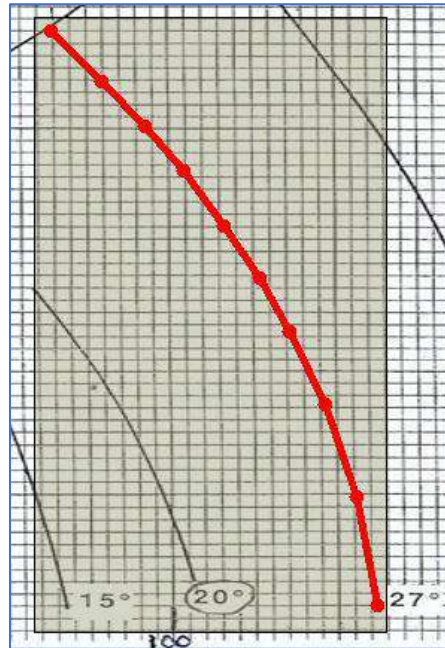
### 2.3 Fanların Tanımlanması (Definition of Fans)

Altyapı hazırlık çalışmalarının bir diğer aşaması havalandırma şebekesinde kullanılan fanların Ventsim'e tanıtılması işidir. KTİM ocaklarının havalandırılmasında kullanılan fanlara ait bilgiler Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. KTİM'de kullanılan fanlara ait bilgiler (Information on fans used in KTİM)

Hava Çıkış Noktası	Fanın Marka ve Modeli	Çalışma Basıncı (Pa)
Kilimli Aslan Bahçesi Fanı	BARTEC Varnost AVD-650-1-350	960
Karadon +52 Fanı	JOY MF-3280	1.000
Gelik +140 Fanı	HOWDEN Sirocco 2901-1413	650

KTİM havalandırma şebekesinde kullanılan fanlar, orijinal karakteristik eğrileri yardımıyla, kullanılan ve kullanılması muhtemel kanat açılarına göre Ventsim'e tanıtılması çalışmaları için Ventsim'in Fans (Fanlar) modülünden yararlanılmıştır. Fans penceresinde Fans satırı seçildikten sonra Add Fan düğmesi tıklanmakta ve tanımlanacak olan fana bir isim verilmektedir (Örn. Gelik Howden). Daha sonra Fan Digitizer (Fan Sayısallaştırıcı) penceresi açılarak File (Dosya) menüsünden Open Picture (Resim Aç) komutu tıklanmakta ve orijinal fan karakteristik eğrileri resmi yüklenmektedir. Daha sonra Define Region (Bölge Tanımla) düğmesi tıklanarak resim üzerinde modellenecek olan kanat açısı eğrisi sürükle-bırak yöntemiyle bir dikdörtgen içine alınmaktadır (Örn. 27°). Söz konusu dikdörtgenin oluşturulması aşamasında kanat açısı eğrisinin başladığı ve bittiği noktalara mümkün olduğunca teğet geçen bir alan tanımlanmasına dikkat edilmelidir. Bir sonraki aşamada seçilen kanat açısına ait eğriden yararlanarak; X ekseninden okunan en düşük ve en yüksek hava miktarı değerleri Flow Quantity (Akış Miktarı) kutucuklarına, Y ekseninden okunan en düşük ve en yüksek basınç değerleri ise Fan Pressure (Fan Basıncı) kutucuklarına yazılmaktadır. Son olarak; Add Point (Nokta Ekle) düğmesi tıklanarak seçilen ve bir dikdörtgenle sınırlandırılan kanat açısı eğrisi üzerinde, mümkün olduğunca eşit aralıklarda 10 (on) adet nokta işaretlenmekte ve bu çalışma tamamlanarak kaydedilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Fanın tanıtılması (Definition of the fan)

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Microstation programı tarafından hazırlanan imalat planının Ventsim'e ie aktarıldığında; kuyu ve bürlerin aktarılamadığı, galeri, desandre, taban yolları ve kömür üretim ayaklarının MicroStation'da tanımlanan orijinal kesitlerinin aksine 5X5 m boyutlarında kare kesitli olarak aktarıldığı ve aktarılan bu açıklıklarda çok sayıda kopukluk olduğu görülmüştür. Bu önemli, çözümü oldukça uzun zaman alan ve büyük bir dikkat gerektiren sorunun dönüşüm yapılan dosya türleri arasındaki birim hassasiyet farkından kaynaklandığı düşünülmekte, adı geçen programları geliştiren yazılımcıların gelecekte bu gibi sorunları ortadan kaldıracak güncellemeler yapacaklarına inanılmaktadır.

KTİM ocaklarındaki açıklıkların profillerinin ve tiplerinin Ventsim'e tanıtılmasında herhangi bir sorunla karşılaşmamıştır. Ancak, fanların tanıtımında, kullanılan fan karakteristik eğrilerinin resimlerinin çözünürlüklerinden kaynaklandığı düşünülen bazı uyumsuzluklarla karşılaşmıştır. Bu konuda bir hata yapılmaması amacıyla, Ventsim tarafından belirlenen hava miktarı ve basınç değerlerinin orijinal fan karakteristik eğrileri üzerinden özle tekrar kontrol edilmesinde yarar görülmektedir.

### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada; KTİM ocaklarının Ventsim'le modellenmesi sürecinin başlangıcında karşılaşılan sorunların çözümü ve hazırlanması gereken altyapı çalışmalarında dikkat edilmesi gereken hususlar hakkında ayrıntılı bilgiler verilmesine gayret edilmiştir. Adı geçen ocaklar için bu çalışmada sunulan süreçler tamamlanmış olup, havalandırma şebekesini oluşturan tüm kolların profil ve tipleri ile yeraltı koşullarında bu kollarla meydana gelen kesit değişimlerinin (daralmaların ya da önceki kesiti genişletecek taramaların) Ventsim'de hazırlanan model üzerine işlenmesine devam edilmektedir. Bu çalışmayı takiben, KTİM ocaklarında mevcut durumda bulunan yaklaşık 110 adet hava kapısı, açık, kapalı ya da belli değerlerde açık olma durumlarına göre yerleştirilecek, bazı kollarla sabit durumda bulunan taşıma bantları, daimi olarak kabul edilmesi gereken kömür katarlarının varlığı vb. gibi şebeke üzerindeki ilave dirençler hazırlanan modele ilave edilecektir.

KTİM ocaklarındaki hava ölçüm istasyonlarında düzenli olarak yapılan ölçümlerden yararlanılarak en iyi duruma getirilmesi hedeflenen havalandırma şebekesi modelinin ocak koşullarında meydana gelen değişimlere paralel olarak sürekli ve düzenli şekilde güncellenmesi gerektiği konusu büyük önem taşımaktadır. Söz konusu güncel tutma çalışmalarının sonucunda mevcut duruma en yakın şekilde modellenecek olan KTİM havalandırma şebekesi modelinin, gelecekte ocaklarda uygulanacak yeni hazırlık ve üretim tasarımlarının meydana getireceği değişimlerin havalandırma şebekesi üzerinde ne gibi değişimlere yol açabileceğinin öngörülmesi açısından son derece yararlı olacağına inanılmaktadır.

### KAYNAKLAR ( REFERENCES)

- [1] Türkiye Taşkömürü Kurumu 2021 Yılı Faaliyet Raporu. [www.taskomuru.gov.tr](http://www.taskomuru.gov.tr) (Faaliyetler/Faaliyet Raporu menüsünde). (Erişim: 17/06/2022).
- [2] TTK Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi 2021 Yılı Faaliyet Raporu (yayınlanmamış). 53 s.
- [3] VentSim DESIGN User Guide Version 5.4. Howden Ventsim. PO Box 5772, West End, QLD 4101 Australia. 318 p.



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

## **OTOMOBİL SOĞUTMA SİSTEMİNDE HİBRİT NANOAKIŞKAN KULLANIMI**

Beytullah ERDOĞAN, Doruk KOÇAL\*

Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [dorukkocal@gmail.com](mailto:dorukkocal@gmail.com)

### **ÖZET**

Bu çalışmada, otomobil radyatörlerinde soğutucu akışkan olarak nanoakışkan ve hibrit nanoakışkan kullanımının ve değişik tiplerde ızgaraların kullanımının radyatörün soğutma kapasitesi üzerine etkileri araştırılmıştır.

İlk olarak nanoakışkanların tanıtıldığı bu çalışmada sonrasında hazırlanan bu karışımlar prototip radyatörde kullanılarak soğutucu akışkan ve hava için hız ve sıcaklıklarının ölçülmesi ile soğutma yükü hesaplanmıştır. Akışkanın radyatöre giriş sıcaklığı tüm testlerde 70°C, hava giriş hızı 6-8-10 m/s ve akışkan debisi 17-19-21 l/dk olarak testler yapılmıştır.

Saf su ve %0,15 ZnO ile %0,15 CuO nanopartikülleri içeren hibrit nanoakışkan ile aynı koşullarda yapılan test sonuçlarına göre en iyi soğutma yükü hibrit nanoakışkan kullanımı ile %52 oranında bir artış ile elde edilmiştir.

**Kelimeler:** Nanoakışkan, Hibrit Nanoakışkan, Otomobil Radyatörü, Isı Transfer Artışı

## **UTILIZATION OF HYBRID NANOFLUID ON AUTOMOBILE COOLING SYSTEM**

### **ABSTRACT**

In this study, the effects of the usage of nanofluid and hybrid nanofluid as a coolant in automobile radiators and the usage of different types of grilles on the cooling capacity of the radiator were investigated.

In this study, first of all, nanofluids were introduced, and then these mixtures were used in the prototype radiator and the cooling load was calculated by measuring the velocity and temperature for the refrigerant and air. In all tests, the inlet temperature of the fluid to the radiator was 70°C, the air intake speed was 6-8-10 m/s and the fluid flow rate was 17-19-21 l/min.

According to the test results performed under the same conditions with pure water and hybrid nanofluid containing 0.15% ZnO and 0.15% CuO nanoparticles, the best cooling load was obtained with the use of hybrid nanofluid with an increase of 52%.

**Keywords:** Nanofluid, Hybrid Nanofluid, Automobile Radiator, Heat Transfer Boost

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde enerji kaynaklarına olan bağımlılığın artması araştırmacıları geleneksel kaynakların kullanımına alternatif kaynaklar aramaya yöneltmiştir. Çeşitli alternatif enerji kaynaklarının aranmasına ek olarak, halihazırda kullanımda olan ısı transferinin geleneksel yöntemlerinin de iyileştirilmesi ve enerjinin daha verimli kullanılması son yıllarda önem kazanmıştır. Isı transferinde, dışarıdan güç aktarılmasına ihtiyaç duyulmayan pasif yöntemler, dışarıdan güç gereksinimi olan aktif yöntemler ve aktif ile pasif yöntemlerin bileşiminden oluşan karma yöntemler bu iyileştirmelerin temel öğeleridir.

Daha yüksek ısı iletkenlik katsayısına sahip katı parçacıkların temel akışkan içerisinde süspansiyon olarak kullanılması ile ısı iletkenliğinin artırılması fikri yeni olmasa da tortulaşma, çökelme, kirlenme ve aşınma gibi problemler oluşturduğundan 2000'li yıllara kadar bu yöntem aktif bir şekilde kullanılamamıştır.

Günümüzde nanoteknoloji ve malzeme bilimindeki gelişmeler ile birlikte çok daha küçük boyutlarda, nanopartikül olarak adlandırılan ve boyutları 100nm'den daha küçük olan parçacıkların üretilmesi olanağı doğmuştur. Bu teknolojik gelişmeler, ısı transferinde sıvı-katı süspansiyonların kullanılması fikrini tekrar gündeme getirmiştir. Su, etilen-glikol ve sentetik yağ gibi bazı baz akışkanlara eklenen nanoboyutlardaki Alüminyum Oksit ( $Al_2O_3$ ), Bakır (Cu), Bakır Oksit (CuO), Altın (Au), Gümüş (Ag), ve Silisyumdioksit ( $SiO_2$ ) vb. ile oluşturulan süspansiyonlar nanoakışkan olarak adlandırılırlar. Oluşan bu süspansiyonların nanoakışkan olarak nitelendirilebilmesi için baz akışkanın kimyasal özelliklerinin değişmemesi, nanopartiküllerin topaklanmaması, hazırlanan süspansiyonun tam kararlı ve uzun ömürlü gibi şartlar aranmaktadır.

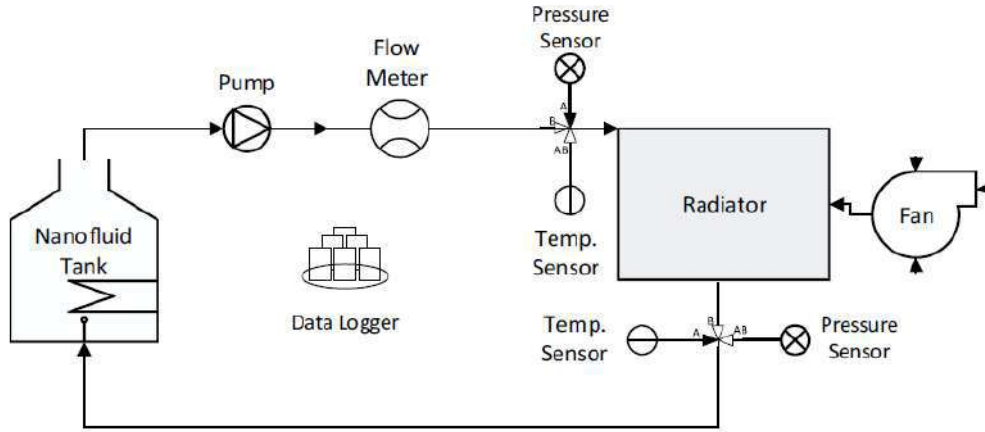
Soğutucu akışkan olarak antifriz kullanımı bazı sebeplerden ötürü zorunlu olmaktadır. Ancak kullanılacak antifriz oranının hem yukarıdaki özellikleri sağlayacak hem de suyun ısı iletim katsayısının istenen düzeyin çok altına indirmeyecek şekilde optimize edilmelidir. Ancak son dönemlerde çevresel faktörler sebebi ile ortaya çıkan emisyon sınırlandırılmaları araç radyatörlerinde su ya da antifrizli su kullanarak yapılan iyileştirmeler yeterli olmamaktadır. Bu sebeple kurtarıcı bir yöntem olarak soğutucu akışkanlar olarak nanoakışkanların kullanılması son yıllarda ön plana çıkmıştır. Araç radyatörlerinde nanoakışkan kullanımı ile birlikte elde edilen sonuçları ele alırsak, genel anlamda ısı transfer miktarında çok önemli ölçüde artış elde edildiği sonucuna ulaşabiliriz. Bu sayede daha küçük radyatör ile istenilen soğutma oranlarına ulaşma imkanı ve sayesinde araçların aerodinamik yapısında gözle görülür iyileşme sonuçları elde edilebilir. Aerodinamik iyileşme daha az sürtünme ve dolayısı ile daha az yakıt tüketimi demek olduğundan direkt olarak emisyon değerleri üzerinde önemli bir etki oynamaktadır. Bu noktada nanoakışkanlarda soğutma işlemlerine dair pek çok kayda değer çalışma yapılmıştır. [1,2]

İleriki yıllarda önümüze çıkacak olan Euro 7 ve Euro 8 motor emisyon sınırlandırmalarında, istenilen emisyon değerlerine ulaşmak için en etkin çözümün soğutucu akışkan olarak nanoakışkanlar kullanılması olduğu son yıllarda bilim çevrelerinde kabul görmeye başlanmıştır. Nitekim bu çalışmada da nanoakışkan kullanılması ile soğutma performansları üzerinde oluşacak etkiler incelenmiştir. Nanoakışkanların ısı değiştiricileri, ısı boruları, otomobil soğutma sistemleri gibi soğutma uygulamalarında kullanımı kayda değer bir ısı verim artışını ve beraberinde bu ekipmanların dizaynlarında optimizasyon yapma şansını getirir. Ancak mono nanoakışkanlar yüksek kararlılık ve yüksek termal iletim değerlerini bir arada bulunduramazlar. Örnek olarak metal içerikli nanoakışkanlar (bakır vb.) yüksek iletim katsayısına sahipken düşük dağılım kararlılığı sergilerler. Bu gibi sebeplerden termal uygulamalarda bu çeşit nanoakışkanlarla yüksek termal verim alınırken beraberinde kümelenme, tıkanma gibi sistemsel arızalarla karşılaşılmaktadır. Etkin madde kullanımı ile metal içerikli mono nanoakışkanlar kararlılığa ulaşabilir ancak bununla birlikte nanoakışkanın viskozitesi artar ve sonucunda da yüksek pompalama gücü ve geniş bir skalada basınç düşüşleri ile karşılaşılır. Öte yandan metal oksit içerikli ( $Al_2O_3$  gibi) nanoakışkanlar ise yüksek kararlılıklarına rağmen düşük termal ilettime sahip olduklarından termal uygulamalar için çok uygun değildirler. İşte bu noktada bir diğer sınıf nanoakışkan olan hibrit nanoakışkanların termal uygulamalarda kullanılması gündeme gelmeye başlamıştır. Metal, metal oksit ve non-metal parçacıkların kombinasyonunu içerebilen hibrit nanoakışkanlar, daha iyi termofiziksel özelliklere sahiptirler. Düşük hacim konsantrasyonlarında bile yüksek termal ilettime sahip olup, bu özellikleri ile mono nanoakışkanların ihtiyaçları karşılayamadığı uygulamalarda onların yerlerini almaya başlamışlardır. [3,4,7]

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

Deney setimizde ilk testi saf su ile gerçekleştirdik. Bu testin yapılmasındaki asıl amaç test düzeneğinin işlevselliğini ve kalibrasyonunu sınamak ve nanoakışkanlar ile yapılan testleri karşılaştırmak için bazı sonuçlar elde etmektir. Test esnasından VFD ile fan devri ayarlanarak anometre ile ölçülen hava hızı ile test yapılacak olan 6m/sn, 8m/sn ve 10m/sn değerleri yakalanmıştır (sırası ile 1237 d/d, 1582 d/d, 1964 d/d). Rezistansların devreye alınması ile pompalanan suyun sıcaklıkları istenilen test sıcaklığı olan 70°C ulaşılmış, su deposundaki soğutucu akışkanın sıcaklığı hem pano üzerinden sıcaklık sensörünün gösterdiği değer okunarak hem de depo içerisine termometre konularak gözlemlenmiş ve tutarlılığı teyit edilmiş, debimetrenin doğruluğu ise borulama sistemindeki tahliye vanası açılarak dışarıya tahliye edilen soğutucu akışkan ölçekli kaba boşaltılmak ve boşalma süresi tutularak teyit edilmiş olup sonrasında debimetre ölçülen soğutucu akışkan debisi ise vana yardımı ile sırasıyla 17-19-21 L/dk değerlerine ayarlanarak test için istenilen debi değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar hibrit ZnO-CuO-Saf Su nanoakışkanının soğutma performans sonuçları için baz alınacaktır.

Hacimsel olarak % 0,15 oranında ZnO ve %0,15 oranında CuO nanoparçacıkları içeren nanoakışkan ile yapılan bu testlerde hava hızı VFD ile fan motoru devri sırası ile 1237 d/d, 1582 d/d , 1964 d/d ayarlanarak 6m/sn, 8m/sn ve 10m/sn hava hızı değerleri yakalanmış, rezistansların devreye alınması ile pompalanan suyun sıcaklıkları istenilen test sıcaklığı olan 70°C ulaşılmış, debimetre ölçülen soğutucu akışkan debisi ise vana yardımı ile sırasıyla 17-19-21 L/dk değerlerine ayarlanarak sonuçlar elde edilmiştir. Ulaşılan akışkan soğutma gücü (kW) sonuçlarının saf su ile yapılan deneylere göre karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. Test Düzeneği (Test Setup)

### 2.1 Malzemeler ve Hazırlama Teknikleri (Materials and Preparation Techniques)

Hibrit bir nanoakışkan elde etmek için hacimsel olarak %0,15 ZnO ve %0,15 CuO nanopartikülleri saf su ile karıştırılmıştır. Hibrit nanoakışkan için de her 995 ml saf suyun içerisine 8,25 gr ZnO, 9,75 gr CuO ve 8,8 gr SDS eklenerek eklenerek 1 litrelik, toplamda ise 4 litrelik bir nanoakışkan elde edilmiştir.

Nanoakışkan elde edilirken iki adımlı yöntem izlenmiştir. 1 Litrelik beher glasın içerisinde hazırlanan karışım ilk olarak DAIHAN Scientific Co. WiseStir MSH-20A Marka manyetik karıştırıcıda 30 dakika karıştırılmıştır.

Daha sonra karıştırılan bu karışım Ivymen System CY-500 ultrasonik homojenizatör (Güç: 500 W, Frekans: 20 kHz, Prob Çapı/Uzunluğu: Ø5,6/60 mm), %50 genlik ile 30 dakika boyunca ultrasonik dalgalara maruz kalarak Van der Walls bağları zayıflatılarak nanoakışkan üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama hazırlanan her 1 litrelik karışım için yapılarak toplamda 4 litre ZnO-Saf Su ve 4 litre ZnO-CuO-Saf Su olmak üzere nanoakışkanlar elde edilmiştir.

Tablo 1. Nanopartikül Özellikleri ( Properties of Nanoparticles)

Nanopartikül	Safılık	Ortalama Partikül Çapı (nm)	Özgül Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> /g)	Şekil	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Özgül Isı (J/kg · K)	Isıl İletkenlik (W/m · K)
CuO	%99,8	40	>20	Küresele yakın	6.5	540	33
ZnO	%99,5	30-50	70	Küresele yakın	5.5	544	19

### 2.1.1. Malzemelerin karakterizasyonu (Characterization of materials)

Hazırlanan bu hibrit nanoakışkanın yoğunluk ve özgül ısılarının hesabı için denklemlerde aşağıda verilen eşitliklerden faydalanılmıştır. [5,6]

$$c_{p,hnf} = (\phi_{np1}c_{p,np1} + \phi_{np2}c_{p,np2} + (1 - \phi_h)c_{p,bf})/\rho_{hnf} \quad (1)$$

$$\rho_{hnf} = \rho_{np1}\phi_{np1} + \rho_{np2}\phi_{np2} + (1 - \phi_h)\rho_{bf} \quad (2)$$

Tablo 2. Hibrit Nanoakışkan Bileşenlerinin Özellikleri ( Properties of Hybrid Nanofluid Components)

Hacim Kesiri CuO	$\phi(\%)$	0,0015
Hacim Kesiri ZnO	$\phi(\%)$	0,0015
Nano Parçacık Yoğunluğu (CuO)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	6515
Nano Parçacık Yoğunluğu (ZnO)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	5510
Baz Akışkan Yoğunluğu	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	977,74
Nano Akışkan Yoğunluğu ZnO-CuO-Saf Su	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	992,6823
Nano Parçacık Özgül Isısı CuO	$C_p$ (J/Kg.K)	540
Nano Parçacık Özgül Isısı ZnO	$C_p$ (J/Kg.K)	544
Baz Akışkan Özgül Isısı	$C_p$ (J/Kg.K)	4180
Nano Akışkan Özgül Isısı	$C_p$ (J/Kg.K)	4113,114

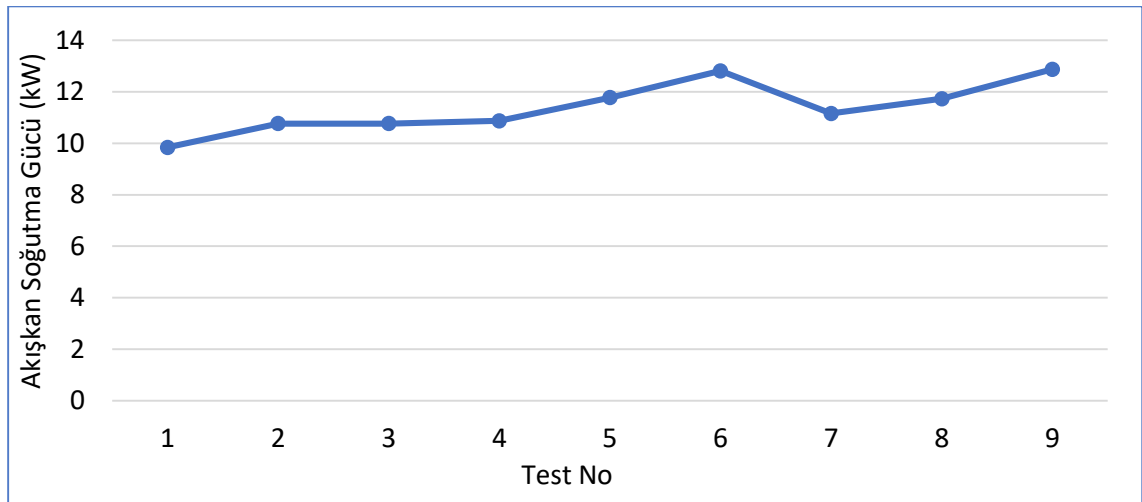
### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Hacimsel olarak % 0,15 oranında ZnO ve %0,15 oranında CuO nanoparçacıkları içeren nanoakışkan ile yapılan bu testlerde hava hızı VFD ile fan motoru devri sırası ile 1237 d/d, 1582 d/d , 1964 d/d ayarlanarak 6m/sn, 8m/sn ve 10m/sn hava hızı değerleri yakalanmış, rezistansların devreye alınması ile pompalanan suyun sıcaklıkları istenilen test sıcaklığı olan 70°C ulaşılmış, debimetre ölçülen soğutucu akışkan debisi ise vana yardımı ile sırasıyla 17-19-21 L/dk değerlerine ayarlanarak sonuçlar elde edilmiştir. Aynı test parametrelerinde saf su le yapılan soğutma testleri karşılaştırılarak bazı sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 3. Saf Su Test Sonuçları (Pure Water Test Results)

<b>SAF SU TESTİ TEST NO</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Akışkan Sıcaklığı</b>	<b>(°C)</b>	<b>70</b>								
<b>Akışkan Hacimsel Debisi</b>	<b>Q (l/min)</b>	<b>17</b>			<b>19</b>			<b>21</b>		
<b>Akışkan Hacimsel Debisi</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/min)</b>	<b>0,01 7</b>	<b>0,01 7</b>	<b>0,01 7</b>	<b>0,01 9</b>	<b>0,01 9</b>	<b>0,01 9</b>	<b>0,02 1</b>	<b>0,02 1</b>	<b>0,02 1</b>
<b>Radyatör Girişinde Hava Hızı</b>	<b>V<sub>hava</sub>(m/s)</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>
<b>Akışkan Giriş Sıcaklığı</b>	<b>T<sub>cool,in</sub> (°C)</b>	70	70,1	70	70	70	70	70	70	70
<b>Akışkan Çıkış Sıcaklığı</b>	<b>T<sub>cool,out</sub>(°C)</b>	61,5	60,8	60,7	61,6	60,9	60,1	62,2	61,8	61
<b>Akışkan Çıkış-Giriş Sıcaklık Farkı</b>	<b><math>\Delta T_{cool}=T_{cool,out}-T_{cool,in}</math> (°C)</b>	-8,5	-9,3	-9,3	-8,4	-9,1	-9,9	-7,8	-8,2	-9
<b>Hava Giriş Sıcaklığı</b>	<b>T<sub>air,in</sub> (°C)</b>	26	26	25	26	27	27	27	27	27
<b>Hava Çıkış Sıcaklığı</b>	<b>T<sub>air,out</sub>(°C)</b>	44	42	42	44	44	43	45	43	42
<b>Hava Çıkış-Giriş Sıcaklık Farkı</b>	<b><math>\Delta T_{air}=T_{air,out}-T_{air,in}</math> (°C)</b>	18	16	17	18	17	16	18	16	15
<b>Fan Devri</b>	<b>devir/dakika</b>	123 7	158 2	196 4	123 9	158 3	196 4	123 9	159 0	196 9
<b>Akışkan Soğutma Gücü</b>	<b><math>Q_{cool}=m_{cool}C_{p,cool}\Delta T_{cool}</math> (kW)</b>	9,84	10,7 7	10,7 7	10,8 7	11,7 8	12,8 1	11,1 6	11,7 3	12,8 7
<b>Hava Tarafı Soğutma Gücü</b>	<b><math>Q_{air}=m_{air}C_{p,air}\Delta T_{air}</math> (kW)</b>	5,77	6,86	9,08	5,77	7,26	8,54	5,75	6,76	7,93

DENEY SONUÇLARI

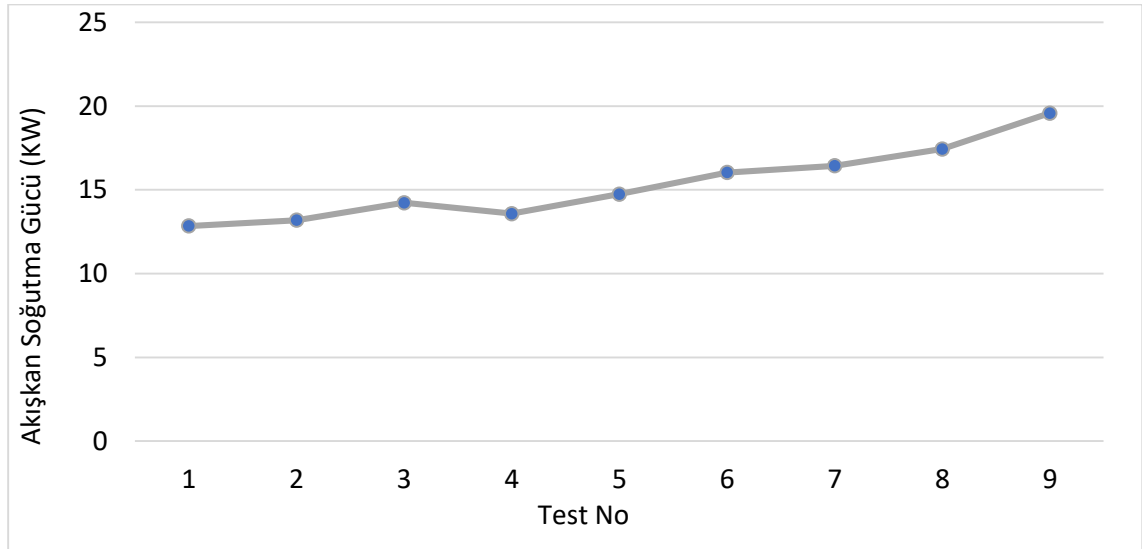


Şekil 2. Saf Su Test Sonuçları (Pure Water Test Results)

Tablo 4. Hibrit Nanoakışkan Test Sonuçları (Hybrid Nanofluid Test Results)

<b>HİBRİT %0,15 ZnO+%0,15 CuO + SAF SU TESTİ</b>										
<b>TEST NO</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Akışkan Sıcaklığı</b>	<b>(°C)</b>	<b>70</b>								
<b>Akışkan Hacimsel Debisi</b>	<b>Q (l/min)</b>	<b>17</b>			<b>19</b>			<b>21</b>		
<b>Akışkan Hacimsel Debisi</b>	<b>Q (m3/min)</b>	<b>0,017</b>	<b>0,017</b>	<b>0,017</b>	<b>0,019</b>	<b>0,019</b>	<b>0,019</b>	<b>0,021</b>	<b>0,021</b>	<b>0,021</b>
<b>Radyatör Girişinde Hava Hızı</b>	<b>V<sub>hava</sub>(m/s)</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>
<b>Akışkan Giriş Sıcaklığı</b>	<b>T<sub>cool,in</sub> (°C)</b>	70	70	70	70	70	70	70	70	70
<b>Akışkan Çıkış Sıcaklığı</b>	<b>T<sub>cool,out</sub>(°C)</b>	58,9	58,6	57,7	59,5	58,6	57,6	58,5	57,8	56,3
<b>Akışkan Çıkış-Giriş Sıcaklık Farkı</b>	<b><math>\Delta T_{cool}=T_{cool,out}-T_{cool,in}</math> (°C)</b>	-11,1	-11,4	-12,3	-10,5	-11,4	-12,4	-11,5	-12,2	-13,7
<b>Hava Giriş Sıcaklığı</b>	<b>T<sub>air,in</sub> (°C)</b>	23	23	24	24	24	24	23	23	26
<b>Hava Çıkış Sıcaklığı</b>	<b>T<sub>air,out</sub>(°C)</b>	42	40	40	43	42	40	43	43	45
<b>Hava Çıkış-Giriş Sıcaklık Farkı</b>	<b><math>\Delta T_{air}=T_{air,out}-T_{air,in}</math> (°C)</b>	19	17	16	19	18	16	20	20	19
<b>Fan Devri</b>	<b>devir/dakika</b>	1237	1582	1964	1237	1582	1964	1237	1582	1964
<b>Akışkan Soğutma Gücü</b>	<b><math>Q_{cool}=m_{cool}c_{p,cool}\Delta T_{cool}</math> (kW)</b>	12,84 1084	13,188 1402	14,22 9309	13,57 603	14,7 397	16,03 264	16,434 1376	17,43 4476	19,5 781
<b>Hava Tarafı Soğutma Gücü</b>	<b><math>Q_{air}=m_{air}c_{p,air}\Delta T_{air}</math> (kW)</b>	5,927 0422	7,0708 5737	8,318 6557	5,927 042	7,48 679	8,318 656	6,2389 918	8,318 6557	9,87 84

DENEY SONUÇLARI

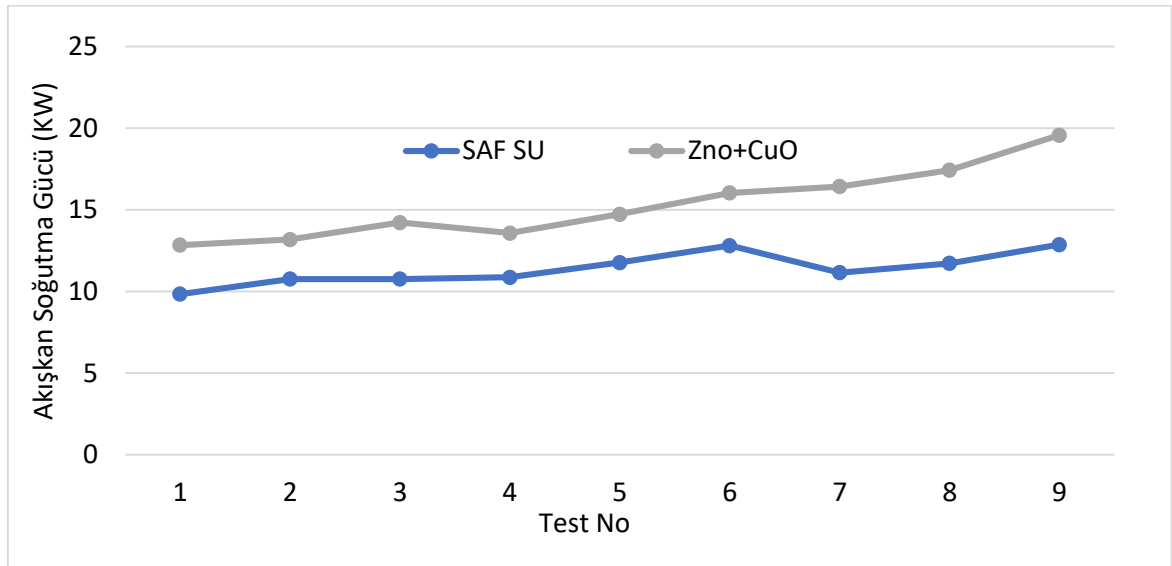


Şekil 3. Hibrit Nanoakışkan Test Sonuçları (Hybrid Nanofluid Test Results)



Tablo 5. Hibrit Nanoakışkan – Saf Su Test Sonuçlarının Karşılaştırılması (Comparison of Hybrid Nanofluid – Pure Water Test Results)

TEST NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SAF SU SOĞUTMA GÜCÜ (kW)	9,842	10,769	10,769	10,871	11,777	12,813	11,157	11,729	12,874
HİBRİT NANOAKIŞKAN ( %0,15 ZnO+ %0,15 CuO + SAF SU) SOĞUTMA GÜCÜ (kW)	12,841	13,188	14,229	13,576	14,74	16,036	16,434	17,434	19,578
FARK (kW)	2,999	2,419	3,460	2,705	2,962	3,219	5,276	5,705	6,706
DEĞİŞİM YÜZDE (%)	30,472	22,463	32,13	24,88	25,156	25,127	47,298	48,644	52,074



Şekil 4. Hibrit Nanoakışkan – Saf Su Test Sonuçlarının Karşılaştırılması (Comparison of Hybrid Nanofluid – Pure Water Test Results)

Ulaşılan akışkan soğutma gücü (kW) sonuçlarının saf su ile yapılan deneylere göre % 22,4 ile % 52 arasındaki oranlarda artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada 2 farklı soğutucu akışkan kullanılarak belirli şartlar altında bir araç radyatörünün ısı transferindeki değişimler incelenmiştir. Deney çalışmalarında kullanılan soğutucu akışkanlar ise şu şekildedir; Saf su, % 0,15 ZnO ve % 0,15 CuO hacimsel oranında nanopartikülleri içeren hibrit nanoakışkan.

Elde edilen bilgilerden aşağıdaki çıkarımlar elde edilmiştir:

- Saf Su testleri sonucunda en yüksek soğutma gücüne 9 nolu testte, en yüksek soğutucu akışkan debisinde ve hava hızında ulaşılmıştır.

- Hibrit nanoakışkan testleri sonucunda da en yüksek soğutma gücüne 9 nolu testte aynı soğutucu akışkan ve hava parametrelerinde ulaşılmıştır.
- Aynı parametrelere sahip 9 test koşulu da hem saf su hem de hibrit nanoakışkanın soğutucu akışkan olarak kullanıldığı kendi içlerinde karşılaştırıldığında yüzdesel olarak en yüksek verim artışına %52 ile 9 nolu testte ulaşılmıştır.

## KAYNAKLAR ( REFERENCES)

- [1] Topuz, A., Engin, T., Erdoğan, b., Mert, S., Yeter, A., Experimental investigation of pressure drop and cooling performance of an automobile radiator using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-water +ethylene glycol nanofluid, *Heat and Mass Transfer* ,56:2923–2937, 2020.
- [2] Erdoğan, B., Mini/Mikro Kanallarda Nanoakışkan ile Isı Transferinin Deneysel İncelenmesi, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2016
- [3] Suresh, S., Venkataraj, K.P., Selvakumar, P., Chandrasekar, M. Effect of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–Cu/water hybrid nanofluid in heat transfer. *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 38, p. 54-60, DOI:10.1016/j.expthermflusci.2011.11.007. 2012.
- [4] Moghadassi, A., Ghomi, E., Parvizian, F. (2015). A numerical study of water based Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–Cu hybrid nanofluid effect on forced convective heat transfer. *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 92, p. 50-57, DOI:10.1016/j.ijthermalsci. 2015.
- [5] Nine M.J, Batmunkh M, Kim J.H, Chung H.S, Jeong H.M. Investigation of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MWCNTs hybrid dispersion in water and their thermal characterization. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. 12:4553-4559. 2012
- [6] Baghbanzadeh M, Rashidi A, Rashtchian D, Lotfi R, Amrollahi A. Synthesis of spherical silica/multiwall carbon nanotubes hybrid nanostructures and investigation of thermal conductivity of related nanofluids. *Thermochimica Acta*. 549:87-94. 2012
- [7] Nuim Labib M, Nine MJ, Afrianto H, Chung H, Jeong H. Numerical investigation on effect of base fluids and hybrid nanofluid in forced convective heat transfer. *International Journal of Thermal Sciences*. 71:163-171, 2013



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**SİNOP, ANKARA VE HATAY İLLERİNİN RÜZGÂR GÜCÜ  
POTANSİYELİNİN WEIBULL VE RAYLEIGH DAĞILIMI İLE  
İNCELENMESİ**

Beytullah ERDOĞAN\*, İsmet Onur ÜNAL, Tayfur KURTARAN, Furkan DENİZLİ

Makina Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

\*Sorumlu yazar; e-mail: [beytullah.erdogan@beun.edu.tr](mailto:beytullah.erdogan@beun.edu.tr);

**ÖZET**

Bu çalışmada, Türkiye'nin Karadeniz, İç Anadolu ve Akdeniz bölgesinde bulunan Sinop, Ankara ve Hatay (Havalimanı) illerinin rüzgâr enerjisi potansiyeli istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Kullanılan rüzgâr hızı verileri 2010-2020 yılları arasında olup, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) temin edilmiştir. İllerin rüzgâr enerjisi potansiyelinin bulunmasında Weibull ve Rayleigh dağılım fonksiyonları ele alınmıştır. İncelenen bu illerin rüzgâr enerjisi potansiyellerinin bölgelere göre değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir. Türkiye'nin Karadeniz, İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde ölçülen rüzgâr hızı verileri üzerinde ele alınan dağılımların performansları incelenmiş, yapılan analizlerin sonucunda Hatay ilindeki rüzgâr hızı yoğunluğunun diğer illere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Hatay ilinde en yüksek rüzgâr gücü değeri 104.48 (W/m<sup>2</sup>) Ankara ilinde 10.94 (W/m<sup>2</sup>) ve Sinop ilinde 21.20 (W/m<sup>2</sup>) olarak ölçülmüştür. Bu değerler incelendiğinde en düşük rüzgâr gücü değerine sahip il Ankara olarak görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Weibull, Rayleigh, Rüzgâr Hızı, Sinop, Ankara, Hatay

**INVESTIGATION OF THE WIND POWER POTENTIAL OF THE  
PROVINCES OF SİNOP, ANKARA, AND HATAY WITH WEIBULL  
AND RAYLEIGH DISTRIBUTION**

**ABSTRACT**

In this study, the wind energy potential of the provinces of Sinop, Ankara, and Hatay (Airport) in the Black Sea, Central Anatolia, and Mediterranean regions of Turkey were analyzed statistically. The wind speed data used are between 2010-2020 and were obtained from the General Directorate of Meteorology (MGM). Weibull and Rayleigh distribution functions are considered in finding the wind energy potential of the provinces. It has been observed that the wind energy potentials of these provinces vary according to the regions. The performances of the distributions considered on the wind speed data measured in the Black Sea, Central Anatolia, and Mediterranean regions of Turkey were examined, and as a result of the analyzes made, it was observed that the wind speed density in Hatay province was higher than other provinces. The highest wind power value in Hatay province was measured as 104.48 (W/m<sup>2</sup>), in Ankara province at 10.94 (W/m<sup>2</sup>), and in Sinop province at 21.20 (W/m<sup>2</sup>). When these values are examined, Ankara is seen as the province with the lowest wind power value.

**Keywords:** Weibull, Rayleigh, Wind Speed, Sinop, Ankara, Hatay

**1. GİRİŞ**

Her ülke için büyük öneme sahip olan hem sanayi sektöründe hem de günlük hayatta kullanılan enerjinin bir kısmı fosil kökenli olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilir [1]. Yenilebilir enerji kaynakları arasında en yaygın olanı temiz enerji olan rüzgâr enerjisidir. Günümüzde başta olmak üzere, türbin teknolojisinin gelişmesi ile birlikte, rüzgâr gücünün elektrik enerjisine dönüşmesine yönelik yapılan yatırımların daha fazla artış olduğu gözlemlenmektedir [2]. Rüzgâr enerjisi, kaynağını rüzgârdan ve dolaylı yoldan güneşten alan bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bazı anlarda dünyanın belli bir bölgesi güneş tarafından ısıtılırken yoğunluğu azalır ve yüksek basınçtan düşük basınç bölgelerine büyük hava kütleleri akın eder. Bu doğa olayına rüzgâr adı verilir. Güneşten dünyaya gelen enerjinin %1-2 kadarı rüzgâr enerjisine dönüşür. Bu, dünyadaki bitki örtüsü tarafından biyolojik

kütleye dönüştürülen enerjinin 50–100 kat fazlasıdır [3]. Belirlenen bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyelinin çözülmesi için o bölgede incelenen rüzgâr hızı verilerinin ve rüzgâr yönünün minimum bir yıl ölçülüp analiz edilmesi gerekmektedir. Öte yandan, en doğru sonuçlar bulmak için analiz yapılan istasyon çevresinde, bu analiz sonucunda elde edilecek verileri etkileyebilecek çevre faktörlerinin bulunmaması gerekmektedir [4]. Rüzgâr hızı, rüzgâr enerjisi potansiyelini belirleyen en önemli etkidir.

Rüzgâr santrali kurulmadan önce yapılması ön görülen işlem, tercih edilen bu bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyelinin sıklığını analiz etmektir. Çeşitli yöntemlerle, rüzgâr enerjisi potansiyeli öngörülmesi yapılarak analiz gerçekleştirilebilir. Elde edilen veriler istatistiksel olarak, rüzgâr hızının dağılımına göre yapılır. Bu analizlerde iki parametrelili Weibull dağılımı rüzgâr enerjisi potansiyeli ölçümlerinde kabul edilmiş dağılımdır [5]. Moment yöntemi, en küçük kareler yöntemi, en çok olabilirlik ve Weibull dağılımının parametrelerini tahmin etmek için en çok tercih edilen yöntemlerdir. Bu çalışmada, performansı iyi olan ve en uygun özelliklere sahip olan en çok olabilirlik yöntemi kullanılarak ele alınan dağılımların parametreleri tahmin edilecektir [6]. Ülkemizdeki rüzgâr enerjisi potansiyeli, geçmişten günümüze çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir. Ülkemizin bazı illerinde ve ilçelerinde rüzgâr enerjisi potansiyeli Weibull olasılık, Weibull kümülatif ve Rayleigh kümülatif dağılımları ile incelenmiş ve çözümlenmeler yapılmıştır. Elazığ (Kavak Akpınar E. ve ark. 2004) ilinde ortalama rüzgâr hızları incelenerek, Weibull dağılımı ile gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmişlerdir [7]. Eskişehir (Kurban M. ve ark. 2007) ilinde rüzgâr hızları incelenerek, Weibull dağılımı ile gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmişlerdir [8]. Mardin - Nevşehir – Zonguldak (Yılmaz V. ve ark. 2013) illerinde rüzgâr hızları incelenerek, Weibull dağılımı ile gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmişlerdir [9]. Bilecik (Kurban M. ve ark. 2015) ilinde rüzgâr hızları incelenerek, Weibull dağılımı ile gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmişlerdir [10]. İzmir'in Menemen (Gülersoy T. ve ark. 2010) ilçesinde rüzgâr hızları incelenerek, Weibull dağılımı ile gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmişlerdir [11]. Sinop – Adıyaman (Kavak Akpınar E. ve ark. 2019) illerinde rüzgâr hızları incelenerek, Weibull dağılımı ile gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmişlerdir [12].

Bu çalışmanın amacı Weibull olasılık, Weibull kümülatif ve Rayleigh kümülatif dağılımlarını kullanarak Sinop, Ankara ve Hatay illerinin geçtiğimiz 11 yılın rüzgâr enerji potansiyellerini belirlemektir. 2010–2020 yılları arasındaki güncel günlük ortalama rüzgâr hızı yaklaşık ~12000'e yakın veri MGM'den alınmıştır. İstatistiksel analizler sonucunda Sinop, Ankara ve Hatay illeri için Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu, Weibull Kümülatif dağılım fonksiyonu, Rayleigh yoğunluk fonksiyon, Rayleigh Kümülatif dağılım fonksiyonu, rüzgâr gücü yoğunluğu, ortalama rüzgâr hızı, maksimum rüzgâr hızı, rüzgâr hızının standart sapması analiz edilmiş ve belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden 2010-2020 yılları içerisinde Türkiye'de 41° 42° Kuzey Enlemi 34° 35° doğu boylamında olan Sinop, 39° 57° kuzey enlemi 32° 53° E doğu boylamında olan Ankara, 35° 37° N kuzey enlemi 35° 36° E doğu boylamında olan bulunan illere ait alınan veriler, meteoroloji istasyonunda belirli bir yükseklikte ölçülen günlük ortalama rüzgâr şiddeti verileri kullanılarak, Sinop, Ankara ve Hatay illerinin rüzgâr enerjisi potansiyeli istatistiksel olarak incelenmiştir. Rüzgâr hızının dağılımın belirlenmesinde kullanılan pek çok dağılım bulunmaktadır. Weibull olasılık, Weibull kümülatif ve Rayleigh dağılımları en yaygın kullanılan dağılımlardır [8].

### 2.1 Weibull Dağılım Fonksiyonları

Rüzgâr hızının ve rüzgâr gücü potansiyelinin belirlenmesi için kullanılan şekil parametrelerinden biridir. Weibull dağılımı yaygın olarak rüzgâr hızı dağılımını tanımlamak için kullanılır Burada, A rüzgâr türbini süpürme alanı ( $m^2$ ),  $v$  rüzgâr hızını (m/s),  $\rho$  hava yoğunluğu ( $kg/m^3$ ) ve P ise rüzgâr gücüdür (W) ve Eşitlik (1) ile bulunmaktadır [13].

$$P(v) = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

Ortalama rüzgâr hızı ( $v_m$ ) ve standart sapması ( $\sigma$ ), sırasıyla Eşitlik (2) ve Eşitlik (3) ile bulunmaktadır [8].

Burada Gamma, k şekil parametresini ve c ölçek parametresini ifade etmektedir.

$$v_m = c\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{c^2\left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right)\right]} \quad (3)$$

Maksimum rüzgâr hızı ( $V_{max}$ ) Eşitlik (4) ile bulunmaktadır [8].

$$V_{max} = c\left(k + \frac{2}{k}\right)1/k \quad (4)$$

Weibull dağılımının en büyük sıklığa sahip rüzgâr hızı ( $V_{mod}$ ) aralığı Eşitlik (5)'den bulunmaktadır [8].

$$V_{mod} = c\left(1 - \frac{1}{k}\right)1/k \quad (5)$$

Weibull dağılımı için ortalama güç yoğunluğu Eşitlik (6) ile bulunmaktadır [14].

$$P_w = \frac{1}{2}\rho c^3\Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (6)$$

Rüzgâr hızı için değişkenli Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun genel tanımı Eşitlik (7) ile bulunmaktadır. Burada k şekil parametresi, c ölçek parametresidir (m/s).

$$F_{w,p}(v) = \left(\frac{k}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right) \quad (7)$$

Weibull kümülatif dağılım fonksiyonu Eşitlik (8) ile bulunmaktadır.

$$F_{w,c}(v) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right) \quad (8)$$

Her bir rüzgâr hızı veri adetlerinin, toplam rüzgâr hızı veri adetine oranı ( $f_{A,n}$ ) eşitlik (9) ile bulunmaktadır.

$$f_{A,n} = \frac{f_n}{\sum f_n} \quad (9)$$

## 2.2 Rayleigh Dağılım Fonksiyonları

Rayleigh dağılımı genellikle bir vektörün genel büyüklüğü yön bileşenleri ile ilişkili olduğunda gözlemlenir. Rayleigh dağılımının doğal olarak ortaya çıktığı bir örnek, rüzgâr hızının iki boyutta analiz edilmesidir. Rayleigh kümülatif dağılım fonksiyonu Eşitlik (10) ile bulunmaktadır.

$$F_{R,c}(v) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right) \quad (10)$$

Rayleigh dağılımı için ortalama rüzgâr hızı ( $V_m$ ) ve güç yoğunluğu ( $P_R$ ) ise sırasıyla Eşitlik (11) ve Eşitlik (12) ile bulunmaktadır [14].

$$V_m = c\sqrt{\pi/4} \quad (11)$$

$$P_R = \frac{3}{\pi} P V_m^3 \quad (12)$$

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Sinop, Ankara ve Hatay illerine ait günlük ortalama rüzgâr hızı değerleri için Weibull olasılık, Weibull Kümülatif ve Rayleigh Kümülatif fonksiyonları hesaplanmıştır. Rüzgâr hızı değerleri sırası ile 12, 9 ve 14 rüzgâr hızı aralıklarına bölünerek, Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir. Sinop ilinde rüzgâr hızı 2 – 3 m/s aralığında 1422, 11 – 12 m/s arasında 1, toplam 4010 tane ölçüm yapılmış ve bu ölçümler sonucunda Tablo 1'e göre en yüksek olasılık yoğunluğunun 2 – 3 m/s hız aralığında olduğu görülmektedir. Ankara ilinde ise rüzgâr hızı 0 – 1 m/s arasında 339, 1 – 2 m/s arasında 311, toplam 4014 adet ölçüm yapılmış ve Tablo 2'de görüldüğü üzere en yüksek olasılık yoğunluğunun 2 – 3 m/s, 6 – 7 m/s ve 8 – 9 m/s hız aralıklarında olduğu görülmektedir. Hatay ilinde ise rüzgâr hızı 1 – 2 m/s arasında 618, 13 – 14 m/s arasında 1, toplam 3989 tane ölçüm yapılmış ve bu ölçümler sonucunda Tablo 3'e göre en yüksek olasılık yoğunluğunun 1 – 2 m/s hız arasında olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Sinop iline ait rüzgâr hızı frekans dağılımları (Wind speed frequency distributions)

n	V <sub>n</sub>	V <sub>o</sub>	f <sub>n</sub>	f <sub>A,n</sub>	F <sub>w,p</sub>	F <sub>w,c</sub>	F <sub>R,c</sub>
1	0-1	0,5	70	0,017456	0,125358535	0,033202871	0,779376
2	1-2	1,5	1257	0,313466	0,26970742	0,242953105	0,918837
3	2-3	2,5	<b>1422</b>	<b>0,354613</b>	0,271360053	0,523925463	0,989016
4	3-4	3,5	762	0,190025	0,188508235	0,757326937	0,999453
5	4-5	4,5	303	0,075561	0,098709606	0,899158858	0,99999
6	5-6	5,5	114	0,028429	0,040384082	0,965698715	1
7	6-7	6,5	53	0,013217	0,013154695	0,990418482	1
8	7-8	7,5	10	0,002494	0,003451227	0,997796307	1
9	8-9	8,5	11	0,002743	0,000734948	0,999581761	1
10	9-10	9,5	3	0,000748	0,00012775	0,999934372	1
11	10-11	10,5	4	0,000998	1,82028E-05	0,999991471	1
12	11-12	11,5	1	0,000249	<b>2,13331E-06</b>	<b>0,999999081</b>	1

Tablo 2. Ankara iline ait rüzgâr hızı frekans dağılımları (Wind speed frequency distributions)

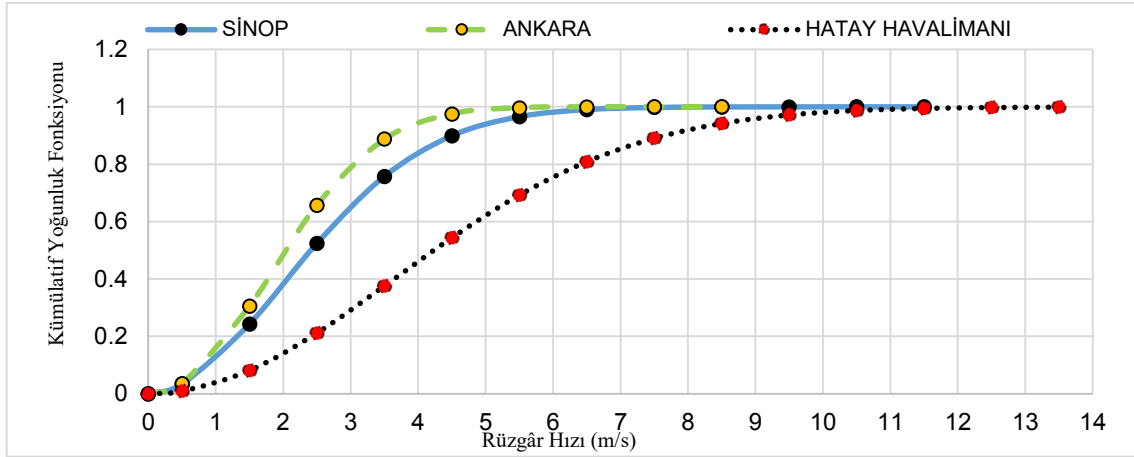
n	V <sub>n</sub>	V <sub>o</sub>	f <sub>n,i</sub>	f <sub>A,n</sub>	f <sub>w,p</sub>	F <sub>w,c</sub>	F <sub>R,c</sub>
1	0-1	0,5	339	0,0737	0,1461	0,0353	0,7794
2	1-2	1,5	311	<b>0,4198</b>	<b>0,3561</b>	0,3055	0,9188
3	2-3	2,5	<b>341</b>	0,3211	0,3097	0,6573	0,9890
4	3-4	3,5	330	0,1395	0,1487	0,8868	0,9995
5	4-5	4,5	340	0,0356	0,0428	0,9753	1
6	5-6	5,5	330	0,0072	0,0076	0,9965	1
7	6-7	6,5	<b>341</b>	0,0020	0,0008	0,9997	1
8	7-8	7,5	330	0,0007	0,0001	<b>1,0000</b>	1
9	8-9	8,5	<b>341</b>	0,0002	0,0000	<b>1,0000</b>	1

Tablo 3. Hatay iline ait rüzgâr hızı frekans dağılımları (Wind speed frequency distributions)

n	V <sub>n</sub>	V <sub>o</sub>	f <sub>n</sub>	f <sub>A,n</sub>	f <sub>w,p</sub>	F <sub>w,c</sub>	F <sub>R,c</sub>
1	0-1	0,5	213	0,053397	0,036503012	0,0090318	0,00968
2	1-2	1,5	<b>618</b>	<b>0,154926</b>	0,104967072	0,080928701	0,08381
3	2-3	2,5	602	0,150915	0,152344972	0,211829752	0,21584
4	3-4	3,5	502	0,125846	<b>0,170623778</b>	0,375806003	0,37909
5	4-5	4,5	425	0,106543	0,16152097	0,543868417	0,54515
6	5-6	5,5	424	0,106292	0,133834473	0,692627831	0,69174
7	6-7	6,5	444	0,111306	0,098732349	0,809089932	0,80673
8	7-8	7,5	427	0,107044	0,065470743	0,890754316	0,88789
9	8-9	8,5	234	0,058661	0,03925262	0,942424558	0,93984
10	9-10	9,5	78	0,019554	0,021358866	0,972062149	0,97013
11	10-11	10,5	19	0,004763	0,010575628	0,987521818	0,98628
12	11-12	11,5	2	0,000501	0,00477367	0,994871342	0,99417
13	12-13	12,5	0	0	0,001966975	0,998060671	0,99771
14	13-14	13,5	1	0,000251	0,00074059	<b>0,999325466</b>	<b>0,99917</b>

### 3.1. Weibull Kümülatif Yoğunluk Fonksiyonu

Sinop, Ankara ve Hatay illeri için Weibull Kümülatif ve Rayleigh Kümülatif dağılımlarına göre belirlenen, belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) 2010-2020 yılları için ortalama olarak hesaplanmıştır. Weibull Kümülatif dağılımında incelenen illerde  $R^2$  değerleri 0,99-1 arasında, Rayleigh Kümülatif dağılımında 0,98-0,99 arasında bulunmuştur. Weibull Kümülatif dağılımlarında elde edilen  $R^2$  değeri Rayleigh Kümülatif dağılımlarına göre daha çok olduğundan ve Weibull Kümülatif dağılımlarında elde edilen  $R^2$  değerinin 1 olduğundan dolayı Weibull Kümülatif dağılımının daha uygun olduğuna karar verilmiştir. Sinop, Ankara ve Hatay illeri için rüzgâr hızının Weibull kümülatif yoğunluk fonksiyonu ile değişimi, rüzgâr hızının Rayleigh kümülatif fonksiyonu ile değişimi ve rüzgâr hızının olasılık ve kümülatif yoğunluk fonksiyonunun değişimi sırasıyla Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3’de verilmiştir.

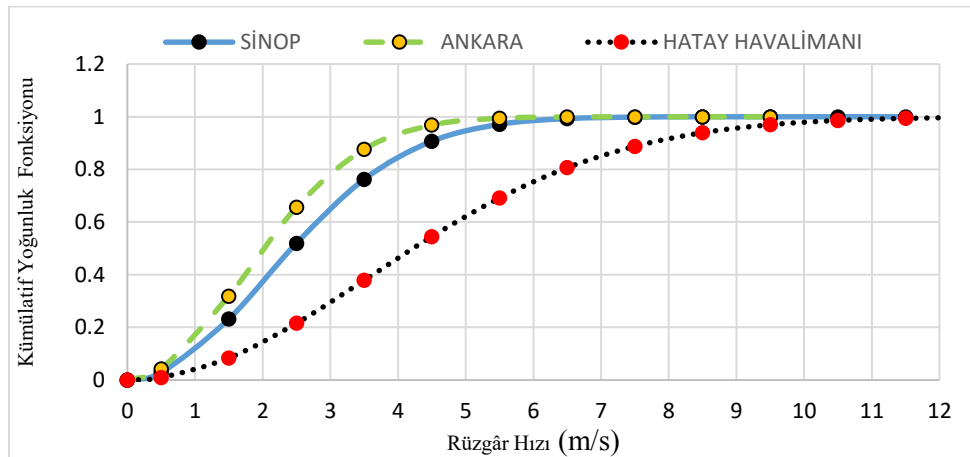


Şekil 1: Sinop, Ankara ve Hatay illeri için rüzgâr hızının Weibull kümülatif yoğunluk fonksiyonu ile değişimi

Şekil 1’ de Sinop, Ankara ve Hatay illerinde rüzgâr hızı farklılık göstermiştir. Eğrilerin birbirine yakın olmamasının nedeni, farklı şehirlerin rüzgâr hızı potansiyelinin birbirine göre farklı olmasıdır. En yüksek rüzgâr hızı değeri Hatay ilinde 13.5 m/s olarak bulunmuştur.

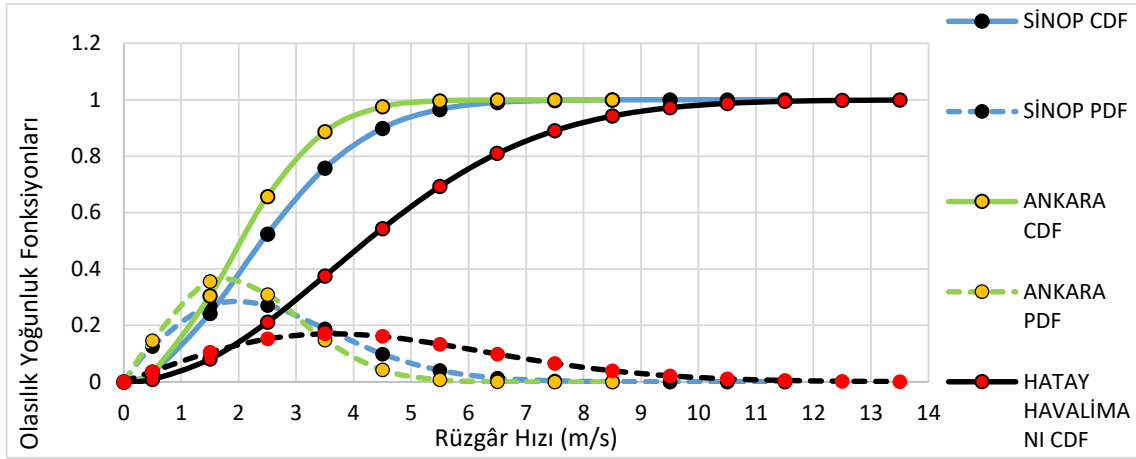
### 3.2. Rayleigh Kümülatif Yoğunluk Fonksiyonu

Şekil 2’de üç il için rüzgâr hızı ile Kümülatif Yoğunluk fonksiyonu arasındaki değişim görülmektedir. Hatay ilinde elde edilen rüzgâr hızı aralıkları diğer illere göre daha geniş aralıklarda olması o bölgede rüzgâr gücü potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 2: Sinop, Ankara ve Hatay illeri için rüzgâr hızının Rayleigh kümülatif fonksiyonu ile değişimi.

### 3.3. Weibull Olasılık ve Kümülatif Yoğunluk Fonksiyon Karşılaştırılması



Şekil 3: Sinop, Ankara ve Hatay illeri için rüzgâr hızının olasılık ve kümülatif yoğunluk fonksiyonunun değişimi.

### 3.4. Weibull Kümülatif Dağılım Parametreleri

Sinop, Ankara ve Hatay illeri için sırasıyla Tablo 4'te Weibull Kümülatif dağılımı parametrelerinin 2010-2020 yılları arasındaki değerler verilmiştir.

Tablo 4: 2010-2020 yıllarının Weibull Kümülatif dağılım parametreleri

İller	Yıllar	k	c (m/s)	$V_m$ (m/s)	$\sigma$ (m/s)	$V_{mod}$ (m/s)	$V_{max}$ (m/s)	$P_w$ (W/m <sup>2</sup> )
Sinop	2010-2020	1.92	2.92	2.59	1.40	0.73	4.50	21.20
Ankara	2010-2020	2.11	2.42	2.18	1.07	0.60	5	10.94
Hatay	2010-2020	2.03	5.07	4.41	2.32	1.27	4.96	104.48

Sinop ili için Weibull Kümülatif dağılımında maksimum ortalama hız ( $V_m$ ) 2.59 m/s, standart sapma değeri ( $\sigma$ ) 1.40, maksimum rüzgâr hızı ( $V_{max}$ ) 4.50, en büyük sıklığa sahip rüzgâr hızı ( $V_{mod}$ ) 0.73, ortalama güç yoğunluğu ( $P_w$ ) 21.20 W/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Ankara ili için Weibull Kümülatif dağılımında maksimum ortalama hız ( $V_m$ ) 2.18 m/s, standart sapma değeri ( $\sigma$ ) 1.07, maksimum rüzgâr hızı ( $V_{max}$ ) 5, en büyük sıklığa sahip rüzgâr hızı ( $V_{mod}$ ) 0.60, ortalama güç yoğunluğu ( $P_w$ ) 10.94 W/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Hatay ili için Weibull Kümülatif dağılımında maksimum ortalama hız ( $V_m$ ) 4.41 m/s, standart sapma değeri ( $\sigma$ ) 2.32, maksimum rüzgâr hızı ( $V_{max}$ ) 4.96, en büyük sıklığa sahip rüzgâr hızı ( $V_{mod}$ ) 1.27, ortalama güç yoğunluğu ( $P_w$ ) 104.48 W/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

### 3.5. Aylara Göre Weibull Kümülatif Dağılım Parametreleri

Sinop, Ankara ve Hatay illeri için günlük ortalama 2010-2020 yıllarını kapsayan yılların aylara göre Weibull şekil parametresi(k), Weibull ölçek parametresi (c), ortalama rüzgâr hızı ( $V_m$ ) ve standart sapmaları ( $\sigma$ ), en büyük sıklığa sahip rüzgâr hızı ( $V_{mod}$ ), maksimum rüzgâr hızı ( $V_{max}$ ), sırasıyla Tablo 7, Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo7: Sinop ili için yılların aylara göre ortalama rüzgâr hızı, maksimum rüzgâr hızı ve standart sapma değerleri.

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
k	1.56	1.77	2.36	2.53	2.17	2.61
c	2.99	3.48	3.34	3.29	2.7	2.68
$\sigma$ (m/s)	1.76	1.81	1.33	1.24	1.16	0.98
$V_m$ (m/s)	2.69	3.10	2.96	2.92	2.39	2.38
$V_{max}$ (m/s)	4.37	4.19	2.61	2.33	2.39	1.81
$V_{mod}$ (m/s)	0.69	0.86	0.82	0.79	0.67	0.63
Parametre	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
k	2.63	2.28	2.4	1.76	1.43	1.61
c	2.82	2.75	2.52	2.65	2.75	2.95
$\sigma$ (m/s)	1.02	1.13	0.99	1.38	1.77	1.68



$V_m$ (m/s)	2.51	2.44	2.23	2.36	2.50	2.64
$V_{max}$ (m/s)	1.88	2.26	1.92	3.22	4.61	4.11
$V_{mod}$ (m/s)	0.66	0.68	0.61	0.65	0.58	0.69

Sinop ilinde en yüksek ortalama rüzgâr hızı Şubat ayında, en düşük ortalama rüzgâr hızı ise Eylül ayında olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 8: Ankara ili için yılların aylara göre ortalama rüzgâr hızı, maksimum rüzgâr hızı ve standart sapma değerleri.

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
k	2.25	1.67	2.05	2.23	2.71	2.40
c	2.17	2.16	2.18	2.53	2.40	2.67
$\sigma$ (m/s)	0.90	1.19	0.99	1.06	0.85	1.05
$V_m$ (m/s)	1.92	1.91	1.93	2.24	2.13	2.37
$V_{max}$ (m/s)	1.82	2.84	2.10	2.15	1.54	2.04
$V_{mod}$ (m/s)	0.56	0.42	0.51	0.53	0.66	0.56
Parametre	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
k	2.86	3.00	2.29	2.01	1.79	1.70
c	3.08	3.30	2.59	1.92	1.84	1.94
$\sigma$ (m/s)	1.04	1.07	1.06	0.88	0.94	1.05
$V_m$ (m/s)	2.73	2.92	2.29	1.70	1.63	1.72
$V_{max}$ (m/s)	1.83	1.83	2.12	1.91	2.18	2.48
$V_{mod}$ (m/s)	0.63	0.63	0.54	0.50	0.44	0.42

En yüksek ortalama rüzgâr hızı Ağustos ayında, en düşük ortalama rüzgâr hızı ise Kasım ayında olduğu gözlemlenmiştir.

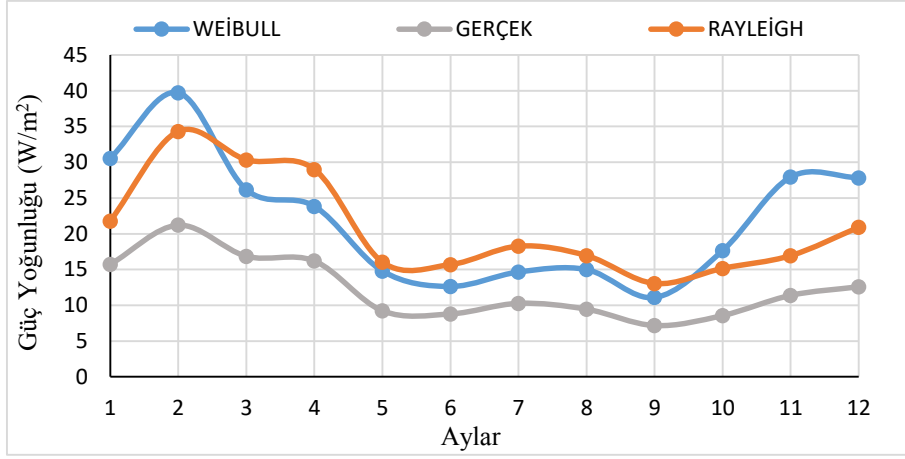
Tablo 9: Hatay ili için yılların aylara göre ortalama rüzgâr hızı, maksimum rüzgâr hızı ve standart sapma değerleri.

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
k	1.43	1.57	1.93	2.14	3	3
c	3.09	3.2	4.16	4.5	5.74	8.21
$\sigma$ (m/s)	1.99	1.87	1.99	1.96	1.86	2.66
$V_m$ (m/s)	2.73	2.84	3.69	3.99	5.09	7.28
$V_{max}$ (m/s)	5.18	4.63	4.39	4.07	3.19	4.56
$V_{mod}$ (m/s)	0.65	0.74	1.04	1.12	1.28	1.82
Parametre	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
k	3	3	3	2.19	1.59	1.25
c	8.66	8.37	6.22	3.25	2.03	2.42
$\sigma$ (m/s)	2.81	2.72	2.02	1.39	1.17	1.81
$V_m$ (m/s)	7.67	7.42	5.51	2.88	1.80	2.14
$V_{max}$ (m/s)	4.81	4.65	3.46	2.84	2.88	5.03
$V_{mod}$ (m/s)	1.92	1.86	1.38	0.81	0.47	0.39

En yüksek ortalama rüzgâr hızı Temmuz ayında, en düşük ortalama rüzgâr hızı ise Kasım ayında olduğu gözlemlenmiştir.

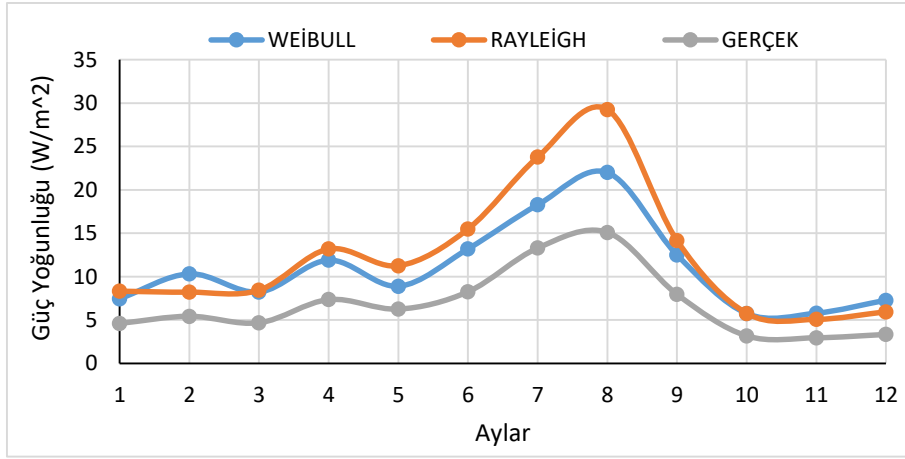
### 3.6. Aylara Göre Güç Yoğunluğu

Sinop, Ankara ve Hatay illeri için yılların aylara göre ortalaması alındığında, gerçek güç yoğunluğu dağılımı, Weibull güç yoğunluğu dağılımını ve Rayleigh güç yoğunluğu dağılımının aylar ile değişimi sırasıyla Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6' da gösterilmiştir.



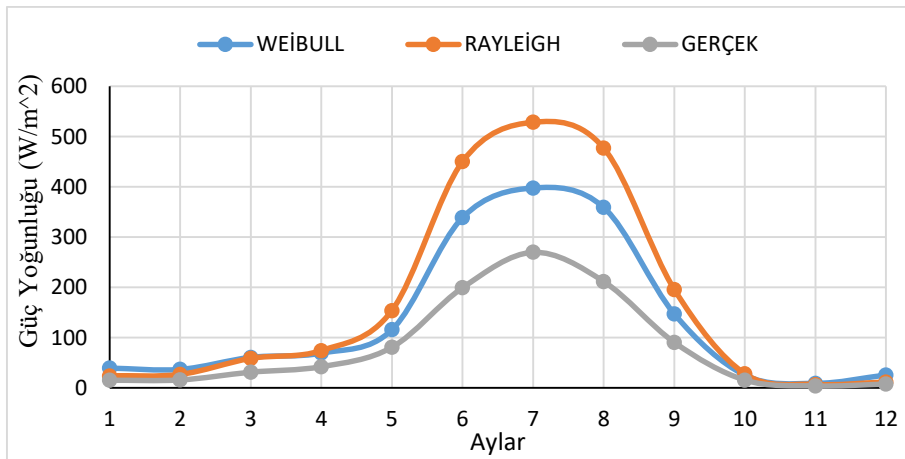
Şekil 4. Sinop iline ait Gerçek, Weibull ve Rayleigh güç yoğunluğu dağılımı

Sinop ili için rüzgâr gücü yoğunluğu onuncu aydan dördüncü aya kadar yüksek, diğer aylar daha düşük sonuçlar vermiştir. Weibull için rüzgâr gücü yoğunluğu Ocak- Şubat-Ekim-Kasım-Aralık aylarında Rayleigh yoğunluğa göre daha yüksek geri kalan aylarda ise Rayleigh yoğunluğuna göre daha düşük olmuştur. Gerçek değere en yakın değeri Weibull dağılımı vermiştir.



Şekil 5: Ankara iline ait Gerçek, Weibull ve Rayleigh güç yoğunluğu dağılımı

Ankara ili için rüzgâr gücü yoğunluğu altıncı aydan sekizinci aya kadar yüksek, diğer aylar daha düşük sonuçlar vermiştir. Rayleigh için rüzgâr gücü yoğunluğu Şubat-Kasım-Aralık aylarında Weibull için güç yoğunluğuna göre daha düşük çıkmıştır. Gerçek değere en yakın değeri Weibull dağılımı vermiştir.



### Şekil 6: Hatay iline ait Gerçek, Weibull ve Rayleigh güç yoğunluğu dağılımı

Hatay ili için rüzgâr gücü yoğunluğu altıncı aydan sekizinci aya kadar yüksek, diğer aylar daha düşük sonuçlar vermiştir. Rayleigh için rüzgâr gücü yoğunluğu Ocak-Şubat-Mart-Kasım ve Aralık aylarında Weibull için güç yoğunluğuna göre daha düşük çıkmıştır. Gerçek değere en yakın değeri Weibull dağılımı vermiştir.

## 4. SONUÇLAR

Yaptığımız bu çalışmada, 2010 – 2020 yılları arasında ölçülen günlük rüzgâr hızı verilerini kullanarak Sinop, Ankara ve Hatay illerinin rüzgâr enerjisi potansiyeli araştırması üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışmada Weibull ve Rayleigh yöntemleri kullanılmıştır. Kullandığımız parametrelere göre incelediğimiz bölgeler arasında 2010-2020 yılları arasındaki maksimum rüzgâr hızı verilerine göre; En düşük rüzgâr hızı Ankara ilinin Mayıs ayında 1.54 (m/s) , en fazla Hatay ilinin Ocak ayında 5.18 (m/s) olarak bulunmuştur. Kullandığımız parametrelere göre incelediğimiz bölgeler arasında 2010-2020 yılları arasındaki ortalama rüzgâr hızı verilerine göre; En düşük rüzgâr hızı Ankara ilinin Kasım ayında 1.63 (m/s) , en fazla Hatay ilinin Temmuz ayında 7,67 (m/s) olarak bulunmuştur. Bu çalışmalarımız sonucunda Türkiye'nin coğrafi özelliklerini göz önünde bulundurarak rüzgâr tribünlerinin kurulmasının uygun olduğu çalışmalarımız sonucunda gözlemlenmiştir. Yapmış olduğumuz incelemede, incelenen bölgeler arasında Akdeniz ve Karadeniz Bölgelerinin rüzgâr hızı potansiyelini daha yüksek, İç Anadolu Bölgesinin rüzgâr hızı potansiyelini daha düşük olduğu görülmüştür. İncelenen illere göre Weibull dağılımı Rayleigh dağılımına göre gerçeğe daha yakın sonuçlar vermiştir.

## SEMBOLLER

A	: Alan [m <sup>2</sup> ]
k	: Weibull şekil parametresi
c	: Weibull ölçek parametresi [m/s]
P	: Rüzgâr gücü (W)
F <sub>W(p)</sub>	: Weibull olasılık fonksiyonu
F <sub>W(c)</sub>	: Weibull kümülatif fonksiyonu
F <sub>R(c)</sub>	: Rayleigh kümülatif fonksiyonu
f <sub>A,n</sub>	: Rüzgâr hızı veri adetlerinin, toplam rüzgâr hızı veri âdetine oranı
f <sub>n</sub>	: Rüzgâr hızı veri âdetleri
∑ f <sub>n</sub>	: Toplam rüzgâr hızı veri âdeti
Γ	: Gamma fonksiyonu
n	: Toplam veri sayısı
V <sub>n</sub>	: Rüzgâr hızı aralığı
V <sub>o</sub>	: Rüzgâr hızı aralığı (ortalama)
P <sub>W</sub>	: Weibull dağılımı için ortalama güç yoğunluğu [W/m <sup>2</sup> ]
P <sub>R</sub>	: Rayleigh dağılımı için ortalama güç yoğunluğu [W/m <sup>2</sup> ]
R	: Korelasyon katsayısı
ρ	: Havanın yoğunluğu [kg/m <sup>3</sup> ]
σ	: Standart sapma [m/s]
v	: Rüzgâr hızı [m/s]
V <sub>m</sub>	: Ortalama rüzgâr hızı [m/s]
V <sub>max</sub>	: Maksimum rüzgâr hızı [m/s]
V <sub>mod</sub>	: En büyük sıklığa sahip rüzgâr hızı [m/s]
CDF	: Kümülatif yoğunluk fonksiyonu
PDF	: Olasılık yoğunluk fonksiyonu
Π	: Pi sayısı

## KAYNAKÇA

- [1] Sahin, A. D., “A Review of Research and Development of Wind Energy in Turkey.” Clean-Soil, Air, Water 36, 734-742, 2008.
- [2] Karadenizli A, Eker MK., “Balıkesir-Balya meteoroloji istasyonu verileri kullanılarak Weibull fonksiyonu parametrelerinin 6 farklı metodla belirlenmesi.” Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt. 17, No. 3, 2015, s.163-175.
- [3] Süzek F. “Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi.”Yüksek Lisans Tezi, 2007.

- [4] Bilgili, M. ve Şahin, B., “Yönlere ve Pürüzlülük Değerlerine Göre Rüzgâr Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi.” 15. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Trabzon, 107-113, 2005.
- [5] Özgür, M.A., Peker, Ö., Köse, R. “Kütahya’da Rüzgâr Karakteristiğinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi.” 6. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Isparta, Türkiye, 25-27 Mayıs, 2006.
- [6] Kantar YM, Senoglu B. “A comparative study for the location and scale parameters of the Weibull distribution with given shape parameter.” Computers&Geosciences, Cilt. 34, 2008, 1900–9.
- [7] Kavak Akpınar E. and Akpınar, S., “Statistical Analysis of Wind Energy Potential on the basis of the Weibull and Rayleigh Distribution for Ağın-Elazığ, Turkey.” J. Power Energy, 218, 557-565, 2004.
- [8] Kurban M., Kantar Mert Y. Ve Hoccoğlu F.O., “Weibull dağılımı kullanılarak rüzgâr hız ve güç yoğunluklarının istatistiksel analizi.” Afyon Kocatepe Bilim Dergisi, 7 (2), 205-218, 2007.
- [9] Yılmaz V., Doğan M. ve Tepeyurt N., “Rüzgâr enerji potansiyellerinin belirlenmesinde istatistiksel yaklaşım: seçilmiş illerde uygulama çalışması.” Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3 (174-188), 2013.
- [10] E. Dokur, ve M. Kurban, “Wind Speed Potential Analysis Based on Weibull Distribution.” Special Issue 2015 Vol.3 No.4.
- [11] Gülersoy T. , Çetin N. S. , “Menemen Bölgesinde Rüzgâr Türbinleri için Rayleigh ve Weibull Dağılımlarının Kullanılması.” Politeknik Dergisi Cilt:13 Sayı: 3 s. 209-213, 2010.
- [12] Daş M. , Balpetek N. , Kavak Akpınar E. , Akpınar S. “Türkiye’de bulunan farklı illerin rüzgâr enerjisi potansiyelinin incelenmesi ve sonuçların destek vektör makinesi regresyon ile tahminsel modelinin oluşturulması.” 2019, Cilt 34, Sayı 4, 2203 – 2214.
- [13] Dündar, C. ve Inan, D., “Investigation of Wind Energy Application Possibilities for a Specific Island (Bozcaada) in Turkey.” WREC, 822-826, 1996.
- [14] Balpetek N., “Rüzgâr enerjisi potansiyelinin araştırılmasında Weibull ve Rayleigh dağılımlarının kullanılması.” Fırat Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 2017.
- [15] Bilgili M.\*, Şahin B. ve Şimşek E. “Türkiye’nin Güney, Güneybatı Ve Batı Bölgelerindeki Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli.” Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 30, 1, 01-12, 2010



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

## VİNÇ KANCASININ YAPISAL ANALİZİ VE TOPOLOJİ OPTİMİZASYONU

Burak KÖSE <sup>1,\*</sup>, Münir Eren AKÇAY <sup>2</sup>, Ahmet DAYANÇ <sup>3</sup>, Feridun KARAKOÇ <sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Burak KÖSE, Münir Eren AKÇAY, Ahmet DAYANÇ, Feridun KARAKOÇ Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

[burakkose13@gmail.com](mailto:burakkose13@gmail.com), [munir.akcay@ogr.dpu.edu.tr](mailto:munir.akcay@ogr.dpu.edu.tr), [ahmet.dayanc@ogr.dpu.edu.tr](mailto:ahmet.dayanc@ogr.dpu.edu.tr),  
[feridun.karakoc@dpu.edu.tr](mailto:feridun.karakoc@dpu.edu.tr)

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [burakkose13@gmail.com](mailto:burakkose13@gmail.com)

### ÖZET

Günümüzde makine endüstrisinde ve buna bağlı diğer sektörlerde imalat aşamalarında üretilen ürünlerden mukavemetli olması, düşük maliyetli olması ve hafif olması gibi birçok farklı özellik istenmektedir. Bunu sağlamak malzeme seçimi ile de mümkün olmasına rağmen, topoloji optimizasyon yöntemi ile, parçanın dış boyut ölçülerinde nüans yapılarak veya herhangi bir değişiklik yapılmadan ana kütlede malzeme azaltılarak ve gerekli dayanım şartları korunarak optimum tasarıma ulaşılabılır. Bu çalışmada vinç kancasına yapısal analiz uygulanarak gerilme değerlerine ulaşıldıktan sonra topoloji optimizasyonu uygulanmıştır. Ardından yeni oluşan geometri üzerinde düzenlemeler yapıp optimum hale getirildikten sonra topoloji optimizasyonu yapılmadan önceki aynı yük ve mesnet etkilerine maruz bırakılarak yapısal analiz sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlar karşılaştırıldığında malzeme eksiltmeye yönelik yapılmış olan topoloji optimizasyonunun başarıyla sonuçlandığı gözlemlenmiştir.

**Kelimeler:** Topoloji optimizasyonu, yapısal analiz, vinç kancası

## STRUCTURAL ANALYSIS AND TOPOLOGY OPTIMIZATION OF CRANE HOOK

### ABSTRACT

Today, many different features such as strength, low cost and lightness are required from the products produced during the manufacturing stages in the machinery industry and other related sectors. Although it is possible to achieve this with material selection, optimum design can be achieved by reducing the material from the main mass without making any changes or nuances in the outer dimension dimensions of the part with the topology optimization method and maintaining the necessary strength conditions. In this study, topology optimization was applied after reaching the stress values by applying structural analysis to the crane hook. Then, after making arrangements and optimizing the newly formed geometry, it was subjected to the same load and support effects as before the topology optimization, and the result of the structural analysis was reached. When these results are compared, it has been observed that the topology optimization for material reduction has been successful.

**Keywords:** Topology optimization, structural analysis, crane hook

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Vinç kancaları inşaat, nakliye ve imalat gibi çeşitli sektörlerde genellikle malzemeleri bir yerden başka bir yere taşımak, bir malzemeyi kaldırmak veya ağır yükleri yüksek yerlere taşımak için kullanılan parçalardır. Vinçler sürekli yükleme ve boşaltma işlemine tabi tutulur. Bu durum ise vinç kancasının yorulmasına ve büyük miktarda gerilim birikimi nedeniyle göçmesine neden olur. Aynı zamanda vinç kancasında çatlak oluşursa, kancanın kırılmasına ve ciddi kazalara neden olabilir. Eğilme gerilmesi, çekme gerilmesi, aşınmaya bağlı olarak kanca kesitinin zayıflaması, aşırı yüklemeye bağlı olarak plastik şekil değişimlerinin meydana gelmesi kancaların hasara uğramasında rol oynayan başlıca etmenlerdir. Bu nedenle hatasız olarak tasarlanmalı ve üretilmelidir. Emniyetli bir şekilde çalışabilmesi için yük kapasiteleri, yorulma testleri ve analizleri yapılarak yorulma ömürlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır [1]. Vinç kancaları kullanım yerlerine göre değişik boyutlarda imal edilebilir. Bu tür endüstriyel ürünlerin ihtiyaca göre büyük ebatlarda üretilmesi günümüzdeki hammadde ihtiyacının artışıyla karşı karşıya kalınca üretim aşamasını zor durumda bırakmaktadır. Bu durumun önüne geçmek için üreticiler ürünlerinde tasarımsal iyileştirmelere veya buna alternatif olarak malzeme azaltılması gibi konulara yönelmişlerdir. Ürünlerine bu özellikleri kazandırmayı hedefleyen üreticiler özellikle topoloji optimizasyonu yardımıyla bu iki konuyu aynı anda ele alabilmektedir. Topoloji optimizasyonunun amacı, üretilmek istenen parçanın dış boyut ölçülerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan ana kütlede malzeme azaltılmasıdır. Bununla birlikte gerçek hayattaki çalışma prensibinden ödün vermeyerek aynı koşullardaki dayanım şartlarını sağlamaya devam etmelidir. Bu çalışmada DIN standart ölçülerinde katı model olarak tasarlanan vinç kancasının sonlu elemanlar yöntemi uygulanarak gerçekteki yükleme ve mesnet etkileri de sağlanmış olup yapısal analizi gerçekleştirilmiştir. Yapısal analiz sonuçlarının elde edilmesinin ardından topoloji optimizasyonu ile vinç kancasında malzeme eksiltilmesine gidilip yeni bir geometri ortaya çıkmıştır. Oluşan bu yeni geometri, üretime uygun hale gelebilmesi için üzerinde iyileştirmeler yapılarak yeni bir tasarım ortaya konulmuştur. Oluşturulan bu yeni tasarım topoloji optimizasyonu uygulanmadan önceki yüklemelere maruz bırakılarak sonuçlar karşılaştırıp doğruluğu değerlendirilmiştir.

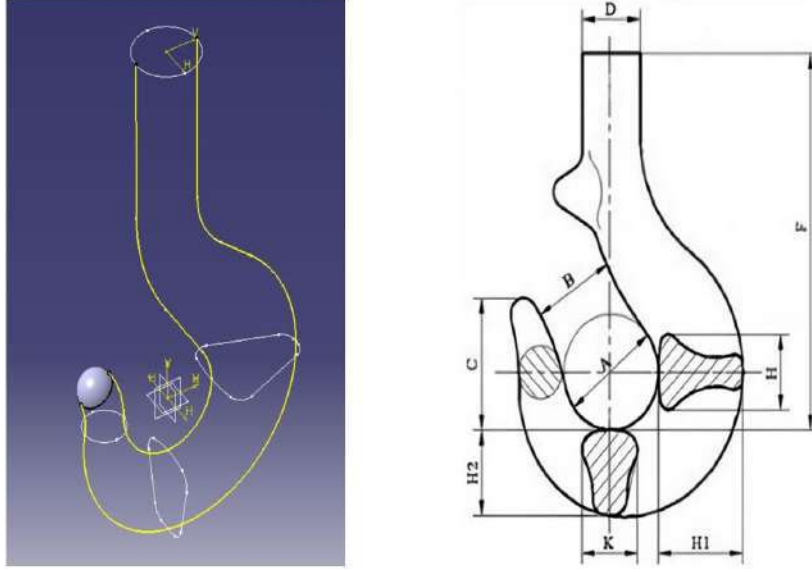
## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

### 2.1. Vinç Kancasının Geometrisinin Oluşturulması ve Sonlu Elemanlar Yöntemi

İlk olarak tasarlanacak olan vinç kancanın hangi boyut sınıfında olması gerektiği kararlaştırılmıştır. Vinç kancalarının DIN standart ölçülerine göre imalat ve tasarımı yapıldığı için bu çalışmada da bu standartlardan yararlanılmıştır. Tablo 1'de görüleceği üzere tasarlanan vinç kancası basit saplı kanca sınıfı olup DIN 15401 standartlarından seçilmiş olan anma yükü 8 tona karşılık gelen ölçülere göre CAD programlarından CATIA kullanılarak tasarımı yapılmıştır.

Tablo 1. Tasarlanan kancanın DIN 15401 ölçü tablosu

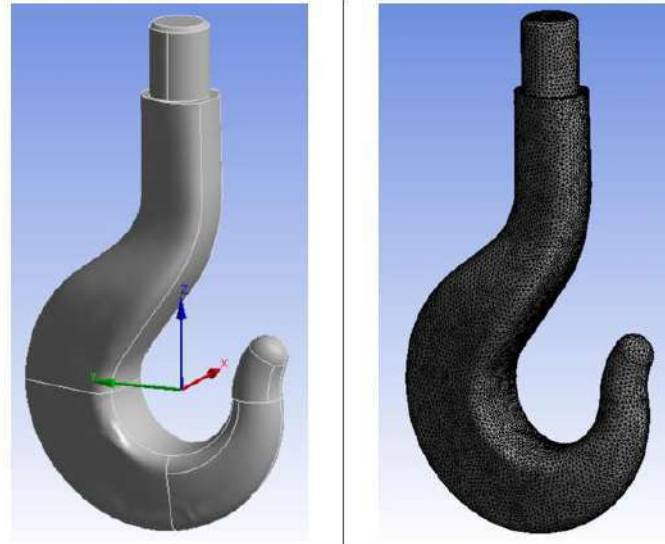
Saplı Basit Kanca GM 15401												
Nr	Anma Yükü Ton	Ölçüler								Ağırlık (KG)	Deney Yükü	
		A	B	C	D	F	H	H1	H2			K
4	8	75	56	80	52	289	63	80	67	53	8.8	16



Şekil 1. Tasarlanan kanca ile basit saplı kancanın norm ölçü gösterimleri

Sonlu elemanlar analizi elle veya diğer klasik yöntemlerle çözümü pratik olmayan veya imkânsız olan mühendislik problemlerine çözüm getiren sayısal bir metottur. Bu metotla büyük boyutlardaki denklemlerin matris formunda çözümü yapılır. Kompleks geometriye sahip veya matematiksel denklemleri kurulamayacak kadar kompleks durum içeren bu tür mühendislik problemlerin çözümünde rahat bir şekilde kullanılmaktadır [2].

Yapılan tasarım ve oluşturulan geometrik modelden sonra analiz işlemlerinde dikkat edilmesi gereken en önemli işlem sonlu elemanlar modelinin oluşturulmasıdır. Bu çalışmada ANSYS programı kullanılarak oluşturulan sonlu elemanlar modeli, analiz sonuçlarını doğrudan etkilemektedir. Özellikle lokal ve global mesh ayarlarının geometriye uygun bir şekilde düşünülüp yapılması ve mesh kalitesi skalalarından Element Quality, Aspect Ratio, Skewness, Orthogonal Quality değerlerinin uygun bant aralığında tutulması analiz sonuçlarını gerçeğe en yakın değerlere taşımaktadır. Optimum sonuçlara ulaşabilmek için çalışmada bu değerler sağlanmıştır.



Şekil 2. Tasarlanan vinç kancası ve sonlu elemanlar modelinin görünümü

## 2.2. Vinç Kancası Kimyasal Bileşimi ve Mekanik Özellikleri

Vinç kancalarının imalatında kullanılan bazı yaygın malzemeler karbon çeliği, alaşımlı çelikler, HSLA (yüksek hızlı düşük alaşımlı), krom çeliği, paslanmaz çelik ve gri dökme demirdir. Seçilen malzeme çok yüksek mukavemete, sertliğe ve işleme sertleşmesi gibi yük gereksinimlerini karşılamak için diğer bazı mekanik özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu çalışmada vinç kancası için seçilen malzeme sertleştirilmiş ve tavllanmış AISI 4140 çeliğidir [3, 4].

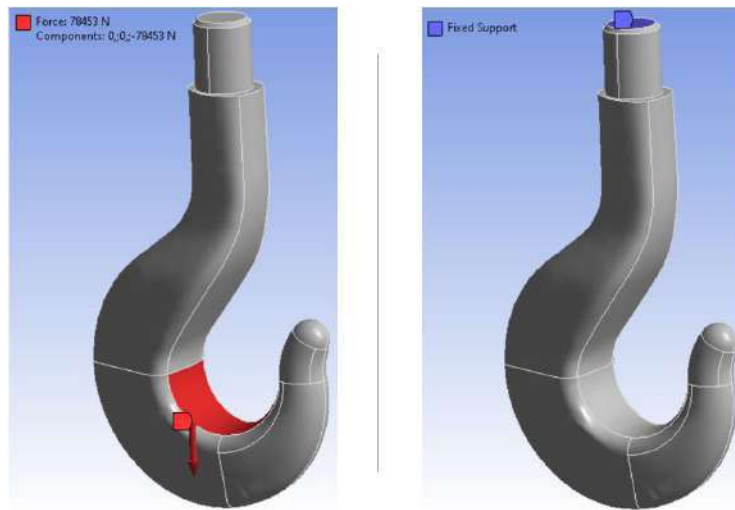
Tablo 2. Sertleştirilmiş temperlenmiş AISI 4140 çeliğinin özellikleri

Özellikler	Sertleştirilmiş Temperlenmiş AISI 4140	Bileşim (%)	Sertleştirilmiş Temperlenmiş AISI 4140
Nihai çekme mukavemeti (MPa)	1080	Karbon	0.42
Akma dayanımı (MPa)	990	Silisyum	0.30
Sertlik (HRC)	54	Mangan	0.90
Yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ )	7850	Krom	1.00
Poisson oranı	0.29	Nikel	—
Young modülü (GPa)	190	Molibden	0.20
Kayma modülü (GPa)	73	Kükürt	0.04
Erime noktası ( $^{\circ}\text{C}$ )	1416	Fosfor	0.03
		Vanadyum	—

## 2.3. Vinç Kancasının Sınır Şartları

Sonlu elemanlar yöntemine bağlı analiz aşamalarında bir diğer önemli nokta ise sonlu elemanlar modeline uygulanacak yük ve sınır şartlarının belirlenmesidir. Analizi yapılmak istenen durumun gerçek hayattaki yük ve sınır şartlarının aynısı analiz programında simüle edilmelidir.

Vinç kancasının çalışma prensibine bakılacak olursa statik bir davranış sergilemektedir. Çene kısmından asılan yük -y yönünde 78.453,2 N çekme kuvveti uygulayacaktır. Mesnetlendiği yer ise vinç kancası ile kanca bloğunun birbirine temas ettiği yüzeydir. Bu sınır şartları belirlenip analiz programında tanımlandıktan sonra yapısal analiz işlemine geçilmiştir.

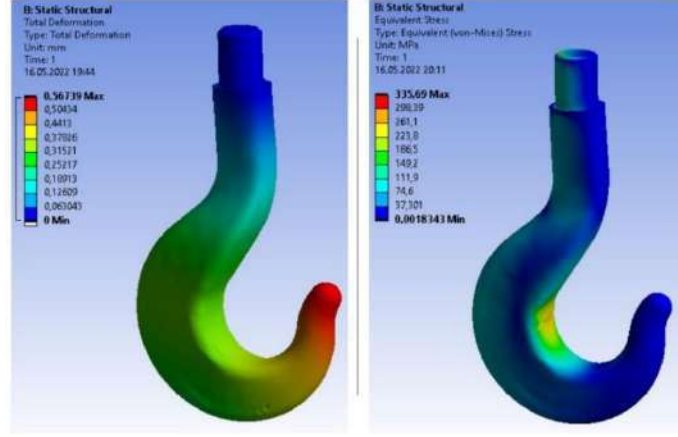


Şekil 3. Tasarlanan vinç kancasının sınır şartları



### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

#### 3.1. Vinç Kancasının Yapısal Analizi

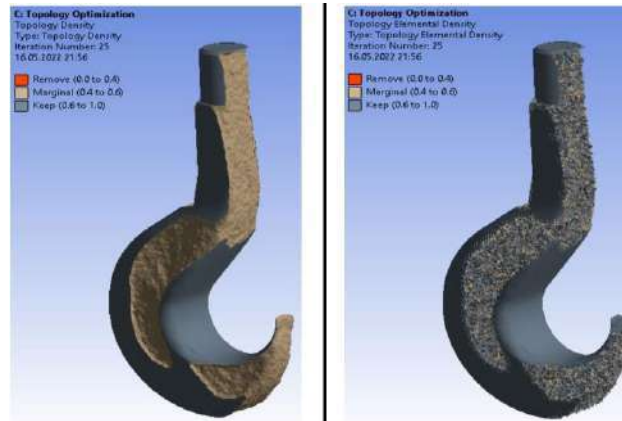


Şekil 4. Vinç kancasının toplam deformasyon ve Von Mises gerilme sonuçları

Vinç kancasının toplam deformasyon miktarı Şekil 1’de görüldüğü üzere maksimum 0.56739 mm değeri çıkmıştır. Bu değer vinç kancasının emniyetli bir şekilde çalışabileceğini göstermektedir. Aynı zamanda Von Mises gerilmesi de kontrol edilmesi gereken durumlardan biridir. Von Mises gerilmesi yapının herhangi bir yüklenme durumunda plastik şekil değişimine uğramış olup olmadığını belirlemek için hesaplanan bir değerdir. Bu değer ise maksimum 335.69 MPa çıkmıştır. Seçilen malzemenin akma dayanımı 990 MPa olduğundan ve maksimum Von Mises gerilme değeri bu değer altında çıktığından dolayı vinç kancası emniyetli bir şekilde 8 Tonluk anma yükünü kaldırabilecektir. Bu iki gerilme değeri ile aynı zamanda emniyet katsayısına da bakılabilir. Maksimum gerilmenin olduğu iç kısımda 2.9491 emniyet katsayısı görülmektedir. Vinç kancasının en kritik bölgesi burasıdır. Çalışma saatleri ve tekrarlı yüklemeler göz önüne alındığında bu bölgeden yırtılma ihtimali oluşabilmektedir [5].

#### 3.2. Vinç Kancasının Topoloji Optimizasyonu

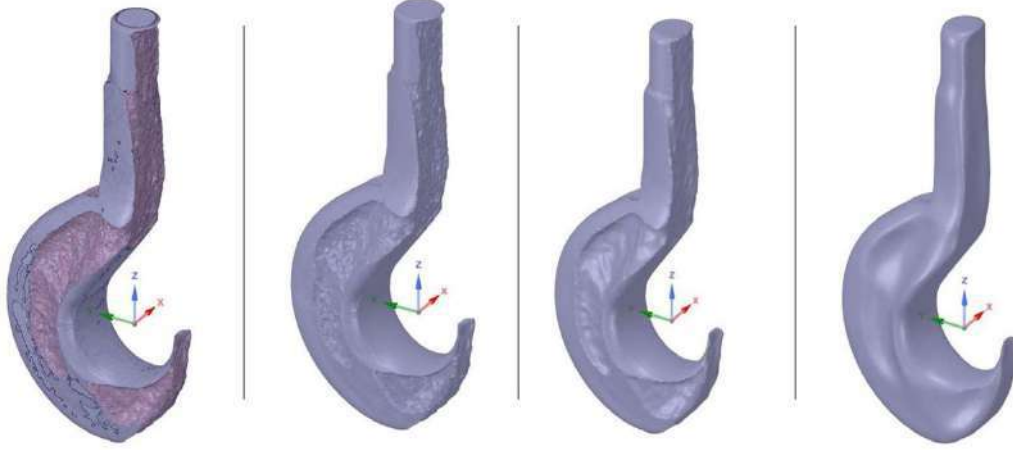
Bu çalışmada yapısal analiz sonuçlarını optimum düzeyde sağlamak amacıyla küçük mesh yapısı kullanılmıştır. Daha fazla malzeme eksiltilmesi yapabilmek için mesh yapısının büyütülmesi gerekmektedir. Fakat bu durum yapısal analiz sonuçlarında sapma yaratabileceği gibi hassasiyeti azaltacağından tercih edilmemiştir. Bu durumlar sonucunda yapılabilecek en ideal malzeme eksiltilmesi değeri %30 seçilip topoloji optimizasyonu vinç kancasına uygulanmıştır.



Şekil 5. Vinç kancasının topoloji optimizasyonu sonrası geometri ve mesh geometri görünümü

### 3.3. Topoloji Optimizasyonu Uygulanan Vinç Kancasının Tasarımsal Düzenlemeleri

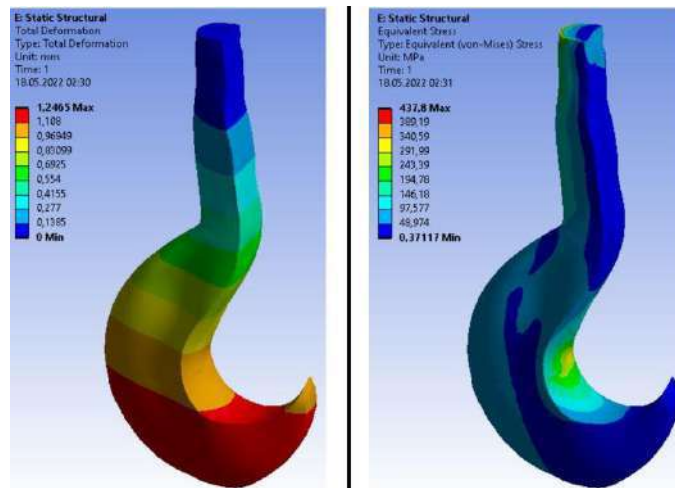
Bu kısımda vinç kancasının topoloji optimizasyon sonrasında yüzey ve yapı düzenlemeleri gerçekleştirilmiştir. Düzenlemeler yapılırken yapısal analiz sonuçlarının karşılaştırılacağı göz önüne alınarak ve çalışmanın sonuçlarının doğruluğundan sapmaması için analiz programının sonuç olarak vermiş olduğu yapının olabildiğince korunup sadece gerekli yerlerde düzenlemelerin yapılmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 6. Topoloji optimizasyonu sonrası yapıdaki iyileştirme aşamaları

### 3.4. Topoloji Optimizasyonu Yapılan Vinç Kancasının Yapısal Analizi

Bu aşamada yapısal analizi doğru bir şekilde yapabilmek için vinç kancasına topoloji optimizasyonu yapmadan önceki durumunda hangi yüzeylerinden kuvvet ve mesnet etkileri uygulandıysa aynı değerdeki yüklemeler topoloji uygulanan vinç kancası için de yapılmıştır.



Şekil 7. Topoloji optimizasyonu yapılan vinç kancasının toplam deformasyon ve Von Mises gerilme sonuçları

Toplam deformasyon maksimum 1,2465 mm değerini göstermektedir. Bu sonuç yapılacak olan yüklemelerde bir problem yaratacak kadar büyük değildir. Von Mises gerilmesi ise maksimum 437.8 MPa’dır. Vinç kancasının malzemesinin akma dayanımı 990 MPa olduğundan ve maksimum Von Mises gerilme değeri bu değerin altında çıktığından dolayı topoloji optimizasyonu yapılan vinç kancası emniyetli bir Şekilde 8 Tonluk yüklemeyi kaldırabilecektir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada birçok piyasada kullanılan vinç kancaları ele alınmıştır. Standart lleri, kullanım yerleri, eşitleri, hangi malzemeden yapıldığı gibi konularda araştırmalar yapılıp bu konular hakkında bilgiler edinilmiştir. Vinç kancasının yapısal analizini uygulamak ve bu sonuçları görmek adına piyasada kullanılan analiz programlarından yararlanılmıştır. Vinç kancasına yapısal analiz uygulanıp analiz sonuçlarının tasarlanmış olan vinç kancasının optimum düzeyde tasarlandığı ve gerçek hayata geçirilebileceğine yönelik sonuçlar vermiştir. Akabinde vinç kancasına topoloji optimizasyonu uygulanarak kancada malzeme azaltılmasına gidilmiştir. Topoloji uygulanan kanca üzerinde yüzey ve yapısal düzenlemeler gerçekleştirilip topoloji optimizasyonu öncesindeki aynı Şartlar altında yapısal analiz uygulanmıştır. Bu analizin sonuçları doğru bir Şekilde topoloji optimizasyonun yapıldığını ve gerçek hayatta uygun imalat yöntemleri ile hayata geçirilebileceği yönünde geri dönüş sağlamıştır.

#### 5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Sarı, A., Nemutlu, . ‘‘Vinç Kancalarının Farklı Malzeme zellikleri ve Yükleme Kapasitelerine Göre Yorulma Dayanımlarının İncelenmesi’’, Araştırma Makalesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bingl Üniversitesi, (2020).
- [2] Aydın, Ő., S., ‘‘Yolcu Koltuğu Ayağının Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Optimizasyonu’’, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, (2018)
- [3] S, K, Lakshmana., Moorthy, B, Prakash. ‘‘Design and Analysis of Crane Hooks of Different Cross Sections Made of Hardened-Tempered Alloy Steel AISI 6150 and AISI 4140’’, (2020).
- [4] Kkc, İ. ‘‘Kule Vinci Tasarımı ve Analizi’’, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, (2015).
- [5] Onur, Y. ‘‘Bilgisayar Destekli Yük Kancası Modellenmesi ve Gerilme Analizi’’, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, (2018).



## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium

1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

### BİR YÜK GEMİSİ AMBAR KAPAĞI İÇİN HİDROLİK DEVRE TASARIMI VE SİMÜLASYONU

Rohat ÖZTÜRK<sup>1,\*</sup>, Metin TORUK<sup>1</sup>, Halit ARAT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya-Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [rohat.ozturk@ogr.dpu.edu.tr](mailto:rohat.ozturk@ogr.dpu.edu.tr)

#### ÖZET

Her geçen gün artan dünya nüfusuna bağlı olarak ülkeler arası ticaret hacmi yükselmekte ve dünyanın herhangi bir bölgesinde üretilen malların tüketiciye ulaştırılmasında çok farklı taşımacılık sektörleri kullanılmaktadır. Dünya ticaretinin büyük bir bölümünü oluşturan denizcilik sektörü artan taleplere hızlı cevap verebilmek için gemilerin limanlarda bulunma sürelerini kısaltmayı ve limanda ürün istifleme alanlarını arttırmayı hedeflemektedirler. Klasik bir gemi ambar kapağı, gemi üzerinde veya limanda bulunan bir vinç ile yerinden alınmakta ve limanda uygun bir bölüme istiflenmektedir. Yük tahliye veya yükleme işlemi yapıldıktan sonra aynı sistem tekrar ederek kapak yerine yerleştirilmektedir. Bu sisteme sahip ambar kapakları hem limanda yer kaplamakta hem de operasyon süresini uzatmaktadır. Bu süreyi kısaltmak amacıyla gemi ambar kapaklarında hidrolik sistemin kullanılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada bir yük gemisi ambar kapağının hidrolik devre tasarımı yapılmış ve FluidSIM-H demo yazılımı kullanılarak devre simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Ambar kapağının açılıp kapanması işleminin yapılabilmesi için elektrik motoru, çift etkili hidrolik piston, yön kontrol valfi, manometre, yüksek basınç hidrolik hortumu ve yağ tankı gibi temel ve yan parçaların hepsinin bir arada sistemsel bir şekilde çalışması gerekmektedir. Ambar kapağının devresinde kullanılacak olan pompanın debisi ve çalışma basıncı sırasıyla 37 lt/dak ve 260 bar olarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu, ambar kapağının açılma hızı ve açılma süresi sırasıyla 0,245 m/s ve 8,16 s olarak bulunmuştur.

**Kelimeler:** FluidSIM-H., Gemi ambar kapağı, Hidrolik devre tasarımı, Simülasyon.

### HYDRAULIC CIRCUIT DESIGN AND SIMULATION FOR A SHIP CARGO HATCH COVER

#### ABSTRACT

Due to the increasing world population, the volume of trade between countries is increasing and many different transportation sectors are used to deliver the goods produced in any part of the world to the consumer. The maritime industry, which constitutes a large part of the world trade, aims to shorten the stay of ships at ports and to increase product stowage areas in ports in order to respond quickly to increasing demands. A conventional ship hatch cover is removed by a crane on the ship or in the port and stacked in a suitable section in the port. After the load is discharged or loaded, the same system is re-operated, and the hatch cover is moved in its place. The hatch covers with this system both take up space in the port and prolong the operation time. In order to shorten this period, it is important to use the hydraulic system in ship hatch covers. In this study, hydraulic circuit design of a ship cargo hatch cover was implemented, and circuit simulation was performed using FluidSIM-H demo software. In order for the hatch cover to be opened and closed, the basic and side parts such as the electric motor, double-acting hydraulic piston, directional control valve, manometer, high pressure hydraulic hose and oil tank must all work together in a systematic way. The volume flow rate and operating pressure of the pump to be used in the hatch cover circuit were determined as 37 lt/min and 260 bar, respectively. As a result of the calculations, the opening speed and opening time of the hatch cover were found to be 0.245 m/s and 8.16 s, respectively.

**Keywords:** FluidSIM-H, Ship hatch cover, Hydraulic circuit design, Simulation.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günden güne artan dünya nüfusuna bağlı olarak ülkeler arası ticaret hacmi yükselmekte ve dünyanın herhangi bir bölgesinde üretilen malların tüketiciye ulaştırılmasında çok farklı taşımacılık sektörleri kullanılmaktadır. Dünya ticaretinin büyük bir bölümünü oluşturan denizcilik sektörü de artan taleplere hızlı cevap vermek adına operasyon sürelerinin kısaltılmasına yönelik çalışmalar yürütülmektedir [1-2]. Bu amaçla gemilerin limanlarda bulunma sürelerini kısaltmayı ve limanda ürün istifleme alanlarını arttırmayı hedeflemektedirler.

Klasik bir gemi ambar kapağı, gemi üzerinde veya limanda bulunan bir vinç ile yerinden alınmakta ve limanda uygun bir bölüme istiflenmektedir. Yük tahliye veya yükleme işlemi yapıldıktan sonra aynı sistem tekrar ederek kapak yerine yerleştirilmektedir. Bu sisteme sahip ambar kapakları hem limanda yer kaplamakta hem de operasyon süresini uzatmaktadır. Bu süreyi kısaltmak amacıyla gemi ambar kapaklarında hidrolik sistemin kullanılması önem arz etmektedir [3].

Geçmişten günümüze doğru uygarlıkların yerleşim yerleri incelendiği zaman hemen hemen hepsinin suyun olduğu bölgelere yerleştiği görülmektedir. Su, canlı yaşamının temelini oluşturmasının yanı sıra gücün de sahibidir. İsminin kökenini Yunanca'dan alan hidrolik kelimesi: Yunanca su anlamına gelen "hydro" ile boru anlamına gelen "aulis" kelimelerinin birleştirilmesi ile türetilmiştir. Hidrolik sistemler: bir sistemi harekete geçirmek, hareket halindeki bir sistemi yavaşlatmak veya durdurmak, elektrik elde etmek, baraj kapaklarını açıp kapatmak, bir kamyonun damperini kaldırmak veya ekskavatörün kazı işlemini yapmasını sağlamak gibi inşaat sektöründen otomotiv sektörüne, denizcilik sektöründen elektrik üretim sektörü gibi sayısız sektörde kullanılmaktadır. Günümüzde ufak bir krikodan devasa boyutlara ulaşan kriko sistemlerine 5-10 kg ağırlıktan tonlarca ağırlığa kadar yük kaldıracak hidrolik sistemlerinin temelini Pascal prensibi oluşturmaktadır. Blaise Pascal kendi soyadını verdiği prensibini "Kapalı bir kapta bulunan bir sıvıya kuvvet uygulandığı zaman bu kuvvet kabın her noktasına eşit olarak iletilir." Şeklinde tanımlamaktadır ve 'basınç = kuvvet \* kuvvetin uygulandığı kesit alanı' olarak da formüle etmektedir [4-5].

Bu çalışmada bir yük gemisi ambar kapağının hidrolik devre tasarımı yapılmış ve FluidSIM-H demo yazılımı kullanılarak devre simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (MATERIALS AND METHOD)

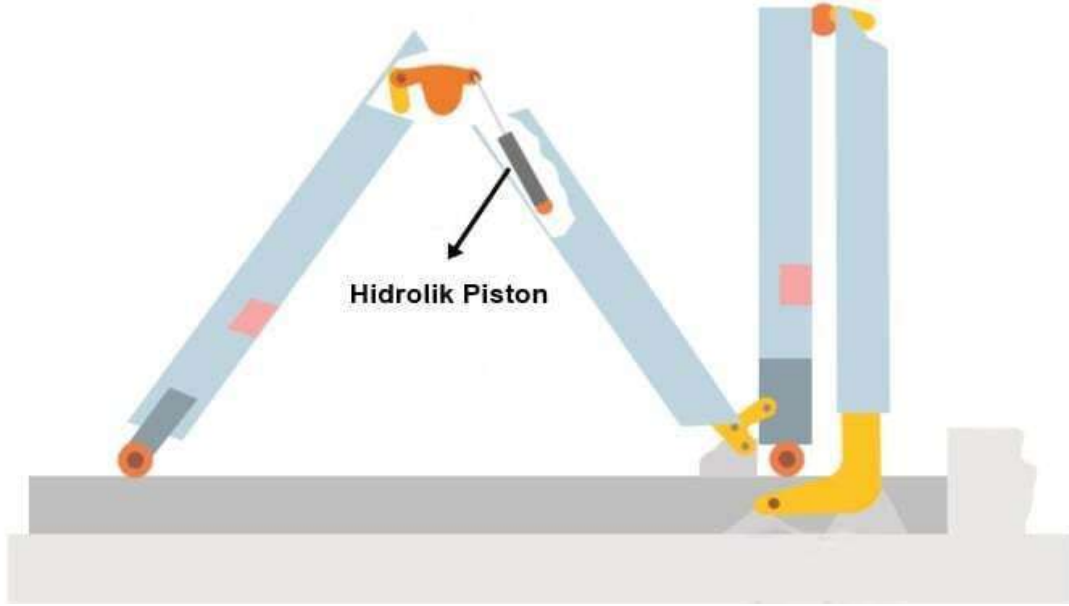
Ambar kapakları gemi ambarında bulunan yükün olumsuz olabilecek dış ortam deniz şartlarından koruyarak yükün güvenli bir şekilde taşınmasını sağlar. Ambar kapaklar gemilerin taşınmasını planladığı yükün tipine, geminin boyutlarına ve ambar sayısına göre farklı birçok kriter göz önüne alınarak hemen hemen her gemiye özel olarak mühendisler tarafından tasarlanmaktadır. Genellikle dökme tip yük taşıyan gemilerde bulunan hidrolik olarak açılıp kapanan ambar kapakları gemilerin açık güvertesinde bulunur. Açılma yönleri genellikle iki şekilde olmaktadır. Bunlar: ilk olarak baş ve kıç yönünde toplanan ambar kapakları ve iskele-sancak (sol-sağ) yönünde açılan ambar kapaklarıdır [6].



Şekil 1. Ambar kapakları (Hatch covers) [6].

## 2.1 Hidrolik Devre Tasarımı (Hydraulic Circuit Design)

Ambar kapağının açılıp kapanması işleminin yapılabilmesi için elektrik motoru, çift etkili hidrolik piston, yön kontrol valfi, manometre, yüksek basınç hidrolik hortumu ve yağ tankı gibi temel ve yan parçaların hepsinin bir arada sistemsal bir şekilde çalışması gerekir. Sistemin çalışma prensibi şu şekildedir: Elektrik motoru ile tahrik edilen bir pompa tankta bulunan yağı sisteme basmaktadır. Tankta bulunan yağ pompadan geçmeden önce uygun bir filtre ile filtreleme işlemi yapılır bunun nedeni yap içinde istenmeyen sisteme direkt zarar verebilecek veya sistemin verimini düşürebilecek her türlü yabancı maddelerin sisteme girişini engellemek için yapılır. Filtreden geçen yağ pompa ile istenilen basınca ulaştıktan sonra yön kontrol valfi ile pistonu kapalı konumundan açık konuma getirmek pistonun ileri yönlü hareketini sağlar. Bu sistemin hidrolik devre çalışma prensibi Şekil 2’de verilmiştir.

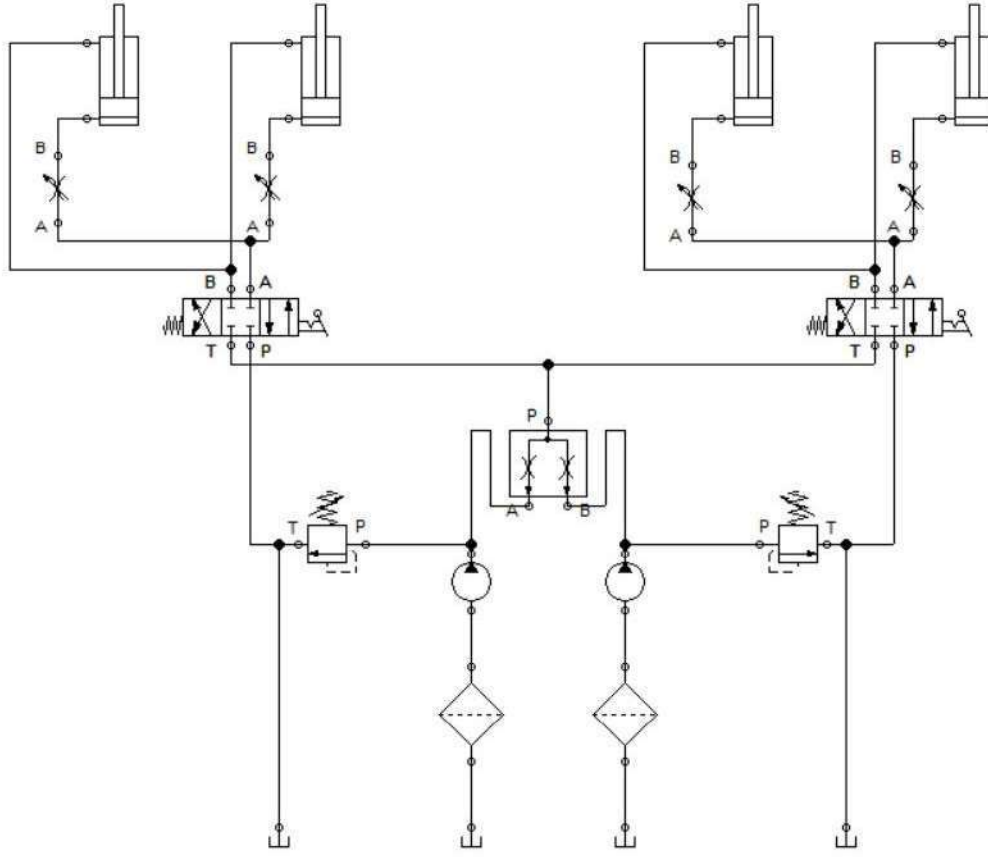


Şekil 2. Ambar kapağı hidrolik devre çalışma prensibi (Hatch cover hydraulic circuit working principle) [7].

Aynı şekilde açık olan ambar kapağının kapatılması işlemi yön kontrol valfinin konumunun değiştirilmesi ile gerçekleştirilir. Akışkan aynı pompa ile sisteme gönderildiği için bu sistemde debi sabittir. Yönü değişen akışkan bu sefer pistonu kapatma yönünde hareketini sağlayarak ambar kapağının kapatılmasını sağlar. Tasarımı gerçekleştirilen ve şemasının FluidSIM-H demo yazılımında oluşturulan hidrolik devre Şekil 3’te verilmiştir.

Şekil 3’te verilen hidrolik devrede kullanılan devre elemanları aşağıda verilmiştir.

- Her bir ambar kapağı için 2 adet çift etkili silindir. (İki kapak için toplamda 4 adet piston)
- Her iki piston için 1 adet 4/3 elle kontrollü yön kontrol valfi (İki kapak için toplamda 2 adet)
- Sistem için toplamda iki adet Bosch Rexroth marka A10VO Series 52 pompa
- 2 adet elektrik motoru
- 280 bar ayarlı basınç sınırlandırma valfi
- Yağ filtrelemesi için filtreler
- Her bir motoru besleyen toplamda 2 adet yağ tankı
- Çek valfler
- Manometreler



Şekil 3. FluidSIM-H demo yazılımında oluşturulan hidrolik devre şeması (Hydraulic circuit diagram created in FluidSIM-H demo software).

## 2.2 Sayısal Hesaplamalar (Numerical Calculations)

Ambar kapağının devresinde kullanılacak olan pompanın debisi, çalışma basıncı ve basınç sınırlandırma bar değeri sırasıyla 37 litre/dakika debi, 260 bar çalışma basıncı ve 280 bar basınç sınırlandırma değeri olarak belirlenmiştir. Bu değerlere bağlı olarak sistemde kullanılması planlanan pompa Şekil 4'te verilen Bosch Rexroth marka A10VO Series 52 olarak belirlenmiştir. Sistemde iki adet pompa kullanılacaktır.



Şekil 4. A10VO Series 52 görseli (A10VO Series 52 pump image) [8].

Sistemin debi hesabı:

$$Q = 74 \frac{lt}{dak} \cdot \frac{1 dak}{60 s} \cdot \frac{1 m^3}{1000 lt} = 1,23 \times 10^{-3} m^3/s \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de hesaplanan değer sistemin toplam debisi olup sistemde kullanılan dört adet hidrolik pistonu eşit olarak dağıtılmaktadır. Basınç değerleri ve çap hesabı:

$$P_{max} = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi D^2}{4}} \quad (2)$$

Burada  $D$  ifadesi silindir çapını metre biriminden ifade etmektedir ve bilinmeyen sadece bu birimdir.  $P_{max} = 280$  bar (sistem öncesi belirlenen maksimum basınç değeri). Gerekli işlemler yapılarak silindir çapı hesaplanır. Kapağın açılış hızı hesabı:

$$Q = V \cdot A = V \cdot \frac{\pi D^2}{4} \quad (3)$$

Burada  $V$  ambar kapağının açılış hızıdır. Bilinen debi ve silindir alanı değerleri yerine yazıldıktan sonra gerekli matematik işlemleri yapılarak hız hesaplanır. Kapak açılma süresinin hesabı:

$$V = \frac{S}{t} \quad (4)$$

Burada  $t$  kapak açılma süresini saniye biriminden ifade etmektedir. Kapak açılma hızı ( $V$ ) ve strok uzunluğu ( $S$ ) değerleri yerine yazılıp hesaplama yapılarak  $t$  süresi bulunur.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışmada bir yük gemisi ambar kapağının hidrolik devre tasarımı yapılmış ve FluidSIM-H demo yazılımı kullanılarak devre simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonrası silindir çapı yaklaşık olarak 35 mm bulunmuştur fakat bu çap değerine sahip silindirler sistem istenenlerini tam olarak karşılamakta yetersiz kalması üzerine bir üst katalog değerleri tercih edilmiştir. Sistemin 260-280 bar çalışma aralıklarını karşılayan ve Şekil 5'te gösterilen Bosch Rexroth silindir kataloğundan H3 serisi (CDH3), 3X bileşen serisine sahip silindir tercihi bulunulmuştur. Bu tercihe göre piston çapı 40 mm olan silindir sistemde kullanılmıştır [9]



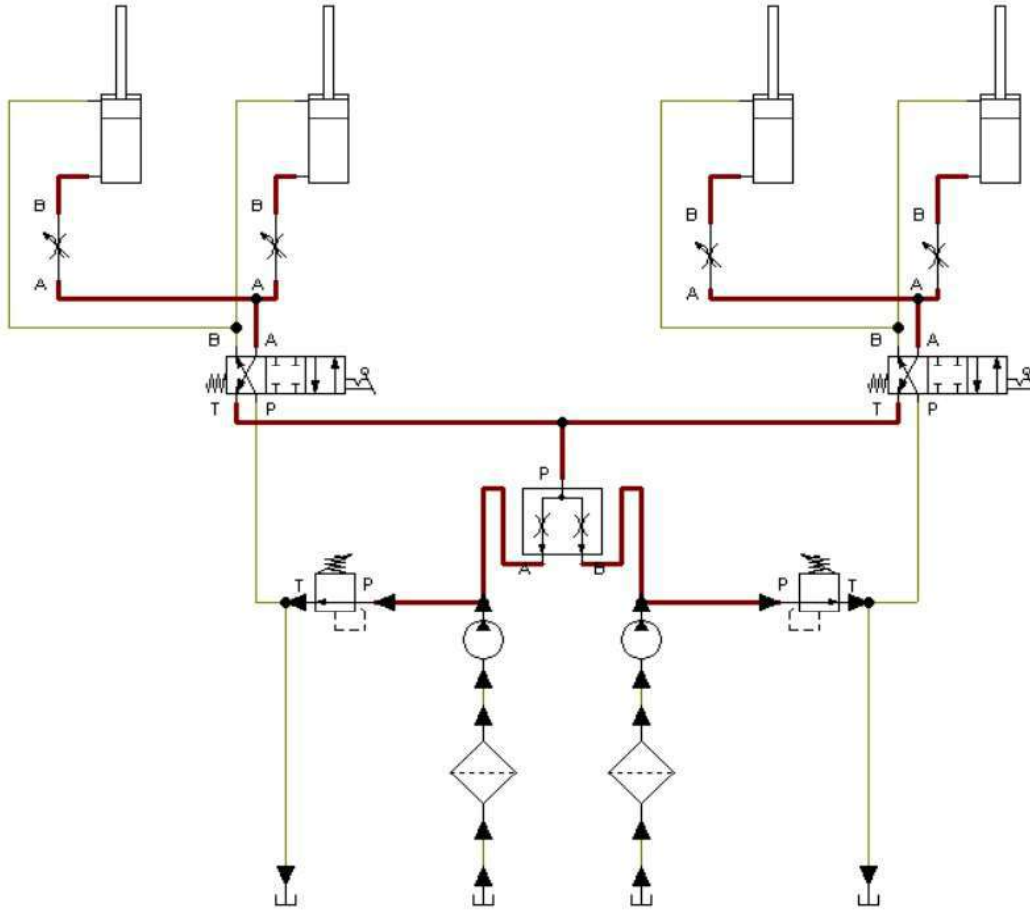
Şekil 5. CDH3- 3X piston görseli (CDH3- 3X piston image) [9].



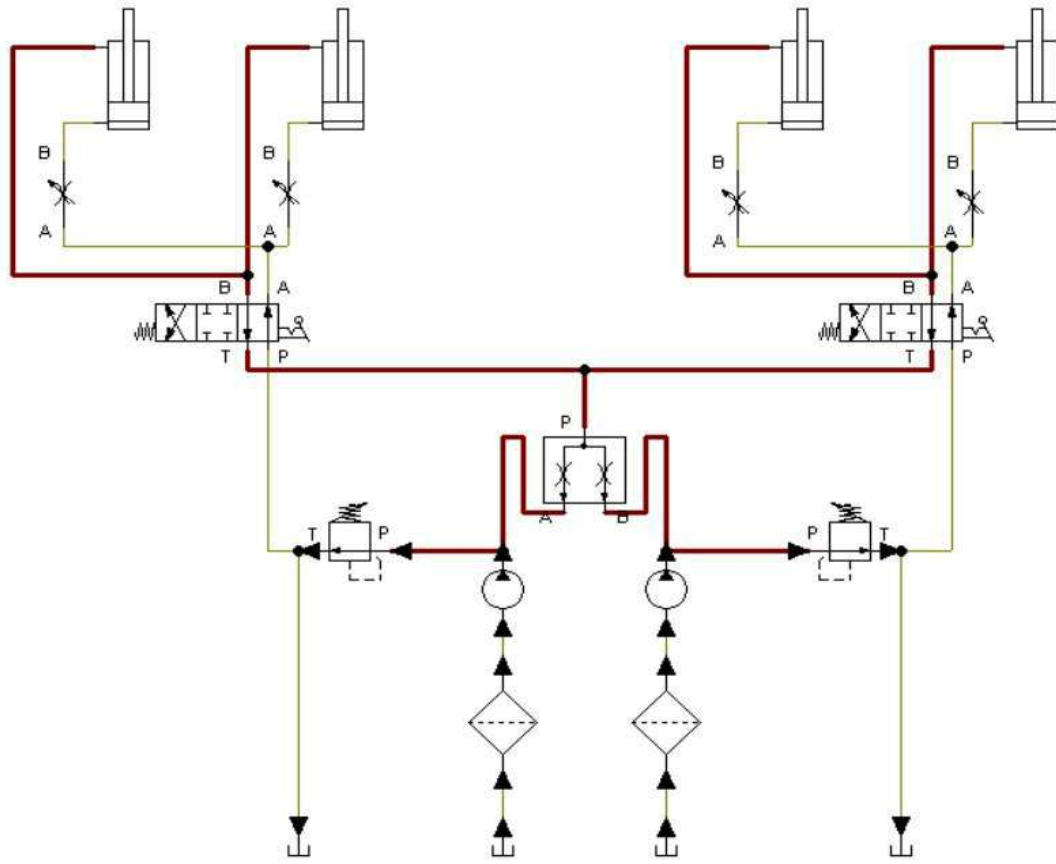
Tablo 1. Tasarımı yapılan hidrolik devreye ait sayısal hesaplama sonuçları (Numerical calculation results of the designed hydraulic circuit).

Parametre	Değer
# Sistemin Debisi	0,00123 m <sup>3</sup> /s
# Bir Piston Debisi	0,00031 m <sup>3</sup> /s
# Piston Kol Çapı	28 mm
# Piston Çapı	40 mm
# Piston Strok Boyu	2000 mm
# Kapak Açılma Hızı	0,245 m/s
# Kapak Açılma Süresi	8,16 s
# Nominal Çalışma Basıncı	350 bar

Tasarımı yapılan hidrolik devreye ait sayısal hesaplama sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. FluidSIM-H demo yazılımında tasarımı yapılan devrenin, gemi ambar kapağının açık ve kapalı olduğu durumdaki simülasyon görüntüleri sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 6. Gemi ambar kapağının açık olduğu durumdaki hidrolik devrenin simülasyonu (Simulation of the hydraulic circuit with the hatch of the ship opened).



Şekil 7. Gemi ambar kapağının kapalı olduğu durumdaki hidrolik devrenin simülasyonu (Simulation of the hydraulic circuit with the hatch of the ship closed).

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Günümüzde nüfusun artması ile dünya genelinde tüketimin de hızlı bir şekilde ivmelendiği görülmektedir. Canlılar için temel ihtiyaçtan konfor ihtiyaçlarını karşılamaları için gerekli olan hemen hemen her şey üretiminin neresi olduğuna bakılmaksızın deniz yolu ile limanı olan her bölgeye taşınabilmektedir. Artan taleplere hızlı cevap verebilmek için arayış içine giren denizcilik firmaları yük alımı ve yük tahliye edilme sürelerinin kısaltılması talepleri gemilerde tasarım değişikliğine gitmeye zorlamıştır. Bu süreyi kısaltmak amacıyla gemi ambar kapaklarında hidrolik sistemin kullanılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada bir yük gemisi ambar kapağının hidrolik devre tasarımı yapılmış ve FluidSIM-H demo yazılımı kullanılarak devre simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

Ambar kapağının devresinde kullanılacak olan pompanın debisi ve çalışma basıncı sırasıyla 37 lt/dak ve 260 bar olarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu, ambar kapağının açılma hızı ve açılma süresi sırasıyla 0,245 m/s ve 8,16 s olarak bulunmuştur. Günümüzde çeşitli gemi ambarı kapağı kullanılıyor olsa da hem zamandan tasarruf hem alandan tasarruf konusunda hidrolik sisteme sahip ambar kapakları ön plan çıkmaktadır.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Fabiano, B., Currò, F., Reverberi, A. P., & Pastorino, R. (2005). "Dangerous good transportation by road: from risk analysis to emergency planning." *Journal of Loss Prevention in the process industries*, 18(4-6), 403-413.

- [2] Christiansen, M., Fagerholt, K., Nygreen, B., & Ronen, D. (2007). *Maritime transportation - Handbooks in operations research and management science*, 14, 189-284.
- [3] Esmer, S., (2019). “Yük elleçleme operasyonları ve operasyon verimliliği.” *Liman ve Terminal Yönetimi Bölüm 6*, Anadolu Üniversitesi Yayını.
- [4] Karaca, C., Dengiz, C. G., & Yıldızlı, K. (2017). “Boru bükme ve delme tezgahı hidrolik devre tasarımı ve simülasyonu.” *VIII. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi*, 22-25 Kasım 2017. İzmir-Türkiye.
- [5] Pascal Prensibi. <https://www.makinaegitimi.com/pascal-prensibi-nedir/> Erişim: Haziran 2022.
- [6] Gemi Yapımı. Kaporta ve ambar kapakları imalatı. [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Kaporta%20Ve%20Ambar%20Kapaklar%C4%B1%20%C4%B0malat%C4%B1.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kaporta%20Ve%20Ambar%20Kapaklar%C4%B1%20%C4%B0malat%C4%B1.pdf) Erişim: Haziran 2022.
- [7] Gemi ambar kapakları ve çeşitleri. <https://www.denizcilikbilgileri.com/gemi-ambar-kapaklari-ve-cesitleri/> Erişim: Haziran 2022.
- [8] Bosch Rexroth A10VO-52 Pompa. [Media Directory Search | Bosch Rexroth AG](#) Erişim: Haziran 2022.
- [9] Bosch Rexroth H3 CDH3-3X Hidrolik Silindir [HYDRAULIC CYLINDER | R900999031 | Bosch Rexroth](#) Erişim: Haziran 2022.



## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium 1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

# ÇOK EKSENLİ ROBOT KOL TASARIMI VE TOPOLOJİ OPTİMİZASYONU

Uğur ES<sup>1,\*</sup>, Oğuzhan MAVIŞ<sup>2</sup> Ahmet DAYANÇ<sup>3</sup>, Feridun KARAKOÇ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Uğur ES, Makina Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Oğuzhan MAVIŞ, Makina Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

<sup>3</sup>Ahmet DAYANÇ, Makina Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

<sup>4</sup>Feridun KARAKOÇ Makina Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [ugur.es@ogr.dpu.edu.tr](mailto:ugur.es@ogr.dpu.edu.tr)

## ÖZET

Son yıllarda bilgisayar destekli mühendislik yöntemleri, bilgisayar donanımlarının ve mühendislik yazılımlarının her açıdan gelişimiyle sanayinin pek çok dalında geniş yer tutmaya başlamıştır. Bu yöntemler tasarım ve analiz aşamasında harcanan zamanı kısaltmakta, tasarım parametrelerinin hızlı bir şekilde değiştirilmesini ve kontrolünü sağlamakta, tasarımcıya her açıdan esneklik kazandırmaktadır. Yapılan çalışmalar yardımıyla tasarımın optimize edilerek daha da verimli şekilde çalışması sağlanabilir. Bu çalışmada CATIA V5 programı kullanılarak çok eksenli robot kol tasarımı yapılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde CATIA V5 programı kullanılarak tasarımı yapılan çok eksenli robot kola kinematik analiz yapılmış, hareket ataması yapılmış robot kola hız ve ivme analizleri de program aracılığıyla yapılarak ilgili rapora koyulmuştur. Çalışmanın ikinci bölümünde çok eksenli robot kolda kritik olarak görülen parçalara uygun sınır şartları vererek sonlu elemanlar modeli oluşturulmuş, statik yüklemeye karşılık gelen uzamalar da analiz edilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde, parçayı hafifletmek ve hareket kabiliyetini iyileştirmek için spesifik parçalara, belirli sınır şartları ve kısıtlamalar için sayısal bir fonksiyon oluşturularak, kullanılan malzeme miktarını en aza indirmek için ANSYS 2021 R2 programı ile topoloji optimizasyonu yapılmıştır.

**Kelimeler:** Robot Kol, CATIA V5 R21, ANSYS 2021 R2, Topoloji Optimizasyonu, Bilgisayar Destekli Tasarım ve Analiz

## MULTI-AXIS ROBOT ARM DESIGN AND TOPOLOGY OPTIMIZATION

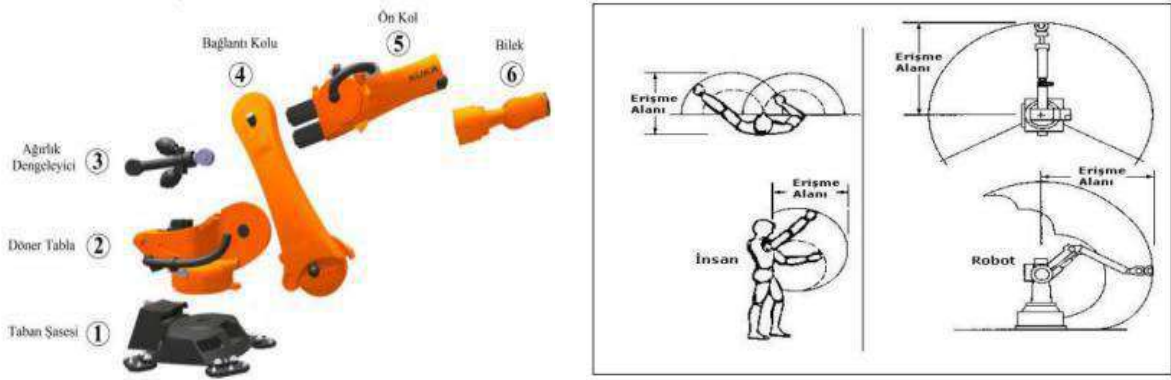
### ABSTRACT

In recent years, computer aided engineering methods have started to take a large place in many branches of industry with the development of computer hardware and engineering software in various aspects. These methods shorten time spending in design and analysis phase, enable changes design parameters rapidly, give control capability of them and provide flexibility to the designer in every aspect. With the help of the studies, designs can be optimized, so they can be more efficiently. In this study, a multi-axis robot arm was designed through the CATIA V5 program. In the first part of the study, kinematic analysis performed on the multi-axis robot arm design via the CATIA V5 program. Robot arm which has assigned motion property has speed and acceleration analyzes that also included in the related report in this article via the catia program. In the second part of the study, the finite element model created with the execution of appropriate boundary conditions on the parts which are considered as critical in the multi-axis robot arm and the elongations that relevant to the static loadings were analyzed. In the third part of the study, topology optimization applied on specific parts through the ANSYS 2021 R2 program to minimize the amount of material using by creating numerical function for certain boundary conditions and constraints on parts in order to lighten the part and improve its mobility.

**Keywords:** Robot Arm, CATIA V5 R21, ANSYS 2021 R2, Topology Optimization, Computer Aided Design and Analysis

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Endüstriyel robotlar, belirli sayıda eksene ve uzva sahip, dönel ve/veya kayar eklemler ve bu eklemleri hareketlendiren aktüatörleri sayesinde önceden programlanarak öğretilen yörüngeleri tekrarlanabilir bir biçimde takip eden, son uzvuna bağlı bir uç işlevci vasıtasıyla parça, malzeme ve iş takımı gibi nesnelere taşıyarak endüstride iş yapan makineler şeklinde tanımlanabilir [1]. İngiliz Robot Birliği (BRA) ve Japon Endüstriyel Robot Birliği (JIRA) gibi ulusal robotik birliklerinin yayınladığı resmi robot tanımları, çoğunlukla endüstriyel robotların tanımıdır. Robot sistemlerin endüstri alanlarında kullanılmalarıyla ilgili olarak robot tanımı, Amerikan Robot Enstitüsü (RIA) tarafından şu şekilde yapılmıştır. "Robot, çeşitli görevleri yapmak amacıyla değişik şekillerde programlanmış hareketlerle; nesnelere, gereçlerin ya da özel düzeneklerin taşınması için tasarlanmış çok işlevli bir manipülatördür. Robot teknolojilerinin en popüler alt sınıflarından biri de robot kollarıdır. Günümüzde hemen hemen her fabrikanın üretim bandında, robot kollar insanların yerini almıştır ve almaya da devam edecektir. Robot kollar ilk başlarda insan gücünün yetmediği yerlerde yardımcı eleman olarak kullanılırken gün geçtikçe insan gücüne ihtiyaç duymadan kendiliğinden çalışır hale getirilmiştir. Robotik sistemler; Mekatronik Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Elektrik-Elektronik Mühendisliği ve Bilgisayar Mühendisliğinin iş birliği sonucu oluşmuştur.



Şekil 1.1. (Manipülatörün temel bileşenleri a.) (İnsan kolu ile mafsallı robotun çalışma alanları arasındaki benzerlik b.)

Robot teknolojilerinin popüler alt sınıflarından biri robot kollarıdır. Günümüzde hemen hemen her fabrikanın üretiminde, robot kolları yerini almıştır ve gelecekte daha çok kullanım olanağı bulacağı tartışılmaz bir gerçektir. Robot kolunun yetişebileceği toplam alana, çalışma alanı denir. Bu mafsallı robot kollar, insan fizyolojisinden esinlenerek tasarlanmışlardır. Bu yüzden mafsallı bir robot kolunun çalışma alanı ile bir insan kolunun çalışma alanı arasındaki benzerlik, Şekil 1.1.b.'de görülmektedir. İnsan kolunun esnekliği göz önünde bulundurularak bu tip bir çalışma için en uygun robot kolun, mafsallı robot kol olduğu kanısına varılmıştır.

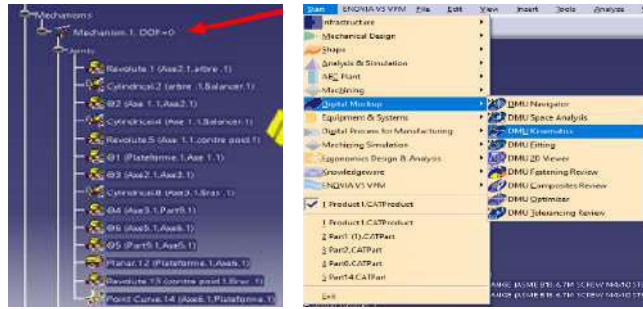
## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

Üç boyutlu tasarım programları, makine tasarlamının vazgeçilmez araçlarıdır. CATIA programının geniş kütüphane desteği ve dokümanların temin edilebilirliği sebebiyle, bu projede kullanılması tercih edilmiştir. Çalışmanın ilk kısmında, robot kolların çalışma alanları belirlenmiş ve bugüne kadar yapılmış robot kolları incelenerek, hareket kabiliyetleri ve maliyet düşüklüğü de ön planda tutularak mevcut tasarım ortaya çıkmıştır. Robot kolun parça tasarımları, CATIA programı V5 R21 sürümünde yapılmıştır. CATIA programının Mechanical Design kısmı ve Part Design modülünde oluşturulmuştur. Parça çizimleri tamamlandıktan sonra Mechanical Design'daki Assembly Design modülünde tek tek parçalar çağırılarak Şekil 2' deki gibi tam montajı yapılmıştır.



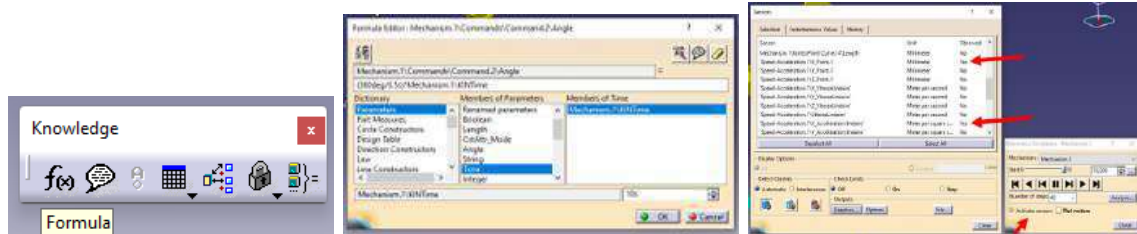
Şekli 2.1. Robot kol montajının 3D render görüntüsü

Kinematik analiz, mevcut mekanizmanın konum, hız ve ivme gibi kinematik parametrelerinin elde edilmesidir. Kinematik analiz, mekanizmaların dinamik analizi için ilk basamak teşkil ettiği gibi, mekanizmaların sentezi için de temel teşkil eder [2]. Parça modellemesinin tamamlanmasıyla da montajı yapılır. Ardından, ilgili montaj atamalarının doğru yapılması koşuluyla, jointler oluşturularak modellemeye hareket verilir.



Şekil 2.2 (Mechanism.1 DOF=0 gösterimi a.) (CATIA DMU Kinematics modül gösterimi b.)

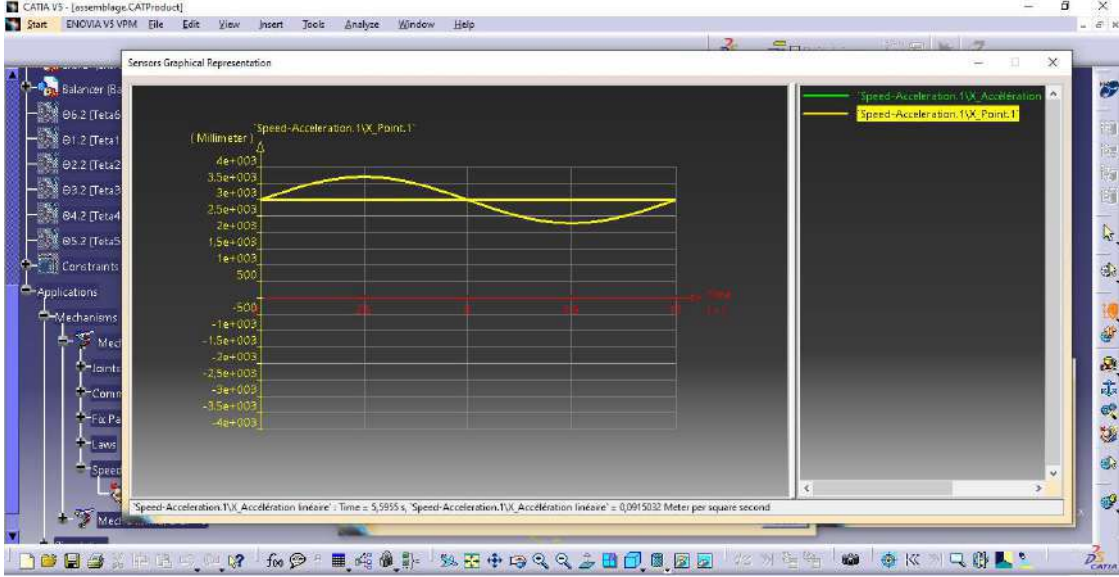
Tasarımı ve montajı tamamlanan modelin kinematik analizi yapılabilmesi için, CATIA üzerinden şekil 2.2b. DMU Kinematics modülüne geçilmesi gerekir. Modül içerisinde modellenen parçaların montajının doğru yapılması halinde, montaj ilişkilerini ilgili kinematik jointlere dönüştürmeye yarayan "Assembly Constrains Conversion" butonuyla da tanımlamaların dönüşümü yapılır. Atamalar yapıldıktan sonra, serbestlik derecesi karşımıza çıkar (şekil 2.2a.). Atanmış jointlerden sonra serbestlik derecesi 6 olarak bulunmuştur ve ardından DOF=0 değeri elde edilmeye çalışılmıştır. DOF=0 olması durumunda "mechanism can be simulated" bilgisi görünür ve jointlerin doğruluğunu gösterir. Simülasyon işlemi bittikten sonra, hız ve ivme grafiğine bakılması gerekir. Bunun için "Mechanism.1" altındaki robot kolun tutamaç kısmının üzerinde bir noktadan, hız ve ivme grafiği verileri alınmıştır.



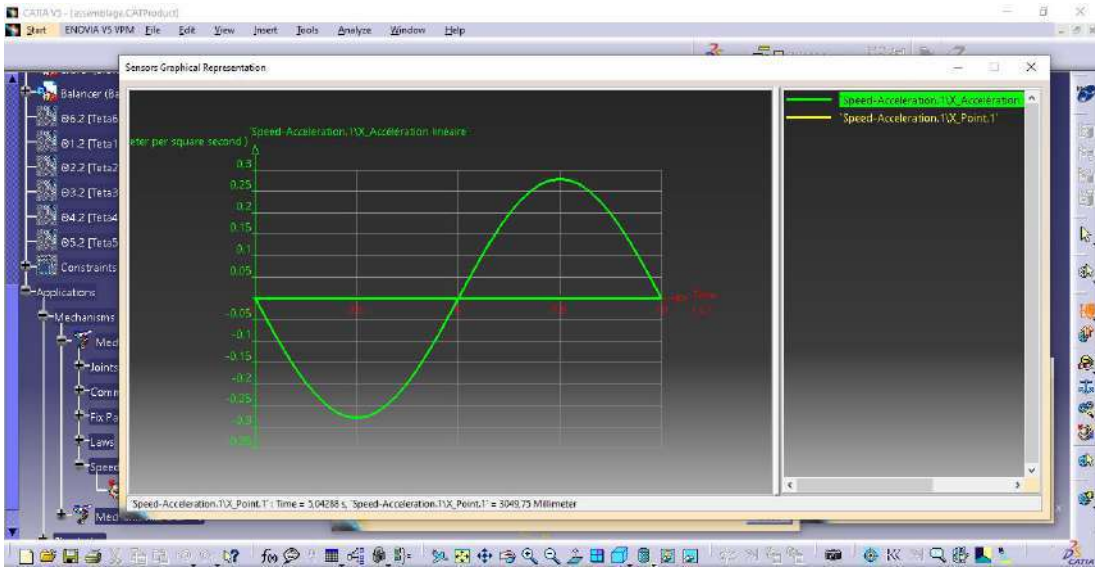
Şekil 2.3 (Knowledge modülünün gösterimi a.) ( Formül editör modülüne parametrelerin girilmesi b.) (Opsiyon aktif etme adımı c.)

Knowledge modülünün (şekil 2.3a.) içerisinde bulunan  $f(x)$  formula butonuna basılır ve ilgili sayfa açılır. Robot kolunun ilgili jointleri “mechanism.1/commands/commands.2/angle” parametresi içerisine “add formula” butonuna basılarak, (şekil 2.3b.) ilgili parametreye ilgili formülasyon girilir.

$(360\text{deg})/(0.5\text{s}) * (\text{Mechanism.1.KINTime})$  formülü girildikten sonra grafikler, hız ve ivme analizlerinin oluşabilmesi için “active sensors” kısmından (2.3c.), istenilen hız ve ivme grafikleri için speed ve acceleration opsiyonları aktif hale getirilmelidir.

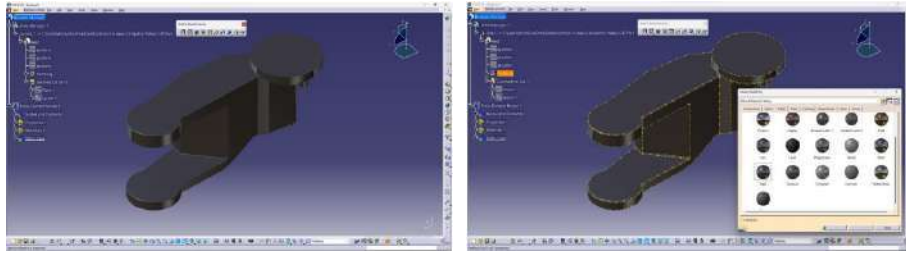


Şekil 2.4. Hız grafiği



Şekil 2.5. İvme grafiği

## 2.1 Malzemeler ve Hazırlama Teknikleri (Materials and Preparation Techniques)



Şekil 2.1.1 (CATIA part modülü a.) (CATIA part modülü malzeme seçimi)

Statik analiz, durağan haldeki sistemin analizidir. Burada ilk aşama olarak ürün geometrisi hazırlanır, düzenlenir ve gerekli hataları giderilerek analiz işlemi için temel adımlar atılır. Yapının malzeme modelleri oluşturulur. Sonrasında ise sonlu eleman ağı oluşturma işlemi olarak bilinen MESH işlemi yapılır. CATIA’ da statik analiz yapılırken, ilk olarak robot kol iş yaparken üzerine binen yüklerde yoğun zorlanmalara maruz kalan parçalar belirlenmiştir. Bu parçaların statik analizleri ve uzama miktarlarının analizleri yapılarak, değerleri ortaya konulmuştur. Bir parçanın statik analizini yapmak için ilk olarak analizi yapılacak parçanın (şekil 2.1.1a.) “Part” Modülünde açılmış olması gerekir. Analiz Modülünde çalışma yapabilmek için parçanın mutlaka malzeme özelliğinin de atanmış olması gerektiğinden “Part” Modülünde parçaya malzeme atayıp kaydetmeliyiz (şekil 2.1.1b.).



Şekil 2.1.2 (CATIA analiz & simulation, generative structure analiz nodülü a.) ( Mesh işlemi b.)

Part Modülünü kapatmadan Start Menüsünden Analiz & Simulation, Generative Structure Analiz Nodülüne girilir (şekil 2.1.2a.). Statik Analiz kısmı seçilerek Ok butonuna basılır. Parçamız artık analiz işlemi için hazır hale gelmiştir. Yapısal analiz sonuçlarının daha detaylı ve doğru olması için mesh boyutu, parçanın durumuna göre belirlenmelidir. Meshleme işlemi ne kadar detaylı olursa analiz işleminin süresi bir o kadar uzar fakat sonuçlar daha doğru ve detaylı olur.

Mesh işlemi (şekil 2.1.2b.) ayarları yapıldıktan sonra parçanın mekanizmadaki yeri ve bağlantı şekline göre mesnetlemek gerekmektedir. Mesnetleme işlemi “Clamp” komutu ile yapılmaktadır. 2. Eksene ait parçada mesnetleme yapılacak yüzey olarak bağlantı yeri olan alt dairesel yüzey seçilerek, mesnetleme yapılmıştır. Parçamızda herhangi bir analiz işlemi gerçekleştirmek için öncelikle parçayı sabitlemek gerekir. Bu işlem için genellikle yüzeysel temaslar veya bağlantılar kullanılır.

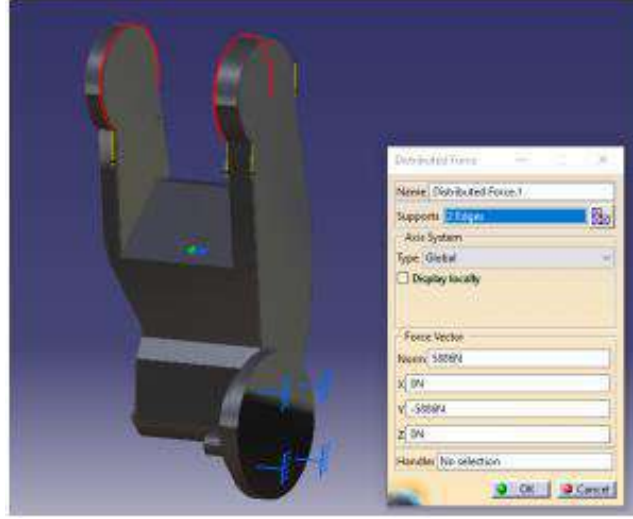


Şekil 2.1.3 (Clamp nodülü a.) (Kuvvet büyüklük ve yönleri b.)



Clamp komutu (şekil 2.1.3a.) ile mesnet seçilir. Seçilen yüzeye sembolik olarak kırmızı ile gösterilen mesnetler atanır. Mesnetler seçildikten sonra parçaya gelen kuvvetler belirtilir.

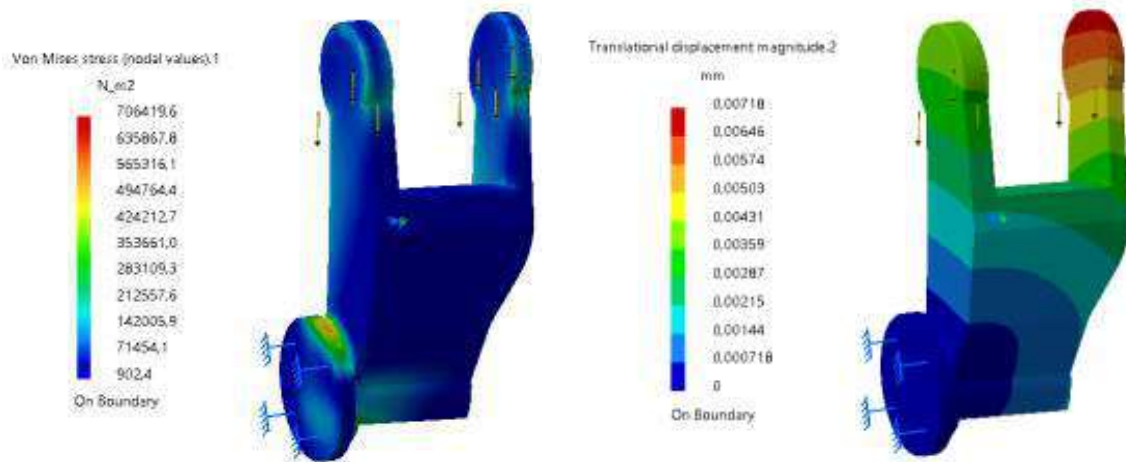
Distributed Force butonuna basılarak parçada belirtilen yere gelen kuvvetin büyüklük ve yönleri belirtilir (şekil 2.1.3b.). Mesnetleme işlemi yapıldıktan sonra parçanın mekanizmada çalıştığı yeri ve konumu dikkate alınarak 2. Eksenin kulak kısımlarına yayılı yük verilmiştir.



Şekil 2.1.4. 2. Eksene ait yayılı yük konum ve değerleri gösterilmiştir.

Tüm bilgilerin hesaplanması gereklidir. Compute butonuna basılarak hesaplama yapılır. Hesaplama seçenekleri, istenilen şekilde ayarlanabilir. Tüm elemanların hesaplanması için, All seçeneği seçilip OK butonuna tıklanmalıdır. Hesaplama işlemleri yapıldıktan sonra parça üzerindeki renk değişikliklerini ve renk değerlerini görebiliriz. Bu değerler bize Von-Mises Stress (Von-Mises gerilmeleri) ve Translational Displacement (Toplam Deformasyon) değerlerini göstermektedir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)



Şekil 3.1 (2. Eksene ait yapısal analiz sonuçları a.) (2. Eksene ait birim uzama miktarları b.)

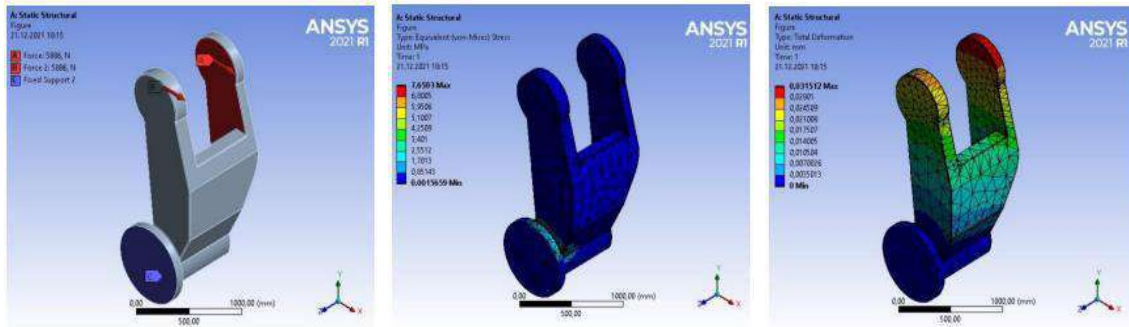
2. Eksene gelen kesme kuvvetleri, yapısal analiz sonucunda hesaplanmıştır ve analiz sonucuna göre hesaplanan yük değerlerinin, parçanın imal edilmiş olduğu malzemenin akma değerinin çok altında olduğu görülmüştür. Bu nedenle parçanın bu yükleme şartları altında, işlevini emniyetli bir şekilde yerine getireceği yani hasara uğramayacağı sonucuna varılmıştır (Şekil 3.1a.).

2. Eksene ait parçanın toplam deformasyonu  $\sigma_{em} = 5.10^{-4} * l$  formülü ile hesaplanabilir. Formüldeki l değeri 662mm olarak belirlenmiştir. Formül uygulanırsa  $\sigma_{em} = 5.10^{-4} * 662mm = 0.331 mm > 0.00718 mm$  olduğu için, deformasyon bakımından parça emniyetlidir. Hasara uğramaz Şekil 3.1b.).

Şekil 3.2. Çelik malzemesinin özellikleri

<b>ÇELİK MALZEMESİ ÖZELLİKLERİ</b>	
<b>posion oranı</b>	<b>0,266</b>
<b>yoğunluk</b>	<b>7860kg/m3</b>
<b>akma dayanımı</b>	<b>25 Mpa</b>

Boyut, şekil ve topoloji optimizasyonu, yapısal optimizasyon teknolojisinin asıl bileşenleridir. Yapılan araştırmalar sonucunda topoloji optimizasyonu sayesinde performansın önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Belirli bir tasarım alanı içerisindeki malzeme dağılımını, belirli bir yük ve sınır koşulları için optimize eden ve istenilen üretim hedefine ulaşmada büyük kolaylık sağlayan bir yaklaşımdır. Topoloji optimizasyonunu kullanmak, maliyetli tasarım denemelerini ortadan kaldırırken en iyi tasarıma ulaşılmasına olanak sağlar [3]. ANSYS 2021 R2 programında 2. eksene ait parçaya sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. İlgili yerlerden mesnet atanmıştır ve üzerine binen yüklerin büyüklükleri ve doğrultular programa girilerek, sonuçlar elde edilmiştir.

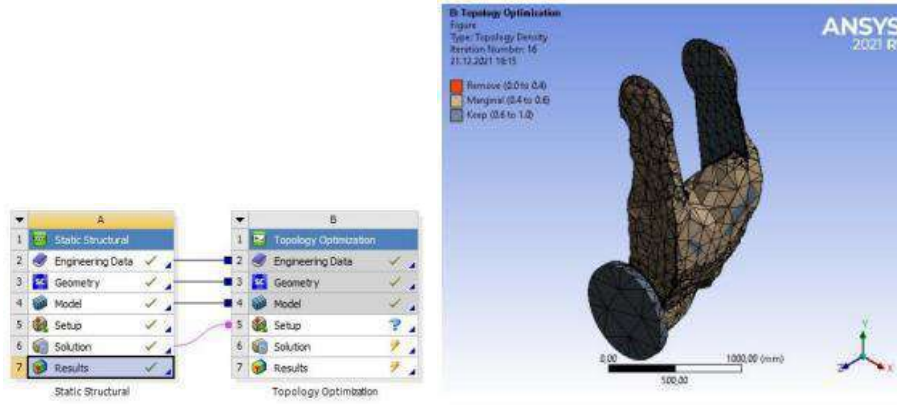


Şekil 3.3 (ANSYS programında 2. Eksene ait parçanın üzerine binen yükler ve mesnet yeri a.) (2. Eksene ait parçanın ANSYS yapısal analiz sonuçları b.) (2. Eksene ait parçanın ANSYS birim uzama miktarı sonuçları c.)

Çelik malzemenin akma mukavemeti 25 MPa iken ANSYS 2020 R2 programında alınan analiz sonucuna göre oluşan maksimum gerilme 7,63 MPa'dır. Bu değer akma gerilmesinin altında olması, parçanın gerilmeler açısından emniyetli olduğunu teyit etmiştir (şekil 3.3b.).

ANSYS 2020 R2 programında yapılan analiz sonucuna göre uzama miktarı 0,031512 mm olarak teyit edilmiştir (şekil 3.3c.). 2. Eksene ait parçanın toplam deformasyonu  $\sigma_{em} = 5.10^{-4} * l$  formülü ile hesaplanabilir. Formüldeki l değeri 662mm olarak belirlenmiştir. Formül uygulanırsa  $\sigma_{em} = 5.10^{-4} * 662mm = 0.331 mm > 0,031512 mm$  olduğu için deformasyon bakımından parça emniyetlidir. CATIA yapısal analizinde  $\sigma_{em} = 5.10^{-4} * 662mm = 0.331 mm > 0.00718 mm$  olarak bulunmuştur. İki program arasında ihmal edilebilir farklar vardır ve iki sonuçta da parçanın hasara uğramadığı sonucuna varılmıştır.

Herhangi bir CAD programında modellenmiş parçayı, ANSYS 2021 R2 programına çağırabiliyoruz. CATIA V5 R21 programında yapılan yapısal statik analiz adımlarına oldukça benzetebiliriz. Çağrılan modelin mesh boyutunu ayarlamak için generate mesh komutu kullanılır. Daha sonra parça bağlantı yüzeyinden mesnetlenir ve üzerine gelen yükler, doğru doğrultuda programa girilir. Değerleri girdikten sonra parçamızın yapısal analiz sonuçlarını yorumlayabilir ve .pdf formatında kaydedebiliriz. ANSYS WORKBENCH' te topology optimization sekmesinin içerisine girip sekme içinden solution butonuna tıklayarak açılan sekmede setup butonuna basılır. Yapısal analiz penceresine yönlendirme yapıldıktan sonra ilgili ağaçta topoloji optimizasyonu dalı açılır. Ayarlamaların yapılması sonucu solve komutuna basılarak ilk işlem olarak yaptığımız yapısal analiz verilerini dikkate alarak parçada iyileştirme, boşaltma işlemi yapılır.



Şekil 3.4 (Topoloji optimizasyonu adım görseli a.) (2. Eksene ait parçaya uygulanmış topoloji optimizasyon görseli b.)

Çalışmanın kısıtları ele alındığında, bu çalışmada yapılan robot kol tasarımı üzerine uygulanan statik analiz işlemlerine göre, bu parçalar mevcut tasarımda her ne kadar emniyetli görülse de, topoloji optimizasyonu sonrası malzemenin boşaltıldığı alanların eksikliğine istinaden, yeni oluşturulmuş topolojik tasarımın bu mukavemetini koruduğuna dair bir doğrulama analizi yapılmamıştır. Bu doğrulama analizi öncesinde Ansys' in ilgili modüllerine hakim olarak yüzey düzeltme işlemlerinin yapılması ve smoothness işlemi yapılmış nihai geometri üzerinden statik analizlerin çalıştırılması gereklidir. Ayrıca topoloji optimizasyonuna alternatif olarak, lattice structures olarak da bilinen kafes yapı tasarımları oluşturulup, birbirinden farklı ve yeni statik analiz sonuçları karşılaştırmaya dahil edilebilir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada özgün olarak tasarlanan çok eksenli robot kolun mevcut literatürü hakkındaki bilgilerin ışığında, modellenen yapılar hakkında bilgi verilmiştir. Tasarım, kinematik analiz ve yapısal statik analizler CATIA V5 R21 programıyla tamamlanmıştır. Bilgisayar ortamında modellenmiş parça yüklü durumda iken, statik analizlere tabi tutulmuş ve oluşan gerilme ve deplasmanlar, bilgisayar ortamında incelenmiştir. Katı modelin montajı sonrasında ilgili joint dönüşümleri yapılarak tasarlanan robot kol modelinin çalışabilirliği kinematik analiz ile tespit edilmiş, uygulamanın aşamaları adım adım ilgili çalışmada belirtilmiş ve sonuçlar incelenmiştir. Robot kolu oluşturan parçaların malzeme atamaları program aracılığıyla yapılarak render görüntüsü alınmıştır. Robot kol üzerinde topoloji optimizasyonu yapılabilmesi için 2. eksene ait parça seçilmiştir ve topoloji optimizasyonu ANSYS 2021 R2 programıyla yapılmıştır. Çok eksenli robot kol tasarımı yapılırken robot kolun hangi amaçlarda, nerede ve nasıl kullanılacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Robot kol tasarımı yapılırken ilgili mukavemet hesaplamaları yapılmadan, ölçümdeki hata paylarını ihmal ederek katı model oluşturulması sağlanmıştır.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Karayel, P. D. D. (2018). Endüstriyel amaçlı robot kol tasarımı ve üretimi (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).
- [2] 'https://silo.tips/download/parametrelerin-elde-edilmesidir-kinematik-analizmekanizmaların-dinamik-analizi'
- [3] 'https://muhendisgelisim.com/topoloji-optimizasyonu-nedir/'



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

## **ULTRASONUN İÇ İÇE GEÇMİŞ POLİMER AĞ YAPILI (IPN) HİDROJEL ÜZERİNDEKİ İLAÇ SALIM ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Şule BALCI<sup>1,a,b\*</sup>, Serbülen TÜR K<sup>2,b,c</sup>, Mahmut ÖZACAR<sup>3,b,d</sup>, Cuma BİNDAL<sup>4,a,b,c</sup>

<sup>a</sup>Sakarya Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği, Doğa Bilimleri Enstitüsü, Esentepe Kampüsü, 54187 Sakarya, Türkiye

<sup>b</sup>Biyomalzemeler, Enerji, Fotokataliz, Enzim Teknolojisi, Nano ve İleri Malzemeler, Eklemeli İmalat, Çevresel Uygulamalar ve Sürdürülebilir Araştırma ve Geliştirme Grubu (BIOENAMS Ar-Ge Grubu), 54187, Sakarya, Türkiye

<sup>c</sup>Sakarya Üniversitesi, Biyomedikal, Manyetik ve Yarı İletken Malzemeler Araştırma Merkezi (BİMAS-RC), Esentepe Kampüsü, 54187 Sakarya, Türkiye

<sup>d</sup>Sakarya Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Sakarya 54187, Türkiye.

<sup>e</sup>Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Esentepe Kampüsü, 54187 Sakarya, Türkiye

<sup>1</sup>[sle.balci@gmail.com](mailto:sle.balci@gmail.com), <sup>2</sup>[serbulentturk@sakarya.edu.tr](mailto:serbulentturk@sakarya.edu.tr), <sup>3</sup>[mozacar@sakarya.edu.tr](mailto:mozacar@sakarya.edu.tr), <sup>4</sup>[bindal@sakarya.edu.tr](mailto:bindal@sakarya.edu.tr)

\* Sorumlu yazar; E-Mail [sle.balci@gmail.com](mailto:sle.balci@gmail.com) Tel.: +90-532-212-60-69

### **ÖZET**

Dox gibi ilaçların normal dokular üzerindeki çoklu olumsuz yan etkileri var olması, serbest ilaç tedavisinde kullanımını sınırlamaktadır. Enkapsülasyon ile normal dokular üzerindeki olumsuz etkiler önlenabilir. Ultrason (US) kullanılarak ilaç hedefleme ile sorunlu bölgeye ilaç verilmesi sağlanabilir. Bu çalışmada ultrasona duyarlı hidrojelleri sentezlemek için ağırlıkça %35 polivinil alkol PVA, ağırlıkça %1,5 melamin ve ağırlıkça %0, %5, %10 ve %15 konsantrasyonda tannik asit (TA) kullanılmıştır. Sentezlenen hidrojellerde ultrasonun ilaç salımı üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Hidrojelle çapraz bağlama maddeleri olan melamin ve TA ekleyerek enkapsülasyon verimi ve kontrollü ilaç salımı geliştirmek için yeni bir yaklaşım önerilmektedir. Hidrojel, donma-çözülme yöntemiyle sentezlenmiştir. Oda sıcaklığında (22°C) en az 6 saat erime ve -20°C'de 30 dakika donma işlemi yapılarak döngü 4 defa tekrarlanmıştır. Sentezlenen hidrojel numunelerine 50 ml 250ppm doksorubisin (DOX) yüklenmiştir. İlaç salım analizleri 15,30,45 ve 60 dk sürelerle 40 kHz ultrasonik banyo kullanılarak ultrason (US) varlığında ve oda şartlarında (22°C) US yokluğunda yapılmış daha sonra sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tüm sentezlenen hidrojellerde, ultrasonla tetiklenen numunelerin tetiklenmeyen numunelere göre %32.8'e kadar fazla ilaç salımı gerçekleştirdiği görülmüştür. TA oranı arttıkça enkapsülasyon verimi 3 kat artmış ve ultason tetiklemeli ilaç salım artış oranını %12.7'e kadar düşürdüğü görülmüştür. Ultrason süresi arttıkça ilaç salımı %3.7 kat artış göstermiştir. Bu bulgular, literatürle uyumlu olarak hidrojele çapraz bağlayıcı maddeleri dahil ederek ve US kullanılarak hidrojin özelliklerini iyileştirme olasılığını ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** IPN hidrojel, ultrason, ilaç salımı, doksorubisin, tannik asit



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**EXAMINATION OF DRUG RELEASE EFFECT OF ULTRASOUND ON  
INTERPENETRATING POLYMER NETWORK (IPN) HYDROGEL**

**ABSTRACT**

The multiple negative side effects of drugs such as Dox on normal tissues limit their use in free drug therapy. Negative effects on normal tissues can be prevented by encapsulation. By using ultrasound (US), drug targeting can be provided to the problem area. In this study, 35 wt% polyvinyl alcohol PVA, 1.5 wt% melamine by weight and 0%, 5wt%, 10 wt% and 15 wt% concentrations of tannic acid (TA) were used to synthesize ultrasound-sensitive hydrogels. It was aimed to examine the effect of ultrasound on drug release in synthesized hydrogels. A new approach is proposed to improve drug encapsulation efficiency and controlled drug release by adding crosslinking agents melamine and TA to the hydrogel. The hydrogel was synthesized by the freeze-thaw method. The cycle was repeated 4 times by melting at room temperature (22°C) for at least 6 hours and freezing at -20°C for 30 minutes. 50 ml of 250 ppm doxorubicin (DOX) was loaded on the synthesized hydrogel samples. Drug release analyzes were performed in the presence of ultrasound (US) at 15,30,45 and 60 minutes using a 40 kHz ultrasonic bath and at room conditions (22°C) without US, and then the results were compared. In all synthesized hydrogels, ultrasound-triggered samples were shown to release up to 32.8% more drug than untriggered samples. It was observed that as the tannic acid ratio increased, the drug encapsulation efficiency increased 3 times and the ultrasound-triggered drug release increase rate decreased to 12.7%. As the ultrasound duration increased, the drug release increased by 3.7%. These findings are in line with the literature and suggest the possibility of improving the properties of the hydrogel by incorporating crosslinking agents into the hydrogel and using US.

**Keywords:** IPN hydrogel, ultrasound, drug release, doxorubicin, tannic acid

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İlaç, insanların hastalıklarını tedavi etmek ve yaşam kalitelerini arttırmak için kullanılan doğal, yarı sentetik veya sentetik kimyasal preparatlardır. İlaç alanındaki çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bir ilacın çevre doku ve hücreleri etkilemeden hedef hücre ve dokulara etkin bir şekilde verilmesi tıpta gelişmesi gereken konulardandır. Kontrollü ilaç taşıma sistemleri, fizyolojik, kimyasal bir tetikleyici veya fiziksel enerji aracılığıyla ilaçların istenilen hız ve zaman aralıklarında ilacın dozunu ve vücuttaki etkinliğini kontrol etmek için tıpta ve sağlıkta kullanılan bir teknolojidir. İlacın, toksisitesini düşürmek, istenilen doku ve hücrelere hedeflemek için kullanılan fiziksel enerjilerden biri ultrasondur. Ultrason (US), termal ve mekanik etkiler oluşturmak için ses dalgalarını kullanan, non-invaziv ve uygun maliyetli bir yöntemdir. Bir ses dalgası olarak US, farklı fiziksel özelliklere sahip bir ortamda yani hücrenin dönüştürücü ile doğrudan temas halinde olduğu ya da hücrenin dönüştürücünün merkezine yakın veya uzak olduğu durumlarda seyahat ederken farklı davranır [1]. Ultrasonik enerji terapötik ajanların hücresel alımının kolaylaştırması ve dokunun geçirgenliğinin artırılmasında rol oynamaktadır [2], [3]. US hücre zarının hücresel bütünlüğünü değiştirebildiğinden hücre dışı materyalleri alma yeteneğini etkileyebilmektedir [4]. US aynı zamanda, ilaç salımını hızlandırmak için de kalsiyum çapraz bağlarını bozabilmektedir, ancak fizyolojik sıvılarda  $Ca^{2+}$ 'nin varlığı, uyarının kaldırılması üzerine çapraz bağların yeniden oluşmasına izin vererek geri dönüşümlü, isteğe bağlı salımı kolaylaştırabilir [5], [6]. Eğer hücre bozulması onarılamazsa hücre ölümü gerçekleşmesi göz ardı edilemez bir tehlikedir. Bu yüzden US'la uyarılan ilaç e potansiyelini gösterse de klinik olarak benimsenmeden önce birçok farklı ilaç verme sisteminin denenmesi ve tekrarlanması gerekmektedir. Terapötik ajanların işlevini yerine getirebilmesi için L. B. Feril vd. [1] verdiği antibiyotik örneği gibi öncelikle hedef bölgeye taşınmalıdır. Daha sonra hücre zarından geçebilmelidir. Son olarak hedefe etki etmelidir. US, transdermal ilaç dağıtımı için, sonoforez olarak bilinen bir işlemde cildi geçici olarak bozmak için veya sonopermeabilizasyon adı verilen bir süreç yoluyla antibiyotiklerin hücre içi alımının artması için ek bir mekanizma sağlayabilir [1], [6]. Ultrasonik bir dalga sıvı bir ortamdan geçtiğinde sıvının mekanik titreşimine neden olur, çok kısa süreler içinde büyüyen ve çöken çok sayıda mikro-kabarcık oluşur. Ultrasonik bir alan altında mikro-kabarcıkların büyümesi ve çökmesi olgusu "akustik kavitasyon" olarak bilinir [7], [8]. Akustik kavitasyonda, ilaç salımını arttırmak için bir hücre zarının geçirgenliği geçici olarak değiştirilebilir [9], [10]. US, isteğe bağlı ilaç salımının uzamsal ve zamansal dağıtımını kontrol etmek için oldukça etkili bir fiziksel sistemdir [11], [12]. Biyomedikal uygulamalarda sıklıkla kullanılan hidrojel kontrollü ilaç salımı için de kullanılabilirler. Hidrojeller, polimerlerin çok sayıda hidrofilik gruba çapraz bağlanmasıyla oluşturulan yüksek biyouyumluluğa sahip canlı dokulara çok benzeyen üç boyutlu ağ yapılarıdır. Hidrojeller, suya koyulduklarında hidrofilik gruplar nedeniyle büyük miktarda suyu emerek şişerler. Hidrojellerin şişme dereceleri özelleştirilebilir. Hidrojellerin gözenekli yapısı sayesinde şişme dereceleri, ortam şartları (pH, sıcaklık, çözelti konsantrasyonu, çözücü türü, ışık, UV radyasyonu, elektrik alan şiddeti ve manyetik alan gücü vb.) değiştirilerek manipüle edilebilirler. Bir hidrojel, difüzyon parametresinin belirlediği oranlarda ilacın salımını da kolaylaştırabilir [13], [14]. İstenen özellikleri sağlayan bir hidrojel sentezi ile tasarlanan ilaç taşıyıcı sistem, vücuttaki hedeflenen bölgeye istenilen hız ve zaman aralıklarında ilacı bırakabilir. Hidrojellerde iç içe geçen ağlar (IPN'ler) gibi hibrit hidrojel ağları oluşturmak geleneksel tek polimerik sistemlere göre daha iyi performans gösterdiğinden büyük ilgi görmektedir. Çapraz bağlı iki polimerik örgünün fiziksel olarak birleşmesiyle oluşmuş yapılardır. Polimerleşme önceden polimerize edilmiş polimeri bir monomer çözeltisine ve bir polimerizasyon başlatıcısına daldırarak hazırlanmaktadır [15]. Bu yöntemle hazırlanan hidrojellerin bileşenleri kendi özelliklerini korurken uyarıcılara tepki özelliklerini geliştirmek için etkili olabilir [16], [17]. Doksorubisin (Dox), lösemi, yumurtalık kanseri ve özellikle geç evre meme kanseri gibi hastalıkları tedavi etmek için yaygın olarak kullanılan bir antikanser ilacıdır. Ancak normal dokular üzerindeki çoklu olumsuz yan etkileri nedeniyle Dox'un konvansiyonel serbest ilaç tedavisinde kullanımı sınırlıdır. Enkapsülasyon ve ilaç hedefleme ile (sorunlu noktaya ilaç verilmesi) yan etkileri azaltabilir ve Dox sitotoksitesini arttırabilir [18]–[21].

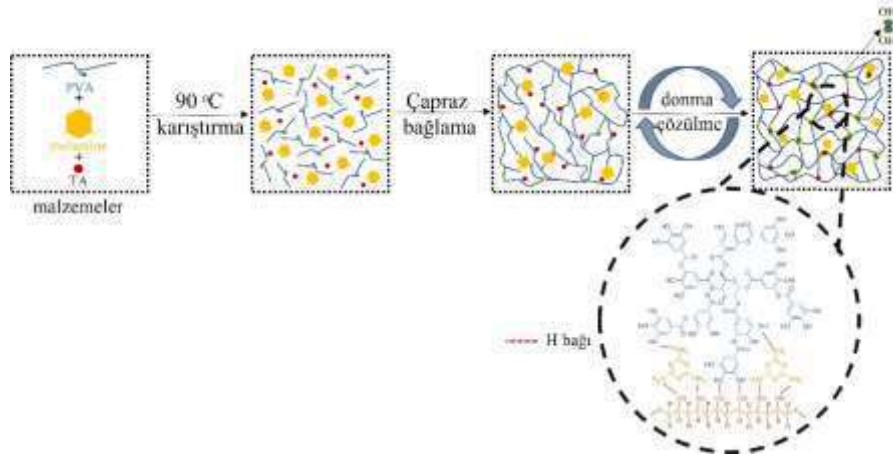
Bu çalışmanın amacı, US'a duyarlı bir hidrojel sentezleyerek sentezlenmiş hidrojele ilaç (Dox) yüklemek ve US'un ilaç salımına etkisinin incelenmesidir ayrıca TA ve melaminin etkisi de incelenmek istenmiştir nitekim açık literatürde bu konuda çok az çalışma mevcuttur bu da çalışmanın özgün tarafını göstermektedir.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

### 2.1 Malzemeler ve Hazırlama Teknikleri (Materials and Preparation Techniques)

Hidrojel esas olarak polivinil alkol (PVA), melamin malzemeleri ve tannik asitten (TA) oluşmaktadır. En yaygın polimer jeller, biyoyumumluluk, elastikiyet ve toksik olmama gibi fiziksel özellikleri ile bilinen PVA hidrojelidir. Melamin ve TA, PVA zincirlerindeki hidroksil grupları arasında çoklu H-bağları oluşturabilir, bu da onları etkili bir fiziksel çapraz bağlayıcı yapmaktadır[22]–[25]. TA, ihmal edilebilir toksisite ve kolay bulunabilirlikleri nedeniyle gıda ve tıpta yaygın olarak kullanılan doğal polifenollerdir [21], [26].

Bir hidrojel çözeltisi hazırlamak için, PVA, ağırlıkça %35 ve ağırlıkça %1.5 melamin konsantrasyonunda deiyonize su içinde çözündürüldü. Bu malzemeler, çözelti elde etmek için 90°C'de manyetik bir karıştırıcıda karıştırıldı. Daha sonra ağırlıkça %0, %5, %10 ve %15 konsantrasyonda TA çözeltiye ilave edilmiştir. Hazırlanan çözeltiden su buharlaşmasını önlemek için sistem parafin ile kapatılmıştır. Hidrojel, dondurma/çözme işlemi için oda sıcaklığında en az 6 saat eritilerek -20°C'de 30 dakika dondurulmuştur. Bu işlem dört kez tekrarlanmıştır. Donma-çözülme döngüsünden sonra Şekil 1'deki gibi daha yoğun ve daha güçlü yapıların oluştuğu gösterilmiştir [27].



Şekil 1. Hidrojelin oluşum mekanizması ve hazırlanma süreci

#### 2.1.1 Malzemelerin karakterizasyonu (Characterization of materials)

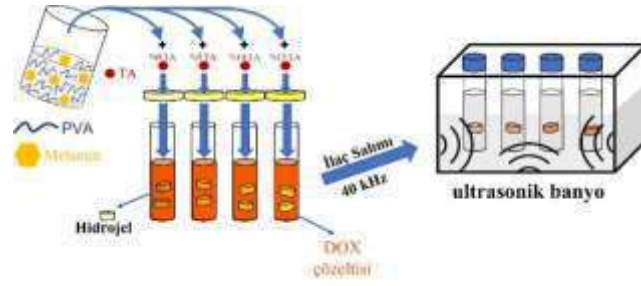
Hidrojelleri Dox molekülleri ile yüklemek için hidrojeller, 22 °C'de üç gün boyunca 100 mL 200 ppm'de Dox çözeltilerine daldırıldı ve 200 rpm'de (Nüve St 30 Çalkalamalı su banyosu) çalkalandı. Dox'un TA oranlarına göre hidrojelere gerçekte ne kadar yüklendiğini tespit etmek için enkapsülasyon verimleri Eş. (1) kullanılarak hesaplanmıştır[20]:

$$\text{Enkapsülasyon verimi (\%)} = (W_1 - W_2) / W_1 \times 100 \quad (1)$$

Burada  $W_1$ , ilacın toplam başlangıç miktarı ve  $W_2$ , serbest yüklenmemiş ilaç miktarıdır. Bu amaçla, belirli bir miktarda ilaç yüklü hidrojlardan çalkalama sonrasındaki serbest ilaç içeren süpernatant toplandı, bir UV spektrofotometresi (Shimadzu-2600) kullanılarak analiz edildi. Absorbans değerleri 480 nm (Dox'un karakteristik absorbansı) dalga boyunda standard bir Dox eğrisi oluşturularak değerlendirildi. Dox yüklü hidrojellerin ilaç salımı, 5 mL deiyonize su içeren tüplerde Şekil 2'de gösterildiği gibi ultrasonik banyo (ISOLAB) kullanılarak 40 kHz'de ve oda sıcaklığında 15,30,45 ve 60 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Tüplerden belirli zaman aralıklarında numuneler alındı. Alınan numunelerin yerine deiyonize su ilave edildi. Numunelerin ilaç salım davranışlarını tespit etmek için, yine UV spektrofotometresi (Shimadzu-2600) kullanılarak 480 nm dalga boyunda aynı standart Dox eğrisi ile salım hesaplamaları yapılmıştır. Serbest bırakılan Dox yüzdeleri Eş. (2) kullanılarak hesaplanmıştır [28]:

$$\text{Serbest bırakılan Dox miktarı (\%)} = \frac{M_t}{M_{\text{Dox}}} \times \%100 \quad (2)$$

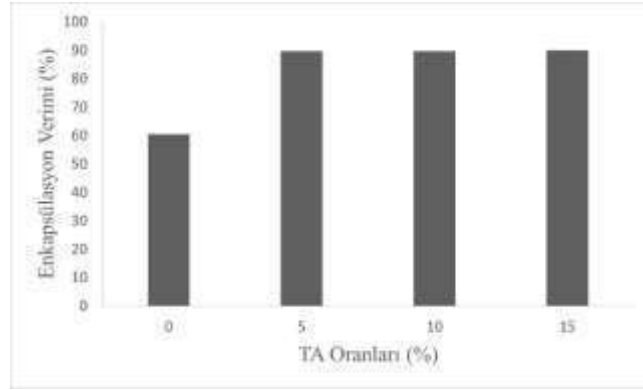
Burada  $M_t$ , t zamanında salınan Dox miktarıdır ve  $M_{\text{Dox}}$ , hidrojel disklerine yüklenen Dox miktarıdır.



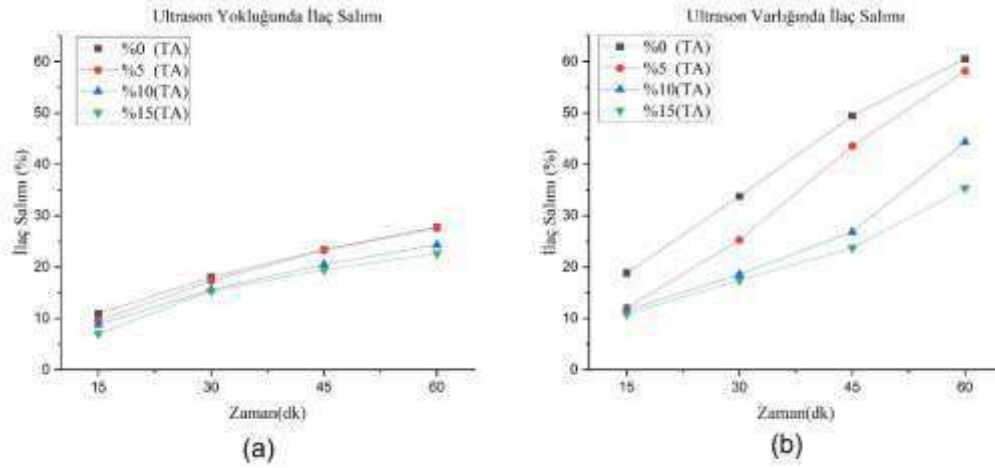
Şekil 2. Ultrasonik bir banyo kullanarak Dox yüklü hidrojellerin ilaç salımı süreçlerinin şematik gösterimi

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

PVA ve melamin malzemelerine ağırlıkça %5, %10 ve %15 TA eklenerek hazırlanan hidrojelere Dox yüklenmiştir. Enkapsülasyon verimi ve ilaç salım davranışları grafikleştirilmiştir.



Şekil 3. Hidrojelin enkapsülasyon verimi üzerinde değişen miktarlarda TA etkisi.

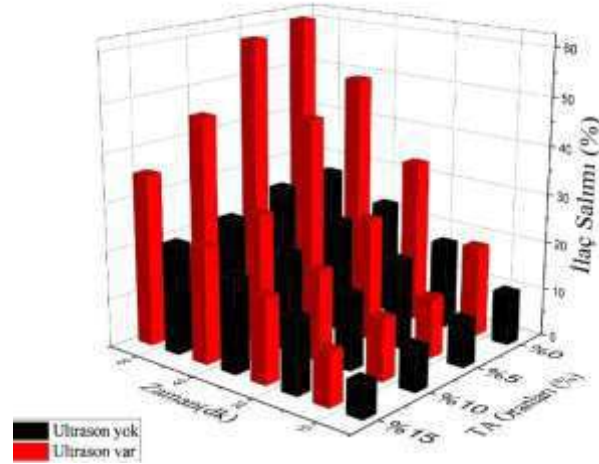


Şekil 4. (a) US kullanılmadan hidrojelilerin oda şartlarındaki ilaç salımı. (b) US'la tetiklenen hidrojelilerin ilaç salımı

Hidrojelinde artan miktarlarda tannik asidin enkapsülasyon verimi üzerindeki etkisi Şekil 3'de gösterilmektedir. TA oranları enkapsülasyon verimi %60'dan %90'a çıkarmış ve yaklaşık 3 kat artırmıştır. Şekil 4a, US olmadan Dox ile yüklenen hidrojelilerin oda koşulları altında ilaç salım grafiğini göstermektedir. Şekil 4a'ya göre 60 dk'da TA bulunmayan hidrojelinin ilaç salımı %27.8 iken (%15) TA eklenen hidrojelinin ilaç salımı %22.6'dır. TA oranları arttıkça ilaç salımı yaklaşık olarak %5 düşürmüştür. Bu sonuçlar Samer R. Abulateefeh ve arkadaşının yaptıkları çalışmada diltiazem hidroklorür (DTZ) ilaç yüklü Ca-aljinat nanoparçacıklarına TA moleküllerinin dahil



edilmesinin enkapsülasyon verimine ve ilaç salımına etkisinin sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.[20] Şekil 4b, US ile tetiklenen hidrojellerin ilaç salım grafiğini göstermektedir. 15 dk ultrason tetiklemesi ilaç salımı %0 TA oranına sahip hidrojelde %10.9'dan %18.8 e çıkararak yaklaşık olarak %8 arttırırken TA bulunan hidrojelerde ortalama %3.36 artış olmuştur. Ultrason süresi arttıkça ilaç salım oranları TA içermeyen hidrojelerde %32.8'e kadar artış göstermiştir. Ultrason tetiklemesi ile ilaç salımındaki bu artış TA oranları arttıkça %12.7'e kadar azalmı sergiledi. Ultrason süresi arttıkça ilaç salım değerleri tüm hidrojelerde ortalama %3,7 kat artış göstermiştir. İlaç salımı üzerine US'un arttırıcı etkisi literatürde farklı malzemeler kullanılarak yapılmış çalışmalarla yer almaktadır. Örneğin; Kubota vd. [10] hidrojel mikro boncuklara 20 kHz'de US uygulanarak, virüs vektörleri, miseller ve proteinler için bir ilaç modeli olan floresan silika nanoparçacıklarının salımını test etmişler ve US'a karşı yüksek hassasiyete sahip tungsten partikülleri içeren hidrojelin ilaç modeli için etkili bir salım sistemi rapor edilmiştir. Norris vd. [29] US'a duyarlı bir kaplama oluşturan düzenli metilen zincirleriyle kaplanmış bir poli(2-hidroksietil metakrilat) hidrojelden oluşan yeni bir ilaç dağıtım polimer matrisi geliştirmiştir. Bu sistem, US yokluğunda polimer içinde ilaç siprofloksasini tutmayı başarmış ancak düşük yoğunluklu US uygulandığında önemli ilaç salımı göstermiştir. Sun vd. [30] dinamik çapraz bağlayıcılar olarak TA ve fenil boronik asit arasında boronat ester bağları olan çift çapraz bağlı bir hidrojel tasarlamış ve bu tür hidrojellerin US yoluyla uygulanan harici mekanik uyarılara hâlâ yanıt verebildiğini ve TA salımının, talep üzerine tetiklenebileceğinden bahsetmişlerdir. Epstein-Barash vd. [31] hidrojeller ve ilaç içeriğinin salımının ayarlanabilmesine izin veren çok sayıda parametreye sahip bir kompozit tetiklemeli salım sistemi geliştirmiştir. İlaç salımının, mikro-kabarcıkların ve lipozomların konsantrasyonunu ve oranını değiştirerek ve US darbelerinin süresini ve yoğunluğunu modüle ederek kontrol edileceğini vurgulamışlardır.



Şekil 5. US tetikleyici ve US tetikleyici olmadan farklı oranlarda TA eklenen hidrojellerin ilaç salımları

Şekil 5'teki grafikte açıkça görüldüğü gibi US'la tetiklenen hidrojellerden, US'la tetiklenmeyen hidrojellere kıyasla hepsi daha fazla ilaç salımı gerçekleşmiştir. Çalışmada elde ettiğimiz bulgularımız literatürle desteklenmektedir.

Kontrollü ilaç salım sistemlerinin gelişmesi için , sayısız deneme ve hatanın yapılması en potansiyele sahip sistemlerin çeşitlerinin tekrarlanması gerekir. Bundan sonraki çalışmalarda TA oranı ve ultrason süresi daha fazla arttırılarak ve farklı oranlarda US frekansı kullanılarak araştırma çalışması genişletilebilir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Ultrasona duyarlı hidrojeller donma-çözülme yöntemiyle başarılı bir şekilde sentzlenmiştir. Hidrojele eklenen çapraz bağlayıcı maddelerle hidrojel özellikleri geliştirilebilir. Hidrojele eklenen TA oranları ile hidrojelin enkapsülasyon yeteneği arttırılırken ve ilaç salım özelliklerini azaltmaktadır. İlaç salımı için US kullanımı gelecek vaat etmektedir. Dox yüklü iç içe geçmiş ağ yapılı (IPN) hidrojellerin US etkisiyle ilaç salımı artış göstermiştir. US süresi arttıkça ilaç salımının da arttığı görülmüştür.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Feril Jr, Loreto B., and Katsuro Tachibana. "Use of ultrasound in drug delivery systems: emphasis on experimental methodology and mechanisms." *International Journal of Hyperthermia* 28.4 (2012): 282-289.
- [2] Tachibana, Katsuro, et al. "Induction of cell-membrane porosity by ultrasound." *The Lancet* 353.9162 (1999): 1409.
- [3] Zhao, Ying-Zheng, et al. "Potential and problems in ultrasound-responsive drug delivery systems." *International journal of nanomedicine* 8 (2013): 1621.
- [4] Tang, Wei, et al. "Ultrasound exposure in the presence of hematoporphyrin induced loss of membrane integral proteins and inactivity of cell proliferation associated enzymes in sarcoma 180 cells in vitro." *Ultrasonics sonochemistry* 15.5 (2008): 747-754.
- [5] McNeil, Paul L., and Tom Kirchhausen. "An emergency response team for membrane repair." *Nature reviews Molecular cell biology* 6.6 (2005): 499-505.
- [6] Huebsch, Nathaniel, et al. "Ultrasound-triggered disruption and self-healing of reversibly cross-linked hydrogels for drug delivery and enhanced chemotherapy." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111.27 (2014): 9762-9767.
- [7] Purkait, Mihir Kumar, et al. "Ultrasound-responsive membranes." *Interface Science and Technology*. Vol. 25. Elsevier, 2018. 221-237.
- [8] Rahim, Muhammad Abdur, et al. "Recent advancements in stimuli responsive drug delivery platforms for active and passive cancer targeting." *Cancers* 13.4 (2021): 670.
- [9] Ashokkumar, Muthupandian. "The characterization of acoustic cavitation bubbles—an overview." *Ultrasonics sonochemistry* 18.4 (2011): 864-872.
- [10] Kubota, Takeshi, et al. "Ultrasound-triggered on-demand drug delivery using hydrogel microbeads with release enhancer." *Materials & Design* 203 (2021): 109580.
- [11] Xia, Hesheng, Yue Zhao, and Rui Tong. "Ultrasound-mediated polymeric micelle drug delivery." *Therapeutic Ultrasound* (2016): 365-384.
- [12] Ünal, Merve. Kitosan esaslı yeni doğal hidrojellerin sentezi ve ilaç salınım sistemi uygulamalarında kullanımı. MS thesis. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- [13] Jagur-Grodzinski, Joseph. "Polymeric gels and hydrogels for biomedical and pharmaceutical applications." *Polymers for Advanced Technologies* 21.1 (2010): 27-47.
- [14] M. Hamidi, A. Azadi, and P. Rafiei, "Hydrogel nanoparticles in drug delivery," *Advanced Drug Delivery Reviews*, vol. 60, no. 15. pp. 1638–1649, Dec. 14, 2008.
- [15] Lipatov, Yuri S. "Polymer blends and interpenetrating polymer networks at the interface with solids." *Progress in Polymer Science* 27.9 (2002): 1721-1801.
- [16] Nigro, Valentina, et al. "Dynamic light scattering study of temperature and pH sensitive colloidal microgels." *Journal of Non-Crystalline Solids* 407 (2015): 361-366.
- [17] Swami, Satesh Narayan. Radiation synthesis of polymeric hydrogels for swelling-controlled drug release studies. Diss. University of New South Wales (Australia), 2005.

- [18] Omidirad, Reyhan, Farzaneh Hosseinpour Rajabi, and Bahman Vasheghani Farahani. "Preparation and in vitro drug delivery response of doxorubicin loaded PAA coated magnetite nanoparticles." *Journal of the Serbian Chemical Society* 78.10 (2013): 1609-1616.
- [19] Franco, Yesenia L., Tanaya R. Vaidya, and Sihem Ait-Oudhia. "Anticancer and cardio-protective effects of liposomal doxorubicin in the treatment of breast cancer." *Breast Cancer: Targets and Therapy* 10 (2018): 131.
- [20] Abulateefeh, Samer R., and Mutasem O. Taha. "Enhanced drug encapsulation and extended release profiles of calcium–alginate nanoparticles by using tannic acid as a bridging cross-linking agent." *Journal of microencapsulation* 32.1 (2015): 96-105.
- [21] Lin, Chung-Yin, et al. "Ultrasound sensitive eLiposomes containing doxorubicin for drug targeting therapy." *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine* 10.1 (2014): 67-76.
- [22] Kamaci, Musa, and Ismet Kaya. "Melamine-based poly (azomethine) hydrogels: Mechanical, biodegradability, drug loading and antibacterial properties." *European Polymer Journal* 108 (2018): 107-115.
- [23] Shafaghi, Samira, et al. "Synthesis and characterization of a drug-delivery system based on melamine-modified poly (vinyl acetate-co-maleic anhydride) hydrogel." *Journal of Applied Polymer Science* 131.12 (2014).
- [24] A Youness, Rana, et al. "Recent advances in tannic acid (gallotannin) anticancer activities and drug delivery systems for efficacy improvement; a comprehensive review." *Molecules* 26.5 (2021): 1486.
- [25] Li, Guo, et al. "Therapeutic-ultrasound-triggered shape memory of a melamine-enhanced poly (vinyl alcohol) physical hydrogel." *ACS applied materials & interfaces* 7.22 (2015): 12067-12073.
- [26] Shi, Qiao, et al. "Tannic acid/Fe<sup>3+</sup> complex coated mesoporous silica nanoparticles for controlled drug release and combined chemo-photothermal therapy." *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 618 (2021): 126475.
- [27] Kim, Tae Ho, et al. "Creating stiffness gradient polyvinyl alcohol hydrogel using a simple gradual freezing– thawing method to investigate stem cell differentiation behaviors." *Biomaterials* 40 (2015): 51-60.
- [28] Boztepe, Cihangir, Asım Künkül, and Mehmet Yüceer. "Application of artificial intelligence in modeling of the doxorubicin release behavior of pH and temperature responsive poly (NIPAAm-co-AAc)-PEG IPN hydrogel." *Journal of Drug Delivery Science and Technology* 57 (2020): 101603.
- [29] Norris, P., et al. "Ultrasonically controlled release of ciprofloxacin from self-assembled coatings on poly (2-hydroxyethyl methacrylate) hydrogels for *Pseudomonas aeruginosa* biofilm prevention." *Antimicrobial agents and chemotherapy* 49.10 (2005): 4272-4279.
- [30] Sun, Wenxu, et al. "Strong dual-crosslinked hydrogels for ultrasound-triggered drug delivery." *Nano Research* 12.1 (2019): 115-119.
- [31] Epstein-Barash, Hila, et al. "A microcomposite hydrogel for repeated on-demand ultrasound-triggered drug delivery." *Biomaterials* 31.19 (2010): 5208-5217.



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**ENERJİ TÜKETİMİNDE SU TULUMBALARININ ÖNEMİ;  
BİR MADEN İŞLETMESİ ÖRNEĞİ**

Arif ÇELİK\*

<sup>1</sup> Arif ÇELİK, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Çan Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [celikar@cli.gov.tr](mailto:celikar@cli.gov.tr)

**ÖZET**

Bu çalışma birçok sektörde yaygın olarak kullanılan su tulumbalarının elektrik enerjisi tüketimindeki önemini vurgulamak amacıyla hazırlanmıştır. Çalışma sahası olarak açık ocak üretim yöntemi ile yıllık 3 milyon tonun üzerinde kömür üretiminin gerçekleştirildiği Çan Linyitleri İşletmesi seçilmiştir. Açık ocak üretim yönteminde çalışma sahasının büyüklüğünden dolayı su atım faaliyetleri ve dolaylı olarak su tulumbaları önemli bir yer edinmektedir. İşletmede 2021 yılında 4 farklı tipte toplam 24 adet su tulumbası kullanılmış olup, bu tulumbalar ile toplamda 8.753.845 m<sup>3</sup> su deşarjı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca su tulumbaları tarafından 3.059.477 kW elektrik enerjisi tüketilmiş ve bir metreküp suyun saha dışına atılması için gereken elektrik enerjisi miktarı 0.3495 kW olarak hesaplanmıştır. Su tulumbaları tarafından tüketilen elektrik enerjisi miktarının işletme geneli toplam elektrik enerjisi tüketimindeki oranı %59,81 olarak hesaplanmıştır.

**Kelimeler:** Enerji tüketimi, tulumba, açık ocak maden işletmeciliği, su atımı

**IMPORTANCE OF WATER PUMPS IN ENERGY CONSUMPTION;  
EXAMPLE OF A MINING ENTERPRISE**

**ABSTRACT**

This study has been prepared to emphasize the importance of water pumps, which are widely used in many sectors, in electrical energy consumption. Çan Lignite Enterprise, where more than 3 million tons of coal production activities are carried out annually with the open pit production method, was chosen as the study area. In the open pit production method, due to the size of the working area, water discharge activities and indirectly water pumps have an important place. A total of 24 water pumps of 4 different types were used in the enterprise in 2021, and a total of 8,753,845 m<sup>3</sup> of water was discharged with these pumps. In addition, 3,059,477 kW of electrical energy was consumed by the water pumps and the amount of electrical energy required to discharge a cubic meter of water out of the field was calculated as 0.3495 kW. The ratio of the amount of electrical energy consumed by water pumps to the total electrical energy consumption of the enterprise was calculated as 59.81%.

**Keywords:** Energy consumption, pumps, open pit mining, water discharge

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünya genelinde hızla artan insan nüfusu birçok sektörü doğrudan etkilemekte olup, 2010 ila 2020 yılları arasında gerçekleşen %12'lik nüfus artış hızı [1] paralelinde enerji sektöründe %10,1'lik artış [2] meydana gelmiştir.

Günümüzde enerji arzının büyük çoğunluğunun yenilenemez enerji kaynaklarından karşılanıyor olması enerjinin verimli bir şekilde kullanımını her geçen gün daha da ön plana çıkarmaktadır [3].

Enerji arzının bu denli önemli olduğu günümüz dünyasında su atım işlemlerinde kullanılan su tulumlarının da önemi büyüktür. Kulil [4], Avrupa Birliği ülkelerinin elektrik tüketiminde su tulumlarının %12,6'lık bir paya sahip olduğunu belirtmiştir. Diğer bir çalışmada ise ülkemiz sanayi kuruluşları tarafından tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık üçte ikilik kısmının elektrik motorlarına ait olduğu ve bu motorlarda tüketilen elektrik enerjisinin %20'lik kısmının ise pompalara ait olduğu belirtilmiştir [5].

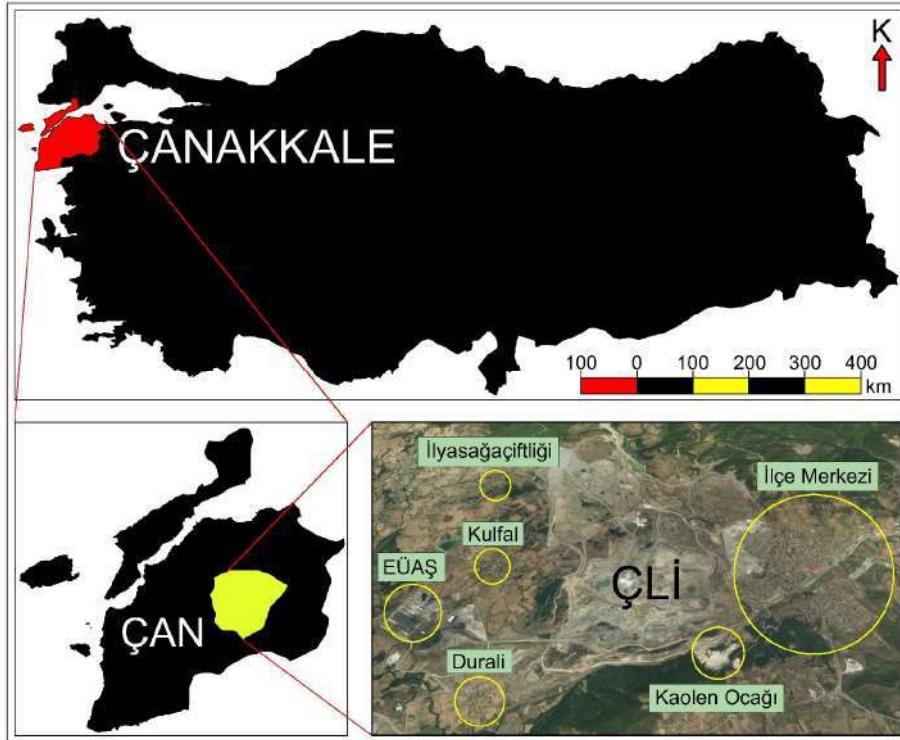
Birçok farklı sektörde kullanılan su tulumlarının maden sektörüne de katkısı son derece önemlidir. Bilhassa açık işletme üretim yönteminin uygulandığı maden ocaklarında üretim organizasyonunu olumsuz yönde etkileyen yağmur ve sızıntı sularının saha dışına atılması faaliyetlerinde kullanılan su tulumlarının tükettiği elektrik enerjisi, işletme genelinde tüketilen toplam elektrik enerjisinin yarısından daha fazlasına karşılık gelebilmektedir.

Bu çalışmada Çan Linyitleri İşletmesi (ÇLİ) açık ocak sahasında bulunan suların saha dışına atım faaliyetlerinde kullanılan su tulumları ile ilgili genel bilgiler verilmiş olup, su tulumları tarafından tüketilen elektrik enerjisi miktarının büyüklüğüne dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

## 2. ÇALIŞMA SAHASININ TANITIMI (INTRODUCTION OF THE STUDY AREA)

### 2.1. Coğrafi Konum (Geographic Location)

Çalışma sahası olan Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü Çan Linyitleri İşletmesi, Çanakkale ili Çan ilçesinin batısında bulunmakta olup, Çan ilçe merkezi ile Kulfa ve Durali köyleri arasında yer almaktadır. Çalışma sahasına ait yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Yer bulduru haritası (Location map).

## 2.2. İklim (Climate)

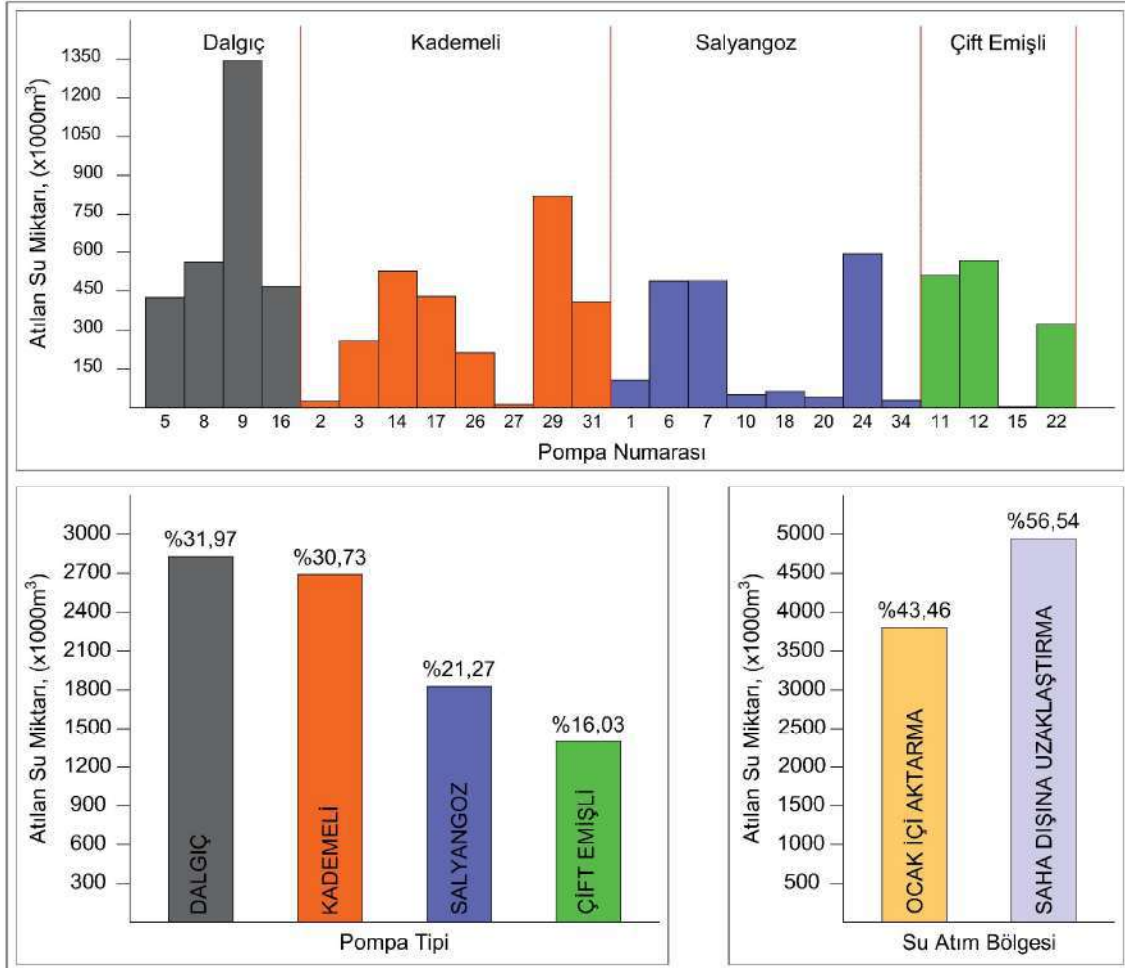
Çan ilçesinde Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında geçiş iklimi hakimdir. Kuzey rüzgarlarının etkili olduğu bölgede yıllık yağış miktarları 600-850 mm arasındadır.

## 2.3. Hidrografiya (Hydrography)

Bölgenin en önemli akarsuyu Kocabaş Çayı ve Çan ilçe merkezinin batısında Kocabaş Çayına karışına İnce Çay'dır. Kocabaş Çayı, Çan'ın güneybatısında bulunan Ağı Dağı (989 m) ile kuzeybatısında bulunan Karadağ (749 m) çevresinden doğan derelerin Etili civarında birleşmesiyle oluşur. Uzunluğu yaklaşık 90 km kadardır. Çan ve Biga topraklarını sulayarak Karabiga'dan Marmara Denizi'ne dökülür. Bölgedeki akarsu ağı sistemi, Çan ilçesi ve Etili beldesi çevresindeki genişçe çukurluğa doğru kuzeyden ve güneyden akışlarla Kocabaş Çayı'nı besleyen dendritik ve yarı paralel mevsimlik akarsular biçimindedir (MTA 2016).

## 3. SU ATIM FAALİYETLERİ (WATER DISCHARGE ACTIVITIES)

2021 yılında ÇLİ açık ocak sahasında bulunan suların saha dışına atılması faaliyetlerinde 4 farklı tipte (Salyangoz, kademeli, dalgıç ve çift emişli) toplam 24 su tulumbası kullanılmış olup, atılan su miktarlarının pompa ve pompa tipine göre dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Su atım verileri (Data of water discharge).

Şekil 2 incelendiğinde aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır;

- ✓ Su tulumbaları ile atılan su miktarı ortalama 364.744 m<sup>3</sup> olup, maksimum su atımı 1.344.420 m<sup>3</sup> ile 9 numaralı dalgıç pompadan sağlanmıştır.

- ✓ 2021 yılında atılan toplam su miktarının %31,97'si dalgıç pompalar ile gerçekleştirilmiş olup, bu pompalar ağırlıklı olarak açık ocak taban bölgelerinde ve yoğun yağış dönemlerinde risk teşkil eden bölgelerde tercih edilmiştir.
- ✓ Yıl genelinde toplamda 8.753.845 m<sup>3</sup> su atılmış olup, bu değer 1.862.035 m<sup>3</sup>'ü salyangoz pompalar ile gerçekleştirilmiştir. Salyangoz pompalar ağırlıklı olarak ocak içi aktarma faaliyetlerinde tercih edilmiştir.
- ✓ Açık ocak sahasında bulunan suların saha dışına atım faaliyetleri ocak içi aktarma ve saha dışına uzaklaştırma olarak 2 birim halinde yürütülmekte olup, 2021 yılında ocak içinde aktarılan su miktarı 3.804.630 m<sup>3</sup>, saha dışına uzaklaştırılan su miktarı ise 4.949.215 m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir.
- ✓ Açık ocak içerisindeki suların ocak içi aktarmalarında ağırlıklı olarak dalgıç ve salyangoz pompalar, saha dışına uzaklaştırma faaliyetlerinde ise ağırlıklı olarak kademeli ve çift emişli pompalar tercih edilmiştir.

Su atım faaliyetlerinde su tulumbarları tarafından 3.059.477 kwh elektrik enerjisi (Parasal karşılığı KDV hariç 2.135.272,82 TL) tüketilmiş olup, tüketilen elektrik enerjisinin ÇLİ elektrik enerjisi tüketimi içerisindeki dağılımı şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. ÇLİ elektrik enerjisi tüketiminin dağılımı (Distribution of electrical energy consumption in CLI).

ÇLİ elektrik enerjisi tüketiminde en büyük pay %59,81'lik oran ile su tulumbarlarını ait olup, su tulumbarlarını sırasıyla elektrikli iş makineleri, numune alma ve hazırlama tesisi, diğer birimler, kriblaj tesisi ve atölye takip etmektedir. Burada, Şekil 3'den de görüleceği üzere su tulumbarlarının tükettiği elektrik enerjisi miktarında gerçekleştirilebilecek %12,66'lık bir azalma, elektrikli iş makineleri hariç diğer 4 birimden herhangi birinin yıllık tüm elektrik enerjisi tüketimini karşılayabilecek seviyededir.

Ayrıca su tulumbarları tarafından tüketilen 3.059.477 kwh elektrik enerjisine karşılık olarak 8.753.845 m<sup>3</sup> su deşarjı gerçekleştirilmiş olup, bir metre küp suyun deşarj edilmesi için gereken elektrik enerjisi miktarı bu değerler üzerinden 0,3495 kwh olarak belirlenmiştir.

#### 4. SONUÇLAR (RESULTS)

Çan Linyitleri İşletmesi açık ocak sahasında bulunan suların saha dışına atılması faaliyetlerinde kullanılan su tulumbarlarının değerlendirildiği çalışmadan çıkarılan önemli sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

- ✓ Su atım faaliyetleri 4 farklı tipte (Salyangoz, kademeli, dalgıç ve çift emişli) 24 adet su tulumbarı ile gerçekleştirilmiştir.
- ✓ Su atım faaliyetleri ocak içi aktarma ve saha dışına uzaklaştırma olarak 2 birim halinde yürütülmüş olup, 2021 yılında ocak içi aktarma miktarı 3.804.630 m<sup>3</sup> saha dışına uzaklaştırılan su miktarı ise 4.949.215 m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir.

- ✓ Su tulumbaları tarafından 3.059.477 kwh elektrik enerjisi kullanılmış olup, bu değer LI elektrik enerjisi tüketiciminin %59,81'lik kısmına karşılık gelmektedir
- ✓ Bir metreküp suyun deşarj edilmesi için harcanan elektrik enerjisi miktarı 0,3495 kwh olarak hesaplanmıştır.

## 5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1 Worldometer, World Population (2020 and historical), <https://www.worldometers.info/-world-population/#table-historical>.
- 2 BP. Statistical Review of World Energy 2021, <https://www.bp.com>, 2022.
- 3 elik, A. Eğimli Kalın Kömür Damarlarında Göçertmeli Uzunayak Yöntem Verimliliğinin Fiziksel Modelleme İle Araştırılması, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2022.
- 4 Kulil, A. Santrifüj Pompa Sistemlerinde Enerji Verimliliği, <http://blog.yalova.edu.tr>, 2011.
- 5 Şenol, G. K. Pompa Sistemlerinde Enerji Tasarrufu ve Demir elik Sektöründe Örnek Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Hatay, 2017.





**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

## **KARAYOLU PROJESİ HAZIRLANMASI VE CAD ORTAMINDA PROJELENDİRİLMESİ**

Yusuf Can GÜN<sup>1</sup>, Hüseyin KEMALDERE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yusuf Can GÜN, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Hüseyin KEMALDERE, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

\*Sorumlu yazar; E-mail: [yusufcangn@live.com](mailto:yusufcangn@live.com)

### **ÖZET**

İnsanlık tarihi boyunca ulaşım çok önemli bir yere sahip olmuştur. Bir yerden başka bir yere insan, hayvan ve eşyayı bir araç ile ulaştırmak için yapılmış güzergahlara yol denir. Ulaşımın birçok çeşidi vardır. Bunlar başlıca; karayolu, toprak yol, stabilize yol, asfalt yol, beton yol, demiryolu, deniz yolu ve havayolu olarak sınıflandırılabilir. Geomatik mühendisliği çalışma alanlarından biri de karayolu projesi hazırlamaktır. Bir karayolunun projelendirilmesinde arazi çalışmaları, geomatik mühendisinin görevleri arasındadır. Araziye hâkim bir Geomatik Mühendisi proje standartlarını daha iyi belirleyebilir. Proje standartlarının iyi belirlenmesi yolu kullanacak araçların ve kişilerin güvenliği için önemli bir konudur. Bir karayolu projesi hazırlamak için arazi ortamındaki çalışmalar önemli olduğu kadar CAD ortamında yapılan çalışmalar da önemlidir. Günümüz teknolojisi sayesinde, bir karayolu projesi hazırlarken projelendirmeye ait bütün işlemler CAD ortamında yapılabilmektedir. Kullanımda birçok CAD yazılımı ve bu yazılımların alternatifleri bulunmaktadır. Bu CAD yazılımlarının hepsinin kendine ait özellikleri, ara yüzleri, kullanım avantajları ve dezavantajları vardır. Bir karayolu projesi hazırlamak için ülkemizde başlıca üç farklı firmaya ait 3 farklı yazılım kullanılmaktadır. Bu bildiri kapsamında ülkemizde aktif olarak en çok kullanılan iki yazılım üzerinden karayolu projesi hazırlanmıştır. Hazırlanan bu projeler üzerinden iki yazılımın avantajları ve dezavantajları karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Karayolu, proje, arazi, CAD yazılımları

## **PREPARING A ROAD PROJECT AND ITS PROJECT IN CAD**

### **ABSTRACT**

Throughout human history, transportation has had a very important place. Routes made to transport people, animals and goods from one place to another with a vehicle are called roads. There are many types of transportation. These are classified as highway, dirt road, stabilized road, asphalt road, concrete road, railway, seaway and airline. One of the fields of study of geomatics engineering is to prepare a road project. Field studies in the design of a road are among the duties of the geomatics engineers. A Geomatics Engineer who master the field can better determine the project standards. Determining the project standards well is an important issue for the safety of the vehicles and people who will use the road. In order to prepare a road project, the studies in the field are as important as the studies in the CAD. While preparing a highway project, thanks to today's technology, all the processes of projecting can be done in the CAD. There are many CAD software in use and alternatives to these softwares. All of these CAD softwares have their own features, interfaces, usage advantages and disadvantages. In order to prepare a highway project, 3 different softwares belonging to three different companies are used in our country. Within the scope of this paper, a road project has been prepared on the two most actively used software in our country. The advantages and disadvantages of the two softwares were compared over these prepared projects.

**Key Words:** Road, project, field, CAD softwares

## 1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bir yerleşim alanından başka bir yerleşim alanına canlı ve eşyaları araçlar vasıtasıyla ulaştırmak için yapılmış güzergahlara yol denir. Bu yollar; karayolu, asfalt yol, demir yolu, toprak yol, hava yolu ve deniz yolu olarak sınıflarına ayrılabilir.

Geçmişte önemli yollar M.Ö. 3500 yıllarında Mezopotamya bölgesinde bulunmuştur. Roma İmparatorluğu'nun genişleme çabaları ve esir ticareti yol inşa tekniğinde önemli gelişmelere yol açmıştır. Bu tarihlerde yapılan yollar 4,50 metre genişliğinde olup yolun iki tarafında ayrıca yaya yolu da bulunurdu. Roma İmparatorluğu devrinin son bulmasıyla yol inşa süreçleri durmuştur. 18. Yüzyılın ortalarına kadar kayda değer bir çalışma olmamıştır. 1950'li yıllara kadar sıklıkla kullanılan makadam yol tipi İskoçyalı Mc-Adam (1736-1836) tarafından bulunmuştur. Bu yol tipinde kırma taşı kullanılmıştır. Ülkemizin bulunduğu coğrafyada ise çok çeşitli uygarlıklar bulunduğu için farklı tiplerde yol ağlarına vardır. [1]

Günümüzde gelişen bilgisayar donanımları ve yazılımları birçok alanda olduğu gibi arazi projelendirmelerinde de imkanlar sağlamaktadır. Gelişen çok sayıdaki grafik tasarım yazılımları (CAD), karayolu projelerinde sayısız fayda sağlamaktadır. Karayolunun eksen yapısının araziye uyumunun sağlanabilmesinde ve bu eksen ile ilgili unsurların projelendirilip hesaplamalarının bir otomasyon içinde çok daha basit bir şekilde hazırlanabilmesi gibi olanaklar sağlamaktadır. Her türlü grafik tasarım, gösterim ve hesaplamalara yönelik ticari amaçlı birçok CAD yazılımı bulunmaktadır. Bu çalışmada farklı CAD yazılımları kullanılarak bir karayolu projelendirilmiş ve bu proje ile ilgili hesaplamalar yapılmış ve bu yazılımlar karşılaştırılmıştır. [4]

## 2.AMAÇ (OBJECTIVE)

Bir karayolu projesinin amacı ulaşımı kolaylaştırmaktır. Karayolu projesi hazırlamanın birçok önemli hususu vardır. Bir projenin işleyişi sırasında birçok önemli çalışma yapılır.

### 2.1. BİR KARAYOLU PROJESİNİN İŞLEYİŞİ (PROCESS OF A ROAD PROJECT)

Karayolu projesinde yol yapımı belirli aşamalardan oluşur. Bu aşamaların ilk kısmı arazi çalışmasıdır, çünkü arazi yapısı bilinmeden bir proje yapılmaması gerekmektedir. Bu aşamalardan ilki geçki araştırmasıdır. Geçki araştırması üç aşamadan oluşur. Bunlar, istikşaf, etüt ve ekonomik analiz aşamalarıdır. Yol geçkisi seçimi standartları önemlidir ve projede belirlenen standartlardan fedakârlık yapılmamalıdır. Yol geçkisi seçiminde sürekli kurp (viraj) tercih edilmemelidir, güvenlik önemleri alınmalıdır ve yüksek hıza sahip trafik yükünün emniyetini sağlamalıdır. [2]

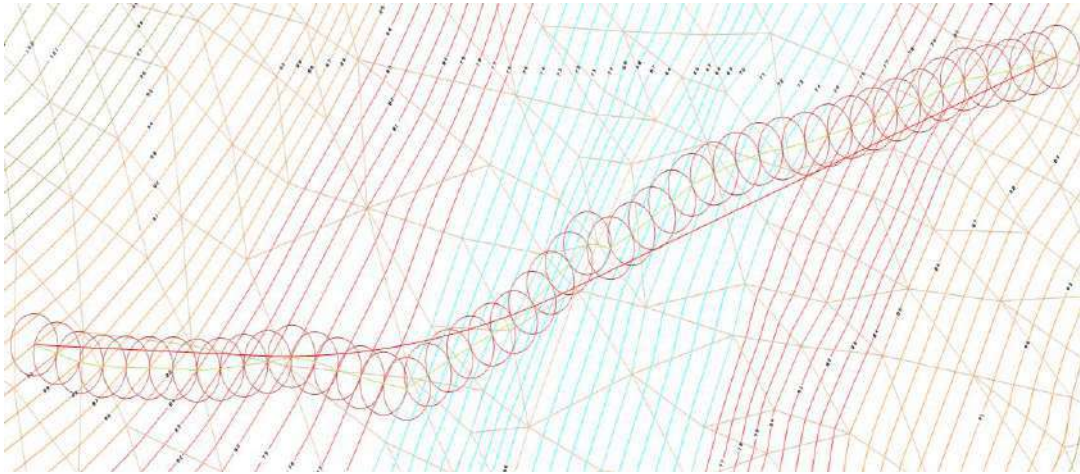
### 2.2 GEÇKİ ve İSTİKŞAF (ROUTE and RECONNAISSANCE)

Geçki, yolun arazi üzerindeki izidir. Yeryüzündeki iki noktayı birbirine bağlayacak olan güzergâh doğru parçalarından ve geçiş eğrilerinden oluşur. Bu oluşturulan geçkinin standartlara uygun olarak seçiminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Arazi yapısı sebebiyle geçki güzergahı belirlemede çok seçenek bulunmaz. Geçki boyunca istenilen ölçekte harita yoksa şeritvari olarak isimlendirilen türden, geçki çevresinde belirli bir genişlikteki bölgenin topoğrafik durumunu gösteren geçki haritaları yapılır (Şekil 1). Yol geçkisinin harita düzlemi üzerindeki izdüşümü plan olarak isimlendirilir. Geçki güzergahı araştırması ve aşamalarındaki amaç; yoldan geçmesi beklenen trafiğe proje ömrü boyunca hizmet

	<b>6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu</b> <b>6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium</b> 1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye
	<a href="http://www.efis.beun.edu.tr">http://www.efis.beun.edu.tr</a>

edecek nitelikte olması, yolun ana kullanım amacına uygun olması, ekonomik, sosyal, endüstriyel, ticari ve turistik konularda istenen amacı yerine getirmesi, kamulaştırma ve bakım maliyeti yüksek olmayan güzergahtan geçmesidir. [6]

Geçkileri belirlemek için yapılan ilk çalışmaya İstikşaf çalışması denir. 1/10000 ölçekli jeolojik haritalar ile 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalardan yararlanılabilir. Haritalar üzerinde yapılan ilk çalışmadan sonra oluşturulan güzergâhlar araziye çıkılarak incelenir. Haritalar üzerinde uygun görülen seçenekler araziye çıkılarak topoğrafik, jeolojik ve geoteknik açılardan yerinde incelenir. Bunlara göre ilk elemeler yapılır. Ön inceleme aşamasında geçki ve plan seçimindeki özelliklere uymayan seçeneklerin elenmesi yapılır. Ön incelemenin bir parçası olan sıfır poligonu çizimi standartlara uygun bir biçimde geçirilmesiyle oluşturulur (Şekil 1). İstikşafın hassasiyeti yolun sınıfına göre değişir. İnceleme sonunda elde kalan her seçenek için bir rapor hazırlanır. [1]



Şekil – 1 Sıfır Poligonu ve Geçki Güzergahı (Zero Polygon and Routeway)

### 2.3 APLİKASYON (APPLICATION)

Belirlenen geçki üzerinde aplikasyon işlemi gerçekleştirilir. Bu aplikasyon işleminde;

- Kurplara ait some noktaları zemin üzerinde işaretlenmelidir.
- Some noktalarına göre aliyman ve kurpların işaretlemesi yapılır (piketaj). Her 20-25 m’de bir (maksimum 50 m) piketaj kazığı çakılmalıdır.
- Arazi üzerinde çakılan her kazık üzerinde enkesit ve boykesit için arazi ölçüleri yapılır. Yatay konum ölçmeleri ve kot okumları tüm kazıklar için yapılır. Enkesitler için tüm piketaj kazılarının çevresinde 30 m- 40 m’lik çevre alımı gerçekleştirilmelidir.

	<b>6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu</b> <b>6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium</b> <i>1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye</i>
	<a href="http://www.efis.beun.edu.tr">http://www.efis.beun.edu.tr</a>

- Kurplara ait some noktaları belirlenmelidir. (Geçkiye ait someler etüd aşamasındaki 1/2000 ölçekli haritadan alınarak yapılırsa buna etüd aplikasyonu; arazide doğrudan doğruya yapılırsa direkt aplikasyon denir).
- Aplikasyon nivelmanında, piketaj sırasında arazide çakılan her kazığa mira tutarak okuması yapılmalıdır. Bu işlem sonunda boyuna kesitler elde edilmektedir.
- Arazinin belirlenen geçki eksenine dik doğrultudaki durumunu belirlemek için enine kesitler alınmalıdır.
- Karayolu inşasında, makinelerin çalışacağı alanının sınırlarını belirlemek, bitki temizliği yapmak üzere enkesitlerde dolgu ve yarma şevlerinin doğal zemini kestiği şev eteği noktaları geçki boyunca belirlenerek işaretlenir. Bu işlem şev kazıklarının çakılması işlemidir. [1]

## 2.4 ETÜT ve EKONOMİK ANALİZ (ETUDE AND ECONOMIC ANALYSIS)

Yapımı gerçekleştirilen geçki ve ön inceleme çalışmalarından sonra mevcut seçenekler arasında en uygun olanı belirlenmelidir. Bu adımda büyük ölçekli haritalara ve zemin araştırmalarına gereksinim vardır. Zemin değerlendirilmesi ve ayrıntılı haritası yardımıyla geçki seçenekleri azaltılır. Bu adımlar tamamlandıktan sonra ekonomik analiz yapılır. Amaç en uygun geçki seçeneğine ulaşmaktır. Fayda maliyet analizleriyle seçilecek geçki üzerinde yapılacak değişikliklerle kesin geçki denilen hat kabul edilir. [2]

## 2.5 KÜBAJ (CUBAGE)

Ölçüm aletleriyle yapılan ve bilgisayar yazılımlarıyla değerlendirilen kabarma, depo ve sıkışma işlemleri ön planda tutularak yapılan toprak hesabına kübaj denir. Kısaca bir malzemenin hacmini hesaplama işlemidir.

Birçok projede kübaj hesabı büyük önem taşımaktadır. Yapılan projeye başlanmadan önce plankote ile arazinin belirli aralıklarla 3 boyutlu (X, Y ve H) ölçümü yapılır. Yapılan ölçümler arazinin yapısına göre her 5- 10 metrede bir yapılır. Yapılan ölçüm sonunda elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak çizim programları ile hesabı yapılır. Yapılan hesaplama sonucunda çalışma arazisinde dolgu ve yarma miktarı hesaplanır ve m<sup>3</sup> biriminde sayısal net bir veri elde edilir.

Kübaj hesabı hafriyat firması ile ana firmanın anlaşmazlıklarını gidermede önemli bir rol oynamaktadır. Büyük şantiyelerin çeşitli arazi kazılarında m<sup>3</sup> üzerinden yapılan anlaşmalarda kübaj hesabının önemi artmaktadır. Harita firmaları bu çalışmalarını yaparken kazı öncesi ve kazı sonrası tüm çalışmalarını dikkatli bir biçimde sürdürmektedir. [5]

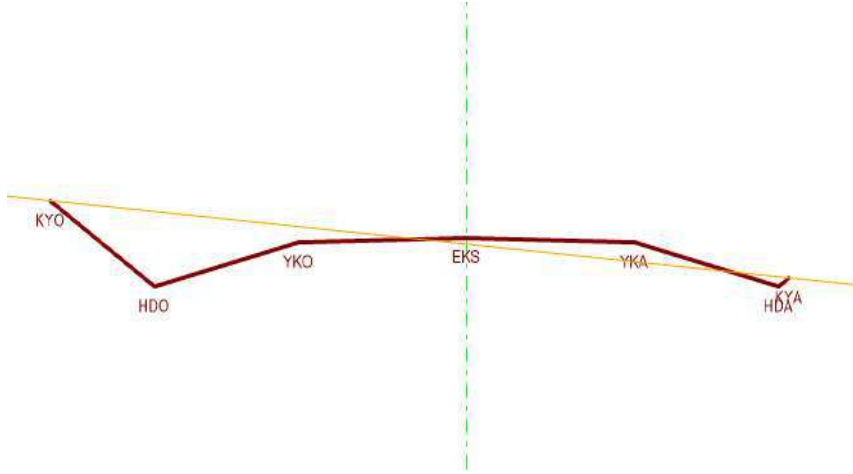
### 2.5.1 KÜBAJ HESABI (CUBAGE CALCULATION)

Kübaj işlemlerinde çalışma arazisinden ne kadar yarma yapılacağı veya dolgu işlemi için ne kadar malzeme gerekeceği maliyet hesabı için büyük önem taşır. Arazinin plankote haritası yapılarak çalışma

	<b>6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu</b> <b>6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium</b> 1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye
	<a href="http://www.efis.beun.edu.tr">http://www.efis.beun.edu.tr</a>

başında ve sonunda ne kadar hacim farkı olduğu belirlenir ve çalışma sonunda ya da hak ediş zamanında maliyet hesapları yapılır. [5]

Arazi aplikasyonu ile elde edilen veriler CAD ortamında değerlendirildikten sonra enkesit tabloları oluşturulur (Şekil 2). Enkesit tabloları üzerinden yarma ve dolgu verileri elde edilir.



Şekil 2 Enkesit Tablosu Üzerinde Yarma ve Dolgu (Splitting and Filling on the Cross Section Table)

## 2.6 PROJE STANDARLARI (PROJECT STANDARDS)

Bir karayolu projesinde (Şekil 3) standartlarının belirlenmesinde temel adım proje hızı seçimidir. Başka bir aracın etkisinde kalmadan normal hava şartlarında yapılabilecek en yüksek hız olarak proje hızı belirlenir. Proje hızı seçiminde yol sınıfı, arazinin topografik durumu ve trafik karakteristikleri gibi bazı etkenler dikkate alınır. [2]

Proje hızı, projenin tasarım aşamasının en başında belirlenmelidir. Minimum görüş uzunlukları; en küçük yatay kurb yarıçapı, kurptaki birleştirme eğrisi uzunluğu, dever uygulaması, genişletme miktarı; konfor parametresinin değeri, proje hızına bağlıdır. Proje hız değeri yoldan geçen taşıtların %85'inin aşmadığı hızdır.

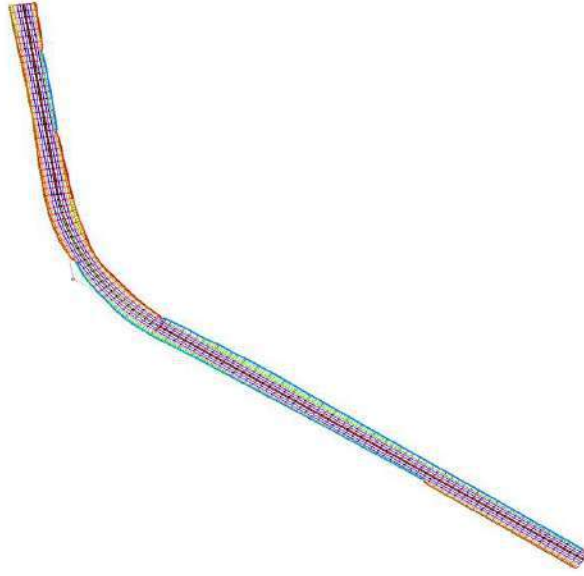
Güzergâh boyunca topografya ve maliyetlerden dolayı proje hızının her zaman sabit olmadığı durumlar olabilir. Bu durumda, ilgili bölgedeki proje hızı düşürülür ve bir kısıt proje hızı uygulanır. Kısıt proje hızı, bu kesimdeki hesaplamalarda proje hızı olarak kullanılır, ancak dengeli ve güvenli bir seyir sağlamak üzere hız düşürmesi ani olmamalı, kademeli olmalıdır. Tavsiye edilen farklar, birbirini takip eden kesimler arasında en fazla 10~15 km/saat olmasıdır. [1]

Proje standartlarını ve arazinin topografik durumunu göz önünde tutarak yapılacak bir teknik etütte geçki zorunlu noktaları birbirine bağlanmalıdır. Ana zorunlu noktalar yanında daha küçük yerleşim merkezleri, sanayi veya turizm merkezleri, dağlık veya bataklık bölge gibi bazı durumlarda ara zorunlu nokta durumunda olabilirler. [3]

Maksimum eğim, proje hızına, arazi cinsine ve kaplama çeşidine uygun seçilmelidir. Yol büyük eğimler gerektirmeyen yerlerden geçirilmelidir. İki zorunlu nokta arasında yer alan yolda, eğim kaybı olmamalıdır. Tek eğimli sürekli çıkışlar tercih edilmemelidir. Sürekli çıkış yapan bir taşıt büyük bir hız kaybına uğrayacaktır. Bu bakımdan böyle yerlerde taşıdın hız kazanabileceği sahanlıklar yapılmalıdır.

Dağlık arazide yolun kuzeye bakan yamacından geçirilmemesi de soğuk iklim koşullarından kaçınmak bakımından uygun olur. Nemli iklimlerde güney ve doğuya bakan yamaçlar, sıcak iklimlerde kuzey ve batı yönlerine bakan yamaçlar tercih edilir.

Güzergâh üzerinde bulunan akarsuların aşılması için gereken köprü yerlerinin dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekir. Genel olarak bu gibi engeller ne kadar kısa sanat yapıları ile geçilirse o kadar ekonomik bir davranış olur. [4]



Şekil 3 Karayolu Projesi (Road Project)

### 3. CAD ORTAMINDA PROJELERİN OLUŞTURULMASI (CREATING PROJECTS IN CAD)

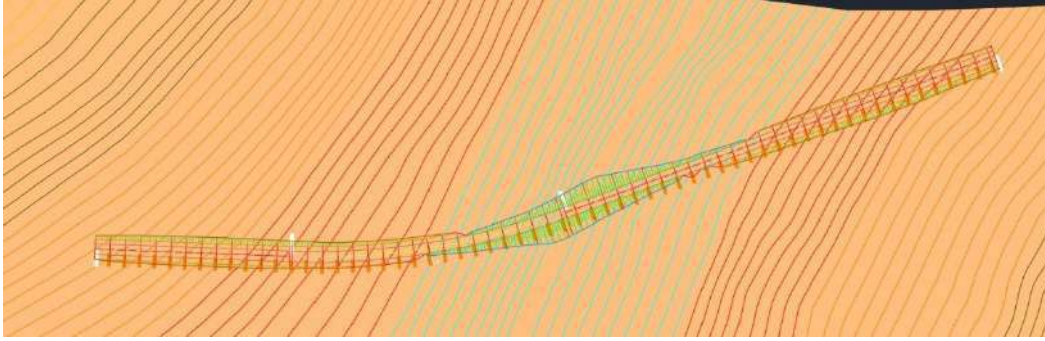
Bu çalışmada, piyasada bulunan iki adet ticari yazılım kullanılmıştır. Kullanılan yazılımlar, “Yazılım A” ve “Yazılım B” olarak adlandırılmıştır. Yazılım A küresel bir pazara sahip ve mühendislik alanında büyük çoğunluk tarafından kullanılan bir yazılım iken Yazılım B ülkemizde daha çok kullanılan bir yazılımdır. Bu iki yazılımın ortak yanı çalışma alanlarıdır. Bu bildiri kapsamında planlanan karayolu iki yazılımda da projelendirilmiştir.

#### 3.1 Yazılım A (SOFTWARE A)

Teknik resim çizmek için kullanılan diğer yazılımlar gibi vektör tabanlıdır. Yani CAD yazılımı; çözünürlükten bağımsız, 2 boyutlu ve 3 boyutlu geometrik nesnelerin oluşturulduğu bir veri kümesidir. Bu alandaki ilk vektörel çizim programlarından. Bu mesleğin en özgün 3 boyutlu arazi ve inşaat mühendisliği tasarım yazılımı olarak projelerin daha hızlı ve hassas tamamlanmasına olanak sağlamaktadır. Yazılımın diğer yazılımdan en büyük farkı; nesnelere arasında akıllı ilişkiler yaratmasıdır.

	<b>6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu</b> <b>6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium</b> <i>1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye</i>
	<a href="http://www.efis.beun.edu.tr">http://www.efis.beun.edu.tr</a>

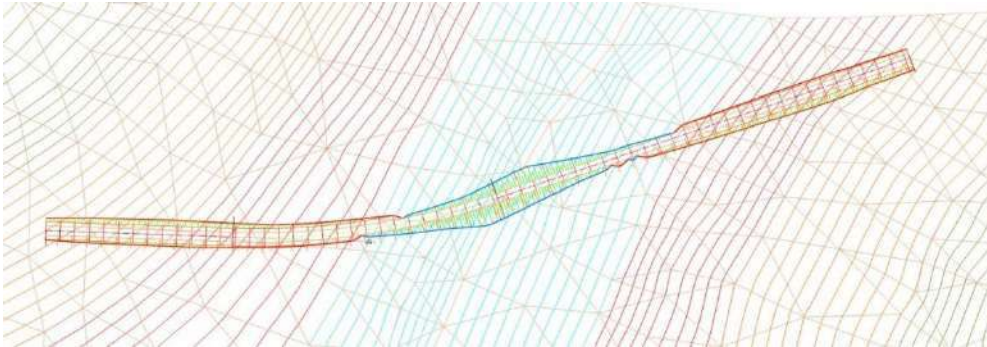
Tasarımda herhangi bir değişiklik olduğunda nesnelere de dinamik olarak güncellenir. Tüm Yazılım A nesnelere birbirleri ile bağlantılıdır. Örneğin, güzergahta bir değişiklik yapıldığında profiller de otomatik olarak güncellenir. Tasarım, analiz, raporlama ve 3 boyutlu görselleştirme işlemlerinin tümü Yazılım A ile yapılabilir. Yazılım A üzerinde hazırlanan şevli kotlu plan Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4 Yazılım A Üzerinde Şevli Kotlu Plan (Plan on Software A)

### 3.2 Yazılım B (SOFTWARE B)

Yazılım B mühendislik ve coğrafi bilgi sistemleri kullanıcıları için tasarlanmıştır. Uluslararası standartları destekleyen CAD ve GIS yazılımıdır. Yazılım B geomatik mühendislerinin kullandığı birçok yazılımdan biridir. Birçok alt modüle sahiptir. Bu modüller yol, baraj, gölet, imar işleri, halihazır ve parselasyon gibi işlerde kullanılabilir. Yazılım B daha modüler bir yapıya sahiptir. Modüler olması daha basit sayılabilecek bir ara yüze sahip olmasını sağlamıştır. Yazılım B üzerinde hazırlanan şevli kotlu plan Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5 Yazılım B Üzerinde Şevli Kotlu Plan (Plan on Software B)

### 3.3 İKİ YAZILIM İLE ELDE EDİLEN KAZANIMLAR (GAINS OBTAINED BY TWO SOFTWARES)

Bu çalışma kapsamında Yazılım A ve Yazılım B'nin, karayolu projesindeki geometrik unsurlardan bazılarının ve bu unsurlara bağlı olan hesaplamaların değerlendirilmesi yapılarak; kullanım kolaylığı ve zaman gibi aşamalarda kullanıcıya katkıları değerlendirilmiştir.

	<b>6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu</b> <b>6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium</b> <i>1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye</i>
	<a href="http://www.efis.beun.edu.tr">http://www.efis.beun.edu.tr</a>

Zaman bakımından her iki yazılım da kullanıcıya avantajlar sağlamaktadır. Karayolu projesinde çok zaman alan uygulamalar her iki yazılımla da çok hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Yapılan değişiklikler sonucu karayolu projesi kapsamında meydana gelen çizimsel ve hesap farklılıkları bu iki yazılım üzerinde de eş zamanlı yansımaktadır. Bu sayede düşey ve yatay güzergâh, en kesitleri, tip kesitleri, alan ve hacim değerlerini düzenlemek amacıyla yapılan değişiklikler yazılım tarafından hesaplandığı için proje aşamaları tekrar hesaplanmak zorunda kalınmaz. Her iki yazılımla da karayolu projesi tamamlandıktan sonra üç boyutlu model animasyonu oluşturulabilmektedir.

#### 4.SONUÇ (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada bir karayolu projesi hazırlanma aşamaları anlatılmıştır. Karayolu projeleri, geomatik mühendisliği bakımından çok önemlidir. Karayolu projeleri karar aşaması, etüt aşaması, projelendirme ve araziye uygulama aşamalarıyla beraber yoğun geçen bir çalışmadır. Projelendirme aşamasında Yazılım A ve Yazılım B yazılımları kullanılmıştır.

Karayolu projelerinde projelendirme işlemlerinin çok ciddi ve özenle hazırlanması gerekmektedir. Bu iki yazılımla da her aşama ayrı ayrı bir bütündür ve bu yüzden yapılan bir hata bütün proje çalışmasını etkilemektedir.

Bu iki yazılımın karşılaştırılması yapıldığında en büyük farklılık ara yüz olarak karşımıza çıkmaktadır. Yazılım A'nın dili İngilizce'dir ve komut satırından "Line, Endpoint, Extension vb." gibi komutlar ile işlemler yapılabilmektedir. Yazılım B'de ise modüller ön plana çıkmaktadır. Türkçe ara yüze sahip olan Yazılım B ülkemizde daha çok tercih edilmektedir.

Her iki yazılımın kendine ait özellikleri bulunmaktadır. Yazılım B üzerinde mimari çizim yapılmaya çalışılırsa ölçüleri yerleştirmek Yazılım A'ya göre daha zordur ancak temel haritacılık uygulamalarında Yazılım B çok daha iyidir. Bu yüzden her iki yazılım da geomatik mühendisliği çalışma alanında ayrı ayrı öneme ve kendilerine ait özelliklere sahiptir.

#### KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] Görmüş, S. (2021). Geo432 Yol Bilgisi Ders Notları. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak.
- [2] PANCAR, E. B. (2018). Yol Bilgisi Ders Notları. 19 Mayıs Üniversitesi, Samsun.  
Yrd.Doç.Dr.Ayhan CEYLAN, S.Ü.Müh. Mim. Fak. Harita Müh. Böl. Öğ.Üyesi, Konya, 2009, YOL BİLGİSİ VE PROJESİ, (DERS NOTLARI)
- [3] Karayolu Tasarımı, Muhammet Vefa Akpınar, PhD, P.E, 2010
- [4] Karayolu İnşaatı, Müslim Avcıoğlu, İstanbul-2011
- [5] Karayolu Mühendisliği, Nadir Yayla, İstanbul-2013
- [6] Sayısal Arazi Modeli Üzerinde Geçki Tasarımı Prof.Dr. Ergin TARI, İTÜ Geomatik Mühendisliği Bölümü Ölçme Tekniği Anabilim Dalı





## BETONARME KOLONLARIN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ

Ali Sina BAKHTYARİ<sup>1,\*</sup>, Sıla YAMAN<sup>2</sup>, Hamide Tekeli KABAŞ<sup>3</sup>, Fuat DEMİR<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ali Sina BAKHTYARİ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup> Sıla YAMAN, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

<sup>3</sup> Hamide Tekeli KABAŞ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

<sup>4</sup> Fuat DEMİR, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: bakhtyarialisina@gmail.com

### ÖZET

Sonlu Elemanlar Metodu (SEM), genellikle mühendislik hesaplamalarında, problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılan sayısal bir tekniktir. Sonlu elemanlar çözümü için mühendislikte kullanılacak çok sayıda program mevcuttur. Abaqus sonlu elemanlar programı da bunlardan biridir. Betonun doğrusal olmayan davranışı, yaygın olarak kullanılan Concrete Damaged Plasticity (Beton Hasar Plastisite) (CDP) modeli ile tanımlanır. Bu model tanımlanırken dilasyon açısı ve viskozite parametresine ihtiyaç vardır. Literatürde bu iki veri için kullanılacak aralıklar verilmiştir. Abaqus programında analiz yapılmadan önce model sonlu eleman ağlarına bölünür. Bu parametrelerin sonuçlar üzerindeki etkinliğinin bilinmesi kullanıcıya değerlendirmelerde büyük kolaylık sağlayacaktır. Sonlu eleman ağı, dilasyon açısı ve viskozite parametresi çalışmanın değişkenleri olarak seçilmiştir. Bu çalışma kapsamında literatürde deney sonuçları bulunan eksenel yüke maruz betonarme bir kolonun, Abaqus programı ile modellenmesinde kullanılan bu parametrelerin program sonuçları üzerindeki etkinliği incelenmiştir. Analizler sonucunda her model için eksenel yük-ksenel kısalma grafikleri oluşturularak, parametrelerin etkisi kıyaslamalı olarak sunulmuştur. Çalışma sonucunda sonlu eleman ağı, dilasyon açısı ve viskozite parametresinin, elemanın eksenel yük taşıma kapasitesine kıyasla eksenel kısalma miktarı üzerinde daha etkili olduğu elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sonlu elemanlar, eksenel yük, Abaqus, modelleme

## FINITE ELEMENT MODELING OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS

### ABSTRACT

The Finite Element Method (SEM) is a numerical technique generally used in engineering solution of problems. There are many programs that can be used in engineering for finite element solution. Abaqus is one of finite element programs. The nonlinear behavior of concrete is described by the widely used Concrete Damaged Plasticity (CDP) model. Dilation angle and viscosity parameters are needed while defining the model. The ranges that can be used for these parameters are given in the literature. The model is divided into finite element meshes before the analysis is runned in the Abaqus program. Knowing the effectiveness of these parameters on the results will provide significant convenience to the user in evaluations. Mesh spacing, dilation angle and viscosity parameter were chosen as the variables of the study. Within the scope of this study, the effectiveness of these parameters, which are used in the modeling of a reinforced concrete column subjected to axial load, with the Abaqus program, on the results of the program, whose test results are available in the literature, was investigated. As a result of the analysis, axial load-axial shortening graphs were created for each model, and the effects of the parameters were presented comparatively. As a result of the study, it has been obtained that the finite element mesh, dilation angle and viscosity parameter are more effective on the amount of axial shortening compared to the axial load capacity of the element.

**Keywords:** Finite element, axial load, Abaqus, modelling

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Betonarme elemanların davranışının anlaşılabilmesinin en iyi yolu eleman deneylerinin yapılmasıdır. Böylece elamanda oluşabilecek hasarın şekli ve dağılımı, yük taşıma kapasitesi, sünekliği, rijitliği ve enerji tüketimi gibi birçok parametre hakkında fikir sahibi olunabilir. Ancak deneylerin yapılması, zaman alıcı olmasının yanında ekonomik zorluklar nedeniyle her zaman mümkün olmayabilir. Bu amaçla sonlu elemanlar metodu davranışın etkin bir şekilde belirlenebilmesi için alternatif bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Sonlu Elemanlar Metodu (SEM), genellikle mühendislik hesaplamalarında kullanılan, mühendislik problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan sayısal bir tekniktir.

Sonlu elemanlar çözümü için mühendislikte kullanılacak çok sayıda program mevcuttur. Bu programlar yardımıyla karmaşık kesit ve malzeme özellikleri rahatlıkla tanımlanabilir. Böylece eleman davranışı ile ilgili sonuçlara ekonomik olarak kısa sürede ulaşılabilir. Abaqus bu programlardan biridir. Malzeme modellemedeki esnekliği sayesinde akademik çalışmalarda çoğu mühendislik probleminin çözümünde kullanımı tercih edilen bir program olmuştur. Sonlu elemanlar yöntemiyle kabul edilebilir sonuçlar elde edilmesi, malzeme davranışlarının ve kesit özelliklerinin gerçeğe en yakın şekilde programa tanımlanmasıyla mümkün olur. Dolayısıyla modellemedeki farklılıklar çözümü sonuçlarını etkileyecektir.

Betonun doğrusal olmayan davranışının modellenmesinde farklı yöntemler mevcuttur. Yaygın olarak kullanılan modellerden birisi Concrete Damaged Plasticity (Beton Hasar Plastisite) (CDP) modelidir. CDP modelinde betonun akma yüzeyinin tanımlanması için beş temel parametreye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar, dilasyon (genişleme) açısı ( $\psi$ ), akma yüzeyinin eksantrisitesi ( $\epsilon$ ), başlangıçtaki iki eksenli basınç akma gerilmesinin başlangıçtaki tek eksenli basınç akma gerilmesine oranı ( $\sigma_{bo}/\sigma_{co}$ ), çekme fonksiyonu üzerindeki ikincil sabit gerilme oranı (K) ve viskozite ( $\mu$ ) parametresidir. Hibbitt vd. (2013) [1], bu parametrelerin varsayılan değerlerini belirtmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Akma yüzeyini oluşturan parametreler (Parameters constituent the yield function) [2]

Parametre	Varsayılan Değer
$\psi$	-
$\epsilon$	0,1
$\sigma_{bo}/\sigma_{co}$	1,16
K	2/3
$\mu$	0

Varsayılan viskozite parametresi genellikle sıfır olarak kullanılmaktadır ancak literatürde analizlerin hızlı tamamlanması ve/veya iterasyon hatası vermeden devam edebilmesi için küçük bir değer alınması önerilmiştir [2-6]. Dilasyon açısı için varsayılan kesin bir değer yoktur ancak Abaqus'te bu değer 0 ila 56,3° arasında bir değer girilmesi şarttır [7]. Literatürde bu parametre için farklı değerler önerilirken en yaygın yaklaşım uygun değer bulunabilmesi için parametrik çalışma yapılmasıdır. Ren vd. (2014) [4] yaptıkları çalışmadan dilasyon açısının 0° ila 30° arasında değiştiğini ancak deneysel sonuçlara en yakın çözümü 38° için elde ettiklerini belirtmişlerdir. Hafezolgborani vd. (2017) [8] 20° ila 40° arasında bir değer alınmasını önermiştir.

Abaqus programında analiz yapılmadan önce model, sonlu eleman ağlarına bölünür. Sonlu eleman ağı tanımlanırken her bir düğüm noktasının birleşmesi önem arz etmektedir. Analiz sonuçlarını etkileyen parametrelerden biri de ağıın sıklığıdır. Bu parametrelerin sonuçlar üzerindeki etkinliğinin bilinmesi kullanıcıya değerlendirmelerde büyük kolaylık sağlayacaktır.

Çalışma kapsamında viskozite parametresi (0 ve 0.01), dilasyon açısı (30° ve 40°) ve sonlu eleman ağı (25, 50, 125 ve 250) değişiminin, eksenel yük altındaki betonarme kolonun davranışına etkisi incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda 250×250×1250 mm boyutlarında 4Ø12 boyuna donatı ve Ø6/120 enine donatıya sahip betonarme kolon elemanlar modellenmiştir. Analiz sonucunda yük-kısalma grafikleri elde edilerek parametrelerin etkisi yorumlanmıştır.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

### 2.1 Abaqus Programında Modelleme (Modelling in Abaqus)

Betonun doğrusal olmayan davranışını tanımlamak için Concrete Damaged Plasticity (Beton Hasar Plastisite) (CDP) modeli kullanılmıştır. Basınç ezilmesi ve çekme gerilmesi altındaki betonun davranışı, programa verilen “gerilme-inelastik birim şekildeğiştirme” verileri ile tanımlanmaktadır (Şekil 1). Program, bu verileri kullanarak betonun gerilme ve plastik şekildeğiştirme değerlerini kendisi hesaplamaktadır.

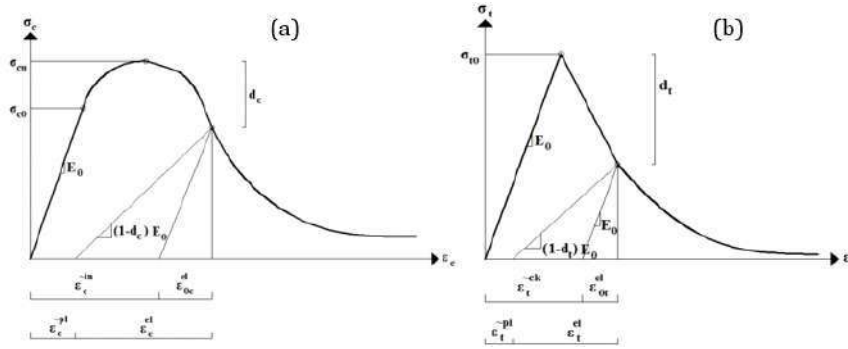
$$\sigma_c = (1 - d_c) * E_0 * (\varepsilon_c - \varepsilon_c^{pl}) \quad (1)$$

$$\varepsilon_c^{pl} = \varepsilon_c^{in} - \frac{d_c}{(1 - d_c)} * \frac{\sigma_c}{E_0} \quad (2)$$

$$\sigma_t = (1 - d_t) * E_0 * (\varepsilon_t - \varepsilon_t^{pl}) \quad (3)$$

$$\varepsilon_t^{pl} = \varepsilon_t^{ck} - \frac{d_t}{(1 - d_t)} * \frac{\sigma_t}{E_0} \quad (4)$$

Burada,  $d_c$  ve  $d_t$  betonun basınç ve çekme etkisindeki hasar parametreleridir. Hasar parametreleri, elastik rijitliklerindeki azalmayı ifade eder ve hasarsız durum için “0” iken tam hasarlı durum için “1” değerini almaktadır [1]. Hasar parametrelerinin tanımlanması, oluşturulan modelin performansını arttırmaktadır [2].



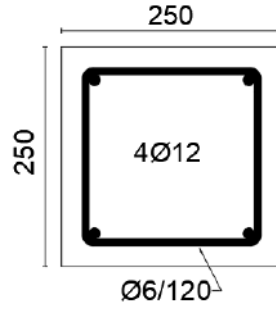
Şekil 1. Betonun tek eksenli yükleme altındaki davranışı a) basınç, b) çekme (Behavior of concrete under uniaxial loading a) compression, b) tension) [9]

Malzeme modelleri tanımlandıktan sonra elemanlara atanmış ve donatı ile beton arasındaki aderans, embedded (gömülü) bağ seçeneği ile sağlanmıştır. Modeldeki kolon eleman, sonlu eleman çözüm ağlarına ayrılır.

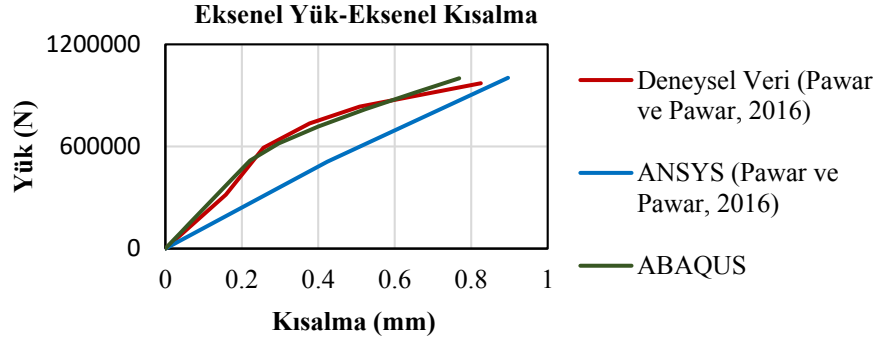
Bu çalışmada literatürde yer alan betonarme kolon eleman modellenmiştir. Viskozite parametresi (0 ve 0,01), dilasyon açısı (30° ve 40°) ve sonlu eleman ağı (25, 50, 125 ve 250) parametre olarak seçilmiştir. Kolon elemanın eksenel yük altında analizleri yapılmıştır.

### 2.2 Abaqus'te Oluşturulan Modelin Doğrulanması (Verifying the model created in Abaqus)

Sonlu elemanlar modelinin doğruluğunun kontrol edilebilmesi için Pawar ve Pawar (2016) [10] tarafından yapılan çalışmadaki betonarme kolonun analizi yapılmıştır. Pawar ve Pawar (2016) [10] yaptıkları çalışmada, literatürde yer alan ve deney sonuçları bulunan betonarme kolonu ANSYS programında modelleyerek eksenel yük-eksenel kısalma sonuçlarını kıyaslamışlardır. 250×250×1250 mm boyutlarındaki betonarme kolonun net beton örtüsü 25 mm, beton dayanımı 25 MPa, boyuna donatısı 4Ø12 ve etriyesi Ø6/120 mm'dir (Şekil 2). 1000 kN büyüklüğünde eksenel yük uygulanarak analizi gerçekleştirilmiştir. Aynı kesit ve malzeme özellikleri kullanılarak kolon eleman Abaqus sonlu elemanlar programında modellenmiştir. Betonun gerilme-şekildeğiştirme eğrisi Hognestad modeli ile oluşturularak Eş.1 - Eş.4 formülüyle CDP modeline dönüştürülmüştür. CDP modeli oluşturulurken viskozite parametresi 0.01, dilasyon açısı 30° ve sonlu eleman ağ genişliği 20 mm alınmıştır. Analiz sonucunda elde edilen eksenel yük-eksenel kısalma eğrisi çalışmada verilen eğrilerle kıyaslanmıştır (Şekil 3). Burada, deneysel verilerle çizilen eğri ile Abaqus programında yapılan analiz sonucunda elde edilen eğrinin uyumlu çıktığı görülmektedir.



Şekil 2. Betonarme kolonun donatı detayı (Reinforcement detail of reinforced concrete column)



Şekil 3. Betonarme kolonun eksenel yük-eksenel kısalma eğrisi (Axial load-axial shortening curve of reinforced concrete column)

### 2.3 Modellerin Tanıtılması (Introducing the models)

Çalışma kapsamında yapılan analizlerde; dilasyon açısı, viskozite değeri ve sonlu eleman ağı aralığının, betonarme kolon elemanların eksenel yük altındaki davranışlarına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla deneysel verinin kıyaslanması için oluşturulmuş olan kolonda incelemelere devam edilmiştir. Seçilen parametrelere bağlı olarak Tablo 2’de oluşturulan model isimleri ve detayları verilmiştir. Model isimlerinde M; ağı aralığını, DA; dilasyon açısını ve V ise viskozite parametresini ifade etmektedir. Örneğin; M25\_DA30\_V0, sonlu eleman ağı 25 mm, dilasyon açısı 30° ve viskozite parametresi 0 olan modeli belirtmektedir.

Tablo 2. Modellere ait detayları (Details of the models)

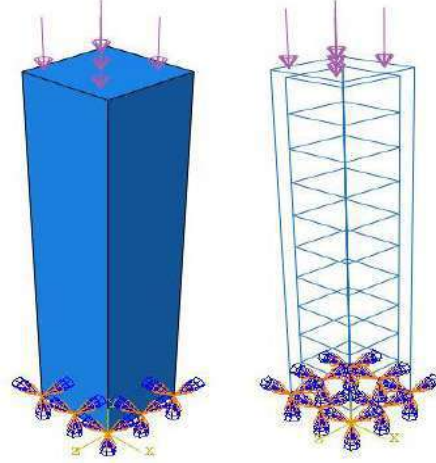
Model Adı	Mesh Aralığı (mm)	Dilasyon Açısı	Viskozite
M25_DA30_V0	25×25	30°	0
M50_DA30_V0	50×50	30°	0
M125_DA30_V0	125×125	30°	0
M250_DA30_V0	250×250	30°	0
M25_DA40_V0	25×25	40°	0
M50_DA40_V0	50×50	40°	0
M125_DA40_V0	125×125	40°	0
M250_DA40_V0	250×250	40°	0
M25_DA30_V1	25×25	30°	0.01
M50_DA30_V1	50×50	30°	0.01
M125_DA30_V1	125×125	30°	0.01
M250_DA30_V1	250×250	30°	0.01
M25_DA40_V1	25×25	40°	0.01
M50_DA40_V1	50×50	40°	0.01
M125_DA40_V1	125×125	40°	0.01
M250_DA40_V1	250×250	40°	0.01

Betonun (C25) gerilme şekil değıştirme grafiği Hognestad modeli [11] kullanılarak elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak CDP modelinin, gerilme-inelastik birim şekildeğiştirme değerleri ve hasar parametreleri elde edilmiştir. Kolonun alt yzeyine ankastre mesnet tanımlanmış ve makaleye [10] benzer olarak toplamda 1000 kN olacak şekilde üst yzeyine 16 N/mm<sup>2</sup>'lik aksenal basınc ykú uygulanmıştır (şekil 4).

$$\sigma_c = f_c * \left[ \frac{2\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} - \left( \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right)^2 \right] \quad (5)$$

$$\varepsilon_{co} = \frac{2f_c}{E_c} \quad (6)$$

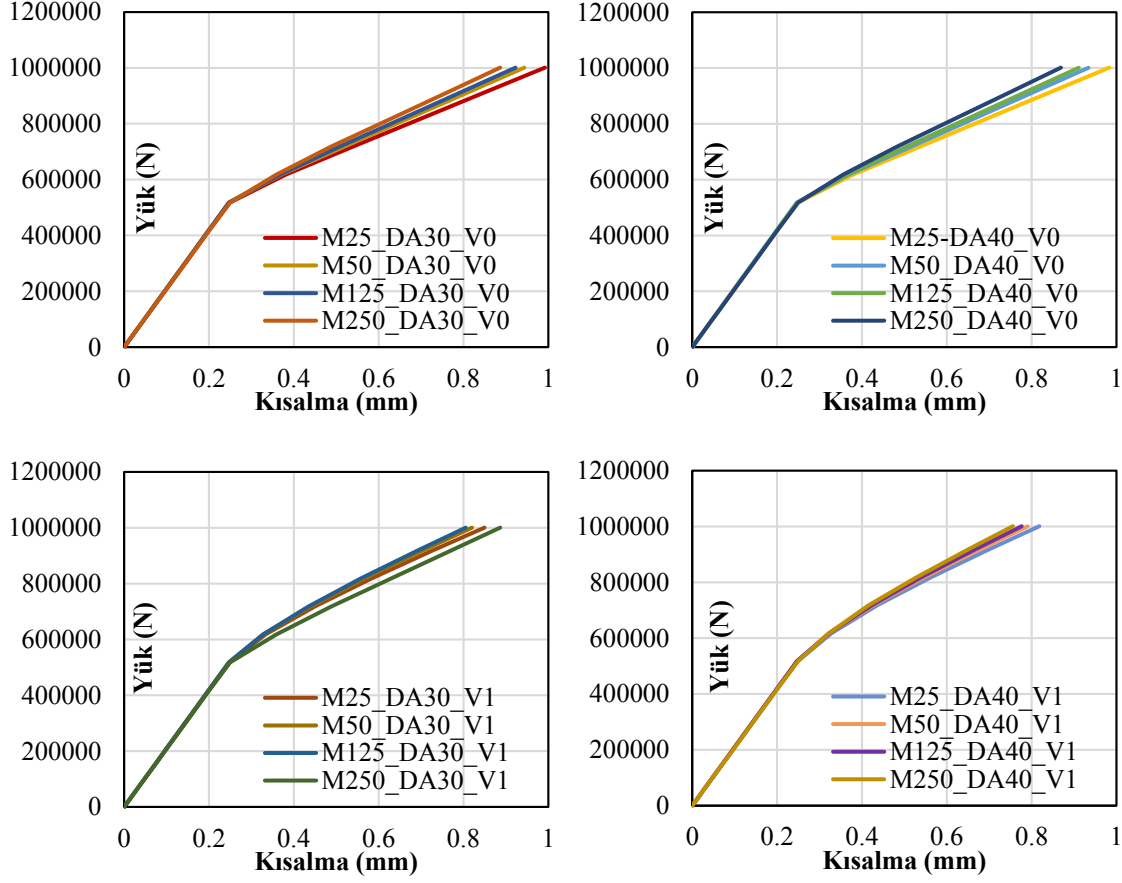
$$E_c = 12680 + 460f_c \quad (\text{MPa}) \quad (7)$$



şekil 4. Abaqus'te oluşturulan modele ait górintú (Image of the model created in Abaqus)

### 3. BULGULAR VE TARTIşMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Modellerin aksenal ykú altında yapılan analizleri sonucunda aksenal ykú-kısalma eğrileri elde edilmiştir. Tablo 2'de verildiği şekilde her grupta sonlu eleman ağ aralığı değişen parametre olacak şekilde 4 grup için grafikler şekil 5'te sunulmuştur. Grafikler incelendiğinde, bu parametrelerin değişiminin kolonun kısalma miktarı üzerinde etkisi olduğu górlmektedir. Bu etki, ağ aralığı ve dilasyon açısına kıyasla viskozite parametresinin değişiminde daha belirgin şekilde meydana gelmiştir. Kolonun taşıdığı toplam aksenal ykú ve toplam aksenal kısalmasını gósteren, grafiğin son noktası için sonlu eleman ağına bağlı olarak yzdesel değişimleri Tablo 3'te, dilasyon açısına bağlı olarak Tablo 4'te, viskozite parametresine bağlı olarak Tablo 5'te sunulmuştur. Ağ aralığının 25×25 mm olduğu modeller, elemanın daha sık sonlu eleman ağına bólundúđünü góstermektedir. Bundan dolayı Tablo 3'te sunulan yzdelik hesaplamaları her grubun en sık ağ aralığı referans alınarak yapılmıştır. Tablolarda azalmalar “-”, artışlar ise “+” ile ifade edilmiştir.



Şekil 5. Modellerin eksenel yük-ksenel kısalma grafikleri (Axial load-axial shortening graphs of the models)

Tablo 3. Analiz sonuçlarının sonlu eleman ağına göre yüzdesel değişimi  
(Percentage change of analysis results according to mesh range)

Model Adı	Yük (N)	Kısalma (mm)	Yük (%)	Kısalma (%)
M25_DA30_V0	1000970,3	0,992	-	-
M50_DA30_V0	1000802,4	0,943	-0,0168	-4,94
M125_DA30_V0	1000834,4	0,923	-0,0136	-6,96
M250_DA30_V0	1000853,0	0,887	-0,0117	-10,58
M25_DA40_V0	1001168,8	0,984	-	-
M50_DA40_V0	1000972,4	0,934	-0,0196	-5,08
M125_DA40_V0	1001009,9	0,911	-0,0159	-7,42
M250_DA40_V0	1001017,6	0,869	-0,0151	-11,87
M25_DA30_V1	1000730,6	0,849	-	-
M50_DA30_V1	1000630,2	0,820	-0,0100	-3,42
M125_DA30_V1	1000652,1	0,805	-0,0078	-5,18
M250_DA30_V1	1000853,0	0,887	+0,0122	+4,48
M25_DA40_V1	1000823,6	0,818	-	-
M50_DA40_V1	1000718,5	0,791	-0,0105	-3,30
M125_DA40_V1	1000738,8	0,777	-0,0085	-5,01
M250_DA40_V1	1000756,0	0,756	-0,0066	-7,58

Tablo incelendiğinde, ağ aralığının toplam yük üzerindeki etkisinin çok düşük olduğu ama kısalma üzerindeki etkisinin %3-%11 arasında değiştiği görülmektedir. Ağ aralığı büyüdükçe yük kapasitesi ve kısalma miktarı azalmaktadır.

Tablo 4. Analiz sonuçlarının dilasyon açısına göre yüzdesel değişimi  
(Percentage change of analysis results according to dilation angle)

Model Adı	Yük (N)	Kısalma (mm)	Yük (%)	Kısalma (%)
M25_DA30_V0	1000970,3	0,992	-	-
M25_DA40_V0	1001168,8	0,984	+0,0198	-0,81
M50_DA30_V0	1000802,4	0,943	-	-
M50_DA40_V0	1000972,4	0,934	+0,0170	-0,95
M125_DA30_V0	1000834,4	0,923	-	-
M125_DA40_V0	1001009,9	0,869	+0,0175	-5,85
M250_DA30_V0	1000853,0	0,887	-	-
M250_DA40_V0	1001017,6	0,869	+0,0164	-2,03
M25_DA30_V1	1000730,6	0,849	-	-
M25_DA40_V1	1000823,6	0,818	+0,0093	-3,65
M50_DA30_V1	1000630,2	0,820	-	-
M50_DA40_V1	1000718,5	0,791	+0,0088	-3,53
M125_DA30_V1	1000652,1	0,805	-	-
M125_DA40_V1	1000738,8	0,777	+0,0087	-3,48
M250_DA30_V1	1000853,0	0,887	-	-
M250_DA40_V1	1000756,0	0,756	-0,0097	-14,77

Analiz sonuçlarının dilasyon açısına bağlı yüzdesel değişimi verilen Tablo 4 incelendiğinde; dilasyon açısının büyümesinin yük taşıma kapasitesini arttırdığı ancak kısalma miktarını azalttığı görülmektedir. Yalnızca ağ aralığı 250×250 mm olan modelde dilasyon açısının artması yükü azaltmıştır. Ayrıca bu ağ aralığı, kısaltmada en büyük azalmayı oluşturmuştur. Dilasyon açısının değişimi toplam yükü çok küçük oranda etkilerken kısalma miktarını %1-%15 oranında etkilemiştir.

Analiz sonuçlarının viskozite parametresine bağlı yüzdesel değişimi ise Tablo 5'te verilmiştir. Burada viskozite parametresinin olması gerektiği değere (0) göre yüzdesel değişimler sunulmuştur.

Tablo 5. Analiz sonuçlarının viskozite parametresine göre yüzdesel değişimi  
(Percentage change of analysis results according to viscosity parameter)

Model Adı	Yük (N)	Kısalma (mm)	Yük (%)	Kısalma (%)
M25_DA30_V0	1000970,3	0,992	-	-
M25_DA30_V1	1000730,6	0,849	-0,0239	-14,42
M50_DA30_V0	1000802,4	0,943	-	-
M50_DA30_V1	1000630,2	0,820	-0,0172	-13,04
M125_DA30_V0	1000834,4	0,923	-	-
M125_DA30_V1	1000652,1	0,805	-0,0182	-12,78
M250_DA30_V0	1000853,0	0,887	-	-
M250_DA30_V1	1000853,0	0,887	0	0
M25_DA40_V0	1001168,8	0,984	-	-
M25_DA40_V1	1000823,6	0,818	-0,0345	-16,87
M50_DA40_V0	1000972,4	0,934	-	-
M50_DA40_V1	1000718,5	0,791	-0,0254	-15,31
M125_DA40_V0	1001009,9	0,911	-	-
M125_DA40_V1	1000738,8	0,777	-0,0271	-14,71
M250_DA40_V0	1001017,6	0,869	-	-
M250_DA40_V1	1000756,0	0,756	-0,0261	-13,00

Tablo incelendiğinde sıfırdan farklı bir değer girilmesi yük taşıma kapasitesi ve kısalma miktarını azaltmaktadır. Bu azalma yük taşıma kapasitesi için oldukça düşükken kısalma miktarı için %0-%16 arasında değişmektedir. Yük taşıma kapasitesi ve kısalma miktarı için en büyük azalma M25\_DA40\_V1 modelinde meydana gelmiştir. Ağ aralığı 250×250 mm, dilasyon açısı 30° olan modelde viskozite parametresinin değişimi sonucu etkilememiş ancak dilasyon açısının 40° olduğu modelde azalma meydana gelmiştir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada eksenel yük altındaki betonarme kolon elemanın Abaqus sonlu elemanlar programında modellenirken kullanılan verilerdeki değişimin analiz sonucuna etkisi incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda 250×250×1250 mm boyutlarında 4Ø12 boyuna donatı ve Ø6/120 enine donatıya sahip betonarme kolon elemanlar modellenmiştir. CDP modeli oluşturulurken dilasyon açısı (30° ve 40°) ve viskozite parametresi (0 ve 0.01), modelleme aşamasında ise ağ aralığı (25, 50, 125 ve 250) parametre olarak seçilmiştir. Modellerin analizi sonucunda elde edilen eksenel yük-eksenel kısalma eğrileri kıyaslanarak elemanın davranışına etkisi yorumlanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1. Sonlu eleman ağ aralığı, dilasyon açısı ve viskozite parametresinin değişimi eksenel yük taşıma kapasitesine kıyasla eksenel kısalma miktarını etkilemektedir.
2. Ağ aralığı büyüdükçe sonlu eleman ağ sayısı azalmakta olup eksenel yük taşıma kapasitesi ve eksenel kısalma miktarı azalmaktadır. Ağ aralığının azalması çözüm hassasiyetini arttırmaktadır.
3. Dilasyon açısının artması eksenel yük taşıma kapasitesini arttırırken eksenel kısalma miktarını azaltmaktadır.
4. Viskozite parametresinin sıfırdan farklı değer girilmesi eksenel yük taşıma kapasitesi ve eksenel kısalma miktarını azaltmıştır. Literatürde belirtildiği gibi analiz süresini de azaltmaktadır.
5. Çalışma kapsamında yalnızca eksenel yük altındaki betonarme kolon elemanlar incelendiğinden bu parametrelerin değişiminin etkisinin oldukça küçük olduğu gözlenmiştir. Parametrelerin daha büyük modellerde ya da yanal yükleme gibi daha farklı yüklemelerin yapıldığı durumlardaki etkisi incelenmesi gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR ( REFERENCES)

- Hibbitt, H.D., Karlsson, B.I., Sorensen, E.P. "ABAQUS user's manual." Providence (RI): Dassault Systemes Simulia Corp., 2013.
- Demir, A. "Betonarme Yüksek Kirişlerde Kesme Çatlağının Artık Yük Taşıma Kapasitesine Etkisinin İncelenmesi." Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 176s., Sakarya, 2018.
- Ma, H., Wang, H. H., Li, Z. B., Sun, X. Y., Zhang, X. W. "The Finite Element Analysis of RC Energy Absorption Columns Based on ABAQUS Software." Applied Mechanics and Materials, 174-177, 2012.
- Ren, W., Sneed, L. H., Yang, Y., He, R. "Numerical Simulation of Prestressed Precast Concrete Bridge Deck Panels Using Damage Plasticity Model." International Journal of Concrete Structures and Materials, 9(1), 45-54., 2014.
- Demir, A., Öztürk, H., Edip, K., Stojmanovska, M., Bogdanovic, A. "Sensitivity of Dilation Angle in Numerical Simulation of Reinforced Concrete Deep Beams." The Online Journal of Science and Technology, 8(3), 2018.
- Gökçen, C. "Frp İle Güçlendirilmiş Betonarme Elemanlarda Frp-Beton Siyirilme Davranışının İncelenmesi." Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107s., İzmir, 2019.
- Demir, A., Öztürk, H., Bogdanovic, A., Stojmanovska, M., Edip, K., "Effect of Viscosity Parameter on the Numerical Simulation of Reinforced Concrete Deep Beam Behavior." Scientific Journal of Civil Engineering, 6(1), 2017.
- Hafezolzhorani, M., Hejazi F., Vaghei, R., Jaafar, M. S. B., Karimzade, K. "Simplified Damage Plasticity Model for Concrete." Structural Engineering International, Nr. 1/2017, 2017.
- Yaman, C. "Cam Fiber Plakalarla Kesmeye Karşı Güçlendirilmiş Betonarme Kirişlerde Ankraj Sayısının Etkisinin Analitik Olarak Modellenmesi." Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66s., Aksaray, 2016.
- Pawar, V. S., Pawar, P. M. "Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Column with ANSYS." International Research Journal of Engineering and Technology, 3(6), 2016.
- Hognestad E. "Study of Combined Bending and Axial Load in Reinforced Concrete Members." University of Illinois: Urbana, 1951.





**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**İNTERFEROMETRİK YAPAY AÇIKLIKLI RADAR TEKNİĞİ İLE**  
**SENTINEL-1 RADAR VERİLERİNDEN SAYISAL YÜKSEKLİK**  
**MODELİ ÜRETİMİ**

Ali Berke DİNÇ<sup>1,\*</sup>, Aycan Murat MARANGOZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ali Berke DİNÇ, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup> Aycan Murat MARANGOZ, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [bberkedinc@gmail.com](mailto:bberkedinc@gmail.com)

**ÖZET**

Yükseklik bilgilerinin çıkarımı için yapay açıklıklı radar tekniğinin kullanımı, 1970'lerden beri kabul görmektedir. Sentinel-1'in dar yörünge tüpü özellikle DInSAR uygulamaları için tasarlandığından, bu görevden elde edilen verilerden sayısal yükseklik modeli çıkarımı bir nebze çetrefilli olmaktadır. Ancak, gerekli teknik koşullar sağlanmıştır ve iyi bir sayısal yükseklik modeli çıkarımı çeşitli koşullar altında mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada, interferometrik yapay açıklıklı radar tekniği ile, Avrupa Uzay Ajansı tarafından ücretsiz olarak sunulan Sentinel-1 radar verileri kullanılarak iyi bir sayısal yükseklik modeli üretimi gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'ni kapsayan, 2020 yılının ağustos ayına ait Sentinel-1 yükselen yörünge C-bant görüntü çifti kullanılmıştır. Görüntü çifti, kuru sezonda alınmış olup 6 günlük bir zamansal baza ve 233,86 metrelik dik baz uzunluğuna sahiptir. Veri işleme süreci sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmiş ve sonuç olarak, çalışma alanına ait en güncel sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir.

**Kelimeler:** İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar, SYM, Sentinel-1, SAR

**DIGITAL ELEVATION MODEL GENERATION FROM SENTINEL-1**  
**RADAR DATA THROUGH SAR INTERFEROMETRY**

**ABSTRACT**

The use of synthetic aperture radar for the retrieval of height information has been acknowledged since the 70s. Since the narrow orbital tube of Sentinel-1 was primarily designed for DInSAR approaches, deriving a digital elevation model from the data obtained from this mission is somewhat challenging. Therewithal, the necessary technical conditions are provided and derivation of a good digital elevation model is possible - subject to various conditions.

In this study, it's intended to generate a good digital elevation model using the Sentinel-1 radar data provided free of charge by the European Space Agency, through SAR Interferometry. In this context, Sentinel-1 ascending orbit C-band image pair, covering the East Anatolian Region of Turkey, acquired in August 2020 was used. The image pair was acquired in the dry season, and has a 6 days temporal baseline and a 233,86 m perpendicular baseline.

The data processing process was carried out smoothly, and as a result, the most up-to-date digital elevation model of the study area was generated.

**Keywords:** SAR, InSAR, Sentinel-1, DEM Generation

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tüm mekânsal bilgi ve analiz veri kaynakları arasında sayısal yükseklik modelleri özel bir role sahiptir [1]. Bu modeller, öncelikle düzenli bir raster ızgaranın hücreleri içinde depolanan, Dünya'nın topografyasının sürekli varyasyonlarını temsil eden ve yer şekillerinin jeomorfolojik haritalanması [2], hidrolojik akış süreçlerinin sayısal modellenmesi [3], görüş alanı ve görünürlük hesaplamaları [4] dâhil olmak üzere çeşitli uygulamalar için ana girdidir.

Sayısal yükseklik modelleri, birçok farklı şekilde veya teknikle elde edilebilmekle birlikte, bu bildirinin konusu olan interferometrik yapay açıklıklı radar tekniğiyle de üretilebilmektedir. Bu teknik, kısaca, interferometrik çiftlerin faz farklarının kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Diğer tekniklere (hava fotoğrafları, uydu görüntüleri, lazer tarama, vs.) alternatif olarak, Dünya'nın yüksekliğini ölçmek için uzay-kaynaklı, yan bakışlı, yapay açıklıklı radar sensörleri kullanılır. Yükseklik bilgilerinin çıkarımı için yapay açıklıklı radar tekniğinin kullanımı, 1970'lerden beri kabul görmektedir [5]. Bunun en belirgin örneği, 2000 yılında gerçekleştirilen ve interferometrik yapay açıklıklı radar tekniği kullanılan 11 gün, 5 saat, 38 dakika süren görevde yeryüzünün 60°K - 56°G enlemleri arasında kalan bölümleri gözlemleyen SRTM görevidir.

Yapay Açıklıklı Radar tekniği, kısa bir fiziksel anten kullanır; ancak değiştirilmiş veri kayıt ve işleme teknikleri aracılığıyla çok uzun bir antenin etkisini sentezler. Bu çalışma modunun sonucu, fiziksel olarak uzun bir anten veya kısa bir çalışma dalga boyu gerektirmeden, uzak mesafelerde bile çok dar etkili bir anten huzme genişliğidir [6]. Ayrıntılı düzeyde, SAR sistemlerinin çalışması oldukça karmaşıktır. Burada bu sistemlerin, fiziksel olarak kısa olan tek bir anteni, veri kayıt ve işleme prosedürlerinin bir parçası olarak matematiksel olarak birbirine bağlanabilen bir dizi antene dönüştürmek için yol boyunca sensör hareketini kullanma ilkesine göre çalıştığını söylemek yeterlidir [7].

İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar (InSAR), SAR görüntüsünden farklı olarak genlik bilgisi ile birlikte faz bilgisine de sahiptir. Dünya yüzeyinin 3-boyutlu modelini oluşturmak için kompleks radar verisinin sinyallerindeki faz bilgisi kullanılır. InSAR'ın temeli, biraz farklı görüş konumlarından alınan iki SAR görüntüsünün farklılığına bağlıdır. Fark deseni, interferogram olarak adlandırılır ve interferogram, ana görüntünün, yardımcı görüntünün karmaşık eşleniği ile çarpımıyla oluşturulmaktadır [1].

Sentinel-1 görüntülerinden interferometrik yapay açıklıklı radar tekniğiyle “iyi bir” sayısal yükseklik modeli oluşturulması süreci, genel olarak belirli faktörlere bağlı olmaktadır. Bu kapsamda öncelikle zamansal bazdan söz edilebilir. Faz korelasyonunun ana nedenlerinden biri, iki görüntü arasındaki saçılma mekanizmalarının değişmesidir. Sentinel-1, en iyi koşullar altında 6 günlük bir zamansal baz ile tekrarlı geçiş interferogramlarının oluşturulmasına olanak sağlayan bir görevdir [1]. Ancak arazi yüzeyleri hızla değişebildiğinden, bu 6 günlük süre SRTM ve TanDEM-X'in bistatik misyonları ile karşılaştırıldığında ideal değildir. Sentinel-1'in dalga boyunun nispeten kısa olduğu göz önüne alındığında, bitki alanlarının özellikle birkaç saniye içinde tutarlı saçılma özelliklerini kaybetmesi muhtemeldir [8-9]. Bu nedenle, tek bir Sentinel-1 görüntü çiftine dayalı olarak orman meşcerelerinin veya tarım alanlarının yüksekliği hakkında güvenilir faz bilgisi elde etmek imkânsızdır [10].

Diğer yandan, dik baz uzunluğunun etkisi de oldukça önemlidir. Alım geometrisi açısından, topografik bilgilerin güvenilir bir şekilde alınması için iki nokta çok önemlidir. İlk olarak, görüntü alımı sırasında uyduların konumu tam olarak bilinmelidir [1]. Sentinel-1 için bu, Copernicus Hassas Yörünge Belirleme (POD) Hizmeti tarafından hassas yörünge bilgisinin sunulmasıyla sağlanır [11]. Bununla birlikte, gözlemlenen örgeler tarafından topografik varyasyonların kesin olarak tanımlanması için tekrarlı-geçiş alımının dik baz uzunluğu 150 ile 400 m arasında olmalıdır [12]. Ancak, Sentinel-1'in yörünge tüpü, kısa dik baz uzunluğu gerektiren diferansiyel interferometri uygulamaları için tasarlanmıştır [13]. Görüntü çiftlerinin çoğu için, zamansal baz 6 – 12 gün aralığında ve dik baz uzunluğu ise 150 metrenin, hatta çoğu durumda 25 metreden bile kısadır [14].

Ayrıca, atmosferin etkisi de oldukça kritik bir öneme sahiptir. Radar sensörlerinin geri saçılma yoğunluğunun optik verilerden önemli ölçüde daha az etkilenmesine rağmen, atmosferdeki heterojen kırılma dağılımları bir görüntü içinde tutarsız bir sinyal gecikmesine neden olabilir [1]. Alçalan rüzgarlar, atmosferik girdaplar, atmosfer sınırındaki dalgalanmalar, deniz yüzeyinde ısı yayan bir tabakanın oluşması gibi pek çok etmen geri saçılımı etkilemektedir. Troposfer ve iyonosfer, elektromanyetik dalgadaki fazın gecikmesine neden olmakta dolayısıyla interferometrik bilgi için kullanılan fazı etkilemektedir. [1], faz sinyalinin atmosferik bozukluklarının etkisini en

aza indirmek için, özellikle yağmur, kar ve rüzgar tutarlılık kaybına neden olduğundan, görüntü alma günlerinin hava koşullarının dikkatlice kontrol edilmesini tavsiye etmektedir. Buna ek olarak, [13]'e göre, kurak dönemlere ait görüntüler tercih edilmelidir.

Sentinel-1 görevi, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ve Avrupa Komisyonu'nun (EC) Copernicus programı kapsamında yürüttüğü ortak bir girişimdir [15]. C-bandında görüntüleme yapan Sentinel-1, 5 metreye kadar olan mekânsal çözünürlükte ve 400 kilometreye kadarlık bir kapsama alanında, dört özel görüntüleme modunda çalışmaktadır.

Görevin ilk uydusu olan Sentinel-1A'nın 3 Nisan 2014 tarihinde fırlatılmasıyla, açık erişimli uzay-kaynaklı radar görüntülerinde yeni bir çağ başladı. Bu süreçte, yüzey deformasyonlarının tespiti için interferometrik yaklaşımlar sürekli olarak yayımlanırken, ilgili süreçte yalnızca birkaç çalışma Sentinel-1A verilerinden sayısal yükseklik modellerinin üretimini ele almıştı ve bu çalışmalardan bazıları da, abartılı beklentiler içermekteydi. [1]'e göre, aslında bunun temel nedeni, Sentinel-1A'nın, öncelikle diferansiyel interferometri (DInSAR) kullanılarak yüzey deformasyonlarını ölçmek için tasarlanmış olan dar yörünge tüpüydü. Bu, haliyle, Sentinel-1'in sayısal yüzey modeli üretme yeteneklerine kısıtlamalar getirmişti. Yine de, başarılı sayısal yükseklik modeli üretimi için gerekli teknik şartlar mevcuttu. Bu süreçte oluşabilecek tüm zorluklara, sorunlara ve kısıtlamalara rağmen, Sentinel-1 verilerinden "başarılı bir sayısal yükseklik modeli oluşturulması" gerçekleştirilebilir bir hedefti.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

Sentinel-1 esasen DInSAR uygulamaları için geliştirildiğinden [13], literatürde belirtilen en kısa dik baz uzunluğuna (>150 m) ve zamansal çözünürlüğe (6 - 12 gün) ulaşabilmek oldukça çetrefilli olmaktadır. Bununla birlikte, atmosferik şartları sağlayan ve topoğrafya anlamında da çok yeşil alan barındırmayan bölgelerin denkleme katılmasıyla, uygun görüntülerin bulunması süreci oldukça zorlaşmaktadır. Ancak sonunda ASF Alaska Baseline aracı kullanılarak "iyi bir" sayısal yükseklik modeli üretebilmek için gerekli görüntü çifti bulunmuştur.

Bu kapsamda, elde edilen verilere ait zamansal baz 6 gün şeklindedir ve Sentinel-1 görevinin şu an sunabileceği en iyi seviyededir. Bu nedenle elde edilen veriler zamansal baz kapsamında uygundur. Diğer yandan, verilere ait dik baz uzunluğu, 233,86 m olup alt sınırın iyi bir oranda üstünde, üst sınırın da oldukça altında olup literatüre uygundur. Son olarak, çalışma alanının iklim özellikleri göz önünde bulundurulduğunda; elde edilen görüntüler kurak bir döneme aittir ve yeşil alan oranı oldukça azdır. Doğu Anadolu'yu, çoğunlukla Erzurum, Muş, Ağrı ve Kars şehirlerini kapsayan 20.08.2020 ve 26.08.2020 tarihli Sentinel-1 SLC, yükselen (ascending) özellikli görüntü çifti kullanılmıştır. İlgili çalışma alanı literatüre uygun olarak; zamansal fark, dik baz uzunluğu, alım anındaki atmosferik koşullar ve bölgenin topografik özellikleri düşünülerek seçilmiştir.



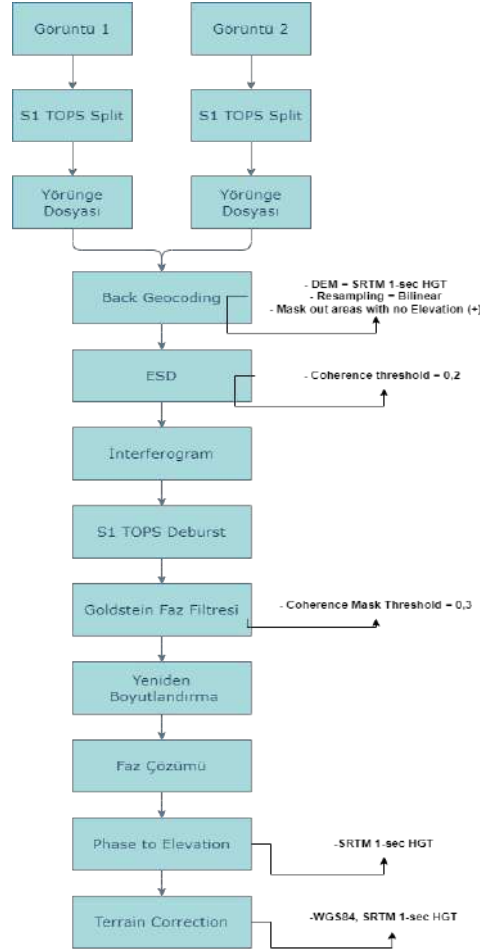
Şekil 3. Kullanılan Görüntü Çifti

Kullanılan görüntülere ait kodlar (ID'ler) **Tablo 1.**'de gösterildiği gibidir.

<b>Görüntü 1</b>	S1B IW SLC 1SDV 20200826T150913 20200826T150941 023096 02BDA5 5265
<b>Görüntü 2</b>	S1A IW SLC 1SDV 20200820T151003 20200820T151030 033992 03F1D7 1D5D

**Tablo 1.** Kullanılan Görüntülere ait Kodlar (ID'ler)

Bu süreçte ilgili veriler, ESA SNAP yazılımı üzerinde işlenmiştir. Bu sürece ait iş akışı, Şekil 4. üzerinde verilmiştir



**Şekil 4.** İş Akışı

Görüntülerin daha kısa sürede, daha iyi bir şekilde işlenebilmesi için iki görüntüde de alımı yapılan bir bölge ayrıştırılarak esas çalışma alanı olarak seçilmelidir. S1 TOPS Split aracı, bu işlevi alt algılama genişliği bazında dilim seçimi yapmaya olanak sağlayarak görüntülerin istenilen çalışma alanına indirgemektedir. Görüntüler, Şekil 3. üzerinde de görüleceği üzere along-track (iz-boyunca) alımda kaydırılmış olduğundan, her biri için aynı alt algılama genişliği (subswath) bazında farklı dilim seçimleri yapılmıştır. Daha basit bir tabirle, Tablo 2.'de görüleceği üzere, IW2 alt algılama genişliğinde her iki görüntüde de ortak olan dilimler (bursts) seçilmiştir.

	Subswath	Polarizasyon	Dilim (Burst)
<b>G.1</b>	IW2	VV	5 - 9
<b>G.2</b>	IW2	VV	2 - 6

**Tablo 2.** Görüntü 1 (G.1) ve Görüntü 2 (G.2) için seçilen dilimler

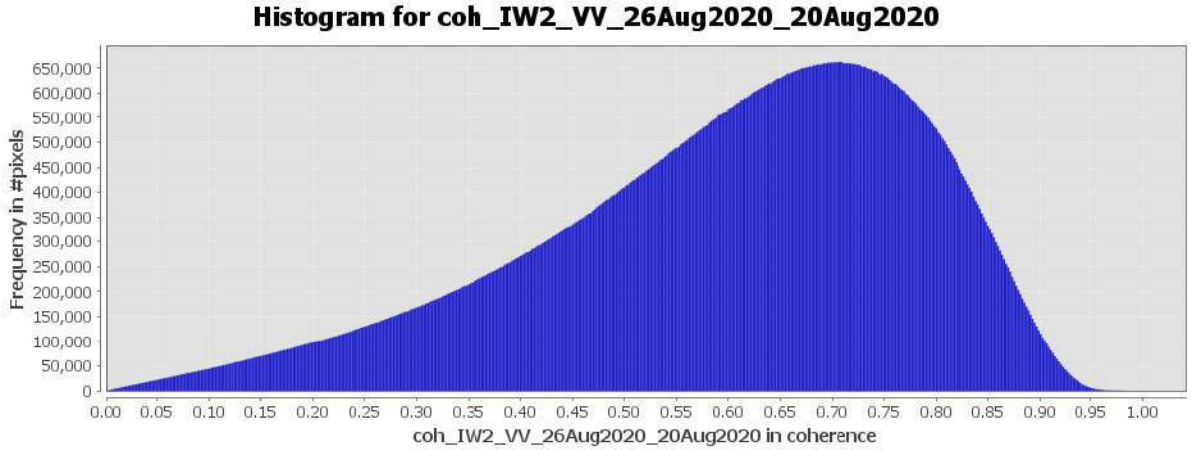
### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Verilerin işlenmesi aşamasının ardından, ilgili çalışma alanına ait en güncel sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir. Uygun zamansal baz, dik baz uzunluğu, atmosferik koşullar ve topografya dikkate alındığında; çıktı coherence (tutarlılık) oldukça iyi sonuçlar vermiştir.

Tutarlılık (Coherence), 0'dan 1'e kadar bir ölçekte görüntüler arasındaki her bir pikselin ne kadar “benzer” olduğunu göstermektedir. Buna göre, yüksek tutarlılık alanları parlak – zayıf tutarlılık alanları ise karanlık olarak gözükmektedir. Tutarlılığın yüksek olması kaliteli bir sayısal yükseklik modeli üretimi için oldukça önemli bir göstergedir.



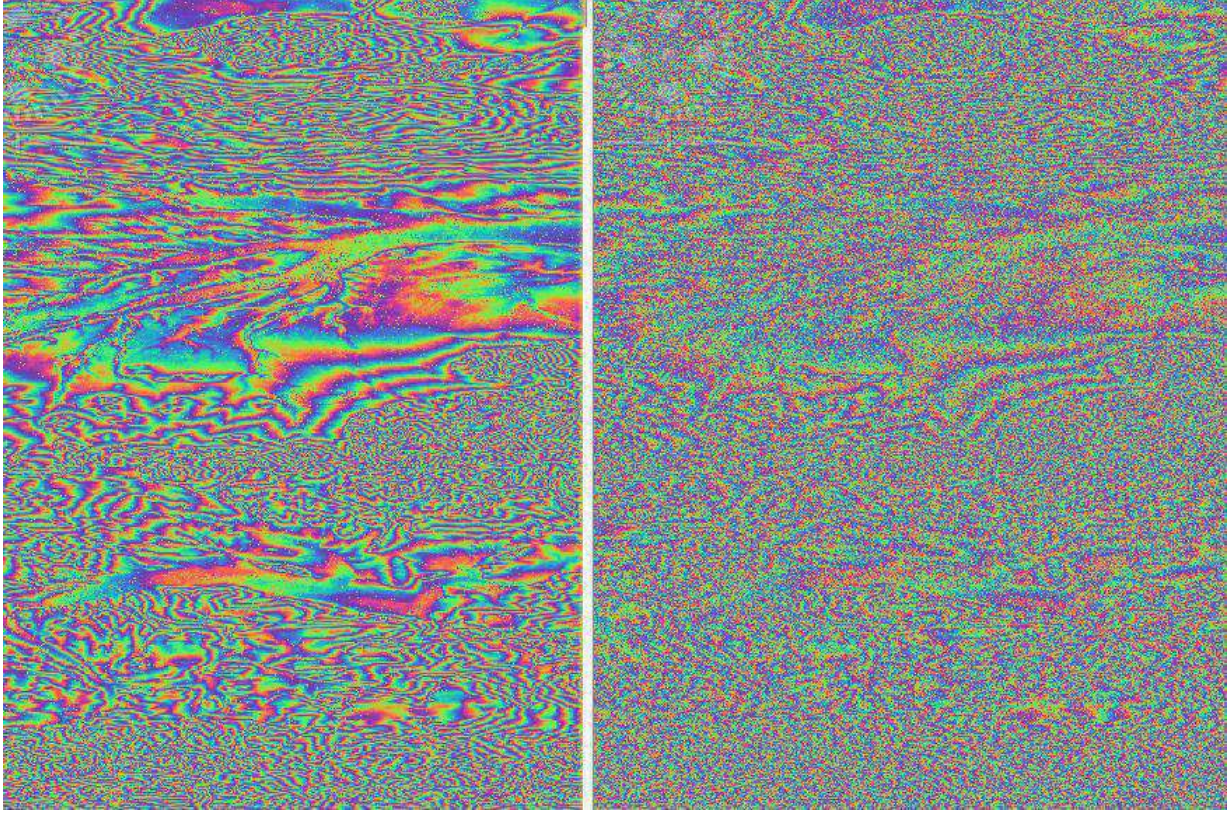
Şekil 5. Coherence çıktısı



Şekil 6. Coherence çıktısına ait histogram

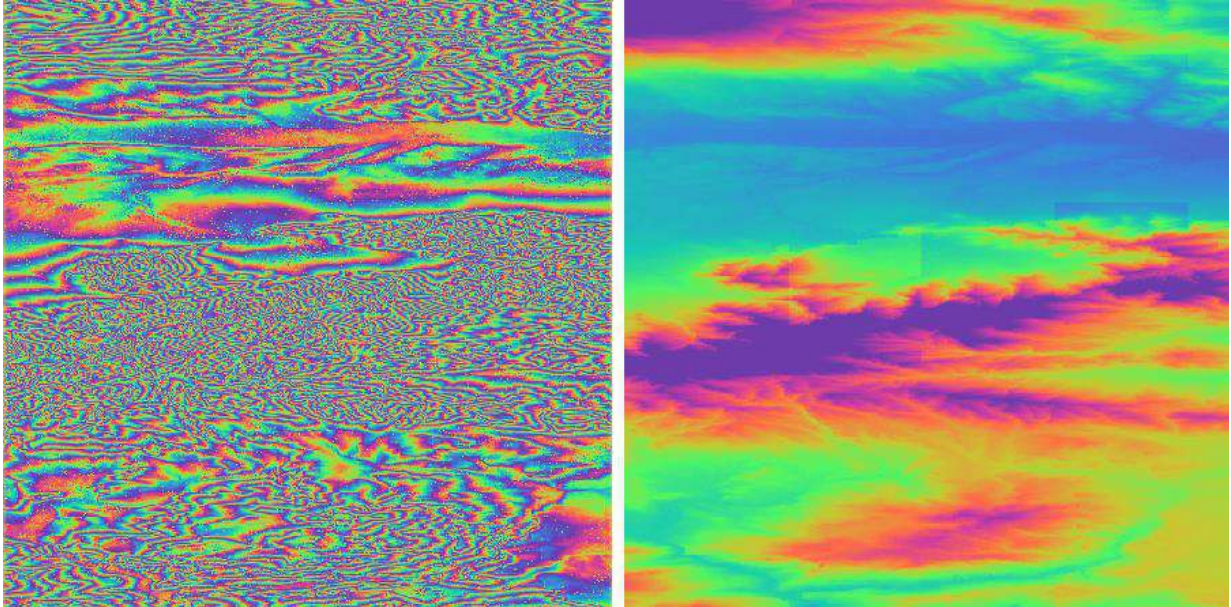
İnterferometrik faz, zamansal ve geometrik korelasyondan, hacim saçılmasından ve diğer işleme hatalarından kaynaklanan “gürültüler” sebebiyle bozulabilmektedir. İlişkisiz (korelasyonsuz) alanlardaki faz bilgileri geri yüklenemez, ancak özel faz filtreleri uygulanarak interferogram üzerinde bulunan örgelerin kalitesi artırılabilir.

İlgili filtrelere, sinyal-gürültü oranını geliştirmek için Fast Fourier Transformation (FTT) kullanan Goldstein Faz Filtresi örnek verilebilir [16]. Veri işleme aşamasında da, Goldstein Faz Filtresi kullanılarak interferogramda yer alan örgelerin kalitesi artırılmıştır.



**Şekil 7.** Goldstein Faz Filtresi sonrası (sol) ve öncesi (sağ) İnterferogram

Uygulama kapsamında faz belirsizliğinin giderilmesi için SNAPHU aracı kullanılmıştır. Bu kapsamda veriler, SNAPHU aracının okuyabileceği formatta öncelikle çıktı olarak alınmış, ardından uzun süren işlemler sonrası faz belirsizliği giderilmiş ve belirsizliği giderilen faz tekrardan SNAP yazılımına aktarılarak incelenmiştir.



**Şekil 8.** Belirsizliğin giderilmesi öncesi (sol) ve sonrası (sağ) faz



Öte yandan, Sentinel-1 radar verilerinden sayısal yükseklik modeli oluşturmak, verilerin uzun işleme sürelerinden ziyade uygun zamansal baz ve dik baz uzunluklarının bulunması konusunda oldukça çetrefilli bir süreçtir. Önceki bölümlerde bahsedildiği üzere, Sentinel-1 görevi esasen DInSAR uygulamaları için tasarlanmıştır. Bu yaklaşımda da genellikle kısa dik baz uzunlukları tercih edildiğinden, Sentinel-1 radar verileri ile sayısal yükseklik modeli üretimi için gereken uzun bazların bulunması nispeten yorucu olmaktadır.

ASF Baseline Tool, bu kapsamda oldukça iyi bir araç olarak ortaya çıksa da – Sentinel-1 kapsama alanındaki birçok bölge için, literatürdeki zamansal baz ve dik baz uzunluğu parametrelerini iyi bir şekilde yakalayabilmek ciddi bir sorundur.

## KAYNAKLAR ( REFERENCES)

- [1] **Braun, A.** (2021). Retrieval of digital elevation models from Sentinel-1 radar data – open applications, techniques, and limitations. *Open Geosciences*, 13(1), 532-569. <https://doi.org/10.1515/geo-2020-0246>
- [2] **Schillaci C, Braun A, Kropáček J.** Terrain analysis and landform recognition. In: Cook SJ, Clarke LE, Nield J, editors. *Geomorphological techniques: online edition*. London: British Society for Geomorphology; 2012. p. 1–18.
- [3] **Martz LW, Garbrecht J.** Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models. *Comput Geosci*. 1992;18:747–61
- [4] **Lee J.** Digital analysis of viewshed inclusion and topographic features on digital elevation models. *Photogram Eng Remote Sens*. 1994;60:451–556.
- [5] **Graham LC.** Synthetic interferometer radar for topographic mapping. *Proc IEEE*. 1974;62:763–8.
- [6] **Lillesand, Thomas & Kiefer, Ralph & Chipman, Jonathan.** (2004). *Remote Sensing and Image Interpretation* (Fifth Edition). 10.2307/634969.
- [7] **Elachi, C.,** *Spaceborne Radar Remote Sensing: Applications and Techniques*, New York: IEEE Press, 1987.
- [8] **Santoro M, Wegmüller U, Askne JIH.** Signatures of ERSEnvisat interferometric SAR coherence and phase of short vegetation: an analysis in the case of maize fields. *IEEE Trans Geosci Remote Sens*. 2010;48:1702–13. doi: 10.1109/TGRS.2009.2034257.
- [9] **Liang C, Li Y, Luo J.** Interferometric processing of Sentinel-1 TOPS data. *IEEE Trans Geosci Remote Sens*. 2016;54:2220–34. doi: 10.1109/TGRS.2015.2497902.
- [10] **Askne JIH, Dammert PBG, Ulander LMH, Smith G.** C-band repeat-pass interferometric SAR observations of the forest. *IEEE Trans Geosci Remote Sens*. 1997;35:25–35.
- [11] **ESA.** Sentinels POD service file format specifications: revision 22 (18.01.2018), Frascati: European Space Agency (ESA); 2011.
- [12] **Barat I, Prats-Iraola P, Duesmann B, Geudtner D.** Sentinel-1: link between orbit control and interferometric SAR baselines performance. 25th International Symposium on Space Flight Dynamics; 19–23 October 2015, Munich: German Space Operations Center (GSOC); 2015. p. 1–11.
- [13] **Ferretti A, Monti-Guarnieri A, Prati C, Rocca F.** *InSAR processing: part B: a practical approach*. Noordwijk, The Netherlands: ESA Publications; 2007.
- [14] **Prats-Iraola P, Rodriguez-Cassola M, Zan F, de Scheiber R, López-Dekker P, Barat I, et al.** Role of the orbital tube in interferometric spaceborne SAR missions. *IEEE Geosci Remote Sens Lett*. 2015;12:1486–90.
- [15] **URL-1:** [https://www.esa.int/About\\_Us/Corporate\\_news/Funding](https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/Funding) (Erişim Tarihi: Aralık 2021)
- [16] **Goldstein, R. M., & Werner, C. L.** (1998). Radar interferogram filtering for geophysical applications. *Geophysical Research Letters*, 25(21), 4035–4038. doi:10.1029/1998gl900033





## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium 1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

### PPP YÖNTEMİYLE MUTLAK KONUM VE SERBEST AĞ DENGELEMESİ YÖNTEMİYLE BAĞIL KONUM BELİRLEME

Emre PALAMUT<sup>1,\*</sup>, Sena YAVUZ<sup>1</sup>, Yaren EYAN<sup>1</sup>, Kübra MERK<sup>1</sup>, Metin SEVEN<sup>1</sup>, Mualla YALÇINKAYA<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup> Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye  
\* Sorumlu yazar; E-Mail: [palamut5050@gmail.com](mailto:palamut5050@gmail.com)

#### ÖZET

Çalışmada ilk olarak; GNSS (Global Navigation Satellite Systems) verilerinin internet aracılığıyla otomatik olarak PPP (Precise Point Positioning) yöntemi ile konum belirleme servislerinin kullanılabilirlik ve doğruluk performansı incelenmiştir. Bu servislerin en önemli avantajı, sunulan hizmetin ücretsiz olması ve bilimsel değerlendirme yazılımıyla karşılaştırıldığında, en alt düzeyde kullanıcı deneyimi ve bilgisi gerektirmesidir. Dünyada kullanılan altı farklı internet tabanlı GNSS değerlendirme servisleri (AUSPOS, OPUS, TRIMBLE, CSRS-PPP, MAGIC, vd.) bulunmaktadır. Çalışmada TUSAGA-Aktif ağından belirlediğimiz istasyonlardan verilerini TRIMBLE ve Magic GNSS servislerine yüklemiş ve oldukça hızlı bir şekilde tamamlanıp, nokta koordinatları bazı ek bilgilerle birlikte e-posta aracılığıyla elde edilmiştir. Bu aşamada uzun gözlem süreli (8 günlük, 24 saatlik) verilerin statik ve PPP analizi yapılmış ve PPP servislerinden elde edilen konum ve duyarlıklar karşılaştırılmıştır. Çalışmada ikinci olarak; seçilen TUSAGA-Aktif istasyonlarından oluşan ağın verileri indirilerek tarafımızca MATLAB ortamından hazırlanan (SRBST\_GNSS) yazılımı ile serbest ağ yöntemine göre dengelenmiş, uyuşumsuz ölçüler ayıklanmış ve ağ noktalarının bağıl yöntemle koordinatları ve ortalama hataları hesaplanmıştır. PPP servisleri ve serbest ağ dengelemesi sonuçları karşılaştırılmış ve aradaki farkın çok olmadığı gözlenmiştir. Bu bağlamda bazı mühendislik problemleri için bir aletin yeterli olduğu PPP yönteminin kullanılabilirliği görülmüştür. Ayrıca PPP tekniğini kullanan servislerin GPS konum ölçmelerinde doğruluk beklentilerini karşılayabilecek düzeyde sonuç ürettiği söylenebilmektedir.

**Kelimeler:** GNSS, RINEX, PPP, İnternet Tabanlı GNSS Değerlendirme Servisleri, Serbest Ağ Dengelemesi

### DETERMINED OF ABSOLUTE POSITION BY PPP AND RELATIVE LOCATION WITH FREE NETWORK ADJUSTMING

#### ABSTRACT

First in the study; The usability and accuracy performance of location determination services were investigated by using PPP (Precise Point Positioning) method of GNSS (Global Navigation Satellite Systems) data automatically via the internet. The most important advantage of these services is that the service offered is free and requires minimal user experience and knowledge compared to scientific evaluation software. There are different internet-based GNSS evaluation services (AUSPOS, OPUS, TRIMBLE, CSRS-PPP, MAGIC, etc.) in the world. In the study, the data of the stations we determined from the TUSAGA-Aktif network were uploaded to TRIMBLE and MAGIC services, and the point coordinates were obtained via e-mail with some additional information. At this stage, static and PPP analysis of long observation period (8-day, 24-hour) data were made and the positions and sensitivities obtained from PPP services were compared. Secondly, in the study; By downloading the data of the network consisting of selected TUSAGA-Aktif stations, free network adjustmng was performed with the (SRBST\_GNSS) software prepared by us from the MATLAB environment, incompatible measures were removed and the coordinates and average errors of the network points were calculated by relative method. PPP services and free network adjustmng results were compared and it was observed that the difference was not much. In this context, it has been seen that the PPP method, where one tool is sufficient, can be used for some engineering problems. In addition, it can be said that the services using the PPP technique produce results that can meet the accuracy expectations in GPS location measurements.

**Kelimeler:** GNSS, RINEX, PPP, İnternet Based GNSS Assessment Services, Free Network Adjustmng

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

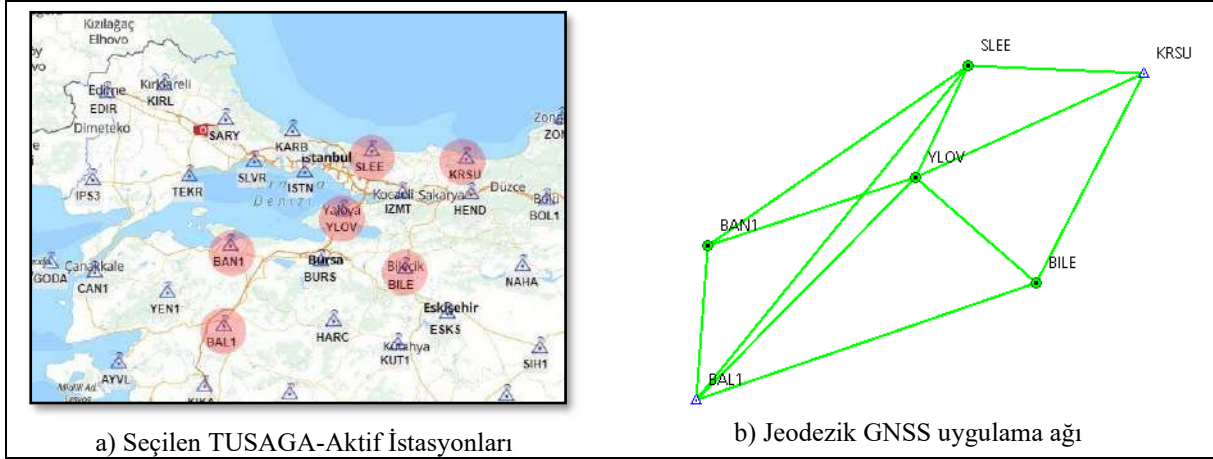
İnternet tabanlı GNSS konumlama servisleri web sayfaları aracılığıyla yüklenen GNSS verilerini otomatik olarak değerlendirmektedir. Arazide toplanmış GNSS verileri RINEX gibi standart formatlara dönüştürüldükten sonra söz konusu servislere yüklenerek, gözlem noktalarının yermerkezli koordinatları oldukça kolay ve hızlı bir şekilde elde edilebilmektedir (Ghoddousi-Fard ve Dare, 2006; Ebner ve Featherstone, 2008; Tsakiri, 2008; Subaşı ve Alkan, 2011; Gakstatter, 2013).

Uluslararası GNSS Servisi (IGS- International GNSS Service) yüksek duyarlıklı yörünge bilgileri üretmekte ve kullanıcılara sunmaktadır. Genellikle gözlem sonrası veri işlem (post-process) uygulamaları kullanarak üretilen sonuçlar bilimsel araştırmalar ve mühendislik uygulamalarında belli doğruluk beklentilerini karşılayacak düzeydedir (Zumberge vd, 1997; Kouba ve Héroux, 2001; Özdemir, vd., 2006; Kauba, 2009).

Bu çalışmanın birinci amacı, TUSAGA-Aktif (CORS-TR) ağından seçilen istasyonların verileri indirilerek, ücretsiz olarak hizmet veren farklı internet tabanlı GNSS konumlama (değerlendirme) servislerinden PPP yöntemi ile istasyonların mutlak konumlarını ve duyarlıklarını belirlemek ve sonuçları karşılaştırarak değerlendirme servislerinin başarısının ortaya koymaktır. Çalışmanın ikinci amacı, seçilen istasyonlardan oluşturulan jeodezik ağın baz bileşenlerini ve duyarlıklarını indirerek ağın serbest dengelenmesini yapıp istasyonların konumlarını ve duyarlıklarını belirlemek ve PPP yöntemi ile belirlenen konumlarla sonuçları karşılaştırarak irdelemektir. Bu amaçlar için TUSAGA-Aktif ağındaki istasyonlardan seçerek bir jeodezik ağ oluşturulmuştur. Bu istasyonların verileri TUSAGA-Aktif sitesinden indirilip farklı değerlendirme servislerine (Magic, TrimbleTRX) gönderilerek istasyonların PPP yöntemine göre mutlak konumları ve duyarlıkları belirlenmiştir. Farklı servislerden belirlenen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonra ağıdaki bazların bileşenleri ve duyarlıkları TUSAGA-Aktif sitesinden indirilmiş ve tarafımızca MATLAB ortamında hazırlanmış GPS serbest ağ dengelemesi yazılımı (SRBST\_GNSS) ile istasyon noktalarının konumu ve duyarlıkları belirlenmiştir. Daha sonra PPP ve Serbest Ağ yöntemi sonuçları da karşılaştırılarak irdeleme yapılmıştır.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

Çalışma kapsamında, TUSAGA-Aktif ağından seçilen 6 istasyon (BAL1, BAN1, YLOV, SLEE, KRSU, BILE) noktalarından jeodezik GNSS uygulama ağı oluşturulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Seçilen TUSAGA-Aktif İstasyonları

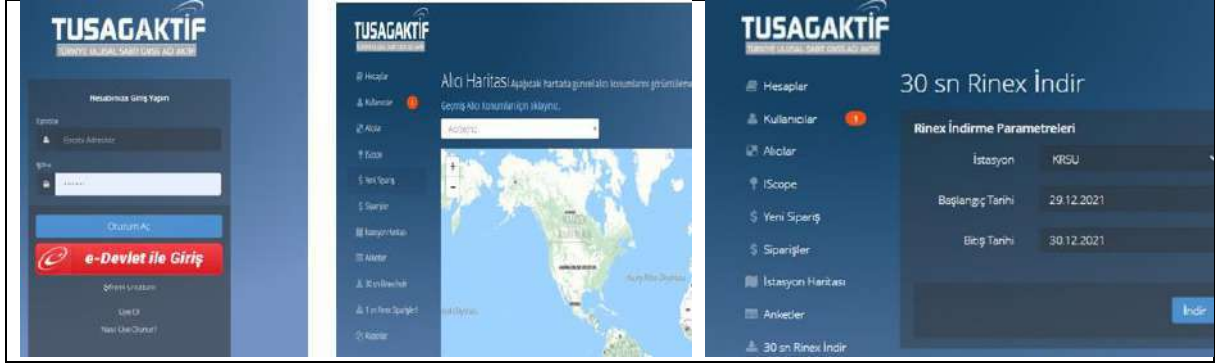
### 2.1 Hassas Konum Belirleme Yöntemi (PPP) ile Mutlak Konum Belirleme (Absolute Positioning with Precise Positioning Method (PPP))

PPP yönteminde, hem kod hem de taşıyıcı faz gözlemleri birlikte çok daha hassas uydu yörünge/saat düzeltme bilgileri kullanılarak konum belirlenmektedir. PPP tekniğinde koordinatı belirlenecek noktada; çift frekanslı tek bir alıcı ile, kod ve taşıyıcı faz gözlemleri kullanılarak, fark almaksızın (un-differenced) iyonosfer-bağımsız (ionosphere-free) kombinasyonlarla dm-cm mertebesinde nokta konum doğrulukları elde edilebilmektedir. Geleneksel PPP tekniğinin avantajlarına karşın en önemli sorunu; taşıyıcı faz başlangıç tamsayı bilinmeyenini (integer ambiguity) çözümü için gereken yakınsama süresinin uzun olmasıdır. Santimetre mertebesindeki

doğruluklar için “ambiguity float” çözümlerinin yakınsamasında minimum 20 dakika veya daha fazla süre gözlem yapılması gerekmektedir. Bu durum gerçek zamanlı uygulamalar açısından da önemli bir sorundur (Chen, 2005; Cai, 2009; Bilgin , 2011; Öcalan ve Soyca, 2012; Elsobeiey, 2012; Alçay, vd., 2013, Öcalan, 2015; Krzan ve Przechalski, 2015).

### **2.1.1. Verilerin indirilmesi ve magnet tools programında değerlendirilmesi (Downloading the data and evaluating it in magnet tools program)**

Jeodezik ağ noktalarının 8 günlük 30 sn’lik RINEX verilerin TUSAGA-Aktif ağının sitesinden indirilmiş ve .rar uzantılı olarak kaydedilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. TUSAGA-Aktif Sisteminden 30 Saniyelik RINEX Verisi İndirilmesi

TUSAGA-Aktif’ten indirilen RINEX verileri Magnet Tools programında işlenmiştir. Bu programda uydu verilerinin üzerindeki kaba hatalar temizlenerek daha hassas konumlar elde edilmiştir. Magnet Tools programının özelliklerinden birisi de istenilen bölgeye göre projeksiyon ve Datum eklenebilmesidir. Bölgemize uygun projeksiyon Zone27 ve Datum olarak da ITRF96 seçilmiştir. Zaman dilimi ise +3 İstanbul olarak seçilmiştir. TUSAGA-Aktif’ten indirilen Marmara bölgesine ait veriler Magnet Tools programında job=>import kısmından programa eklenmiştir. TUSAGA-Aktif’in kendi sitesinde, istasyon noktalarının Coğrafi ve Kartezyen koordinat bilgileri yayınlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında seçilen istasyon noktalarının coğrafi ve Kartezyen koordinatları siteden alınmıştır (Tablo 5 ve Tablo 6). Coğrafi koordinatlardan yararlanarak UTM koordinat sistemine ITRF96’ya uyumlu bir şekilde dönüşümü hesaplanmıştır. Magnet Tools programı UTM üzerinden hesaplama yapabilen bir program olduğundan bu dönüşümü programdan yapılmıştır. Dengeleme yapabilmek için Magnet Tools’a sabit noktalar girilmesi gerekiyordu bu sabit noktaları BAN1 ve KRSU olarak seçilmiştir. Rapor kısmından dengelenmesi yapılmış noktaların koordinatlarını seçilen projeksiyon ve datuma uygun bir şekilde sağa ve yukarı değerleriyle beraber elde etmek mümkündür.

### **2.1.2. Web tabanlı online GNSS veri değerlendirme sitelerinde ppp yöntemi ile konum belirleme (Location determination by PPP method in web-based online GNSS data evaluation sites)**

Son zamanlarda klasik değerlendirme yöntemlerine bir seçenek olarak internet tabanlı GNSS konumlama servisleri geliştirilmiştir. Bu servisler web sayfaları aracılığıyla yüklenen GNSS verilerini otomatik olarak değerlendirmektedir. Araziye toplanmış GNSS verileri RINEX gibi standart formatlara dönüştürüldükten sonra söz konusu servislere yüklenerek, gözlem noktalarının yer merkezli koordinatları oldukça kolay ve hızlı bir şekilde elde edilebilmektedir (Gao, 2005; Chen, 2005; Cai, 2009; Bahadır ve Üstün 2014; Chen, vd., 2013; Elsobeiey ve El-Rabbany, 2012). Servise göre değişkenlik göstermekle beraber, anten markası, anten yüksekliği gibi önemli ayrıntılar da gerektiğinde ek bilgi olarak verilebilmektedir. Söz konusu servisler üzerinden gerçekleştirilen çözümler, konum belirleme tekniğine bağlı olarak IGS veya bazı ülkeler için Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonları (CORS) ağlarına ait sabit istasyon noktalarını referans nokta olarak kabul etmektedir. İnternet tabanlı birçok GNSS değerlendirme servisi (AUSPOS, TRIMBLE, OPUS, SCOUT, CSRS, MAGIC, GAPS, vd.) bulunmaktadır. Çalışmada, TUSAGA-Aktif sitesinden alınan veriler PPP değerlendirmesi yapmak üzere Magic ve Trimble RTX servislerine gönderilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Magic ve Trimble RTX GNSS Web Sitesi

Magic-GNSS duyarlı konumlama belirleme tekniğini kullanan değerlendirme servisedir. Servisin en önemli avantajı GPS ve GLONASS verilerini birlikte değerlendirebilmesidir. Burada gözlemler statik veya kinematik moda toplanmış olabilir. PPP modülü IGS tarafından yayınlamış duyarlı saat ve yörünge bilgilerini kullanır. Sistem RINEX ve sıkıştırılmış bütün formatları desteklemektedir (URL-1).

Trimble RTX servisi GPS, GLONASS ve QZSS uyduları yardımıyla elde edilmiş verileri analiz edebilmektedir. Trimble şirketi bu uygulamayı, kendisinin kurduğu 100'den fazla nokta içeren küresel bir referans ağ ile desteklemektedir. Uyduların duyarlı yörünge ve saat bilgileri bu ağ üzerinden elde edilmektedir. Veri çift-frekanslı pseudorange ya da taşıyıcı faz gözlemleri içermelidir. Servise yüklenen gözlem dosyaları en az 60 dakika en fazla ise 24 saatlik olmalıdır. Servisin giriş kısmında dosya seçiminden sonra koordinat sistemi ve tektonik plaka seçimleri yapılmaktadır. Sonuçlar ise kısa bir süre sonra XML ve PDF olarak gönderilmektedir. Trimble ağının referans noktaları alıcı sayısının kısıtlı olması servisin bir eksikliği olarak değerlendirilebilir (URL-2).

## 2.2. Serbest Ağ Dengelemesiyle Bağıl Konum Belirleme (Relative Positioning with Free Network Adjusting)

### 2.2.1. Jeodezik ağ verilerinin indirilmesi (Downloading geodetic network data)

TUSAGA-Aktif sitesinden indirilen GNSS verileri MAGNET Tools programında değerlendirilerek baz bileşenleri ve duyarlılıkları elde edilmektedir. Bunun için öncelikle program ara yüzünde "report" penceresinin altında "Report Configuration" seçeneği tıklanmıştır. Ardından gelen pencerede sonuç çıktının hangi programa (Microsoft Excel, Microsoft Word veya PDF) atılacağı belirlenmiştir. Sonuç almak istenilen değerler seçilerek X, Y ve Z'ye ait ortalama hatalar, bazlar arası uzaklıklar ve korelasyon matrisleri seçilmiştir. MAGNET Tools değerlendirmesi sonucu IGS istasyonları olan GPS ağına ait baz bileşenleri ve baz bileşenlerine ait ortalama hata (Sigma(X), Sigma(Y), Sigma(Z)) ve korelasyon katsayıları (CorrXY, CorrXZ, CorrYZ) değerleri elde edilmiştir.

### 2.2.2. GNSS ağlarının serbest dengelenmesi ve uyumsuz ölçüler testi (Free adjusting of GNSS networks and test of outlier observation)

Jeodezik GNSS ağında tüm noktalar bilinmeyen olarak alınarak, baz bileşenleri ve baz bileşenlerine ait varyans-kovaryans matrisi verileri ile GPS ağlarının dengelenmesi yapılır (Yalçınkaya, 2022). GPS ağlarının serbest dengelenmesinde bilinmeyenler her nokta için iki bileşene ayrılarak

$$\begin{aligned} X_i &= X_{0i} + dX_i \\ Y_i &= Y_{0i} + dY_i \\ Z_i &= Z_{0i} + dZ_i \end{aligned} \quad (1)$$

olur. Burada  $(X_{0i}, Y_{0i}, Z_{0i})$ , bilinmeyenlerin yaklaşık değerlerini;  $(dX_i, dY_i, dZ_i)$ , dengeleme bilinmeyenlerini göstermektedir. GPS ağlarının serbest dengelenmesinde stokastik model, her baz bileşenlerine ait varyans-kovaryans matrisi,

$$K_{ij} = \begin{bmatrix} m_{\Delta x}^2 & r_{\Delta x \Delta y} m_{\Delta x} m_{\Delta y} & r_{\Delta x \Delta z} m_{\Delta x} m_{\Delta z} \\ r_{\Delta x \Delta y} m_{\Delta x} m_{\Delta y} & m_{\Delta y}^2 & r_{\Delta y \Delta z} m_{\Delta y} m_{\Delta z} \\ r_{\Delta x \Delta z} m_{\Delta x} m_{\Delta z} & r_{\Delta y \Delta z} m_{\Delta y} m_{\Delta z} & m_{\Delta z}^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

ile köşegen blok matris şeklindeki ölçülerin varyans kovaryans matrisi ( $K_{ll}$ ) oluşturulur. Ölçülerin ortalama hataların en büyük değeri birim ölçünün ortalama hatasının öncül değeri ( $s_0$ ) olmak üzere, ölçülerin ters ağırlık matrisi ( $Q_{ll}$ ) ve ölçülerin ağırlık matrisi ( $P_{ll}$ ),

$$Q_{ll} = \frac{1}{s_0^2} K_{ll} \quad , \quad P_{ll} = (Q_{ll})^{-1} \quad (3)$$

eşitliklerinden elde edilir. GPS ağlarının dengelenmesinde fonksiyonel model her baz bileşenleri için düzeltme denklemleri,

$$\begin{aligned} v_{\Delta X_{ij}} &= dX_j - dX_i - (\Delta X_{ij} - (X_{0j} - X_{0i})) \\ v_{\Delta Y_{ij}} &= dY_j - dY_i - (\Delta Y_{ij} - (Y_{0j} - Y_{0i})) \\ v_{\Delta Z_{ij}} &= dZ_j - dZ_i - (\Delta Z_{ij} - (Z_{0j} - Z_{0i})) \end{aligned} \quad (4)$$

eşitliğinden elde edilir. Tüm baz bileşenlerinden oluşturulan düzeltme denklemleri matris gösterimi ile

$$V = Ax - l \quad (5)$$

elde edilir. Burada  $V$ , düzeltme denklemini;  $A$ , katsayılar matrisini;  $l$ , ötelenmiş ölçüler vektörünü göstermektedir. Fonksiyonel ve stokastik model oluşturulduktan sonra En Küçük Kareler Yöntemine göre çözüm yapılarak dengeleme bilinmeyenleri hesaplanır. Dengeleme bilinmeyenleri yaklaşık koordinatlara eklenerek bilinmeyenlerin kesin değerleri hesaplanır. Dengeleme bilinmeyenleri Eşitlik (5)'de yerine konularak düzeltmeler hesaplanır. Düzeltmeler ile birim ölçünün ortalama hatası:

$$m_0 = \mp \sqrt{\frac{V^T P_{ll} V}{n - u + d}} \quad (6)$$

hesaplanır. Burada  $d$ , datum parametre sayısıdır. Bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisi,

$$Q_{xx} = (A^T P_{ll} A)^+ \quad (7)$$

ile bilinmeyenlerin ortalama hatası,

$$\begin{aligned} m_{x_i} &= \pm m_0 \sqrt{q_{x_i x_i}} \\ m_{y_i} &= \pm m_0 \sqrt{q_{y_i y_i}} \\ m_{z_i} &= \pm m_0 \sqrt{q_{z_i z_i}} \end{aligned} \quad (8)$$

eşitliğinden hesaplanır. Uyuşumsuz ölçüleri test etmek için düzeltmelerin ortalama hatası

$$Q_{vv} = Q_{ll} - A P_{ll} A^T \quad (9)$$

eşitliğinden hesaplanır. Ölçülerde uyuşumsuz ölçü olup olmadığını belirlemek için uyuşumsuz ölçüler testi yapılır. Her ölçü için test büyüklüğü,

$$T_i = \frac{|e_i^T P_{ll} V|}{S_{0i} \sqrt{e_i^T P_{ll} Q_{vv} P_{ll} e_i}} \quad (10)$$

eşitliğinden hesaplanır. Burada  $e_i$ ,  $i$ . Elemanı 1 diğer elemanları 0 olan bir vektördür. Eşitlik (10)'daki her ölçü için ayrı bir ortalama hata değeri ( $S_{0i}$ ),

$$S_{0i} = \pm \sqrt{\frac{1}{f - 1} (V^T P_{ll} V - \frac{(e_i^T P_{ll} V)^2}{e_i^T P_{ll} Q_{vv} P_{ll} e_i})} \quad (11)$$

eşitliğinden hesaplanır. Burada  $f = n - u + d$  fazla ölçü sayısıdır. Eşit (10)'daki test büyüklüklerinin en büyük olan değeri t-Tablo değeri ile karşılaştırılarak,

$$T_{imax} > t - Tablo \quad \text{ise } i. \text{ ölçü uyuşumsuz} \quad (12)$$

uyuşumsuz olan ölçü belirlenir. Uyuşumsuz ölçü, ölçülerden çıkarılarak dengeleme hesabı yeniden yapılır. Bu işleme uyuşumsuz ölçü kalmayana kadar devam edilir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

#### 3.1. PPP Yöntemi Bulguları (PPP Method Results)

Magnet Tools Programından noktaların yaklaşık kartezyen koordinatları elde edilmiştir. PPP değerlendirmesi için, yaklaşık koordinatlar internet (web) tabanlı online GNSS veri değerlendirme servisleri olan Magic ve TrimbleRTX'in sitelerine gönderilmiştir. Magic servisi tarafından PPP yöntemi ile istasyon noktalarının Kartezyen koordinatları ve ortalama hataları hesaplanarak gönderilmiştir. Aynı zamanda TrimbleRTX servisi tarafından PPP yöntemi ile istasyon noktalarının Kartezyen koordinatları ve ortalama hataları hesaplanarak gönderilmiştir.

İstasyon noktalarının TUSAGA-Aktif sayfasında yayınlanan koordinatları, Magnet-Tools Programının değerlendirmesi ile elde edilen yaklaşık koordinatları ve Magic ve TrimbleRTX servisleri tarafından PPP yöntemi ile hesaplanan Kartezyen koordinatlar ve ortalama hataları birlikte gösterilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. TUSAGA-Aktif, Magnet Tools ve PPP Sitelerinden Elde Edilen Koordinatlar ve Ortalama Hataları

NOKTA	KOOR. ±ORT. HATA	TUSAGA-			
		AKTİF	MAGNET	MAGIC	TRIMBLERTX
BAL1	X(m) ±m <sub>x</sub> (mm)	4347714.4638±1	4347714.7140±3	4347714.3473±8	4347714.3520±5
	Y(m) ±m <sub>y</sub> (mm)	2301283.2909±1	2301282.9880±3	2301283.2829±8	2301283.2920±4
	Z(m) ±m <sub>z</sub> (mm)	4046512.9592±1	4046512.8650±8	4046513.0972±8	4046513.1000±4
BAN1	X(m) ±m <sub>x</sub> (mm)	4299018.0198±1	4299018.2440±0	4299017.8681±8	4299017.8750±5
	Y(m) ±m <sub>y</sub> (mm)	2283417.6571±1	2283417.3710±0	2283417.6628±8	2283417.6720±4
	Z(m) ±m <sub>z</sub> (mm)	4107629.5173±1	4107629.4400±0	4107629.6578±8	4107629.6630±4
BILE	X(m) ±m <sub>x</sub> (mm)	4229802.3948±1	4229802.6300±3	4229802.2637±9	4229802.2660±5
	Y(m) ±m <sub>y</sub> (mm)	2439852.6962±1	2439852.3740±3	2439852.6570±9	2439852.6620±4
	Z(m) ±m <sub>z</sub> (mm)	4090382.2097±1	4090382.1410±7	4090382.3628±9	4090382.3650±5
KRSU	X(m) ±m <sub>x</sub> (mm)	4139177.3411±1	4139177.3160±0	4139176.9635±8	4139176.9650±5
	Y(m) ±m <sub>y</sub> (mm)	2456803.2787±1	2456803.2280±0	2456803.5119±8	2456803.5200±4
	Z(m) ±m <sub>z</sub> (mm)	4170773.0983±1	4170773.0370±0	4170773.2652±8	4170773.2660±5
SLEE	X(m) ±m <sub>x</sub> (mm)	4180827.6719±1	4180827.6870±3	4180827.3229±7	4180827.3280±5
	Y(m) ±m <sub>y</sub> (mm)	2375106.4862±1	2375106.4830±2	2375106.7737±7	2375106.7770±4
	Z(m) ±m <sub>z</sub> (mm)	4176631.1943±1	4176631.1480±7	4176631.3672±7	4176631.3700±4
YLOV	X(m) ±m <sub>x</sub> (mm)	4227707.0506±1	4227707.1470±3	4227706.7871±8	4227706.7890±5
	Y(m) ±m <sub>y</sub> (mm)	2368826.6647±1	2368826.5240±2	2368826.8109±8	2368826.8210±4
	Z(m) ±m <sub>z</sub> (mm)	4132975.6502±1	4123975.6030±6	4132975.8307±8	4132975.8330±4

### 3.2. GNSS Ağının Serbest Dengeleme Bulguları (Free Adjusting Results of GNSS Networks)

Tablo 27’de verilen baz bileşenleri ve duyarlılıkları ile elde edilen değerler tarafımızca serbest GNSS ağı dengelemesi için MATLAB ortamında hazırlanan yazılımla (SRBST\_GNSS) dengelenmiştir. Bu bağlamda her baz için Eşitlik (2)’den elde edilen varyans-kovaryans matrisleri köşegen olacak şekilde ölçülerin varyans-kovaryans matrisi oluşturulmuştur. Birim ölçünün ortalama hatasının öncül değeri ortalama hataların en büyük değeri olarak  $s_0 = \pm 2,2$  mm alınarak Eşitlik (3)’den ölçülerin ters ağırlık matrisi ve ağırlık matrisi elde edilmiştir.

Eşitlik (4)’den fonksiyonel model olan düzeltme denklemi elde edilmiştir. Düzeltme denklemi EKKY ile dengeleme bilinmeyenleri elde edilmiştir. Dengeleme bilinmeyenleri yaklaşık koordinatlara eklenerek noktaların dengeli koordinatları hesaplanmış ve Eşitlik (8)’den bilinmeyenler olan nokta koordinatlarının ortalama hatası hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Noktaların kesin koordinatları ve ortalama hataları

İSTASYON	X(m)±m <sub>x</sub> (mm)	Y(m)±m <sub>y</sub> (mm)	Z(m)±m <sub>z</sub> (mm)
BAL1	4347714.558±0,35	2301283.249±0,24	4046512.96±0,33
BAN1	4299018.076±0,37	2283417.626±0,25	4107629.526±0,35
BILE	4229802.458±0,35	2439852.632±0,26	4090382.224±0,36
KRSU	4139177.134±0,35	2456803.479±0,25	4170773.111±0,36
SLEE	4180827.509±0,30	2375106.733±0,21	4176631.224±0,29
YLOV	4227706.974±0,25	2368826.779±0,17	4132975.688±0,24

Uyuşumsuz ölçüleri belirlemek için her ölçünün ortalama hatası değerleri Eşitlik (11)’den hesaplandıktan sonra Eşitlik (10)’dan her ölçü için test büyüklüğü değerleri hesaplanmıştır. Sonra en büyük test büyüklüğü değeri t-

Tablo değeri ile Eşitlik (12)'ye göre karşılaştırmıştır.  $T_{imax} = 0.08616 < t_{18-1,1-\frac{0.05}{2}} = 2.0369$  test sonucuna göre uyumsuz ölçü bulunmamıştır.

### 3.3. PPP ve Serbest Dengeleme Yöntemlerinin Karşılaştırması (Comparison of PPP and Free Adjusting Methods)

Noktaların, PPP Servisleri (Magic ve Trimblertx) ve Serbest Ağ Dengelemesi (SAD) ile hesaplanan koordinatları ve duyarlılıkları karşılaştırılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. PPP Servisleri ve Serbest Ağ Yöntemi Sonuçları Karşılaştırılması

İSTASYON	KOORDİNAT FARKLARI	MAGIC-SAD (m)	TRİMBLERTX-SAD (m)
BAL1	$\Delta X$	-0.211	-0.206
	$\Delta Y$	0.034	0.043
	$\Delta Z$	0.137	0.140
BAN1	$\Delta X$	-0.208	-0.201
	$\Delta Y$	0.037	0.046
	$\Delta Z$	0.132	0.137
BILE	$\Delta X$	-0.194	-0.192
	$\Delta Y$	0.025	0.030
	$\Delta Z$	0.139	0.141
KRSU	$\Delta X$	-0.170	-0.169
	$\Delta Y$	0.330	0.041
	$\Delta Z$	0.154	0.155
SLEE	$\Delta X$	-0.186	-0.181
	$\Delta Y$	0.041	0.044
	$\Delta Z$	0.143	0.150
YLOV	$\Delta X$	-0.187	-0.185
	$\Delta Y$	0.032	-0.032
	$\Delta Z$	0.143	0.143

Tablo 3'de görüldüğü gibi PPP yöntemi ile hesaplanan servislerden TrimbleRTX tarafından hesaplanan koordinatların ortalama hataları Magic servisine göre daha küçük bulunmuştur. PPP yöntemi ile Serbest Ağ yöntemi karşılaştırıldığında Serbest ağ yönteminde koordinat duyarlılıkları daha düşük elde edilmiştir. PPP yöntemi ile Serbest Ağ yönteminden elde edilen koordinat farkları alındığında en büyük farkın 2 dm en küçük farkın yaklaşık 3 cm olduğu gözlenmiştir.

## 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Çalışmada TUSAGA-Aktif (CORS-TR) ağından seçilen istasyonların verileri indirilerek, iki farklı internet tabanlı GNSS konumlama (değerlendirme) servislerinden PPP yöntemi ile istasyonların mutlak konumlarını ve duyarlılıkları belirlenmiştir. Sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirme yapan servislerin başarısı belirlenmiştir. Ayrıca seçilen istasyonlardan oluşturulan jeodezik ağ tarafımızca MATLAB ortamında hazırlanan (SRBST\_GNSS) programı ile serbest dengelenerek istasyonların konumları ve duyarlılıklarını belirlenmiştir. Daha sonra PPP yöntemi ile serbest ağ yöntemi sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır. .

PPP servisleri tarafından elde edilen nokta koordinatlarının duyarlılıkları karşılaştırıldığında, TrimbleRTX servisinin Magic servisine göre koordinatları daha duyarlı belirlediği gözlenmiştir. PPP yöntemi ile hesap yapan servislerin sonuçları ile Serbest Ağ yöntemi ile hesaplanan sonuçlar karşılaştırıldığında, Serbest Ağ yöntemi ile koordinatların PPP servislerine göre daha duyarlı belirlediği görülmüştür. Nokta Koordinatları karşılaştırıldığında PPP servislerinin koordinatları ile Serbest Ağ yöntemi koordinatları arasındaki farkın maksimum 20 cm olduğu gözlenmiştir.

PPP yöntemi ile cm ile dm'ler arasında değişen doğruluklarla statik veya kinematik olarak konum belirlemek mümkün olabilmektedir. Yöntemin uygulanabilmesi için sadece tek bir GNSS alıcısı ile veri toplamak yeterli olup, başkaca hiçbir veriye ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu durum saha çalışmalarının süresini ve maliyetini ciddi şekilde azaltmakta, ayrıca saha mühendislerine de büyük bir kullanım kolaylığı ve esneklik kazandırmaktadır.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Alçay S., C.Ö. Yiğit, and A. Ceylan “CSRSPPP, MagicGNSS ve APPS Web Tabanlı Yazılımların Statik PPP Modüllerinin Karşılaştırılması,” *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2013, 5(1) 1-12.
- Bahadır, B., ve A. Üstün. “İnternet Tabanlı GNSS Veri Değerlendirme Servisleri.” *Harita Dergisi*, 2014, 80(152), 40 - 50.
- Bilgin, M. “Tek Frekanslı GPS Alıcısı ile Hassas Konum Belirleme.” Gebze Yüksek Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli/Gebze, 2011.
- Cai, C. “Precise Point Positioning Using Dual-Frequency GPS and GLONASS Measurements by Changsheng” ProQuest Dissertations and Theses; Thesis (M.Sc.), University of Calgary (Canada), 2009.
- Chen, K. “Real-Time Precise Point Positioning, Timing and Atmospheric Sensing.” PhD Theses. University of Calgary, Canada, 2005.
- Chen, J., H. Li, B. Wu, Y. Zhang, J. Wang, and C. Hu. “Performance of Real-Time Precise Point Positioning.” *Marine Geodesy*, 2013, 36(1), 98-108.
- Ebner R., and W.E. Featherstone W. E. “How well can online GPS PPP post-processing services be used to establish geodetic survey control networks?” *Journal of Applied Geodesy* 2008, 2, 149-157.
- Elsobeiey, M.E. “An Improved Model For Precise Point Positioning With Modernized Global Positioning System.” Master Thesis, Civil Engineering, Zagazig University, Egypt, 2012.
- Elsobeiey, M., and El-Rabbany, A. (2013). “Efficient Between-Satellite Single-Difference Precise Point Positioning Model.” *Journal of Surveying Engineering*, 2013, 140(2).
- Gakstatter E. “A Comparison of Free GPS Online Post-Processing Services.” *GPS World*, 2013. url: <http://gpsworld.com/acomparison-of-free-gps-online-postprocessing-services/>
- Gao, Y., A. Wojciechowski, and K.Chen. “Airborne Kinematic Positioning Using Precise Point Positioning Methodology.” *Geomatica*, 2005, 59(1), 29-36.
- Ghoddousi-Fard R., and P. Dare. “Online GPS Processing Services: An Initial Study.” *GPS Solutions*, 2006, 10(1), pp. 1220.
- Kouba J. “A Guide to Using International GNSS Service (IGS) Products.” 2009 URL: <http://igsb.jpl.nasa.gov/components/usage.html>
- Kouba, J., and P. Héroux. “Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products.” *GPS Solutions*, 2001, 5(2), 12-28.
- Krzan, G., P. Przeźralski. “GPS/GLONASS precise point positioning with IGS real-time service products.” *Acta Geodyn. Geomater.*, 2015, Vol. 13, No. 1 (181), 69-81.
- Öcalan, T., ve M. Soyca, M. “RTCM/SSR Mesajları ile Gerçek Zamanlı Hassas Nokta Konumlama (PPP-RTK) Tekniği.” *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2012, 4(2), 30-41
- Öcalan, T. “GNSS Ağlarında GPS Hassas Nokta Konumlama (GPS-PPP Tekniği Yaklaşımli Çözümler).” Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 2015.
- Özdemir, S., Y. Erkan, B. Aktuğ, M. Kurt, ve O. Lenk. “Türkiye’de Sabit GPS İstasyonlarının Tarihi ve TUSAGA-AKTİF Sistemi”, TUJK 2006, ODTÜ Ankara.
- Subaşı, H.K., ve R.M. Alkan. “İnternet tabanlı GPS Değerlendirme Servislerinin Doğruluk Analizi: İstanbul Örneği”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 18-22 Nisan, Ankara, 2011.
- Tsakiri M. “GPS Processing Using Online Services.” *Journal of Surveying Engineering*, 2008, 134(4), 115-125. URL-1: <http://magicgnss.gmv.com/ppp>, 2022  
URL-2: <http://www.trimblertx.com/UploadForm.aspx>, 2022
- Yalçınkaya, M. Dengeleme Hesabı Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 2022
- Zumberge, J. F., M.B. Heflin, D.C. Jefferson, M.M. Watkins, and F.H. Webb. (1997). “Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks.” *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 1997, 102(B3), 5005-5017.



## FARKLI BENZETİM ORTAMLARINDA KALP YETMEZLİĞİ OLAN HASTALARIN SAĞKALIM ORANLARININ ÇOK KATMALI ALGILAYICILARLA TESPİTİ

Irem Şenyar YAPICI<sup>1,\*</sup>, Ayşegül KARADELİ<sup>2</sup>, Rukiye Uzun ARSLAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> İrem Şenyar YAPICI, Bilgisayar Müh. Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup> Ayşegül KARADELİ, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup> Rukiye Uzun ARSLAN, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [senyareim@gmail.com](mailto:senyareim@gmail.com)

### ÖZET

Kalp yetmezliği her geçen gün artan kronik bir hastalıktır. Bu hastalık vücudun ihtiyacı olan kanın pompalanmaması durumunda ortaya çıkan ciddi kalp hastalıklarındandır. Kalp yetmezliği hastalığına maruz kalan insanların ölüm oranının oldukça yüksek olması bu hastalığın erken tanı ve teşhisinin önemini arttırmaktadır. Hastalığın erken teşhisi ölüm oranlarının azaltılması ve hastanın daha kaliteli bir yaşam sürdürebilmesi açısından önem arz etmektedir. Bu bağlamda kalp yetmezliği olan insanların ölüm ve sağkalım oranlarının tahmini hayati bir faktördür. Bu amaçla tıp alanında çalışmalar yapılmaya devam edilmektedir. En çok yapılan çalışmalar ise farklı benzetim ortamları kullanılarak çeşitli sınıflandırma algoritmalarıyla klinik verilerin analizi yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Yapılan bu veri analizleri ile hastaların ölüm ve sağkalım oranları hakkında tahminler üretilmesi sağlanmakta, uzman doktorlara bu hastalığa sahip olan hastalar hakkında yararlı bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmada kalp yetmezliği olan bireylerin ölüm ve sağkalım oranlarının tahmin edilmesi için çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağı algoritması kullanılarak WEKA ve MATLAB olmak üzere iki farklı benzetim ortamlarında analizler yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda WEKA programında doğruluğu %78.26, duyarlılığı %87.68 ve hassasiyeti ise %85.53 olarak elde edilmiştir. Buna karşılık MATLAB programında ise doğruluğu %86.29, duyarlılığı %96.06 ve hassasiyeti %85.53 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda kalp yetmezliği olan bireylerin ölüm ve sağkalım oranlarının tahmin edilmesinde en yüksek sınıflandırma doğruluğu %86.29 ile MATLAB programında çok katmanlı algılayıcı yapay sinir algoritmasıyla elde edilmiştir.

**Kelimeler:** Kalp yetmezliği, çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağı, sınıflandırma

### DETERMINATION OF SURVIVAL RATES OF PATIENTS WITH HEART FAILURE IN DIFFERENT SIMULATION ENVIRONMENTS WITH MULTILAYER PERCEPTRON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

#### ABSTRACT

Heart failure is a chronic disease increased day by day. This disease is one of the serious heart diseases that occurs when the blood needed the body is not pumped. The high mortality rate of people exposed to heart failure disease increases the importance of early diagnosis of this disease. Early diagnosis of the disease is important in terms of reducing mortality rates and ensuring a better quality of life for the patient. In this context, the estimation of death and survival rates for people with heart failure is a vital factor. For this purpose, studies in the field of medicine continue. The most common studies are carried out with the help of the analysis of clinical data with various classification algorithms using different simulation environments. With these data analyzes, predictions about the death and survival rates of the patients are produced, and it provides useful information to the specialist doctors about the patients with this disease. In this study, analyzes were made in two different simulation environments, WEKA and MATLAB, using a multilayer perceptron artificial neural network algorithm to predict the death and survival rates of individuals with heart failure. As a result of the analysis, the WEKA has an accuracy of 78.26%, a sensitivity of 87.68% and a sensitivity of 85.53%. On the other hand, in the MATLAB, the accuracy was calculated as 86.29%, the sensitivity as 96.06% and the sensitivity as 85.53%. In this case, the highest classification accuracy in estimating the death and survival rates of individuals with heart failure was obtained with the multilayer perceptron artificial neural network algorithm in the MATLAB with 86.29%.

**Keywords:** Heart failure, multilayer perceptron artificial neural network, classification

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kalp yetmezliği, vücudun ihtiyacı olan besinin ve temiz kanın kalp tarafından vücuda yeteri kadar pompalanamaması durumunda ortaya çıkan bir hastalıktır [1]. Bu hastalıkta kalp rutin çalışmasına devam ederken pompalaması gerek miktardan daha az kan pompaladığı için doku ve hücrelere yeterli miktarda besin ve oksijen gönderilememektedir. Kalp ve damar hastalıklarının son evresinde görülmekte olan kalp yetmezliği, dünya çapında insan ölümlerinin önde gelen sebepleri arasında yer almaktadır [2]. Yapılan araştırmalar ortalama olarak yıllık 500.000 insanın kalp yetmezliği hastası olduğunu ve bu hastaların yarısının kalp yetmezliğinden öldüğünü ortaya koymuştur [3]. Kalp yetmezliğinin kronik bir hastalık olduğunu belirten uzmanlar, hastalığın erken teşhisiyle hayati risklerin azaltılabileceğini ileri sürmektedir [4]. Bundan dolayı hastalığın erken teşhisi ölüm oranlarının azaltılması ve hastanın daha kaliteli bir yaşam sürdürebilmesi açısından önem arz etmektedir.

Son yıllarda özellikle sağlık alanında hastalıkların tespit edilmesine yönelik yapay zeka tekniklerinin kullanıldığı çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu kapsamda kalp yetmezliğinin tanı ve teşhisine yönelik literatürde pek çok çalışma yer almaktadır. Narin ve ark. kalp hızı değişkenliği analizi verilerini kullanarak konjestif kalp yetmezliği olan hastaların kontrol grubundan ayırt edilmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. WEKA programında k-Ortalama kümeleme algoritmasının kullanılması durumunda sadece dört küme için %98.79'lık en yüksek başarıma ulaşıldığı tespit edilmiştir [5]. Pandey ve ark.'nın bir çalışmasında kalp hastalığının tahmin edilmesinde J48 karar ağacı algoritmasının kullanıldığı bir model oluşturulmuştur. Modelde J48 algoritmasının üç farklı yolu olan budanmamış, basit budama ve azaltılmış hata budama yaklaşımları kullanılarak, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Azaltılmış hata budaması yaklaşımının %75.73'lik doğruluk oranıyla en iyi performansı sergilediği tespit edilmiştir [6]. Alizadehsani ve ark. ise değişken seçme ve veri setinden yeni değişkenler oluşturma yöntemleriyle koroner arter hastalığı riskinin saptamasında başarımın artırılmasını hedeflemişlerdir. Bu bağlamda Sıralı Minimum Optimizasyon (SMO), Naive Bayes, Bagging ve Yapay Sinir Ağları (YSA) sınıflandırma algoritmaları kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. En yüksek doğruluk oranı değişken seçimi ve değişken oluşturma yöntemleriyle SMO algoritmasında %94.08 olarak ortaya çıkmıştır [7]. Kartal ve ark.'nın bir çalışmasında kalp ameliyatı sırasında ya da kalp ameliyatından kısa bir süre sonrasında hastaya ait hayati riski sınıflandırılması amaçlanmıştır. Naive Bayes sınıflandırıcı, k-En Yakın Komşu algoritması, Lojistik Regresyon analizi, ID3 ve C4.5 Karar Ağacı algoritmalarının kullanıldığı çalışmada en iyi performans % 98.9 doğruluk oranı ile C4.5 Karar Ağacı algoritmasından elde edilmiştir [8]. Cihan ve ark.'ı bir çalışmalarında koroner arter hastalığı riskinin belirlenmesinde 1R, Budanmamış, Budanmamış ve Düzenlenmiş J48 Karar Ağacı, Naive Bayes ve Çok katmanlı YSA algoritmalarını kullanılmışlardır. Analizler sonucunda en iyi sonuç % 83.498 doğruluk oranıyla Çok katmanlı YSA algoritmasından elde edilmiştir [9]. Mohan ve ark. ise kalp hastalığının tespit edilmesinde Rastgele Orman ve doğrusal regresyon algoritmalarının bir araya getirildiği hibrit bir model ileri sürmüşlerdir. Oluşturdukları modelin başarımı %88 olarak elde edilmiştir [10]. Ekrem ve ark.'ı da bireylerin kalp hastası olup olmadığının tespit edilmesine yönelik olarak Rastgele Orman ve Parçacık Sürü Optimizasyonu algoritmalarının kullanıldığı bir model tasarlamışlardır. Analizler sonucunda en yüksek sınıflandırma başarımı Rastgele Orman algoritmasıyla elde edilmiş olup, %86.88 doğruluk, %85.71 özgüllük, %87.87 duyarlılık, %87.87 kesinlik ve %87.87 F-ölçüsü değerlerine ulaşılmıştır [11]. Son olarak Potur ve ark. kalp yetmezliği hastalarının sağ kalımlarının tahmin edilmesi amacıyla Naive Bayes, Lojistik Regresyon, Çok Katmanlı Algılayıcı, Destek Vektör Makineleri ve J48 Karar Ağacı sınıflandırma algoritmalarını WEKA'da bulunan InfoGainAttributeEval, CfsSubsetEval ve ReliefFAttributeEval öznelik seçim yöntemleri kullanarak değerlendirme ölçütleri açısından karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek sınıflandırma başarımına %90 doğru sınıflandırma oranıyla Çok Katmanlı Algılayıcıda ulaşıldığı tespit edilmiştir [12].

Bu çalışmada kalp yetmezliği hastalarının ölüm ve sağ kalım oranlarının tespiti edilmesine amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultuda kalp yetmezliği hastalarına ait veri seti kullanılarak WEKA ve MATLAB programlarında yer alan çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağı (ÇKYSA) algoritmasıyla sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen simülasyon sonuçlarına göre MATLAB benzetim ortamında gerçekleştirilen ÇKYSA algoritmasıyla %86.29 ile en yüksek sınıflandırma başarımı elde edilmiştir.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

### 2.1 Veri Seti (Dataset)

Çalışmada UCI (Machine Learning Repository) veri tabanında ücretsiz erişim imkanı olan “Heart failure clinical records” adlı veri seti kullanılmıştır. Veri seti yaşları 40 ila 95 arasında değişen 105 kadın ve 194 erkek olmak üzere 299 kalp yetmezi hastasından elde edilmiştir. İlgili veri setinde 13 özellik yer almakta olup, bu özellikler Tablo 1’de gösterilmiştir.

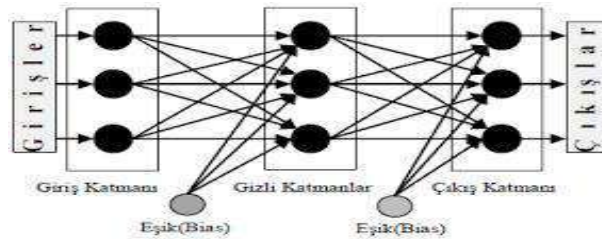
Tablo 1. Veri setinde yer alan her bir özelliğin anlamı, ölçü birimleri ve aralıkları [13]

Özellik	Açıklama	Ölçüm	Aralık
Yaş	Hastanın Yaşı	Yıl	[40,...,95]
Anemi	Alyuvarlar veya Hemoglobinin azalması	Boolean	0,1
Yüksek Tansiyon	Hastanın Hipertansiyonu	Boolean	0,1
Kreatinin Fosfokinaz	CPK enzim düzeyi	mcg/L	[23,...,7861]
Diyabet	Hastanın diyabeti varsa	Boolean	0,1
Ejeksiyon Fraksiyonu	Her kasılmada kalpten çıkan kan yüzdesi	Yüzde	[14,...,80]
Trombosit	Kandaki trombositler	kiloplatelet/mL	[25.01,...,850.00]
Cinsiyet	Kadın / Erkek	Boolean	0,1
Serum Kreatinin	Kandaki serum kreatinin düzeyi	mg/dL	[0.50,...,9.40]
Serum sodyum	Kandaki serum sodyum düzeyi	mEq/L	[114,...,148]
Sigara	Hasta sigara içme durumu	Boolean	0,1
Zaman	Takip periyodu	Gün	[4,...,285]
Ölüm	Hastanın takip periyodu sırasında ölüm durumu	Boolean	0,1

Çalışılan veri seti üzerinde kalp yetmezliğinin belirtileri olarak isimlendirilen bu parametrelerden faydalanılarak, WEKA ve MATLAB programlarında çok katlı algılayıcı algoritmasıyla elde edilen doğruluk oranları analiz edilmiştir.

### 2.2 Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağı (Multilayer Perceptron Artificial Neuronal Network)

Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağı (ÇKYSA) insan beynin çalışma mantığından esinlenerek geliştirilmiş olup, beynin davranışlarının modellenmiş halidir. ÇKYSA’lar yapay nöronların birbirleriyle kurdukları katmanlı bağlantılardan bir araya gelmektedir [14]. Bu katmanlar sinir ağına bilginin girdiği girdi katmanı, bir yada birden fazla katmandan oluşan ara katman ve çıktıyı dış dünyaya aktaran çıktı katmanıdır [15]. ÇKYSA modelinin genel yapısı Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Yapay Sinir Ağına ait genel yapı

### 2.3 Başarım Ölçütleri (Performance Metrics)

Bu çalışmada analizlerin sonucunu değerlendirmek için doğruluk, hassaslık ve özgünlük istatistiksel parametreleri kullanılmıştır. İlgili parametrelerin matematiksel ifadeleri denklem (1), (2) ve (3)' de verilmiştir.

$$\text{Doğruluk} = \frac{GP+GN}{GP+YN+YP+GN} \quad (1)$$

$$\text{Hassaslık} = \frac{GP}{GP+YP} \quad (2)$$

$$\text{Özgünlük} = \frac{GN}{GN+YP} \quad (3)$$

Burada GP gerçek pozitif, GN gerçek negatif, YP yanlış pozitif ve YN yanlış negatifi ifade etmektedir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Yapılan çalışmayla 299 kalp yetmezliği hastalığı bulunun bireylerin (105'i kadın, 194'ü erkek) tıbbi kayıtlarını içeren veri seti analiz edilmiştir. Bu doğrultuda veri setinde yer alan 12 tane özellik (yaş, anemi, yüksek kan basıncı, kreatin fosfokinaz, diyabet, ejeksiyon fraksiyonu, seks, trombosit, serum kreatinin, serum sodyum, sigara içme ve zaman) kullanılarak bireylerin ortalama 130 günlük takip süresinin sonunda hayatta kalıp kalmadığına dair sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırmada kullanılan çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağı algoritmasının başarım hesabı WEKA ve MATLAB R2018b programlarıyla gerçekleştirilmiştir. Hold-out yöntemi kullanıldığı modelde veri seti eğitim ve test için %80-%20 olacak şekilde ayrıştırılmıştır. Bu durumda ara katman sayısına bağlı olarak algoritmaya ait sınıflandırma performansı Tablo 2 ve Tablo 3' te sunulmuştur.

Tablo 2. Weka benzetim ortamında hastaların sağkalım oranlarının farklı ara katmanlara göre analizleri

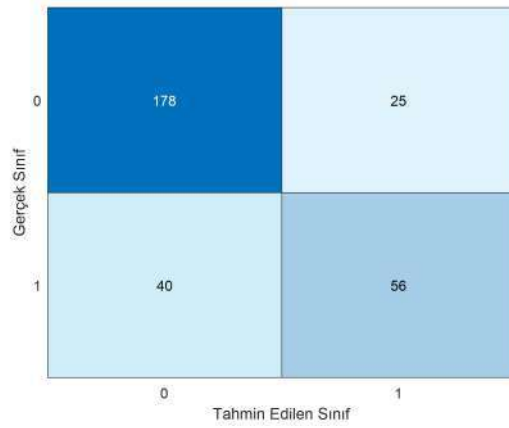
Ara Katman Sayısı	Doğruluk (%)	Duyarlılık (%)	Hassasiyet (%)
6	78.26	87.68	81.65
8	74.91	83.74	80.65
10	73.57	81.77	79.81
12	74.58	83.25	80.09
14	74.91	83.25	80.48
16	74.24	82.76	80
18	74.58	81.77	80.98
20	75.91	83.74	81.34

Tablo 3. Matlab 2018b benzetim ortamında hastaların sağkalım oranlarının farklı ara katmanlara göre analizleri

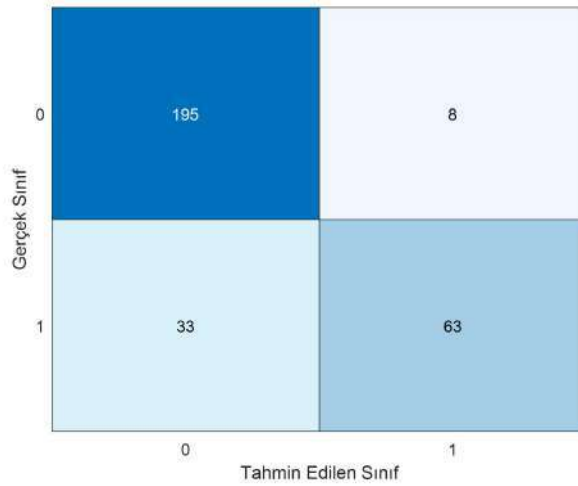
Ara Katman Sayısı	Doğruluk (%)	Duyarlılık (%)	Hassasiyet (%)
6	86.29	96.06	85.53
8	84.62	97.54	82.85
10	70.90	99.51	70.14
12	79.26	99.51	76.81
14	78.60	94.58	78.37
16	72.58	100	71.23
18	81.94	90.64	84.02
20	82.94	94.09	83.04

Tablo 2'de yer alan sonuçlar irdelendiğinde WEKA benzetim ortamında oluşturulan ÇKYSA modelinde en yüksek sınıflandırma başarımının elde edildiği optimum ara katman sayısının 6 olduğu görülmektedir. Bu durumda modelin sınıflandırma doğruluğu %78.26, duyarlılığı %87.68 ve hassasiyeti ise %85.53'tür. Tablo 3'e göre ise MATLAB programındaki ÇKYSA modeline göre ara katman sayısının 6 olması durumunda en yüksek

sınıflandırma başarımı elde edilmiştir. Böylece optimum ara katman sayısına göre modelin sınıflandırma doğruluğu %86.29, duyarlılığı %96.06 ve hassasiyeti %85.53 olarak hesaplanmıştır. Her iki programdaki ÇKYSA modeli için elde edilen en yüksek sınıflandırma performansına ait hata matrisleri Şekil 2 ve Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 2. WEKA benzetim ortamında ÇKYSA modeline ait en yüksek başarımla ilgili hata matrisi.



Şekil 3. MATLAB 2018b benzetim ortamında ÇKYSA modeline ait en yüksek başarımla ilgili hata matrisi.

Şekil 2’ de yer alan hata matrisi irdelendiğinde 203 hayatta kalan bireyin 25’inin ve 96 ölen bireyinde 40’ının yanlış belirlendiği görülmektedir. Şekil 3’deki hata matrisine göre ise 203 hayatta kalan bireyin 8’inin ve 96 ölen bireyin 33’ünün yanlış sınıflandırıldığı gözlenmiştir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Kalp yetmezliği ciddi oranda ölümlere neden olan hastalıklar arasında yer almakta olup, günümüzde artan bir eğilim sergilemektedir. Bu çalışmada kalp yetmezliği hastalığından sağ olarak kurtulanların yüksek bir başarımla tespit edilebilmesi için WEKA ve MATLAB programlarında YSA algoritması ile oluşturulan modelin sınıflandırma performansı analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, oluşturulan modelin MATLAB programında kullanılması durumundan sınıflandırma başarımının arttığı tespit edilmiştir. Bu durumda modelin maksimum performans sergileyebilmesi için optimum ara katman nöron sayısı 6 olarak belirlenmiştir. Böylece verilerin sınıflandırılmasında %86.29’luk bir başarımla elde edilmiştir.

#### KAYNAKLAR ( REFERENCES)

Flavell C and Stevenson L W (2001) Take Heart with Heart Failure. Circulation, 104: 89.

Albert NM (2000) Implementation strategies to manage heart failure outcomes: Managing clinical and economic outcomes. AACN Clinical Issues: Advanced Practice in Acute ve Critical Care, 11(3):396–411 ve 475–477.

Gura MT ve Foreman L (2004) Cardiac resynchronization therapy for heart failure management. AACN Clinical Issues: Advanced Practice in Acute ve Critical Care, 15(3):326–339.

URL-1<<https://www.trthaber.com/haber/saglik/kalp-yetersizliginde-erken-teshis-onemli-343190.html> > Erişim Tarihi: 11.06.2022

Narin A ve İşler Y (2012) Konjestif Kalp Yetmezliği Hastalarının Kalp Hızı Verileri Kullanılarak Teşhisi Üzerine Temel Bileşen Analizi, IEEE 20th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU2012), Fethiye / Mugla / Turkey, 18-20 April.

Pandey, A. K., Pandey, P., & Jaiswal, K. L. (2013). A Heart Disease Prediction Model Using Decision Tree. IUP Journal of Computer Sciences,

Alizadehsani, R., Habibi, J., Hosseini, M. J., Mashayekhi, H., Boghrati, R., Ghandeharioun, A., Sani, Z. A. (2013). A Data Mining Approach for Diagnosis of Coronary Artery Disease. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 111(1), 52-61.

Kartal, E. 2015. Sınıflandırmaya Dayalı Makine Öğrenmesi Teknikleri Ve Kardiyolojik Risk Değerlendirmesine İlişkin Bir Uygulama. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.

Cihan Ş, Karabulut B , Arslan G, and Cihan G, 2018. “Koroner Arter Hastalığı Riskinin Veri Madenciliği Yöntemleri ile İncelenmesi”, Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 10(1), 85-93.

Mohan, S., Thirumalai, C., & Srivastava, G. (2019). Effective heart disease prediction using hybrid machine learning techniques. IEEE Access, 7, 81542-81554.

Ekrem Ö, Salman O. K. M., Aksoy B and İnan S. A., 2020. “Yapay Zekâ Yöntemleri Kullanılarak Kalp Hastalığının Tespiti”, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(5), 241-254

Aktaş Potur, E. , Erginel, N. "Kalp Yetmezliği Hastalarının Sağ Kalımlarının Sınıflandırma Algoritmaları ile Tahmin Edilmesi". Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi (2021 ): 112-118

Chicco, D., Jurman, G. Machine learning can predict survival of patients with heart failure from serum creatinine and ejection fraction alone. BMC Med Inform Decis Mak 20, 16 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12911-020-1023-5>

URL-2<<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7960160>> Erişim Tarihi:19.06.2022

URL-3 < <http://www.nuhazginoglu.com/2018/05/15/cok-katmanli-algilayicilar-multi-layer-perceptron/>> Erişim Tarihi : 19.06.2022



## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium 1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

# VAKIF TAŞINMAZLARININ DEĞERLEMESİNDE KARŞILAŞILAN PROBLEMLER VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Celal SONKAYA<sup>1,\*</sup>, Murat Selim ÇEPNİ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jeodezi ve Jeoinformasyon Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: celalsonkaya2014@gmail.com

## ÖZET

Ülkemizde mülkiyeti yahut yönetimi Vakıflar Genel Müdürlüğü'ne ait yaklaşık altmış bin taşınmaz bulunmaktadır. Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün görevi, vakıfları vakfedenlerin iradesi doğrultusunda günümüz şartlarını da göz önünde bulundurarak yaşatmak, geliştirmek ve sonraki nesillere aktarmaktır. Vakıflar Genel Müdürlüğü hazine yardımı almayan özel bütçeli bir kamu kuruluşu olması sebebiyle görevlerini yerine getirebilmeleri için vakıflara ait menkul ve gayrimenkullerden sağladıkları gelirleri kullanmaktadır. Vakıf hizmetlerinin sürdürülebilmesi ve artırılabilmesi için taşınmaz malların optimum şekilde kullanılabilmesi büyük önem arz etmektedir. Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün yönettiği vakıflara ait gayri menkullerin kira gelirleri vakfiyelerde yer alan hayır şartlarının ve diğer vakıf hizmetlerinin yürütülmesinde büyük bir öneme sahiptir. Vakıflar Genel Müdürlüğü mazbut vakıfların vakfiyelerinde yazan hayır şartlarını yerine getirebilmek amacıyla gelir getirici yatırımlar yapmaktadır. Bu hedefle kurumun gelirlerini artırarak sağladığı hizmetlerin artmasını amaçlamaktadır. Bu çalışma kapsamında vakıf taşınmazlarının değerlemesinde karşılaşılan imar problemleri ele alınmıştır. Vakıf taşınmazlarının devlete ait taşınmazlar gibi görülmesi ve planlama aşamasında kamuya tesis edilecek alanların vakıf parselleri üzerine isabet ettirilmesi böylelikle vakıf taşınmazlarının imar planlarının yükünü çekmesinden bahsedilmiştir. Beykoz, Kadıköy ve Üsküdar ilçelerinde çalışma yapılarak vakıf taşınmazlarının imar durumları üzerinden çıkarımda bulunulmuştur. Ayrıca bu çalışmayla vakıf taşınmazların sınıflandırılmasına ve bu sınıflandırılmalarına göre imar durumlarındaki farklılıklarına, imar planlarının vakıfların lehine yahut aleyhine mi olduğu ve imar planlarının sağladığı avantajlarından ne denli istifade edilip edilemediğine değinilmiştir.

**Kelimeler:** İmar, mazbut, vakıf

## PROBLEMS ENCOUNTERED IN THE APPRAISAL OF FOUNDATION PROPERTY AND SUGGESTIONS FOR SOLUTIONS

### ABSTRACT

There are approximately sixty thousand immovable properties owned or managed by the General Directorate of Foundations in our country. The duty of the General Directorate of Foundations is to keep the foundations alive, develop and pass them on to the next generations, in line with the will of those who made the foundations, taking into account today's conditions. Since the General Directorate of Foundations is a public institution with a special budget that does not receive treasury aid, it uses the revenues obtained from the movables and real estates of the foundations to fulfill its duties. In order to maintain and increase foundation services, it is of great importance that immovable properties are used optimally. Rental income of real estate belonging to foundations managed by the General Directorate of Foundations has a great importance in the execution of the charitable conditions and other foundation services in the foundations. The General Directorate of Foundations makes income-generating investments in order to fulfill the charitable conditions written in the foundation charters of fused foundations. With this aim, it aims to increase the services it provides by increasing the income of the institution. Within the scope of this study, the zoning problems encountered in the valuation of foundation immovables are discussed. It is mentioned that the foundation immovables are seen as state-owned immovables and the areas to be established in the planning phase are hit on the foundation parcels, thus the foundation immovables take the burden of the zoning plans. By conducting studies in Beykoz, Kadıköy and Üsküdar districts, inferences were made on the zoning status of the foundation immovables. In addition, in this study, the classification of foundation immovables and the differences in zoning status according to these classifications, whether the zoning plans are in favor or against the foundations and how much the advantages of the zoning plans can be benefited are mentioned.

**Keywords:** Zoning, fused, foundation

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Vakıf kelimesinin kökeni Arapça olmakla birlikte sözlük anlamı itibariyle mastar olarak durmak, hareketten alıkoymak manalarına gelir. Aynı zamanda “hibe etmek, tamamen vermek anlamlarına da gelmektedir. Evkaf kelimesi ise vakıf kelimesinin çoğulu olan vakıflar anlamına gelmektedir. Vakıf kavramı bir mal varlığının gönül rızası ile herhangi bir amacına hizmet etmek üzere paylaşma denmektedir. Vakfın bir diğer izahatı ise; bir hizmetin şimdi ve gelecekte de yapılabilmesi amacıyla belli şartlarda ve resmi bir yolla ayrılarak bir kimse tarafından bağışlanan mülk yahut parayı ifade etmektedir. Türk Medeni Kanunu’na göre vakıf; gerçek veya tüzel kişilerin yeterli mal ve hakları belirli ve sürekli bir amaca özgülemeleri ile oluşan tüzel kişiliğe sahip mal topluluklarıdır. [1] Vakıf kavramı geçmişten günümüze süregelen ve istikbalde de devam etmesi amaçlanan yardımlaşma duygusunun kurumsallaşmış hali olarak da izahatı mümkündür. Geçmişten günümüze kurulan vakıflardan toplumun temel ihtiyaçlarını için ve spesifik ihtiyaçlara hizmet amacı güden birçok farklı vakıf bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak; camiler, medreseler, imaretler(aşevleri), hamamlar, kervansaraylar, kapalı çarşılar, çeşmeler, köprüler, saat kuleleri gibi birçok eseri saymak mümkündür. Osmanlı coğrafyasının her köşesinde medeniyet izleri bırakan atalarımız, hanlar, hamamlar, aşevleri, köprüler, suyolları, çeşmeler, kütüphaneler, hastaneler, okullar, dini yapılar gibi kamu yapılarını inşa ederek, hiçbir karşılık beklemeden ihtiyacı olanların hizmetine sunmuşlardır.

Vakıflar Genel Müdürlüğünün görevi ise bu vakıfları vakfedenlerin iradesi doğrultusunda günümüz şartlarını da göz önünde bulundurarak yaşatmak, geliştirmek ve sonraki nesillere aktarmaktır. Vakıflar Genel Müdürlüğü’nün sağladığı hizmetlerden bazıları şunlardır: İhtiyaç sahibi vatandaşlarımıza muhtaç aylığı, aşevi hizmeti, ilkokuldan başlayarak üniversite öğrencileri dahil eğitim yardımı ve burs hizmetleri, yurt içi ve yurt dışı kuru gıda yardımları, müzecilik, kütüphanecilik, kaçakçılıkla mücadele.

Vakıflar Genel Müdürlüğü hazine yardımı almayan özel bütçeli bir kamu kuruluşu olması sebebiyle sağladıkları bu hizmetleri yerine getirebilmeleri için vakıflara ait menkul ve gayrimenkullerden sağladıkları gelirleri kullanmaktadır. Vakıflar Genel Müdürlüğü’nün yönettiği vakıflara ait gayri menkullerin kira gelirleri vakfiyelerde yer alan hayır şartlarının ve diğer vakıf hizmetlerinin yürütülmesinde büyük bir paya sahiptir. Vakıf hizmetlerinin sürdürülebilmesi ve daha da artırılabilmesi için taşınmaz malların en optimum şekilde kullanılabilmesi büyük önem arz etmektedir

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

Vakıf taşınmazlarının sınıflandırmalardan kaynaklı imar durumlarında farklı statüleri bulunmaktadır fakat bazı durumlarda bu statülerine dikkat edilmeyip vakıf aleyhine durumlar meydana gelebilmektedir. Vakıflar Genel Müdürlüğü mazbut vakıfların vakfiyelerinde yazan hayır şartlarını yerine getirebilmek amacıyla gelir getirici yatırımlar yapmaktadır. Bu hedefle kurumun gelirlerini artırarak sağladığı hizmetlerin artmasını hedeflemektedir. Bu çalışma kapsamında vakıf taşınmazlarının değerlemesinde karşılaşılan imar problemleri ele alınmış ve bu durumlar hakkındaki kanunlara değinilmiştir. Örnek bölgeler seçilip bu bölgede bir veri tabanı oluşturulması suretiyle vakıf taşınmazlarının imar durumlarının sağladığı avantajlar ve dezavantajlarını üzerinden çıkarımda bulunulmuştur.

Vakıfları kendi içerisinde farklı sınıflarda kategorize etmek mümkündür. Bu çalışmada kapsamında mahiyetleri ve İdareleri açısından iki sınıfta incelenecektir.

### 2.1. Mahiyetleri Bakımından (In Terms of their nature)

Mahiyetleri bakımından vakıfları iki sınıfta değerlendirebiliriz.

#### 2.1.1. Hayri vakıflar (Charitable foundations)

Geliri tamamen ve kısmen muhtelif hayır şart ve hizmetlerine tahsis edilmiş bulunan vakıflardır. Kullanım şekillerine göre ikiye ayırılır. 5737 sayılı Vakıflar Kanunu’nun 3. maddesine göre:

“Hayrat: Mazbut, mülhak, cemaat ve esnaf vakıfları ile yeni vakıfların, doğrudan toplumun istifadesine bedelsiz olarak sundukları mal veya hizmetleri,

Akar: Vakıf amaç ve faaliyetlerinin yerine getirilmesi için gelir getirici şekilde değerlendirilmesi zorunlu olan taşınır ve taşınmazları” ifade eder



### 2.1.2. Zürrî Vakıflar (Zurri foundations)

Herhangi bir hayır şartı olmayıp, gelininin tamamı vakfın evlatlarına tahsis edilmiş bulunan vakıflardır. Nesebin yok olması halinde bir hayri hizmete tahsis edilebilir.

## 2.2. İdareleri Bakımından (In Terms Of Their Administration)

Vakıfları idare edilmişlerine göre beş sınıfa ayrılırlar.

### 2.2.1 Mazbut vakıflar (Mazbut foundations)

Mazbut vakıflar Selçuklu ve Osmanlı döneminde kurulmuşlardır. 5737 sayılı Vakıflar Kanunu'nun 3. maddesine göre mazbut vakıf "Kanun uyarınca Genel Müdürlükçe yönetilecek ve temsil edilecek vakıflar ile mülga 743 sayılı Türk Kanunu Medenisinin yürürlük tarihinden önce kurulmuş ve mülga 2762 sayılı Vakıflar Kanunu gereğince Vakıflar Genel Müdürlüğünce yönetilen vakıfları ifade eder" olarak tanımlanmıştır. Vakıf kurucuları ve soyundan gelenler bugün hayatta kalmadığı için VGM tarafından yönetilmektedirler.

Misal olarak Sultan Süleyman Vakfı, Kazasker Feyzullah Efendi Vakfı ve Kule i Zemin Vakfı gibi daha birçok mazbut vakıf sayılabilir.

### 2.2.2. Mülhak vakıflar (Added foundations)

Mülhak vakıflar Osmanlı Döneminde kurulmuşlardır. 5737 sayılı Vakıflar Kanunu'nun 3. maddesine göre mülhak vakıf "Mülga 743 sayılı Türk Kanunu Medenisinin yürürlük tarihinden önce kurulmuş ve yönetimi vakfedenlerin soyundan gelenlere şart edilmiş vakıflar" olarak tanımlanmıştır. Mazbut vakıflarda kurucuların soyundan gelenlerin nesli kesilmişken Mülhak vakıflar ise Vakıf Kurucularının soyundan gelenlerce yönetilirler ve VGM tarafınca denetlenirler. Misal olarak Mahmud Paşa Zade El Hac Hüseyin Ağa Bin Recep Ağa Bin Mahmud Paşa Vakfı verilebilir.

### 2.2.3 Cemaat vakıfları (Community foundations)

Cumhuriyet öncesinde gayrimüslim Türk vatandaşlarının oluşturduğu hayır kurumlarıdır. 1936 yılında; düzenledikleri beyannameler ile Vakıflar Genel Müdürlüğündeki kütüğe tescil ve kayıtları yapılmıştır. Böylece, cemaatlara ait bu hayır kurumları "vakıf" olarak kabul edilmiştir. 5737 sayılı Vakıflar Kanunu'nun 3. maddesine göre cemaat vakfı "Vakfiyeleri olup olmadığına bakılmaksızın 2762 sayılı Vakıflar Kanunu gereğince tüzel kişilik kazanmış, mensupları Türkiye Cumhuriyeti vatandaşı olan Türkiye'deki gayrimüslim cemaatlara ait vakıflar" olarak tanımlanmıştır. Türk Medeni Kanunu'na göre belli bir cemaati desteklemek amacıyla vakıf kurulması mümkün olmadığından; yeni cemaat vakfı kurulması da hukuken mümkün değildir. Cemaat vakıfları yönetim kurulu kararıyla mal edinebilirler ve malları üzerinde her türlü tasarrufta bulunabilirler. (Kira, intifa, üst hakkı vb.) Cemaat vakıfları kendi cemaatlerince yönetilirler. (Bulgar, Ermeni, Gürcü, Keldani, Maroni, Musevi, Rum, Süryani). Cemaat vakıfları Türkiye'deki diğer vakıflar gibi Vakıflar Genel Müdürlüğü tarafından denetlenmektedir. [2]

### 2.2.3. Esnaf vakfı (Artisan foundations)

5737 sayılı Vakıflar Kanunu'nun 3. maddesine göre esnaf vakfı "2762 sayılı Vakıflar Kanunu'nun yürürlüğünden önce kurulmuş ve esnafın seçtiği yönetim kurulu tarafından yönetilen vakıflar" olarak tanımlanmıştır.

### 2.2.4. Yeni vakıflar (New foundations)

Cumhuriyet sonrası Türk Medeni Kanunu'na göre kurulmuşlardır. Mülga 743 sayılı Türk Kanunu Medenisi ile 4721 sayılı Türk Medeni Kanunu hükümlerine göre gerçek veya tüzel kişilerin, yeterli mal ve haklarını, belirli ve sürekli bir gayeye özgülenmesi ile kurulan ve vakıf senedine göre oluşturulan organları tarafından yönetilen vakıflara denmektedir. Kendi Yönetim Kurulları tarafından yönetilir ve VGM tarafından denetlenirler. Örnek olarak Türk Eğitim Vakfı, Darüşşafaka Vakfı, Lösemili Çocuklar Vakfı gibi pek yeni vakıf sayılabilir. Yeni Vakıf kurabilmek için asgari mal varlığı tutarı Vakıflar Meclisi tarafından 2022 yılı için **90.000,00 TL** olarak belirlenmiştir.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Vakıf taşınmazlarını yatırım modelleri olan kat karşılığı inşaat, yapım veya onarım karşılığı kiralama ve restorasyon karşılığı kiralamalarda imar durumları gereği problemler meydana gelebilmektedir. İmar Planları

hazırlanırken Vakıf mülkiyetindeki taşınmazlar kamu mülkü olarak değerlendirilmekte akar vasıflı vakıf taşınmazlarına zaman zaman park, yeşil alan gibi donatı alanları fonksiyonları verilmektedir.

Vakıflar Genel Müdürlüğü vakfedilen vakıf mallarını koruma en iyi şekilde kullanma ve gelirlerini vakfiyeler doğrultusunda değerlendirmekle yükümlüdür. Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün akar vasıflı olan taşınmazların gelirleriyle ihtiyaç sahibi vatandaşlara muhtaç aylığı, aşevi hizmeti, öğrencilere burs, yurt içi ve yurt dışı kuru gıda yardımları, müzecilik, kütüphanecilik, camii, türbe medrese vb. eski eser yapıların projelendirilerek restorasyonlarının yapılması, vakıf eserlerinin korunması, yaşatılması ve geleceğe taşınması gibi kamu yararına birçok hizmeti ülkemize sunmaktadır. Vakıfların bu hizmetleri yerine getirebilmeleri için akar vasıflı taşınmazlarının imar durumların gelir getirici olarak belirlenilmesi büyük bir önem arz etmektedir. Yukarıda sayılan birçok sebepten ötürü Akar vasıflı vakıf taşınmazların gelir getirici fonksiyonlarının korunması amacıyla kanunlarda bu konuyla ilgili maddelere yer verilmiştir.

5737 sayılı Vakıflar Kanunu'na göre

MADDE 4 - "Vakıflar, özel hukuk tüzel kişiliğine sahiptir."

MADDE 3 - "...Akar: Vakıf amaç ve faaliyetlerinin yerine getirilmesi için gelir getirici şekilde değerlendirilmesi zorunlu olan taşınır ve taşınmazları," olarak tanımlanan akar nitelikli taşınmazdır."

MADDE 22 - Kamu kurum ve kuruluşları, koruma imar planlarını düzenlerken vakıf kültür varlıklarıyla ilgili hususlarda Genel Müdürlüğün görüşünü almak zorundadırlar.

Genel Müdürlüğe ve mazbut vakıflara ait taşınmaz mallarla ilgili olarak belediyeler ile diğer kamu kurum ve kuruluşlarınca yapılan uygulama imar ve parselasyon planlarının, askıya çıkarılmadan önce ilgili idareler tarafından Genel Müdürlüğe bildirilmesi zorunludur.

Mazbut vakıf taşınmazlarında akar niteliğini koruyacak şekilde imar düzenlemesi yapılır.

Genel Müdürlüğe ve mazbut vakıflara ait olup uygulama imar planlarında okul, hastane veya spor alanlarında kalan taşınmazlar; ilgili kurumlar tarafından, imar planının tasdik tarihinden itibaren iki yıl içerisinde kamulaştırılmadığı takdirde ilgili bakanlığın görüşü alınarak Genel Müdürlükçe özel okul, özel hastane veya özel spor tesisi olarak değerlendirilebilir.

5737 sayılı Vakıflar Kanuna göre hazırlanan Vakıflar Yönetmeliğinin beşinci bölümünde yer alan "Vakıf kültür varlıklarının korunması ve imar uygulamalarının bildirilmesi" yönetmeliğinin;

MADDE 180 - (1) Kamu kurum ve kuruluşları, koruma imar planlarını düzenlerken vakıf kültür varlıklarıyla ilgili hususlarda Genel Müdürlüğün olumlu görüşünü almak zorundadırlar.

(2) Koruma imar planı, uygulama imar planı ve parselasyon planı çalışmaları bölge müdürlüklerince düzenli olarak takip edilir.

(3) Mazbut vakıflara ait taşınmazlarda akar niteliğini koruyacak şekilde imar düzenlemesi yapılır. Akar nitelikli vakıf taşınmazlara, imar planlarında yol, meydan, park, otopark, çocuk bahçesi, yeşil saha, cami, karakol, okul, resmi hizmet alanı, belediye hizmet alanı gibi akar niteliği olmayan fonksiyonlar verilemez. Bu taşınmazlarda akar niteliğini koruyacak şekilde imar düzenlemesi yapılmadığının tespit edilmesi halinde, taşınmazın akar niteliğine uygun imar planı tadilatının yapılması ilgili kurumdan istenir. İlgili kurum talep doğrultusunda gerekli düzeltmeleri yapar. İmar tadilatı sonuçlanıncaya kadar işlemler bölge müdürlüğünce takip edilir.

5737 sayılı Vakıflar Kanunu gereğince Mazbut vakıfların vakfiyelerinde belirtilen sosyal, ekonomik ve hayri hizmetleri yerine getirilebilmesi için gelir getirmesi gereken akar vasıflı taşınmazlara ticaret, hizmet, turizm, konut alanı, özel sağlık tesisi, özel eğitim tesisi gibi fonksiyonlar verilerek yukarıda sayılan hizmetlerin devamlılığın sürdürülebilmesi ve artırılması sağlanmalıdır.

Aksi durumlar Vakıflar Kanununun 22.maddesi ve Vakıflar Yönetmeliğinin 180. Maddesine aykırılık oluşturacağı gibi 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 4. Ve 11.maddesine de aykırılık oluşturacaktır.

2863 sayılı Kültür Ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nun 5.maddesinde "Devlete, kamu kurum ve kuruluşlarına ait taşınmazlar ile özel hukuk hükümlerine tabi gerçek ve tüzelkişilerin mülkiyetinde bulunan taşınmazlarda varlığı bilinen veya ileride meydana çıkacak olan korunması gerekli taşınır ve taşınmaz kültür ve tabiat varlıkları Devlet malı niteliğindedir.

Özel nitelikleri dolayısıyla ayrı statüye tabi tutulan mazbut ve mülhak vakıf malları bu hükmün dışındadır."

Bu maddeden anlaşılacağı üzere mazbut ve mülhak vakıflar devlet malı değildir. Yani imar uygulamaları yapılırken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

### 3.1 Örnek Bölgeler Üzerinde Çalışmalar (Studies On Sample Regions)

Bu çalışma kapsamında akar vasıflı mazbut vakıf taşınmazlarına akar vasfı gereği gelir getirici imar fonksiyonlarının aksine açık ve yeşil alan vb. fonksiyona sahip Üsküdar, Beykoz ve Kadıköy ilçeleri özelinde bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaya göre örneklem bölgesi seçilen Üsküdar, Beykoz ve Kadıköy ilçelerinde akar

vasıflı mazbut akıf taşınmazlara yönelik bir veri tabanı oluşturulması hedeflenmiştir. Bu veri toplama işleminde Tablo 1’de görüleceği üzere Üsküdar, Beykoz ve Kadıköy ilçelerinde bulunan mazbut vakıf taşınmazlarında imar durumları açık ve yeşil alanlar fonksiyonlar bulunan parseller üzerinde yapı durumunun olup olmadığı ve kira durumu (kira, işgal, boş) sorgulanmıştır.

Tablo 1. Akar vasıflı mazbut vakıflara ait yeşil alan fonksiyonlu gayrimenkuller (Real estates with green area function belonging to fused foundations with Akar qualifaciton)

İLÇELER	Parsel sayısı	YAPI VAR	YAPI YOK	KİRA	İŞGAL	BOŞ
BEYKOZ	53	25	28	31	17	5
KADIKÖY	15	4	11	12	3	0
ÜSKÜDAR	103	53	50	53	34	16

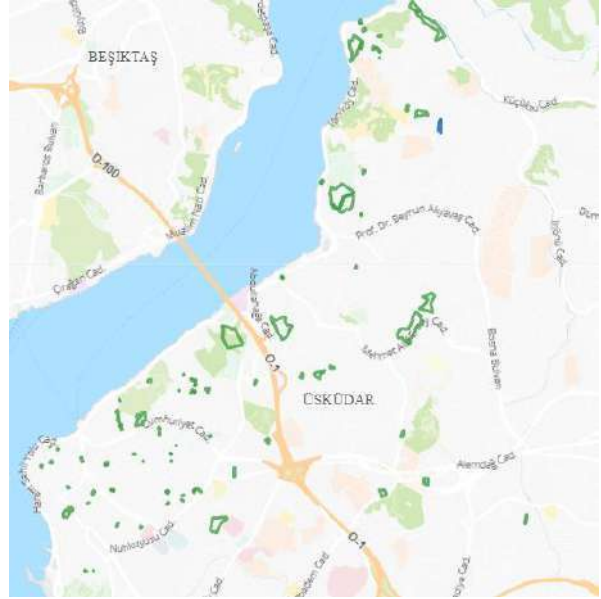
Örnek çalışma bölgelerinden Beykoz ilçesinde Şekil 1’de harita üzerinde de görüleceği üzere 53 parselin imar durumları gereği açık ve yeşil alan fonksiyonun bulunduğu görülmüştür. Bu 53 parselin 28’inde yapı mevcut olmamakla birlikte 5 parsel gelir elde edilmemekte olup 31 parselin kiracısı bulunmakta 17 parselin de işgalcisi bulunmaktadır.

Örnek çalışma bölgelerinden Üsküdar ilçesinde Şekil 2’de harita üzerinde de görüleceği üzere 103 parselin imar durumları gereği açık ve yeşil alan fonksiyonun bulunduğu görülmüştür. Bu 53 parselin 50’sinde yapı mevcut olmamakla birlikte 16 parsel gelir elde edilmemekte olup 53 parselin kiracısı bulunmakta 34 parselin de işgalcisi bulunmaktadır.

Örnek çalışma bölgelerinden Kadıköy ilçesinde 15 parselin imar durumları gereği açık ve yeşil alan fonksiyonun bulunduğu görülmüştür. Bu 15 parselin 11 ‘inde yapı mevcut olmamakla birlikte 12 parselin kiracısı bulunmakta 3 parselin de işgalcisi bulunmaktadır.



Şekil 1.Beykoz



Şekil 2.Üsküdar

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Vakıflar Genel Müdürlüğü hazine yardımı almayan özel bütçeli bir kamu kuruluşu olması sebebiyle sağladıkları hizmetleri yerine getirebilmeleri için vakıflara ait menkul ve gayrimenkullerden sağladıkları gelirleri kullanmaktadır. Vakıflar Genel Müdürlüğü’nün yönettiği vakıflara ait gayri menkullerin kira gelirleri vakfiyelerde yer alan hayır şartlarının ve diğer vakıf hizmetlerinin yürütülmesinde büyük bir paya sahiptir. Vakıf hizmetlerinin sürdürülebilmesi ve daha da artırılabilmesi için taşınmaz malların en optimum şekilde kullanılabilmesi büyük önem arz etmektedir. Beykoz, Kadıköy ve Üsküdar ilçelerinde yapılan çalışmada da görüleceği üzere akar vasıflı olan vakıf taşınmazlarının imar durumu gereği gelir getiremeyecek bir imar fonksiyonunda olması nedeniyle taşınmazın gelir getirilmesinin önü kapatılmış yahut sınırlandırılmış olabilmektedir. Kira ve işgalden kaynaklı ecrimisil ücretleri alınan taşınmazlardan bir miktar gelir elde ediliyor olsa da bunlar taşınmazların halihazır

durumları ve imarları gereği sınırlı kalmakta olup Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün gelir kaybetmesine sebep olmaktadır. Vakıf taşınmazlarının devlete ait taşınmazlar gibi görülmesi ve planlama aşamasında kamuya tesis edilecek alanların vakıf parselleri üzerine isabet ettirilmesi böylelikle vakıf taşınmazlarının imar planlarının yükünü çekmesi Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün gelir kaybetmesinin başlıca sebeplerindendir. Yukarıda sayılan birçok sebepten ötürü Akar vasıflı vakıf taşınmazların gelir getirici fonksiyonlarının korunması amacıyla kanunlarda bu konuyla ilgili maddelere yer verilmiştir. İmar planları hazırlamakla görevli kurumların Vakıf mülkiyetindeki taşınmazların özel statülerinin ve akar vasıflı taşınmazların durumlarını dikkate alarak çalışma yapmaları bu problemin önüne geçecektir.

## **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

URL 1 <https://www.vgm.gov.tr/kurumsal/tarihce/tarihte-vakiflar>

URL 2 <https://www.vgm.gov.tr/vakiflarimiz/vakiflarimiz/cemaat-vakiflari>

5737 Sayılı Vakıflar Kanunu ve Vakıflar Yönetmeliği

3194 sayılı İmar Kanunu

2863 sayılı Kültür Ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu



## **FOTOVOLTAİK ENERJİ TAHMİNİ İÇİN BİNA ÇATI DÜZLEMİ ÇIKARIMI**

Selin CEYLAN<sup>1,\*</sup>, Emin Özgür AVŞAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Selin CEYLAN, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup> Emin Özgür AVŞAR, Harita Mühendisliği Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [19214501010@ogr.comu.edu.tr](mailto:19214501010@ogr.comu.edu.tr)

### **ÖZET**

Dünya nüfusunun artması ile doğal kaynakların tüketimi hızlanmış, bu da çevre kirliliği ve ekolojik zararı beraberinde getirmiştir. Özellikle şehirlerde gözlemlenen enerji tüketiminin büyük kısmı binalardan kaynaklanmakta olup binanın enerji verimliliğinin yükseltilebilmesi amacıyla kullanılacak inşaat malzemesi seçimi, binanın inşa edileceği bölgenin coğrafi özellikleri ve binada yaşayacak olan bireylerin enerji tüketim alışkanlıkları yüksek önem taşımaktadır. Bunlara ilave olarak tüketilecek enerjinin elde edilme yöntemi gün geçtikçe daha da önem kazanmakta ve bu durumun bir sonucu olarak doğa ve insan ilişkisinin sürdürülebilirliği açısından en uygun çözüm yenilenebilir enerji kaynakları olarak görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden olan güneş enerjisi çevre açısından temiz, uzun ömürlü ve ucuz bir kaynak özelliği taşımaktadır. Yüksek enerji tüketimine sebep olan binaların enerji dönüşümünde güneş enerjisi kaynaklarını kullanmak uygun bir çözüm olarak görülmekte ve bu kaynaklar arasında en yaygın biçimde kullanılan yöntemlerden birisi çatılara yerleştirilen güneş fotovoltaik (PV) sistemleri olarak göze çarpmaktadır. PV sistem güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürmekte ve ilave yer kaplamadan binaların yüzeylerine, çatılara, teraslara kurularak üretilen elektrik enerjisini ücretsiz olarak elde etme imkanı vermektedir. Ülkemizde bulunan yenilenebilir enerji potansiyeline karşı, çatı PV gelişim hızı beklenenden azdır. Bu yüzden çatıdaki güneş PV sistemlerinin sağlayacağı potansiyel enerjinin belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmada uygulama alanı olarak belirlenen Edirne ili Keşan ilçesinin insansız hava aracı görüntülerinden bina çatı düzlemleri çıkarılıp, çatı özelliklerinden yararlanılarak makul çatılara PV enerji sistemi kurulumu için en uygun alan tahmini yapılmıştır. Belirlenen PV alanları, gelecekte güneş enerji politikasının oluşturulması ve sürdürülebilir enerji için önemlidir.

**Kelimeler:** Sınıflandırma, güneş enerjisi, ortofoto, bina çıkarımı, fotovoltaik sistem

## **ROOF PLANE IDENTIFICATION FOR PHOTOVOLTAIC ENERGY ESTIMATION**

### **ABSTRACT**

The consumption of natural resources has accelerated with the increase in the population, which causes pollution and ecological damage. Most of the energy consumption observed in cities originates from buildings, and the choice of construction material to be used in order to increase the energy efficiency of the building, the geographical characteristics of the region where the building will be built and the energy consumption habits of the individuals who will live in the building carries crucial importance. In addition to these, energy gathering methods to be consumed is gaining more importance day by day and as a result of this situation, the most suitable solution for the sustainability of nature and humankind is seen as renewable energy sources. Solar energy, which is one of the most important renewable energy sources, is an environmentally clean, long-lasting and inexpensive source. The use of solar energy sources is seen as a suitable solution for the energy conversion of buildings that cause high energy consumption, and one of the most widely used methods among these sources



## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium 1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

is solar photovoltaic (PV) systems placed on the roofs. The PV system converts sunlight directly into electricity and provides the opportunity to obtain free electricity production by being installed on the surfaces of the buildings, roofs and terraces without taking up additional space. In spite of the high potential for renewable energy sources in our country, the roof PV development rate is less than expected. Therefore, it is important to determine the potential energy that solar PV systems on the roof will provide.

In this study, the building roof planes were identified via drone imaging at Keşan, a small city of Edirne province, which was determined as the application area. The most suitable area for the installation of PV energy system on reasonable roofs was made by using the roof features gathered via drone imaging. Identified PV areas are important for future solar policy formation and sustainable energy.

**Keywords:** Classification, solar energy, orthophoto, building identification, photovoltaic systems

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Nüfus artışı ile birlikte enerji ihtiyacı artmış, bu da toplum için önemli bir sorun haline gelmiştir. Dünya Enerji Formuna göre önümüzdeki yüzyıl içerisinde enerji kaynakları tükenecek ve ortaya çıkan zehirli gazlar geri dönülemeyecek zararlar yaratacaktır [1]. 2015 yılında imzaladığı Paris Antlaşmasına göre Türkiye, 2030 yılında sera gazları emisyonunu %21 oranında azaltmayı öngörmüştür [2]. Bu hedef doğrultusunda kullanılacak yenilenebilir enerji kaynakları büyük önem taşımakta, güneş enerjisi temiz, uzun ömürlü ve düşük maliyeti sebebiyle en önemli kaynak olarak görülmektedir. Güneş enerjisinin verimli kullanımı için en yaygın kullanılan yöntemlerden birisi fotovoltaik (PV) panellerdir [3]. Şehirlerdeki alan sınırlılığı yüzünden paneller için en uygun alanlardan biri bina çatıları [4] olarak göze çarpmakta ancak ülkemizin sahip olduğu yüksek potansiyele rağmen çatı PV gelişim hızı beklenenden düşük kalmaktadır. Bu nedenle çatıların güneş fotovoltaiklerinin (PV) kurulumu için uygunluğunun belirlenmesi önemlidir.

Yapılan literatür taraması iki ana başlık altında toplanarak bina çatısı çıkarımı için yapılan çalışmalar ve potansiyel fotovoltaik (PV) güneş enerjisi tahmini çalışmaları olarak ayrılmıştır. Uzaktan algılama görüntüleri kullanılarak otomatik veya yarı otomatik bina çıkarımı için üç grup şeklinde veri kullanıldığı görülmüştür. Bunlar; sadece yüksek çözünürlüklü görüntü verisi, sadece LIDAR (Light Detection And Ranging - ışık tespiti ve uzaklık tayini) nokta bulutu verisi ve hem LIDAR nokta bulutu verisi hem de yüksek çözünürlüklü görüntü verisi kullanılarak yapılan çalışmalardır.

(Acar, H.[5]), yaptığı çalışmada yüksek çözünürlüklü görüntüleri otomatik olarak sınıflandırmak için Ransac algoritmasını geliştirerek özgün bir algoritma üretmiştir. (Güler, M.[6]), yaptığı çalışmada 3 boyutlu (3B) LIDAR nokta bulutu verisinden zemini çıkararak Bölge Büyüme Bölütleme (RegionGrowingSegmentation) algoritması ile bina sınıfını belirlemiş, RANSAC algoritması yardımıyla da bina çatılarının düzlemsel yüzeylerini çıkarmıştır. (Uzar vd.[7]) yaptıkları çalışmada LIDAR ve hava fotoğrafı kullanarak bina çıkarımını için ilk olarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemini kullanmış ardından NDVI ve Hough dönüşümü yardımıyla bina verisini çıkarmıştır. (Melius vd.[8]) yaptıkları çalışmada PV çatı üstü uygunluğunu tahmin etme yöntemlerini NREL'e (National Renewable Energy Laboratory – Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı) göre Sabit değer yöntemi, Manuel Seçim yöntemi ve CBS tabanlı yöntemler olarak üçe ayırmıştır. Sabit değer yöntemi hızlı ve hesaplanması kolay bir yöntem olmakla birlikte sonuca ulaşırken çatı özelliklerini dikkate almamaktadır. Manuel seçim yöntemi belirli bir bölgeye ve ayrıntılara özgüdür ancak manuel olarak işlem yapıldığından vakit alır. CBS tabanlı yöntemler ise ayrıntılara özgüdür ve birden fazla bölgede otomatik olarak tekrarlanabilir.

Yapılan bu çalışmada yüksek çözünürlüklü ortofotolar kullanılarak PV için uygun alanların belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, NREL yöntemine göre belirlenen hususlar kabul edilmiştir. Buna göre eğimleri 60 dereceden fazla olan çatılarda fotovoltaik modüllerin kurulumuna izin verilmediği ve minimum

boyutta bir PV sistem için (modül boyutu 2 m<sup>2</sup> sayılmıştır) en az 10 m<sup>2</sup> alan mevcut olmalıdır. 15 dereceden küçük eğime sahip çatılar düz çatı olarak kabul edilerek bu çalışmaya dahil edilmemiştir.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

### 2.1 Çalışma Alanı (Study Area)

Çalışma alanında genel olarak yüksek katlı konut amaçlı binalar ve alçak katlı diğer amaçlı binalar mevcuttur, çatı tipi olarak kırma çatı ve üçgen çatı daha baskındır. Çalışma alanındaki ortalama bina yüksekliği 15 m, maksimum bina yüksekliği 16 m, minimum bina yüksekliği 6 m'dir. Çalışma alanının büyüklüğü 80165 m<sup>2</sup>'dir. Hava fotoğrafları Phantom 3 Professional marka drone (insansız hava aracı) kullanılarak 70 m uçuş yüksekliğinde double grid yapılarak elde edilmiştir. Görüntü alınırken yer örneklem aralığı (GSD) 3.07 cm olarak gerçekleştirilmiştir. Bindirme oranı % 60 kullanılarak 228 resim görüntü elde edilmiştir. Uçuş sonrası oluşturulan Ortofoto Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma bölgesi ve Ortofoto (Study Area and Orthophoto)

### 2.2 Veri İşleme (Data Processing)

Çalışma alanı için temin edilen insansız hava aracı (İHA) görüntüleri Agisoft Metashape programında işlenmiş ve ortofoto üretilmiştir. Ortofoto farklı optik sensörler yardımıyla elde edilmiş görüntülerin kamera eğiklik, dönüklük ve arazi yükseklik farklarından kaynaklanan hatalarının giderilmesi fotogrametrik işlemleri sonucunda elde edilen düzeltilmiş görüntülerdir. Ortofoto üretimi için görüntüler yöneltir, sayısal arazi modeli ile yeniden değerlendirilir ve mozaiklenerek sonuca varılır [9]. Ortofoto üretiminden sonra çalışma alanlarına ait üretilen nokta bulutlarından sayısal yüzey modeli (SYM) ve sayısal arazi modeli (SAM) üretilmiştir. Konum ve yükseklik verileriyle elde edilen SYM yalnızca arazi yüzeyiyle birlikte insan yapımı objeler, bitki örtüsü vb. tüm nesnelerin dahil olduğu matematiksel bir yüzeydir. SAM ise, yalnızca dünya yüzeyini temsil etmektedir [10]. Oluşturulan SYM ve SAM farkı alınarak normalize edilmiş sayısal yüzey modeli (nSYM) elde edilmiştir. nSYM verisi çıplak arazi yüzeyini içermediğinden sadece yer üstünde bulunan bina, bitki örtüsü vb. nesnelerin yüksekliğini içermektedir. nSYM verisinin en büyük avantajlarından biri SYM görüntüsüne göre yer ve yer üstü objelerin arasındaki zıtlığın artmış olmasıdır [11]. Çalışma alanı için üretilen nSYM, SYM, SAM sırasıyla Şekil 2, 3 ve 4'te verilmektedir.



Şekil 2. nSYM



Şekil 3. SYM



Şekil 4. SAM

### 2.2.1 Sınıflandırma (Classification)

Çatı ana hatları çıkarımı için Ecognition Developer programı yardımıyla nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Nesne tabanlı sınıflandırmanın ilk adımı olan segmentasyon aşaması için çoklu çözünürlüklü segmentasyon kullanılmıştır. Segmentasyon aşamasında farklı parametreler denenmiş ve en uygun değerler ölçek için 200, şekil 0.5, bütünlük 0.5 olarak belirlenmiştir. Nesne tabanlı sınıflandırma sonucu binalarla ilgili düzeltmelerde ilk olarak bina ile karışan bitki segmentleri temizlenmiştir.

Bina çatısı ile bitki örtüsü ayrımı sağlandıktan sonra çatı segmentlerine karışan yol, toprak alan, bina gibi segmentlerin ayrımı için kural setleri oluşturulmuştur. Katman değerleri için nSYM, parlaklık, standart sapma, maksimum fark kuralları ile eşikleme yapılmıştır. Geometrik olarak ise şekil indeksi ve alan değerlerine bakılarak eşik parametresi uygulanmıştır. Elde edilen sınıflandırma sonucu oluşan raster ve vektör veri olarak Şekil 5 ve 6'da yer verilmiştir.



Şekil 5. Sınıflandırma sonucu raster veri  
(Classification Result Raster Data)



Şekil 6. Sınıflandırma sonucu vektör veri  
(Classification Result Vectör Data)

#### 2.1.1. Fotovoltaik (PV) alanı bulma

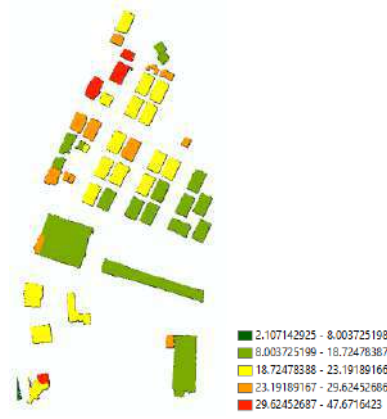
Çalışma alanının Fotovoltaik (PV) sistem uygunluğu için veriler ArcMap programında işlenmiştir. Sınıflandırma sonucu elde edilen vektör veri kullanılarak oluşturulan normalize edilmiş Sayısal Yükseklik Modeli (nSYM) sadece binalar kalacak şekilde kesilmiş böylece sadece binaların yükseklik verisi elde edilmiştir. Yöntem için ilk olarak her çatı piksellerinin eğimi hesaplanmıştır. Daha sonra tüm çatının ortalama eğimi hesaplanarak eğim olarak 15°'den az ve 60°'den fazla çatılar çıkarılmıştır. 15°'den az eğime sahip çatılar, düz çatı olarak kabul



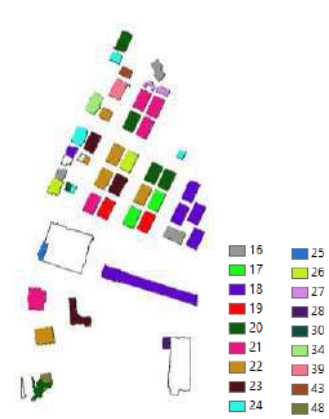
edilmekte ve bakı tahminleri için yeteri kadar dik değillerdir. Oluşturulan bina eğimleri, uygun eğime sahip çatılardan oluşan raster veri sırasıyla Şekil 7, 8 ve 9'da verilmektedir.



Şekil 7. Çatı eğimleri  
çatılar (Roof Slope)

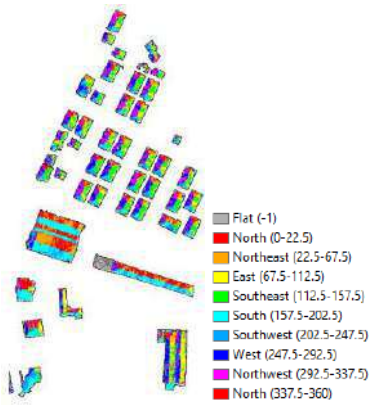


Şekil 8. Çatı Eğimlerinin Ortalaması  
(Roof Slope Mean)



Şekil 9. 15° ile 60° arası  
(roofs between 15° and 60°)

Devamında bina yükseklik verisinden her çatıya ait piksellerin bakı (aspect) değeri hesaplanmıştır. Belirlenen bakı değerlerinin modu alınarak her çatı değerinin en yüksek değeri yeni değer olarak atanmıştır. Aspect değerleri ve aspect modu Şekil 10 ve Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 10. Aspect



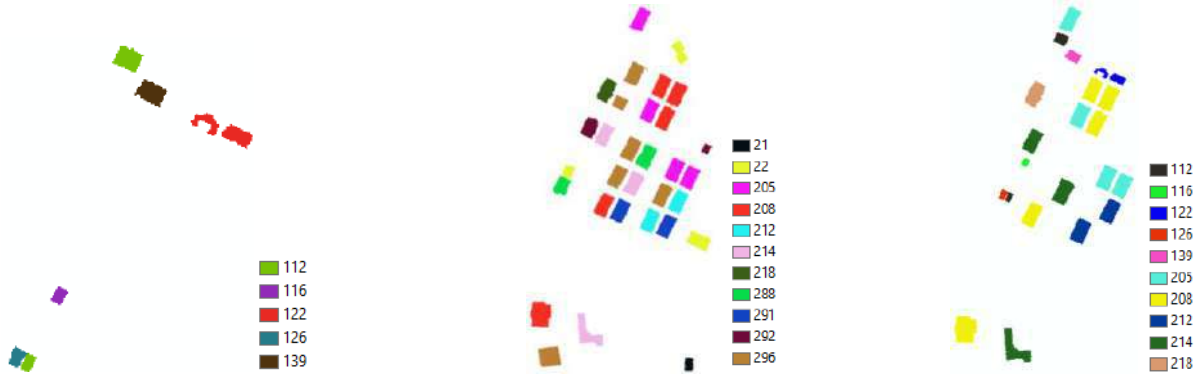
Şekil 11. Aspect Modu (Aspect\_Mode)

Oluşturulan ortofoto görüntüsü üzerinden çatı tipleri incelenmiş beşik çatı ve kare kırma çatılar tespit edilmiştir. Belirlenen çatı tipleri vektör veri üzerinden işaretlenerek, raster çatı tiplerine göre kırılmıştır. Böylece farklı çatı tiplerini farklı yön aralıklarında inceleme fırsatımız elde edilmiştir. Güneş ışığından maksimum derecede faydalanmak için eğer güneşi izleyen sistemler kurulamıyorsa, kurulacak sistemin yönü güneye bakacak şekilde seçilmelidir [12].

İlk olarak beşik çatılar kırılmıştır. Kuzeyin 0 olduğu varsayıldığında, beşik çatıların modu 90° ile 270° derece arasındaysa güney yönlerini verdiği için değerler aynı kabul edilir. Modu 0° ile 90° arasında olan çatılar için 180° eklenir, modu 270° ile 360° arasındaki değerlere sahip çatılar için 180° çıkarılır. Böylece güney yönünde pikseller elde edilmiş olur [13]. Çalışma alanında beşik çatılar için 0° ile 90° arasında olan değerler bulunmamaktadır. Bulunan aralık değerleri toplanarak beşik çatılar için bir fotovoltaik (PV) mod değeri belirlenmiş ve Şekil 12'de gösterilmiştir.

Çalışma bölgesinde bulunan kare kırma çatılar da vektör veri yardımıyla kırılmıştır. Kare kırma çatılarda batıya bakan piksellerin miktarı doğuya bakan piksellerden fazla olduğu durumlarda batıya bakanlar seçilmiştir. İki yöne de kurulum maliyet olarak zordur ve batı kısmı doğuya göre daha çok güneş alır. Bu yüzden modu 90° ile

180° arasında olan kare kırma çatılara 90° eklenmiştir. Bu şekilde doğudan batıya geçiş yapılmıştır. Kare çatılara 90° eklenmiş hali Şekil 13'te verilmiştir. Dörtgen ve beşik çatılar birleştirilerek çalışma alanı için yeni mod oluşturularak sadece güney ana pusula yönleri seçilmiştir (Şekil 14).



**Şekil 12.** Beşik çatıların PV modu (PV mode for double pitched roofs) **Şekil 13.** Batıya bakan kare kırma çatılar (square hipped roofs facing west) **Şekil 14.** PV mod değeri (PV mode value)

Daha sonra toplam mod değerlerinin standart sapması hesaplanmıştır. Standart sapma verisinin yarısına göre 1 ve 0 olarak piksellere değer ataması yapılmıştır. 1 değerine sahip pikseller Şekil 15'te verilmiştir. Region Group aracı kullanılarak köşelerle bağlantılı çatı yamaları silinmiştir. Bölgeyi tanımlayan hücreler arasındaki bağlantıyı değerlendirirken her giriş hücresinin en yakın dört komşusu için değerlendirilmiştir. Böylece en az bir tarafı paylaşan aynı değere sahip hücreler tek bir bölgeye katılacaktır.

Bölgesel gruplamadan sonra en az 10 m<sup>2</sup> alanı sağlamayan PV alanlarını bulmak için varolan değerler yeniden sınıflandırılmıştır. Bunun için Reclassify komutu kullanılmış ve 10 m<sup>2</sup> alanı sağlamayan PV alanları veri setinden çıkarılmıştır. Uygun alanlar ve ID numaraları Şekil 16'da, ortofoto üzerinde gösterimi Şekil 17'de verilmiştir.



**Şekil 15.** 1 değerindeki pikseller (pixels with a value of 1) **Şekil 16.** PV uygun alanlar (PV suitable areas) **Şekil 17.** Ortofoto üzerinde gösterimi (Representation on orthophoto)

## SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Kullanılan yöntem doğrultusunda çatılarda PV uygun alanları hakkında bilgi sağlanmıştır. Bunun için genel adımlarla eğim haritası üretilerek optimum çatılar belirlenip azimut modu bulunmuştur. Mod sonucu çatılar güney ana pusula yönlerinde olacak şekilde seçilmiş, modun standart sapması alınarak uygun piksellere 1 değeri atanmıştır. Veriler yeniden sınıflandırılarak çatının en uygun PV alanları belirlenmiştir. Yöntem kullanılarak seçilen çalışma alanındaki 45 binadan 20 tanesi PV kurulumu için uygundur. Bölgedeki PV üretimi ile yıllık olarak 31.173 ton CO<sub>2</sub> salınımının önüne geçilebilir (CO<sub>2</sub> salınım katsayısı 0,492 ton kabul edilmiştir).

Bu çalışmada ağaç, gölgeleme vs. etkisiyle oluşan PV kayıpları göz ardı edilerek çalışma bölgesinin SolarGIS haritası yardımıyla enerji üretim değeri hesaplanmıştır[14]. Modül boyutu 2 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir ve NREL(Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı) yöntemine göre belirlenen en az 10m<sup>2</sup> alan şartı kabul edilmiştir. Enerji tüketim miktarı için 1 Mart 2022 tarihi itibarıyla elektrik tüketim değerindeki yeniden ücretlendirmeye tabii tutulan tarifede belirlenen sınır değer olan günlük 8 kWh, aylık 240 kWh kabul edilmiştir.

Belirlenen PV uygun alanların ortalama enerji üretimi Tablo 1’de verilmektedir. Tabloda binaların alan bilgisi, uygun alan için modül sayısı, her bir çatının kw bilgisi, enerji üretim ve tüketim bilgisi, enerjinin yıllık satış miktarı (1.21 TL birim satış fiyatı kabul edilerek) ve elde edilen kâr oranı ile kurulum maliyetini çıkarma süresi verilmiştir. Yöntem sonucu fotovoltaik sistemler için uygun alanlar belirlenerek elde edilen veriler doğrultusunda güneş paneli kurulumunun uzun vadede sağlayacağı potansiyel fayda ve yenilenemeyen enerji sonucu oluşan çevre kirliliğinin hangi miktarda azaltılabileceği hesaplanmıştır.

**Tablo 1.** PV için uygun alanların ortalama enerji üretimi (Average energy production of areas suitable for PV)

ID	Alan (m <sup>2</sup> )	Modül sayısı (adet)	Sistem (kw)	Enerji Üretimi YILLIK (kwh)	Enerji Tüketimi YILLIK (kwh)	Üretim - Tüketim (kwh)	Artan Enerji Satış YILLIK (TL)	Kurulum Maliyetini Çıkartma Süresi (YIL)
1	39.33	19	8	11,187	2880	8307	€10,051.47	8.5
2	46.31	23	10	13,984	2880	11104	€13,435.84	7.7
3	37.19	18	8	11,187	2880	8307	€10,051.47	8.1
4	27.6	13	5	6,992	2880	4112	€4,975.52	11.8
5-1	39.92	19	8	11,187	2880	8307	€10,051.47	8.5
5-2	75.99	37	16	22,375	2880	19495	€23,588.95	7.1
6	26.58	13	5	6,992	2880	4112	€4,975.52	11.8
7	35.36	18	8	11,187	2880	8307	€10,051.47	8.1
8	29.42	14	6	8,390	2880	5510	€6,667.10	9.4
9	25.1	12	5	6,992	2880	4112	€4,975.52	10.9
10	29.65	14	6	8,390	2880	5510	€6,667.10	9.4
11	23.98	11	5	6,992	2880	4112	€4,975.52	9.9
12	29.95	14	6	8,390	2880	5510	€6,667.10	9.4
13	33.44	16	7	9,789	2880	6909	€8,359.89	8.6
14	29.04	14	6	8,390	2880	5510	€6,667.10	9.4
15	35.27	17	7	9,789	2880	6909	€8,359.89	9.2
16	30.31	15	6	8,390	2880	5510	€6,667.10	10.1
17	27.79	13	5	6,992	2880	4112	€4,975.52	11.8
18	39.34	19	8	11,187	2880	8307	€10,051.47	8.5
19	152.63	76	34	47,546	2880	44666	€54,045.86	6.3
20-1	18.75	9	4	5,594	2880	2714	€3,283.94	12.3
20-2	36.43	18	8	11,187	2880	8307	€10,051.47	8.1

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Cengiz, Ç. ve Mamiş, M. S. Thermal Solar Energy Use and Efficiency Analysis of CSP Systems. Bitlis Eren
- [2] Türkiye Çevre ve Şehircilik İklim Değişikliği Bakanlığı mevcut adres: <https://iklim.csb.gov.tr/paris-anlasmasi-i-98587> (31.05.2022 erişildi)
- [3] Green Solar Network mevcut adres: <https://www.greensolarnetwork.org/> (31.05.2022 erişildi)
- [4] Karthick, A.; Kalidasa Murugavel, K.; Kalaivani, L.; Saravana Babu, U. Performance study of building integrated photovoltaic modules. *Adv. Build. Energy Res.*, 12, 178–194, **2018**
- [5] Acar, H., Bina Çatı Noktalarının Yüksek Çözünürlüklü Görüntülerden Üretilen 3B Nokta Bulutu Verileri ile Otomatik Tespit Edilmesi ve Gerçek Ortofoto Üretimi, Doktora Tezi, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2018
- [6] Güler, M., Lidar Verisinden Bina Çatı Düzlemlerinin Otomatik Çıkarımı ve Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, **2018**
- [7] Uzar, M., Yastıklı, N., Lidar ve Hava Fotoğraflarının Füzyonu ile Otomatik Bina Çıkarımı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, **2011**
- [8] Melius, J., Margolis, R., and Ong, S. Estimating Rooftop Suitability for PV: A Review of Methods, Patents, and Validation Techniques. United States: N. p., **2013**.
- [9] Barazzetti, L. et al., "True-orthophoto generation from UAV images: Implementation of a combined photogrammetric and computer vision approach." *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 2, 5, 57, **2014**
- [10] Briese, C., Extraction of Digital Terrain Model, Airborne and Terrestrial Laser Scanning, H.-G.M. George Vosselman, Editor. **2010**.
- [11] Chen, L., Zhao, S., Han, W., Li, Y., Building detection in an urban area using lidar data and QuickBird imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 33(16), 5135- 5148, **2012**.
- [12] Home Power Magazine, (february-march), Sayfa 37, **1997**
- [13] Palmer, D., Koumpli, E., Cole, I., Gottschalg, R. ve Betts, T. A GIS-based method for identification of wide area rooftop suitability for minimum size PV systems using LiDAR data and photogrammetry. *Energies*, 11(12), **2018**
- [14] <https://globalsolaratlas.info/>



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**İSTANBUL SULTANBEYLİ İLÇESİNDE GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE  
MÜLKİYET PROBLEMİ VE ÇÖZÜMÜNE İLİŞKİN YAPILAN  
ÇALIŞMALAR**

Hüdai TEMEL<sup>1,\*</sup>, Ali Levent YAĞCI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hüdai TEMEL, Harita Mühendisliği Bölümü, Gebze Teknik Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Dr. Öğr. Üyesi Ali Levent YAĞCI, Harita Mühendisliği Bölümü, Gebze Teknik Üniversitesi, Türkiye

\*Sorumlu yazar; E-Mail: [hudaitemel@gmail.com](mailto:hudaitemel@gmail.com)

**ÖZET**

Sultanbeyli İlçesi, 1980’li yıllardan sonra yoğun bir şekilde göç alarak oluşmuş bir yerleşim yeridir. İlçeye yapılan bu yoğun göç dalgaları ile düzensiz ve kaçak yapılaşmalar ortaya çıkmıştır. Bu alanlardaki parsellerin büyük bir kısmının çok hisseli parsellerden oluştuğu ve bu parsellerin defalarca satış vaadi sözleşmeleriyle el değiştirdiği, tapu sahibi ile arazideki fiili kullanıcıların farklı kişiler olduğu, parseller üzerindeki kullanıcıların işgalci konumuna geldiği bu nedenle de mülkiyet sorununun yıllardır çözülemediği bir bölge haline gelmiştir. Sultanbeyli İlçesinin meskûn alanının büyük bir bölümünü oluşturan çok hisseli parsellerin mülkiyet sorunu incelendiğinde deyim yerindeyse çift başlı bir mülkiyet yapısının ortaya çıktığı görülmektedir. İlçedeki bu sorunun çözümüne yönelik olarak hem yerel yönetim hem de merkezi yönetim olarak birtakım çalışmalar yapılmış olmasına rağmen mülkiyet meselesi çözüme kavuşamamıştır. Ancak atılan bu adımlar ilerleyen zamanlarda yapılacak olan ve çözüme giden çalışmaların temelini oluşturmuştur.

Gelinen noktada, Sultanbeyli İlçesinin meskûn alanının yaklaşık yüzde ellisini oluşturan, İlçe merkezinin de aralarında bulunduğu ve üzerinde yaklaşık 200 bin kişinin yaşadığı çok hisseli parsellerin mülkiyet sorunu çözüme kavuşmuştur. Bu alanlardaki mülkiyet sorununun çözümüne yönelik olarak 11.05.2018 tarihinde TBMM’ince kabul edilerek Resmî Gazete’nin 18.05.2018 tarih ve 30425 sayılı nüshasında yayımlanan 7143 Sayılı ‘Vergi ve Diğer Bazı Alacakların Yeniden Yapılandırılması ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun’da yer alan ‘Geçici Madde-1’ ile önemli bir aşamaya geçilmiştir.

Bu çalışmada, Sultanbeyli İlçesinde yer alan 15 mahallede yaklaşık 9 milyon m<sup>2</sup>’ lik alanı kapsayan çok hisseli parsellerde yaşanan mülkiyet sorunu ve bu sorunun çözümüne yönelik atılan adımların neler olduğu ile birlikte mülkiyet meselesine ne ölçüde katkı sağladı ayrıca ilçedeki çok hisseli parsellerin mülkiyet meselesini çözüme kavuşturan 7143 Sayılı ‘Vergi ve Diğer Bazı Alacakların Yeniden Yapılandırılması ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun’da yer alan ‘Geçici Madde-1’in uygulanması, Belediye, Kadastro Müdürlüğü ve Tapu Müdürlüklerince gerçekleştirilen işlem adımlarının neler olduğu ve vatandaşa yansımaları incelenecektir.

**Kelimeler:** 7143 sayılı kanun, kadastro, sultanbeyli, mülkiyet sorunu, çok hisseli parsel.



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**WORKS RELATED TO THE PROPERTY PROBLEM AND ITS  
SOLUTIONS FROM PAST TO PRESENT IN THE DISTRICT OF  
SULTANBEYLI, ISTANBUL**

**ABSTRACT**

Sultanbeyli District has been under intense pressure by internal migration from many regions of Türkiye since 1980. Due to these intense waves of migration, illegal constructions irregularly emerged throughout the district. In the meantime, the cadastral parcels in the district shared by multiple owners have been sold many times to the third parties with promises of sale contracts by the occupiers. The problem is that the occupiers sold the parcels that didn't own to the third parties without notifying the actual owners. Therefore, the property problem has not been resolved in the district for years. In the end, a double-headed ownership structure has emerged in the residential areas of the Sultanbeyli District due to the ownership problem of the multi-share parcels. Despite the fact that many attempts have been made to resolve the ownership issues in the district by both the local administration and the central administration, the problem remained unresolved. However, these early steps helped form the basis of future solution.

In order to solve the property problem in the district, a law titled 'Law on Restructuring of Taxes and Some Other Receivables and Amending Some Laws' No. 7143 has passed. It was accepted by the Grand National Assembly of Turkey on 11.05.2018 and published in the Official Gazette on 18.05.2018 with a number of 30425. After the law took effect, the ownership problem of the multi-share parcels, which constitute approximately fifty percent of the residential area of the Sultanbeyli District and effect approximately 200,000 residents has been resolved thanks to 'Temporary Article-1' in the law.

In this study, the property problem in multi-share parcels covering an area of approximately 9 million m<sup>2</sup> in 15 neighborhoods in Sultanbeyli District and the steps taken to solve this problem will be discussed. The discussion includes how the implementation of the 'Temporary Article-1' in the Law No. 'On Restructuring of Taxes and Some Other Receivables and Amending Some Laws', the steps taken by the Municipality, Directorate of Cadastre and Land Registry and their reflections on the citizens will be examined.

**Keywords:** Law no.7143, cadastre, sultanbeyli, property issue, multi-share parcel.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Mülkiyet hakkı; ona sahip olana, hakkın konusu olan eşya üzerinde, kanunun çizdiği sınırlar içinde dilediği gibi tasarruf etmek yetkisini veren en geniş aynı haktır. Ancak kişinin mülkiyetinde bulunan taşınmazın bazı problemler barındırması dilediği gibi tasarruf etme yetkisini de kısıtlamaktadır. Mülkiyeti sorunlu olan alanların geniş bölgeyi kapsamaması kamu kuruluşlarının hizmet ulaştırmasını da (yol, park, okul, hastane vb.) zorlaştırmaktadır.

Büyükşehirlerdeki iş olanakları ve bunun gibi imkanların diğer şehirlere oranla daha fazla olması sebebiyle iç göçler yaşanmaktadır. Bu kapsamda yaşanan göçler ve hızlı nüfus artışı nedeniyle de kontrolsüz şehirleşme ile düzensiz, plansız bir yerleşim merkezleri oluşmaktadır. Kontrolsüz ve plansız bir şekilde yapılaşmaların yaşandığı bölgelerde birçok sorunlar ortaya çıkmaktadır. Aşırı göçün getirdiği hızlı nüfus artışı ve sonucunda oluşan plansız yapılaşma, beraberinde taşıdığı mülkiyet problemi ile birleşince karmaşık bir yapıyı ortaya çıkarmıştır. Uzun yıllardır mülkiyet problemi yaşayan bu bölgelerden biri de İstanbul İli, Sultanbeyli İlçesidir.

Ülkede başka bir örneğinin daha olmadığı ve asırlık bir sorun haline gelen Sultanbeyli ilçesindeki mülkiyet problemi tapu sahipleri ile arazideki fiili kullanıcıların büyük oranda farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Meselenin bu şekilde ortaya çıkması ve içinden çıkılmaz hale gelmesinin temel sebebi kadastral parsellerde devam eden dava süreçleri olmuştur. Çok hisseli parsellerde devam eden mevcut davalar nedeniyle hukuki olarak tapu müdürlüklerinde yapılamayan satışların/devirlerin, kişilerin kendi aralarında düzenlemiş oldukları satış senetleri vasıtası ile yapılmıştır. Bununla birlikte ilerleyen yıllarda davanın sonuçlanması ile tapu hissedarlarının satış senetleri yoluyla satmış oldukları hisseye tekabül eden tapuyu vermek yerine ya başka kişilere satması ya da tapuyu elinde bulundurması arazideki fiili kullanımı olan hak sahipleri ile tapu hissedarı olan kişilerin büyük oranda farklılaşmasına yol açmıştır.

Çok hisseli parsellerde yaşanan mülkiyet sorununun çözümü noktasında hem yerel hem de merkezi yönetim olarak çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Yapılan bu çalışmalar sorunu çözüme kavuşturmamış olsa da ilerleyen yıllarda yapılacak olan çalışmaları büyük oranda kolaylaştırmış ve iyi bir altlık veri oluşmasını sağlamıştır.

Yerel yönetim olarak belediyenin yapmış olduğu çalışmaların başında; hisseli parsellerdeki tapunun kamulaştırılması, fiili kullanıcıların tespitlerinin belediye tarafından kayıt altına alınmasının sağlanması için arazi ve bina tespit çalışmalarının yapılması, tapu kayıtları ile fiili kullanıcıların eşleştirilmeleri yapılarak tapusu olan fiili kullanıcılar ile fiili kullanımı olmayan tapu hissedarlarının tespitlerinin yapılması ve bu bölgelerde yürütülen imar planı çalışmaları gelmektedir.

Bununla birlikte merkezi yönetimin de sorunun çözümü noktasında atmış olduğu adımlar ise; 2011 yılında alınan bakanlar kurulu kararı, uhdesinde yüklü miktarda hisse tapu bulunduran özel/tüzel kişiler için yapılan trampa çalışmaları, 2015 yılında yürürlüğe giren 3065 Sayılı Kanununa Ek Geçici 35. Madde ve son olarak ilçede yer alan çok hisseli parsellerdeki mülkiyet sorununu çözüme kavuşturan ve 2018 yılında yürürlüğe giren 7143 Sayılı Kanunun Geçici 1. Maddesidir.

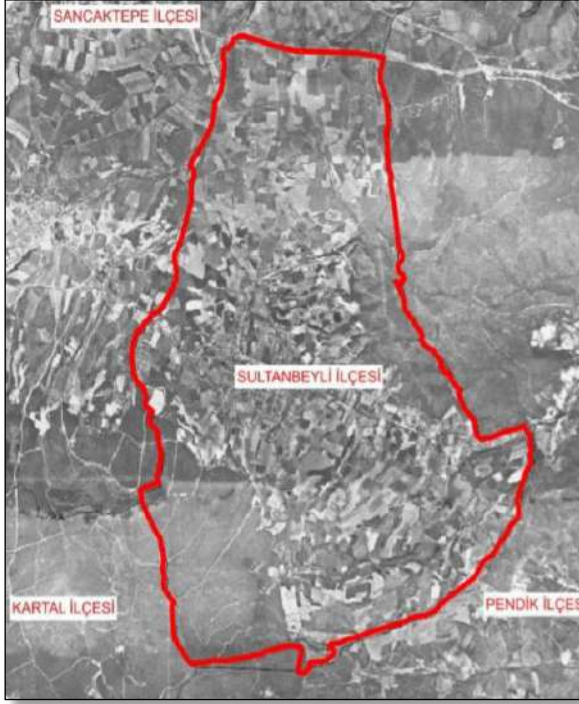
Sultanbeyli İlçesinin 15 mahallesinde yaklaşık 9 milyon m<sup>2</sup>'lik alanı kapsayan çok hisseli parsellerdeki mülkiyet sorunu, 2018 yılında yürürlüğe giren 7143 Sayılı Kanunun Geçici 1. Maddesi ile önemli bir aşamaya geçilmiş ve çözüme kavuşmuştur.

Söz konusu kanun maddesinin önemi kısaca şu şekilde açıklanabilir. Sultanbeyli'nin mülkiyet meselesi 100 yılı aşan bir sorun olması sebebiyle bu meselenin çözümü için öncelikle 2011 yılında Bakanlar Kurulu Kararı alınarak takas ve trampa işlemlerine başlanılmıştır. Takas ve trampa işlemlerinin tamamlanabilmesi için TBMM'den 2015 yılında Sultanbeyli'ye özel bir kanun daha kabul edilmiştir. Ancak takas ve trampa yoluyla Sultanbeyli Belediyesine geçen hisseli tapuların arazideki fiili kullanıcılara doğrudan satılabilmesi mevcut kanunlarla mümkün olmadığından yeni bir kanuna daha ihtiyaç duyulmuştur. Bu son çıkan 7143 Sayılı Kanunun Geçici Madde-1 ile Sultanbeyli'nin mülkiyet meselesi kesin olarak çözülerek yer sahiplerinin tapularına kavuşması sağlanmıştır.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

Bu çalışma kapsamında, Sultanbeyli ilçesinde geçmişten günümüze kadar yaşanan mülkiyet problemi ve çözümüne yönelik atılan adımlar, yapılan çalışmalar ele alınmıştır. Bu bakımdan geçmişi uzun yıllara dayanan ve gün geçtikçe içinden çıkılmaz hale gelen çok hisseli parsellerin mülkiyet sorununun ortaya çıkış nedenleri, tarihsel gelişimi ile birlikte bu sorunun çözümü öncesinde ve sonrasında yapılan çalışmalar ele alınmıştır.

İlçenin tarihsel değişim süreci ile birlikte 1960 yılından 2021 yılına kadar geçen sürede yıllara göre nüfus bilgileri değerlendirilmiştir. Bunun yanısıra ilçenin yıllara göre geçirdiği değişimi hava fotoğrafı ve ortofoto görüntülerinin karşılaştırılması ile net bir şekilde görülecektir.



Şekil 1: 1980 yılı hava fotoğrafı



Şekil 2: 2020 yılı ortofoto görüntüsü

İdari sınırları 29.1 km<sup>2</sup> olan Sultanbeyli'nin mülkiyet yapısı incelendiğinde çok hisseli parsellerin yanısıra orman alanları, 6831 Sayılı Orman Kanununun 2b Maddesi kapsamında orman sınırları dışına çıkarılan alanlar ile taşınmaz sahiplerinin talebi doğrultusunda ya da belediyenin re'sen yapmış olduğu imar uygulamaları ile oluşan müstakil parseller bulunmaktadır. Bu mülkiyet dokusu içerisinde, orman alanı yaklaşık 622 hektar, 6831 Sayılı Orman Kanununun 2b maddesi kapsamında orman sınırları dışına çıkarılıp 3402 sayılı kadastronun Ek-4 maddesine göre fiili kullanım kadastrosu çalışması yapılan yaklaşık 700 hektar, imar uygulaması görmüş parsellerin alanı yaklaşık 500 hektar, mülkiyet sorunu bulunan çok hisseli parsellerin alanı ise yaklaşık 900 hektardır.





Şekil 3: Sultanbeyli İlçesindeki çok hisseli parsellerin konumu

Sonuç olarak hisseli parsellerdeki mülkiyet problemi ilçeye özel çıkan kanun maddesi ile çözüme kavuşmuştur. Kanun kapsamında işleyecek olan süreç detaylı bir şekilde incelenecek ve analiz edilecektir. 7143 sayılı kanununun Geçici 1. Maddesinin yürürlüğe girmesinin akabinde çalışmalara hızlı bir şekilde başlanıldığı görülmektedir. Sürecin işleyişini özetle anlatmak gerekirse; Kanun kapsamında, fiili kullanım kadastro yapılacak parsellerin mülkiyeti geçici olarak Sultanbeyli Belediyesi adına tescil edilmiştir. Kadastro Müdürlüğü tarafından, hisseli parsellerde etaplar halinde saha çalışması yapılarak fiili kullanıcıların tespiti yapılmıştır. Fiili kullanıcıları tespit edilen alanlar bir ay süre ile askıda kaldı. Askı işlemlerinin tamamlanmasının ardından Tapu Müdürlüğünde tescil işlemleri gerçekleşti. Fiili kullanıcı tespiti tamamlanan alanlara ilişkin bedeller belirlendi. Hak sahiplerine tebligatlar yapıldı. Hak sahipliği belirlenen alanlarda tebligatı ulaşanların belediyeye başvurusu yapması sonrası doğrudan tapu devir-satış işlemleri gerçekleştirilmiştir.

### 3. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Çalışma kapsamında Sultanbeyli İlçesinin mülkiyet dokusu ve içerisinde barındırmış olduğu mülkiyet sorunu kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Mülkiyet sorununun temelini oluşturan çok hisseli parsellerin ilçe genelinde kapsadığı alan, tarihsel olarak geçmişten günümüze kadar geçen sürede hangi evrelerden geçtiği ve şekillendiği anlatılmıştır. İlçe nüfusunun yaklaşık yüzde ellisini etkileyen mülkiyet sorunun bu kadar karmaşık ve içinden çıkılmaz hale gelmesinin nedenleri örnekler üzerinden anlatılmıştır.

Çok hisseli parsellerdeki mülkiyet sorununun çözümüne yönelik belediye ve bakanlık nezdinde atılan adımlar, yapılan çalışmalar ve bunların yansımaları ele alınmıştır.

Mevcut yasal mevzuatlar çerçevesinde mülkiyet sorununun çözüme kavuşmasının mümkün olmadığı hususu Sultanbeyli Belediyesinin yapmış olduğu çalışmalar, bilgi notları, inceleme ve analiz raporları ile ortaya konulmuştur.

Gelinen noktada atılan adımların neticesinde mülkiyet sorununun çözümüne yönelik olarak 11.05.2018 tarihinde TBMM’ince kabul edilerek Resmî Gazete’nin 18.05.2018 tarih ve 30425 sayılı nüshasında yayımlanan 7143 Sayılı ‘Vergi ve Diğer Bazı Alacakların Yeniden Yapılandırılması ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun’da yer alan ‘Geçici Madde-1’ ile önemli bir aşamaya geçilmiştir.

Kanun maddesinin uygulanması aşamasında Sultanbeyli Belediyesinin, Tapu ve Kadastro Müdürlüklerinin rolleri ve üstlendikleri görevler ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Uygulama sırasında yaşanan sıkıntılar ve getirilen çözüm yöntemleri de ayrıca ifade edilmiştir.

Bununla birlikte ilçede 15 mahalleyi de içini alan ve yaklaşık 9 milyon metrekarelik alanı kapsayan hisseli parsellerde kanun maddesi uyarınca fiili kullanım çalışmaları tamamlanıp parsellerin tescil işlemlerinin gerçekleşmesinin akabinde hak sahiplerine satış/devir aşamasına geçilmiştir. Yapılan fiili kullanım çalışmaları sonrasında yaklaşık 22 bin adet imar parseli ve yaklaşık 40 bin hak sahibinin oluşması iş yükünü de beraberinde getirmiştir. Tescil işlemleri gerçekleşen parsellerin bedellerinin tespit edilmesinin ardından hak sahiplerine tebligatlarını ulaştırmak ve satış/devir işlemleri gibi hususların belediye tarafından nasıl yapıldığı ve bunun için ne gibi adımların atıldığı ifade edilmiştir.

## **KAYNAKLAR ( REFERENCES)**

ResGaz-1, (1985), 3194 Sayılı İmar Kanunu, 03.05.1985 tarih ve 18749 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz-2, (2018), 7143 Sayılı Vergi ve Diğer Bazı Alacakların Yeniden Yapılandırılması ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanunun Geçici Madde-1, 18.05.2018 tarih ve 30425 sayılı Resmi Gazete.

Engin V., Afyoncu E., Şahin C., Mazak M., Yılmaz C., (2013) “Sultanbeyli Tarihi”, 1. Baskı, Sultanbeyli Belediyesi Kültür Yayınları.

Efe, Ü., (2019). Çok Hisseli Parsellerde Taşınmaz Değerlemesi: Sultanbeyli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.

Kağızmanlı B., (2009), “Türkiye’de İmar Uygulama Yöntemleri ve Sonuçlarını Etkileyen Faktörlerin İncelemesi”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Terzioğlu A.G., (2015), “Çok Hisseli Parsellerde İmar Planı Uygulaması: Sultanbeyli Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**DOĞU KARADENİZ SICAKLIK VE YAĞIŞ VERİLERİNİN ZAMAN SERİLERİ ANALİZLERİ İLE İNCELENMESİ**

Murat TEKDEN<sup>1,\*</sup>, Emine TANIR KAYIKÇI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon

\* Sorumlu yazar; mtekden00@gmail.com

**ÖZET**

Tüm dünyada aynı günlerde sıcaklık ve yağış değerleri değişiklik gösterir. İklim zamana göre değişim içerisindedir. Bu değişimler bölgedeki hayatı büyük ölçüde etkilemektedir. Bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesinde Giresun, Trabzon, Gümüşhane, Rize ve Artvin illerinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) istasyonlarında 2010-2020 yılları arasında kaydedilmiş günlük sıcaklık ve 2000-2016 yılları arasında kaydedilmiş günlük yağış verilerinin zaman serileri grafikleri oluşturuldu. Oluşturulan zaman serilerinin basit doğrusal regresyon ve 2. Derece doğrusal olmayan regresyon ile trend analizleri yapılmıştır. Trend analizi için uygun regresyon modeline karar vermede hipotez testine dayalı parametre anlamlılık testi uygulanmıştır. Çalışma kapsamında yapılan tüm hesaplamalar ve grafiklerin oluşturulması MATLAB ortamında yazılan program kodları ile gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen trend analizleri ile son 15 yıl içinde Doğu Karadeniz Bölgesi için yağış ve sıcaklık değişim eğilimleri ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

**Kelimeler:** Yağış, Sıcaklık, Zaman Serisi, Parametre Anlamlılık Testi, Regresyon, Trend Analizi

**ANALYSIS OF PRECIPITATION AND TEMPERATURE TIME SERIES  
OF EASTERN BLACK SEA REGION**

**ABSTRACT**

Temperature and precipitation values vary on the same days all over the world. Climate changes over time. These changes greatly affect the life in the region. In this study, time series graphs of daily temperature recorded between 2010-2020 and daily precipitation data recorded between 2000-2016 at the Meteorology General Directorate (MGM) stations in Giresun, Trabzon, Gümüşhane, Rize and Artvin provinces in the Eastern Black Sea Region were created. Trend analyzes of the created time series were performed with simple linear regression and 2nd order nonlinear regression. Parameter significance test based on hypothesis testing was applied to decide on the appropriate regression model for trend analysis. All the calculations and the creation of the graphics within the scope of the study were carried out with the program codes written in the MATLAB environment. With the trend analyzes carried out, evaluations were made about the precipitation and temperature change trends for the Doğu Karadeniz Region in the last 15 years.

**Keywords:** Precipitation, Temperature, Time Series, Parameter Significance Test, Regression, Trend Analysis

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İklim ortalamasının ötesinde günden güne, aydan aya, yıldan yıla büyüklükleri gibi istatistikleri de içerir. Sıcaklık iklim parametrelerinden bir tanesidir ve kamu ile sektörler tarafından en çok ilgilenilenidir. Sıcaklık, sırayla Dünya yüzeyini ısıtan, Dünya'nın uzaya doğru yaydığı ve Dünya'nın iklim ve havasını belirleyen güneşten gelen enerji ile ilgilidir. Sıcaklık değişimi; Dünya'nın kendi ve Güneş etrafındaki dönüşü, güneşlenme miktarı ve süresi, enlem, rakım, su kaynaklarına uzaklık, bitki örtüsü bakı gibi faktörlere bağlı olarak ortaya çıkar ve bununla birlikte topografya üzerinde sürekli bir iklim parametresidir. Sıcaklığın değişimi enlem ve coğrafi etmenlere bağlı olarak yavaş değişim gösterir ve ani sıçramalar veya kesilmeler yapmaz (Demircan vd., 2011(a)(b)(c)(d))

Türkiye'de iklim olaylarını, basınç merkezlerinin durumu ve çeşitli yönlerden etkili olan hava kütlelerinin mevsimlik değişimleri düzenlemektedir. Başka bir ifade ile oluşum alanları ve özellikleri bakımından farklı hava kütlelerinin mevsimlere göre değişen etki alanında bulunduğundan geçiş kuşağı özelliğine sahiptir (Erinç, 1996; Koçman, 1993)

Doğu Karadeniz Dağları'nın kuzey yamaçları boyunca sıcak cephelerin hapsolmesi nedeniyle yağış miktarı ve şiddetinde artış görülmektedir. Rize'nin de içerisinde yer aldığı Karadeniz kıyıları boyunca denizel etkiler kuvvetli hissedilmekte olup her mevsim yağışlı geçmektedir. Kıyı kuşağında cephe geçişlerine bağlı olarak yağış miktarı yüksektir. Yerel farklılıklar nedeniyle bölge genelinde yağış miktarı değişmektedir. Kuzeye bakan yamaçlarda kuzeybatıya dönük yamaçlar, kuzeydoğuya bakan yamaçlara göre daha fazla yağış almaktadır (Erinç, 1996; Koçman, 1993). Rize ve çevresindeki yamaçların genelde kuzeydoğu doğrultusunda uzanması fazla yağış almasında önemli bir faktör olmuştur (Polat ve Sunkar, 2013).

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesinde Giresun, Trabzon, Gümüşhane, Rize ve Artvin illerinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) istasyonlarında 2010-2020 yılları arasında kaydedilmiş günlük sıcaklık ve 2000-2016 yılları arasında kaydedilmiş günlük yağış verilerinin zaman serileri grafikleri oluşturuldu. Oluşturulan zaman serilerinin basit doğrusal regresyon ve 2. Derece doğrusal olmayan regresyon ile trend analizleri yapılmıştır. Trend analizi için uygun regresyon modeline karar vermede hipotez testine dayalı parametre anlamlılık testi uygulanmıştır. Regresyon modelleri ile günlük sıcaklık (kelvin) ve yağış (mm) verileri zaman serileri için uygulanan trend analizleri ile bölgedeki so 15 yıldak yağış ve sıcaklık eğilimi hakkında değerlendirmeler yapılması hedeflenmiştir.

### 1.1.Meteorolojik Zaman serilerinde Trend Analizi (Time Series Analysis of Meteorological Time Series)

Zaman serisinin belli bir yönde göstermiş olduğu eğilime 'trend' denir. Uzun dönemlere ait verilerin son birkaç yılda meydana gelen değişimleri inceleyerek gelecekteki değişimlerini tahmin etmeyi içeren bir yöntemdir. Trend doğrusal veya eğrisel olabilir.

Trend bileşenleri parametrik ve parametrik olmayan yöntemlerle belirlenip, trend grafiği çizilebilir. Bir zaman serisinde trend iki şekilde belirlenir. Bu çalışmada, parametrik yöntemlerden olan regresyon yöntemi ile trend analizi gerçekleştirilmiştir.

#### 1.1.1. Regresyon Modeli İle Trend Analizi (Trend analysis with Regression Model)

Regresyon, bağımlı değişkenin bağımsız değişkenin fonksiyonu olması şeklinde ifade edilir. (TANIR KAYIKÇI E.,2020) Regresyon analizi ile değişkenlerin birbirini nasıl etkilediği, bağımlı değişken üzerindeki etkiye ne kadarın bağımsız değişken sebep olduğu, bağımsız değişkenin alacağı değer ile bağımlı değişkenin hangi değeri alacağı belirlenir. Regresyonda bağımlı değişken ile bağımsız değişken(ler) arasındaki ilişkiyi tanımlayan fonksiyon tipine göre,

- Doğrusal regresyon analizi
- Doğrusal olmayan regresyon analizi

olarak ikiye ayrılır. Doğrusal regresyon da kullanılan değişken sayısına göre,

- Basit doğrusal regresyon analizi

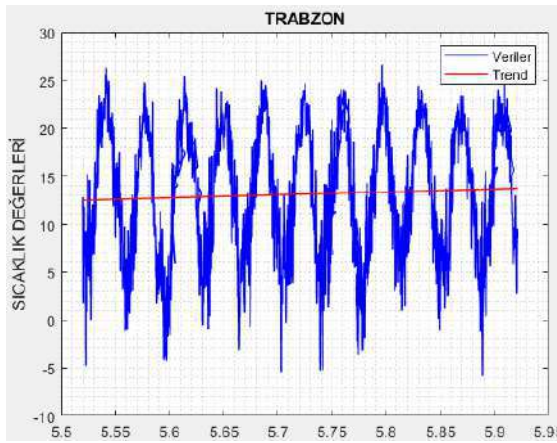
- Çoklu doğrusal regresyon analizi

olarak ikiye ayrılır. Zaman serilerinde zamana göre kaydedilen veri bağımlı değişken, zaman değişkeni de bağımsız değişken olduğu düşünülürse; doğrusal regresyon basit doğrusal regresyon olarak uygulanır. Bu çalışma kapsamında Giresun, Trabzon, Gümüşhane, Rize, Artvin illerinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü istasyonlarında 2010-2020 yılları arasında kaydedilmiş günlük sıcaklık ve 2000-2016 yılları arasında kaydedilmiş günlük yağış verilerinin regresyon analizi ile trend analizleri yapılmıştır.

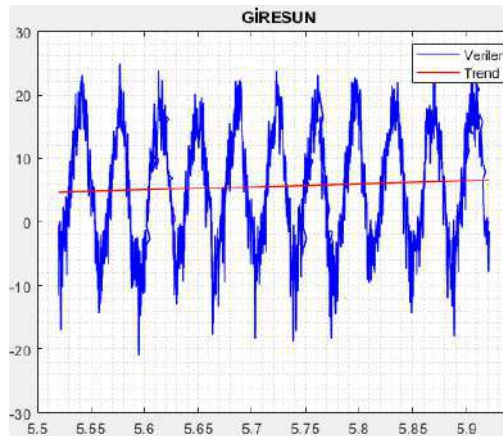
- **Basit Doğrusal Regresyon Analizi (Simple Linear Regression)**

Basit regresyon analizi, tek bağımsız değişken (x) ile bağımlı değişken (y) arasındaki ilişkinin doğrusal bir fonksiyonla ifade edildiği modeldir.

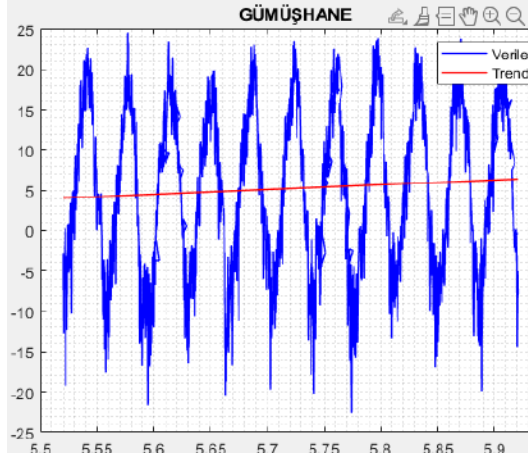
X ve Y değişkenleri arasındaki ilişkiyi, doğrusal bir eğilimin var olup olmadığını test eder. Lineer Regresyonda, gerçek değerler ile trend denkleminde bulunan değerler arasındaki farkın karelerinin minimum olmasına dayanır.  $y = a_0 + a_1x$  şeklindeki doğrusal regresyon denkleminde  $a_1$  sabiti değişimin yönünü ve miktarını vermektedir.  $a_1$ 'nin pozitif olması artan bir değişimi, negatif olması azalan bir değişimi ifade eder.  $a_1$ 'nin sıfıra yakın olması ise bir değişimin olmadığını ifade eder. (TANIR KAYIKÇI E.,2020)



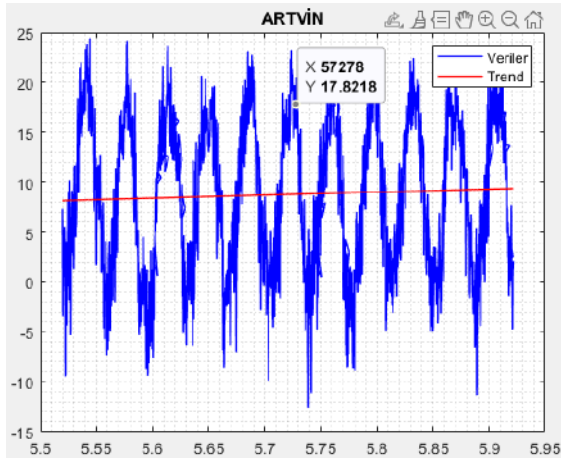
Şekil 1. Trabzon İli MGM İstasyonu Sıcaklık Verileri Zaman Serileri ve Basit Doğrusal Trend Analizi



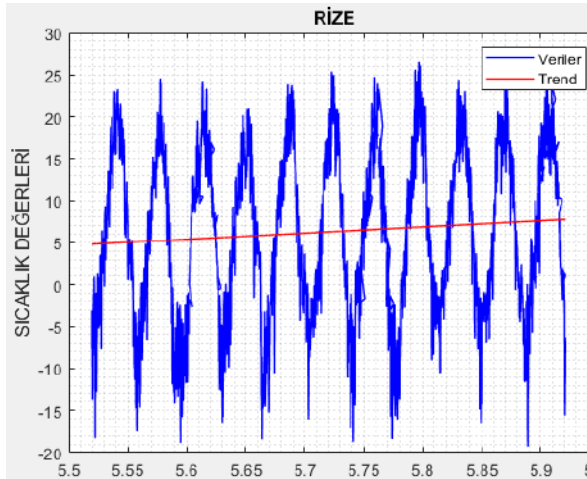
Şekil 2. Giresun İli MGM İstasyonu Sıcaklık Verileri Zaman Serileri ve Basit Doğrusal Trend Analizi



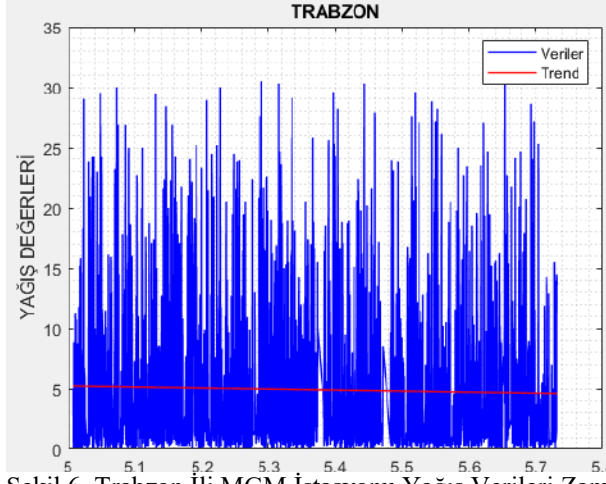
Şekil 3. Gümüşhane İli MGM İstasyonu Sıcaklık Verileri Zaman Serileri ve Basit Doğrusal Trend Analizi



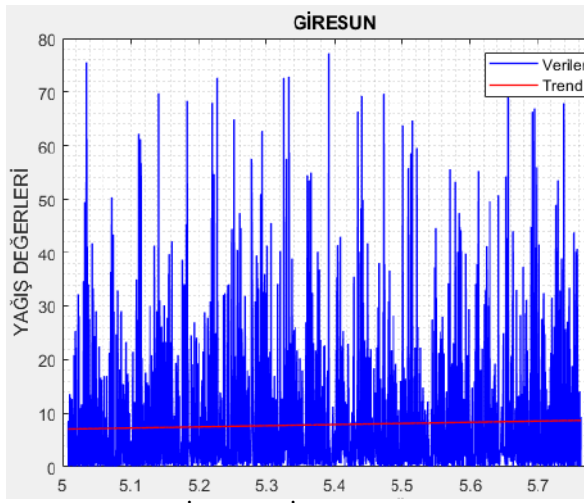
Şekil 4. Artvin İli MGM İstasyonu Sıcaklık Verileri Zaman Serileri ve Basit Doğrusal Trend Analizi



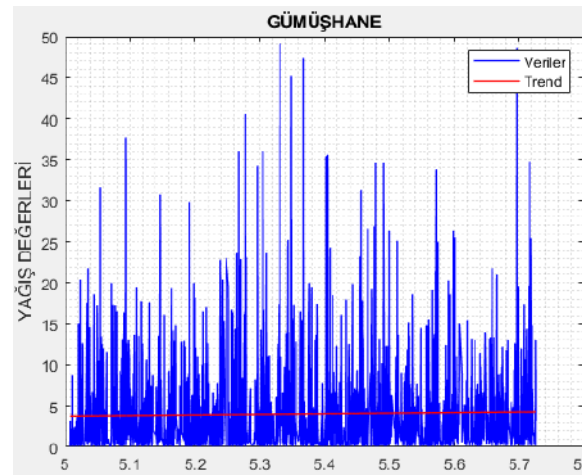
Şekil 5. Rize İli MGM İstasyonu Sıcaklık Verileri Zaman Serileri ve Basit Doğrusal Trend Analizi



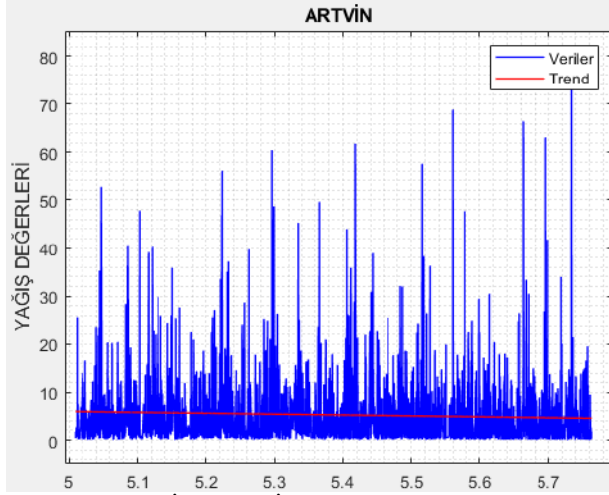
Şekil 6. Trabzon İli MGM İstasyonu Yağış Verileri Zaman Serileri ve Basit Doğrusal Trend Analizi



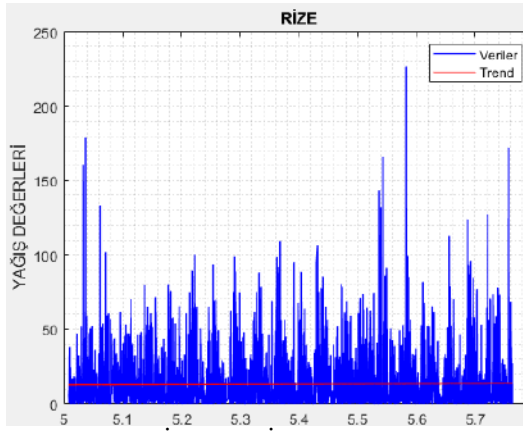
Şekil 7. Giresun İli MGM İstasyonu Yağış Verileri Zaman Serileri ve Basit Doğrusal Trend Analizi



Şekil 8. Gümüşhane İli MGM İstasyonu Yağış Verileri Zaman Serileri ve Basit Doğrusal Trend Analizi



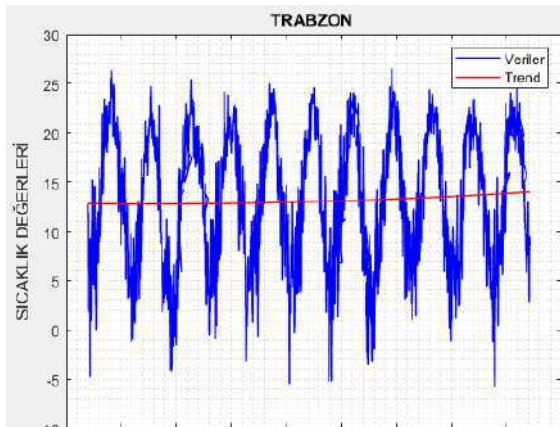
Şekil 9. Artvin İli MGM İstasyonu Yağış Verileri Zaman Serileri ve Basit Doğrusal Trend Analizi



Şekil 10. Rize İli MGM İstasyonu Yağış Verileri Zaman Serileri ve Basit Doğrusal Trend Analizi

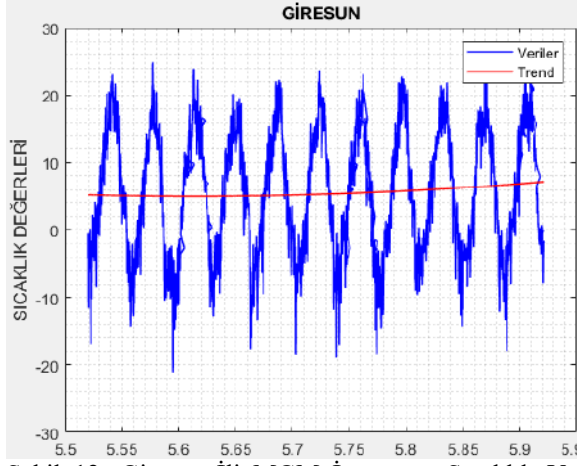
- **İkinci Dereceden Regresyon Analizi (Second Order Non-linear Regression)**

$y = a_0 + a_1x + a_2x^2$  İkinci dereceden regresyonu basit doğrusal regresyonda tüm katsayıların anlamlı olması durumunda modelin genişletilmesi ile uygulanır. Uygulanan modelin veri setine uygunluğu için ayrıca regresyon belirleyicilik katsayısı hesaplanır. Regresyon belirleyicilik katsayısı, regresyon parametreleri hesaplandıktan sonra regresyon modelinin bağımlı değişken olan  $y$  değerindeki değişimi ne derecede açıkladığını tespit etmek için kullanılan bir katsayıdır. Belirleyicilik katsayısı  $R^2$ , bağımlı değişken olan  $y$ 'deki toplam değişiminin yüzde kaçının bağımsız değişken ( $x$ ) tarafından karşılandığını gösteren korelasyon katsayısının karesidir.

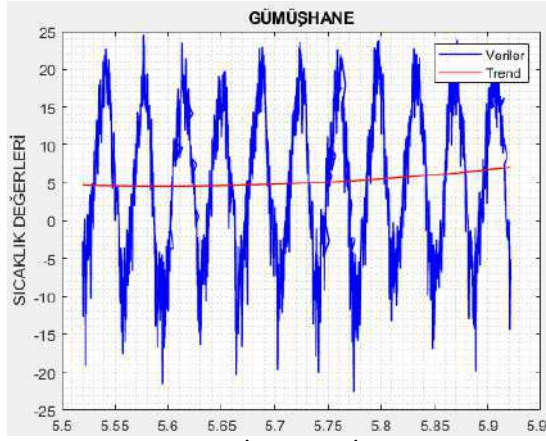


Şekil 11. Trabzon İli MGM İstasyonu Sıcaklık Verileri Zaman Serileri ve 2.Dereceden Doğrusal Olmayan Trend Analizi

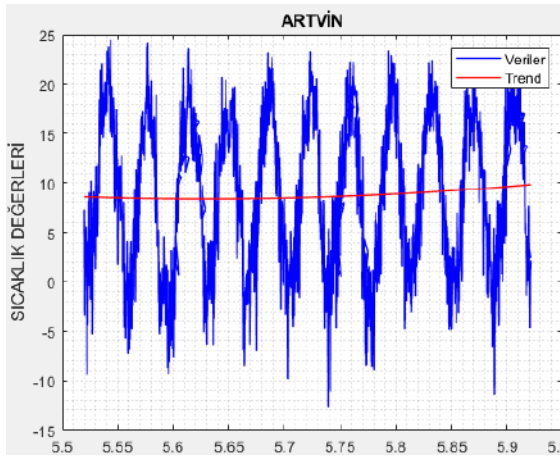




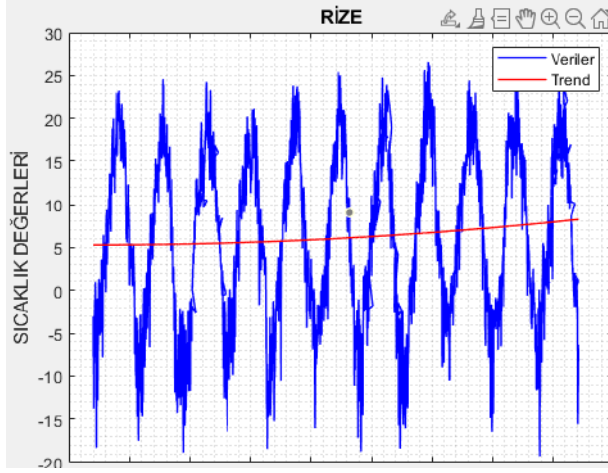
Şekil 12. Giresun İli MGM İstasyonu Sıcaklık Verileri Zaman Serileri ve 2.Dereceden Doğrusal Olmayan Trend Analizi



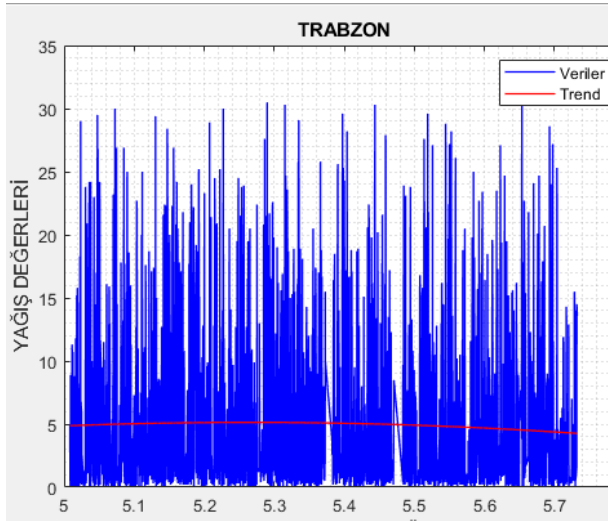
Şekil 13. Gümüşhane İli MGM İstasyonu Sıcaklık Verileri Zaman Serileri ve 2.Dereceden Doğrusal Olmayan Trend Analizi



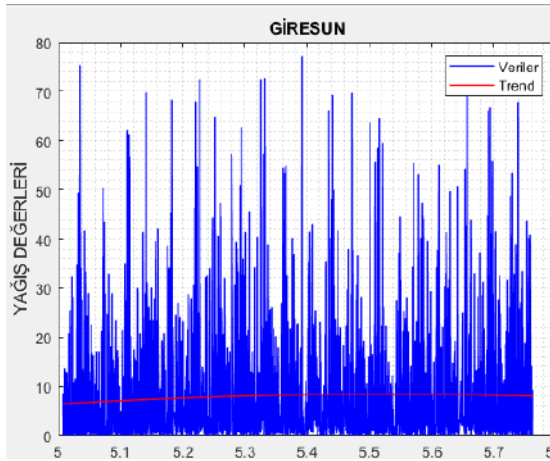
Şekil 14. Artvin İli MGM İstasyonu Sıcaklık Verileri Zaman Serileri ve 2.Dereceden Doğrusal Olmayan Trend Analizi



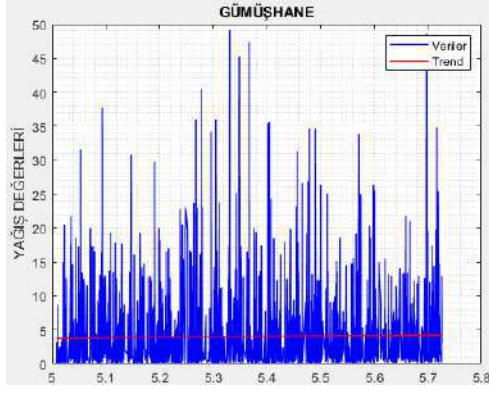
Şekil 15. Rize İli MGM İstasyonu Sıcaklık Verileri Zaman Serileri ve 2.Dereceden Doğrusal Olmayan Trend Analizi



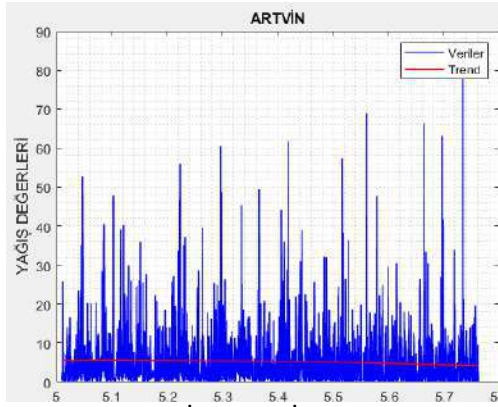
Şekil 16. Trabzon İli MGM İstasyonu Yağış Verileri Zaman Serileri ve 2.Dereceden Doğrusal Olmayan Trend Analizi



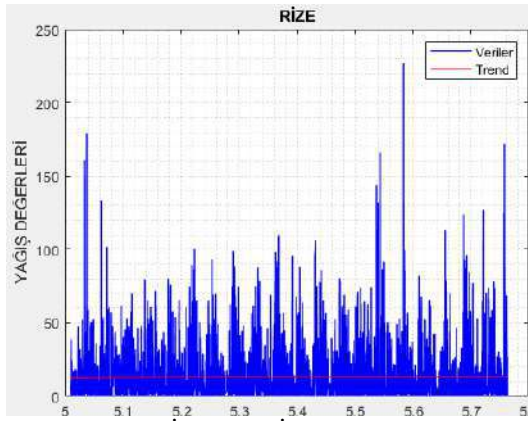
Şekil 17. Giresun İli MGM İstasyonu Yağış Verileri Zaman Serileri ve 2.Dereceden Doğrusal Olmayan Trend Analizi



Şekil 18. Gümüşhane İli MGM İstasyonu Yağış Verileri Zaman Serileri ve 2.Dereceden Doğrusal Olmayan Trend Analizi



Şekil 19. Artvin İli MGM İstasyonu Yağış Verileri Zaman Serileri ve 2.Dereceden Doğrusal Olmayan Trend Analizi



Şekil 20. Rize İli MGM İstasyonu Yağış Verileri Zaman Serileri ve 2.Dereceden Doğrusal Olmayan Trend Analizi

## 1. BULGULAR VE TARTIŞM

Son 10-20 yıllık grafiklere baktığımızda sıcaklık ve yağış da artışlar görülmektedir

### 1.1. Sıcaklık Değişimleri

Son 10 yıllık trend grafiklere baktığımızda yaz aylarında tüm illerimizde bir artış bulunmakta en sıcak şehir olarak Trabzon'dur. Sıcaklığı en düşük şehir ise Gümüşhane ve Giresun'dur. Bu sıralama yaz kış genelde aynı kalmaktadır. Sıcaklık olarak en yüksek değerler yaz aylarında görülmektedir.

Grafilerde görüldüğü üzere trendi en yüksek şehir Trabzon'dur. Trend eğimi en yüksek ve pozitif yönde olan şehir Rize'dir. Trend eğimi en yüksek olan da artış da doğru orantılı olarak fazla olur. İkinci olarak trendi en yük olan şehir Artvin'dir ama trend eğimi olarak ise Gümüşhane'dir. en düşük trende sahip şehir Gümüşhane ve trend eğimi yok diyebileceğimiz kadar az olan şehir ise Trabzon'dur.

## 12. Yağış Değişimleri

Son 20 yıllık aylık yağış değişim grafiğimize baktığımızda en çok yağış alan il Rize en az yağış alan iller ise Trabzon ile Bayburt'tur . Genelde ilkbahar aylarında yağış miktarı azalmış sonbahar aylarında ise artmış şekilde görülmektedir.

Grafilerde görüldüğü üzere trendi en yüksek şehir Rize'dir. Trend eğimi en yüksek ve negatif yönde olan şehir Trabzon'dur. İkinci olarak trendi ve trend eğimi en yüksek olan şehir Giresun'dur. en düşük trende sahip şehir Gümüşhane ve trend eğimi yok diyebileceğimiz kadar az olan şehir ise Rize'dir.

## 13. Meteorolojik Verilerde Regresyon Analizleri

Doğu Karadeniz illerimizde Trabzon sıcaklık trendi eğrisel olarak ilk başda biraz azalış gösterecek daha sonra artış göstermektedir, yağış trendi olarakda eğrisel olarak ilk başda artış gösteriyor fakat sonradan azalış göstermektedir. İllerimizden Rize sıcaklık olarak eğrisel trend göstermekte ilk olarak biraz düşüş yaşasada trendimiz sonradan artışa geçmektedir. Yağış olarak artış göstererek sonlara doğru düşüş yaşayarak eğrisel trend göstermektedir Genel olarak sıcaklıkda trendi en yüksek ilimiz Trabzon'dur. Yağışı en yüksek trend ise Rize ilimizdir. Trabzon'un sıcak olmasının sebeplerinden biride nem oranıdır. Rize'nin yağışı çok olmasının sebeplerinden biriside güneyden kısa mesafede yükseltisi 3000 m yi bulan rize dağları ile çevrelenmesi gerisindeki orografik yapı nedeniyle karadeniz üzerinden gelen nemli hava kütleleri bol yağış bırakmasıdır. Yağışda ise Rize-Giresun-Artvin-Trabzon-Gümüşhanedir. Bu durumda Gümüşhane illerimiz arasında en az sıcak ve yağışı alan ilimizdir.

**Tablo 1.** Yağış Verilerinin 1. Derece Regresyon Analizi Sonuçları

İstasyon Adı, Kodu, Şehir	Katsayı değerleri		Katsayı Ortalama Hataları		Test Değeri		Tablo Değeri	Karar	
	$a_0$	$a_1$	$ma_0$	$ma_1$	$\frac{ a_0 }{m_{a0}}$	$\frac{ a_1 }{m_{a1}}$		$t_{f,1-\frac{\alpha}{2}}$	$a_0$
Adı, Kod, Trabzon	4.9161	-9.3794	0.1154	6.1375	42.6113	1.5282	1.9608	Anlamlı	anlamsız
Adı, Kod, Artvin	5.1413	-21.6959	0.1338	7.2772	38.4373	2.9813	1.9608	Anlamlı	anlamlı
Adı, Kod, Giresun	7.8834	26.8372	0.1909	11.0476	41.2954	2.4292	1.9607	Anlamlı	anlamlı
Adı, Kod, Gümüşhane	3.9865	6.8748	0.1106	5.4082	36.0437	1.2712	1.9610	anlamlı	anlamsı
Adı, Kod, Rize	13.0437	17.3332	0.3042	18.5556	42.8745	0.9341	1.9606	anlamlı	anlamsız

**Tablo 2.** Sıcaklık Verilerinin 1. Derece Regresyon Analizi Sonuçları

İstasyon Adı, Kodu, Şehir	Katsayı değerleri		Katsayı Ortalama Hataları		Test Değeri		Tablo Değeri	Karar	
	$a_0$	$a_1$	$ma_0$	$ma_1$	$\frac{ a_0 }{m_{a0}}$	$\frac{ a_1 }{m_{a1}}$		$t_{f,1-\frac{\alpha}{2}}$	$a_0$
Adı, Kod, Trabzon	13.1315	21.1884	0.1061	6.7241	123.7905	3.1511	1.9606	anlamlıdır	anlamlıdır
Adı, Kod, Artvin	8.7835	21.8102	0.1195	7.5733	73.5172	2.8799	1.9606	anlamlıdır	anlamlıdır

Adı, Kod, Giresun	5.6085	34.3973	0.1452	9.2050	38.6214	3.7368	1.9606	anlamlıdır	anlamlıdır
Adı, Kod, Gümüşhane	5.2229	43.0023	0.1574	9.9766	33.1847	4.3103	1.9606	anlamlıdır	anlamlıdır
Adı, Kod, Rize	6.2909	53.5113	0.1549	9.8206	40.6054	5.4489	1.9606	anlamlıdır	anlamlıdır

$y = a_0 + a_1x + a_2x^2$  İkinci dereceden regresyonun parametremiz anlamsızdır yani ikici dereceden regresyon analizine gerek yoktur. Basit regresyon analizimiz anlamlı olduğu için yeterlidir. Sıralama yaparsak eğer sıcaklıkta Trabzon-Artvin-Rize-Giresun-Gümüşhane'dir.

**Tablo 3. Yağış Verilerinin 2. Derece Regresyon Analizi Sonuçları**

İstasyon Adı, Kodu, Şehir	Katsayı değerleri			Katsayı Ortalama Hataları	Test Değeri	Tablo Değeri	Karar
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$ma_2$	$\frac{ a_2 }{m_{a2}}$	$t_{f,1-\frac{\alpha}{2}}$	
Adı, Kod, Trabzon	5.0993	-9.1383	-518.5488	376.2305	1.3783	1.9608	anlamsızdır
Adı, Kod, Artvin	5.2851	-22.4779	-425.4586	441.2510	0.9642	1.9608	anlamsızdır
Adı, Kod, Giresun	8.2304	27.5436	-1162.086	726.5515	1.5995	1.9607	anlamsızdır
Adı, Kod, Gümüşhane	4.0079	6.8349	-51.1319	292.7886	0.1746	1.9610	anlamsızdır
Adı, Kod, Rize	13.1838	17.4211	-521.1530	1259.8210	0.4137	1.9606	anlamsızdır

**Tablo 4. Sıcaklık Verilerinin 2. Derece Regresyon Analizi Sonuçları**

İstasyon Adı, Kodu, Şehir	Katsayı değerleri			Katsayı Ortalama Hataları	Test Değeri	Tablo Değeri	Karar
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$ma_2$	$\frac{ a_2 }{m_{a2}}$	$t_{f,1-\frac{\alpha}{2}}$	
Havaalanı, 17037, Trabzon	12.9949	21.1872	548.8037	476.3996	1.1520	1.9606	anlamsızdır
Hopa, 17045, Artvin	8.5641	21.8080	881.684	536.4746	1.6435	1.9606	anlamsızdır
17034, Giresun	5.3131	34.3954	1187.0860	652.0138	1.8206	1.9606	Anlamsızdır
17088, Gümüşhane	4.91	43.0003	1257.216	706.6784	1.7791	1.9606	Anlamsızdır
Pazar, 17040, Rize	6.04558	53.5097	985.838	695.7287	1.4170	1.9606	anlamsızdır

### 3.SONUÇLAR

Karadeniz Bölgesi, Türkiye genelinde farklı özellikler göstermektedir. 2000-2016 yılları arasında Doğu Karadeniz bölgesinin en çok yağış alan ili olarak yıl boyunca 13.46118 değerle Rize'dir. Meteorolojik verilere göre Rize, Türkiye'de en fazla yağış alan merkez konumundadır. Kuzeyde yer almasına rağmen yıllık ortalama sıcaklığı 6.2371 dir . 2000-2020yılları arasında Doğu karadeniz bölgesinin en sıcak ili Trabzon olup yıl boyunca devam etmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 13.0932 dir. Trabzon'un yağış miktarı ise 5.9144 ile en az yağış alan illerdendir.

Grafikler genelde doğrusal olmayan trendler ile yapılmıştır. Sıcaklık grafiklerin de pozitif yönde doğrusal olmayan trend görülmekte ve trend değerleri genelde tüm illerde yakın çıkmakta Trabzon sıcak olarak fazla çıktığı için trendi diğerlerine göre farkı diğerlerinin arasında olanından biraz fazla olmaktadır. Yağış grafiklerinde negatif yönde doğrusal olmayan trend görülmekte trend tüm illerde bir birine yakın çıkmaktadır bir Rize ile aralarındaki fark daha fazladır.

Doğu Karadeniz bölgesinin 2000-2020 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış değişimleri zaman serileri, trend analizleri ie göz önüne serilmiştir .

Günlük periyotlarda yapılan trend grafikleri ile verilerin zamana bağlı değişimleri hakkında yorumlar yapılabilir. Tüm bu analizlerin yorumlanması geleceğe yönelik tahminler ile iklimsel sorunların daha önceden çareler üretilmesine fayda sağlayabilir ve çalışmalara katkıda bulunabileceği değerlendirilir.

### 2. KAYNAKÇA

- Akyol, İ. H., (1944). Türkiye'de Basıncı, Rüzgarlar ve Yağış Rejimi, Türk Coğrafya Dergisi, Sayı: 5-6, Sayfa: 1-34, Ankara.
- Atalay, İ., Mortan, K., (2003). Resimli ve Haritalı Türkiye Bölgesel Coğrafyası (Genişletilmiş 2,Baskı), İnkılap Yayınları, İstanbul
- Ayday C., Göçmez A., Sabah L., Yaman Y., Aşıkoğlu Ö., Umur H. Umur Belediye İş Süreci Tasarımında Açık Kaynak Kodlu Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Mobil Uygulamalar. TBD 31. Ulusal Bilişim Kurultayı 2015
- Bulut, H., Yeşilata, B. ve Yeşilnacar, M., İ., Atatürk Baraj Gölünün Bölge İklimi Üzerine Etkisinin Trend Analizi İle Tespiti, GAP V. Mühendislik Kongresi, Şanlıurfa, Bildiriler Kitabı ,79-86, (2006).
- Demir, İsmail Kılıç Gönül Coşkun, Mustafa ve Sümer M. Utku (2008). "Türkiye'de Maksimum, Minimum ve Ortalama Hava Sıcaklıkları İle Yağış Dizilerinde Gözlenen Değişiklikler ve Eğilimler ", TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 69-84

- Erinç, S., (1996). Klimatoloji ve Metodları, Alfa Basım Yayım, İstanbul.
- Erilat, E, (1997). Türkiye’de Günlük Yağışların Şiddeti Üzerine Bir İnceleme, Ege Coğrafya Dergisi, Sayı: 9, Sayfa: 159-184, İzmir.
- Kadioğlu M. (1997). "Trends in surface air temperature data over Turkey". International Journal of Climatology 17: 511-520.
- Kennedy, P., 2006, Ekonometri Kılavuzu, Çev: M. Sarımeşeli ve Ş. Açıköz, 5. Baskı, (Gazi Kitapevi), Ankara
- Polat, P. ve Sunkar, M., (2013). Rize’nin İklim Özellikleri, Türkiye Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi, 2013 Bildiriler Kitabı, Sayfa: 601-610, 19-21 Haziran 2013, İstanbul
- Türkeş, M., (2010). Klimatoloji ve Meteoroloji, Kriter Yayınevi, İstanbul
- TANIR KAYIKÇI E. Zaman Serileri Analizleri , Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü 2020
- Url-1 <http://www.7aralik.com/7aralik/tr/02/01/04.asp>
- Url-2 <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/354723>
- Url-3 [https://mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/tikdek\\_toz.pdf](https://mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/tikdek_toz.pdf)



## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium 1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

### NDVI ve YAĞIŞ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN GEE'DE ZAMAN SERİSİ YÖNTEMİ İLE ANALİZİ: RİZE İLİ ÖRNEĞİ

Şule YAMAN<sup>1,\*</sup>, Emine TANIR KAYIKÇI<sup>1</sup> Esra TUNÇ GÖRMÜŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [suleyaman98@hotmail.com](mailto:suleyaman98@hotmail.com)

#### ÖZET

Gelişen teknolojiyle beraber bulut tabanlı arayüzlerde yapılan analiz işlemleri yaygınlık kazanmıştır. Google Earth Engine (GEE)'de bu arayüzlerden bir tanesidir. GEE, çok petabaytlık uydu görüntüleri (Landsat, MODIS, Sentinel, Aster vb.) ve coğrafi veri kümeleri kataloğunu yeryüzünde hızlı analiz ve karar alma yetenekleriyle birleştirir ve bilim adamlarının, araştırmacıların değişiklikleri algılaması, haritalaması ve Dünya yüzeyindeki farklılıkları ölçmesi için kullanılabilir hale getirir. Bu çalışmada, GEE ortamında NDVI ile yağış arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, GEE arayüzünde 2015-2020 yılları arası MODIS uydusuna ait 231 adet görüntü kullanılmıştır. Yapılan kar, bulut ve gölge maskeleymesinden sonra 60 görüntü kalmış olup bu görüntüler üzerinden Rize ili için NDVI (Normalized Difference Vegetation Index-Normalize Edilmiş Bitki İndeksi) zaman serisi analizi yapılmıştır. Yağış zaman serisi için USGS (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu-United States Geological Survey) Merkezi'ndeki bilim insanları tarafından oluşturulan CHRIPS veri seti kullanılmıştır. Son olarak yağış ve NDVI korelasyonu zaman serisi analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda, korelasyon katsayısı  $r = 0.933$  olarak hesaplanmış, NDVI ile yağış miktarı arasında güçlü bir ilişkinin olduğu görülmüştür.

**Kelimeler:** NDVI, GEE, Zaman Serisi Analizi, Yağış, Korelasyon

### TIME SERIES ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN NDVI AND RAIN IN GEE: A CASE STUDY IN RIZE PROVINCE

With the developing technology, analysis processes made in web-based interfaces have become widespread. Google Earth Engine (GEE) is one of these interfaces. GEE combines a catalog of multi-petabyte satellite images (Landsat, MODIS, Sentinel, Aster, etc.) and geographic datasets with rapid analysis and decision-making capabilities on Earth, making it available for scientists and researchers to detect, map changes and measure differences in the Earth's surface. . In this study, it was aimed to determine the relationship between NDVI and precipitation in GEE environment. For this purpose, 231 images of MODIS satellite between the years 2015-2020 were used in the GEE interface. After the snow, cloud and shadow masking, 60 images remained and Normalized Vegetation Index (NDVI) time series analysis was performed for Rize province on these images. For the precipitation time series, the CHRIPS data set created by scientists at the USGS Ground Resources Observation and Science (YKGB) Center was used. Finally, precipitation and NDVI time series analyzes were performed. As a result of this study, the correlation coefficient was calculated as  $r = 0.933$ , and it was observed that there was a strong relationship between NDVI and precipitation.

**Keywords:** NDVI, GEE, Time Series Analysis, Precipitation, Correlation



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Uydu görüntüleri, arazi örtüsü kullanımı, yüzey sıcaklığı belirleme, hasar tespiti, zamansal değişimi gözlemleme gibi analizlerde ve değerlendirmelerde kullanılan önemli veri kaynaklarıdır. Bu veriler, çalışmanın amacına uygun olarak, çalışmada kullanılacak verilerin konumsal çözünürlüğüne göre ücretli veya ücretsiz bir şekilde temin edilebilmektedir. Bu sebeple son yıllarda gereksiz depolamanın önüne geçen, hızlı karar verme mekanizmasına sahip ve düşük maliyetli olan bulut tabanlı teknolojilere ve bu teknolojilerde çevrimiçi olarak gerçekleştirilen analizlere rağbet artmaktadır. Bu teknolojilerden birisi de veri işlem hızını bilgisayardan bağımsız tutarak çalışan Google Earth Engine (GEE) platformudur [1]. Ayrıca, Sentinel, Landsat, MODIS gibi farklı uydulara, geniş tarih aralığına sahip olması nedeniyle de oldukça zengin bir veri setine sahiptir [2].

Uydu görüntülerinden elde edilen bitki örtüsü indeksleri ile orman zararlılarının izlenmesi, kuraklık haritalarının oluşturulması, arazi örtüsü sağlığının izlenmesi gibi yeryüzüne ilişkin farklı bilgiler elde edilmektedir [3]. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index-Normalize Edilmiş Bitki İndeksi), MODIS uydu verileri kullanılarak hesaplanmıştır. NDVI, birçok çalışma ile entegre edilerek kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de yağış ile yapılan entegrasyonudur. Yapılan çalışmalar NDVI ile yağış arasında güçlü bir korelasyonun olduğunu göstermektedir[4-7].

Bir olayın gözlem değerlerinin zamana göre sıralanmasıyla oluşturulan serilere “zaman serileri” denir [8]. Zaman serileri ile geçmiş olay izlenmesi ve gelecek olay tahmini yapılabilmektedir. Ayrıca uydu verileri kullanılarak bitki fenolojisi izlenmesi yapılmaktadır [9]. Bu izlenme ile bitkinin yıllık/mevsimlik sağlık durumu izlenebilmektedir.

Bu çalışmada, GEE arayüzü kullanılarak 2015-2020 yılları arası MODIS uydusuna ait aylık NDVI ve aylık yağış zaman serilerinde regresyon yöntemi ile trend analizi yapılmıştır. Ayrıca bu iki serinin arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson korelasyon katsayısı hesaplanmıştır.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

Çalışma alanı olarak, Doğu Karadeniz’de yer alan, yazları serin, kışları ılıman ve her mevsimi yağışlı geçen ve zengin bitki örtüsüne sahip olan Rize ili seçilmiştir (Şekil 1). Çalışma, GEE platformunda gerçekleştirilmiş ve 2015-2020 yılları arasına ait MODIS uydu verileri kullanılmıştır. Bu tarihler arası 231 adet görüntü mevcutken GEE’de uygulanan kar, bulut ve gölge maskesinden sonra 60 görüntü kalmıştır. Çalışma bu 60 görüntü üzerinden devam etmiştir.



Şekil 1. Çalışma Alanı (URL-1)

MODIS uydusu 36 spektral banda sahip olup her 1-2 günde bir kez tüm Dünya’yı görüntülemektedir (URL-2). MODIS uydusundan elde edilen verilere göre tüm Dünya’yı kapsayacak şekilde oluşturulan görüntü Şekil 2’de verilmiştir.



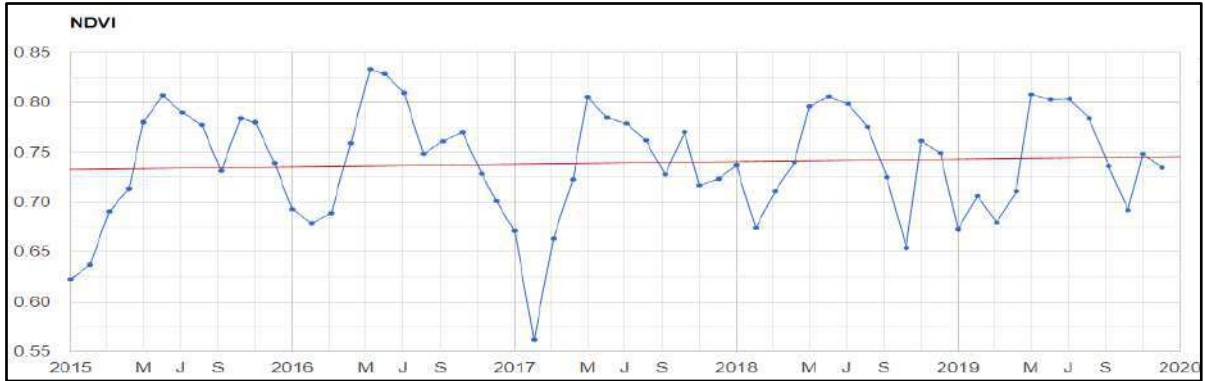
Şekil 2. MODIS uydusundan oluşturulmuş bir görüntü (URL-2)

### 3. BULGULAR (RESULTS)

Yakın kızılötesi (NIR) ve kırmızı (Red) bantların oranından NDVI indexi

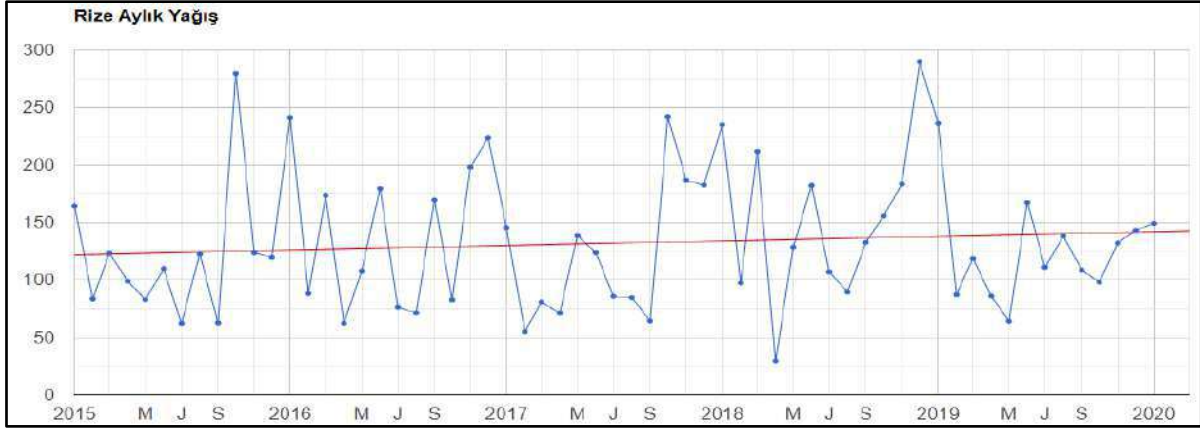
$$NDVI = (NIR - Kırmızı) / (NIR + Kırmızı) \quad (1)$$

eşitliğine göre elde edilir. Eşitlik (1)'e göre MODIS uydusundan 2015-2020 yılları arasında elde edilen aylık NDVI zaman serisi grafiği oluşturulmuş ve bu zaman serisinin basit doğrusal regresyon modeline göre trend doğrusu hesaplanmıştır (Şekil 3).



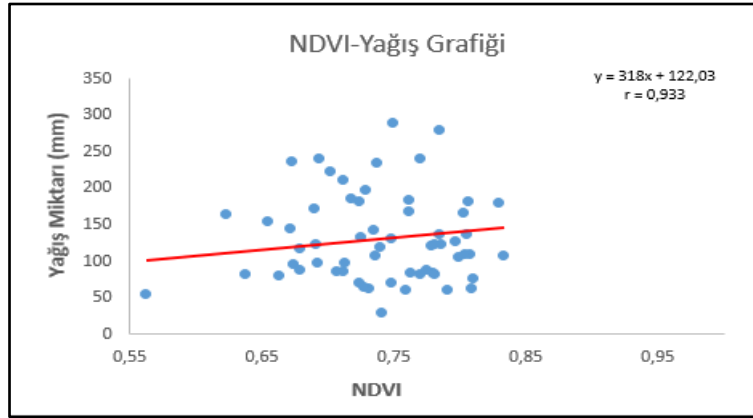
Şekil 3. Aylık NDVI zaman serisi ve doğrusal trend grafiği

Yağış verisi için USGS (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu-United States Geological Survey) Merkezi'ndeki bilim insanları tarafından oluşturulan CHRIPS veri seti kullanılmıştır. 2015-2020 yılları arası aylık yağış miktarı dikkate alınarak yağış zaman serisi grafiği oluşturulmuş ve basit doğrusal regresyon yöntemine göre trend doğrusu hesaplanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Rize ili aylık yağış zaman serisi ve doğrusal trend grafiği

Rize ili için aylık NDVI ve yağış verileri arasındaki ilişkiyi araştırmak için Pearson korelasyon katsayısı  $r=0.933$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 5). Bu sonuçla, yağış ve NDVI arasında güçlü bir ilişkinin olduğu tespit edilmiş oldu.



Şekil 5. NDVI ve yağış verileri değişim grafiği

#### 4. SONUÇLAR (RESULTS)

Bu çalışmada, NDVI ve yağış arasındaki ilişki incelenmiş olup yapılan zaman serisi analizleri ve basit doğrusal regresyon modeli ile trend analizleri gerçekleştirilmiştir. Yağış ve NDVI arasında Pearson korelasyonu kurularak korelasyon katsayısı  $r= 0.933$  bulunarak güçlü bir ilişki olduğu ve yağışın ve NDVI'nin ilişkili olduğu ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak tüm bu işlemler bilgisayara indirilmeden, veriler büyük yerler kaplamadan, veri sıkıntısı çekmeden GEE ortamında gerçekleştirilmiştir. GEE'nin sunmuş olduğu hazır kodlar ve vermiş olduğu kod yazma imkanı sayesinde çalışma hızlı bir şekilde yürütülmüştür. Son olarak bu çalışma GEE'de farklı parametreleri zaman serisi yöntemi ile inceleyecek olan araştırmacılar için yol gösterici olması amaçlanmıştır.

#### KAYNAKLAR ( REFERENCES)

- [1] Dereli, M. A., ` Web Tabanlı Google Earth Engine ile NDVI Zaman Serisi Analizi : Şanlıurfa il Merkezi Örneği", *Conference: 6 th International GAP Engineering Conference-GAP 2018*, Şanlıurfa, 2018.
- [2] You N. and Dong J., 2020. Examining earliest identifiable timing of crops using all available Sentinel 1/2 imagery and Google Earth Engine. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 161, 109–23.
- [3] Kaya Y., Polat N., 2021. "Bitki İndeksleri Kullanarak Buğday Bitkisinin Rekolte Tahmini", *DUJE*, vol. 12, no.1, pp. 99-110, January.

- [4] Hielkema, J.U., Prince, S.D., Astle, W.L. 1987. Monitoring of Global Vegetation Dynamics for Assessment of Primary Productivity Using NOAA Advanced Very High Resolution Radiometer. *Advances in Space Research*, 7, 81-88
- [5] Schmidt, H., Gitelson, A. 2000. Temporal and Spatial Vegetation Cover Changes in Israeli Transition Zone: AVHRR-Based Assessment of Rainfall Impact. *International Journal of Remote Sensing*, 21, 997–1010.
- [6] Martiny, N., Camberlin, Y., Richard, Y., Philippon, N. 2006. Compared Regimes of NDVI and Rainfall in SemiArid Regions of Africa. *International Journal of Remote Sensing*, 27, 5201-5223.
- [7] Li, J., Lewis, J., Rowland, J., Tappan, G., Tieszen, L.L. 2004. Evaluation of Land Performance in Senegal Using Multi-Temporal NDVI and Rainfall Series. *Journal of Arid Environments*, 59, 463-480.
- [8] Özer, O.O. ve İlkdoğan, U., 2013, Box – Jenkins modeli yardımıyla dünya pamuk fiyatının tahmini. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (2), 13 – 20.
- [9] Yıldız, H., Ünal, E., and Aydoğdu, M. (2018). NDVI Zaman Serisi Görüntülerinde Değişkenliğin İzlenmesi. *VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*, 18-21.

(Url-1) <https://cografyaharita.com>

(Url-2) <https://tr.wikipedia.org>.



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**GRACE UYDUSU ve GLDAS MODELİNDEN ELDE EDİLEN TOPLAM  
SU KÜTLESİ DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Murat BEKTAŞOĞLU<sup>1</sup>, \*, Emine TANIR KAYIKÇI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080,  
Trabzon

\* Sorumlu yazar; E-posta: [muratbektasoglu2@gmail.com](mailto:muratbektasoglu2@gmail.com)

**ÖZET**

Değişen çevre ve iklim sonucunda su kaynaklarının izlenmesi önemli inceleme alanı olmuştur. Su kaynaklarının değişiminin incelenmesinde temel prensip olan gravite değişimini gözlemlemek temel görevi olan CHAMP, GOCE, GRACE/-FO uyduları geliştirilmiştir. GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) 17 Mart 2002 tarihinde uzaya gönderildikten sonra 27 Ekim 2017 tarihinde misyon sona ermiştir. Bu nedenle GRACE misyonunun devamı niteliğinde GRACE-FO (Gravity Recovery and Climate Experiment Follow-On) uydusu geliştirilmiş olup 22 Mayıs 2018 tarihinde görevine başlamıştır. Çalışmanın amacı GRACE misyonları ile GLDAS modelinden elde edilen TWS (Toplam Su Kütlesi) değerlerinin karşılaştırılması ve aralarındaki korelasyonun tespit edilmesidir. Çalışma GRACE ve GLDAS modellerinden elde edilen TWS değerlerinin trend analizini ve korelasyon testlerini içermektedir. Çalışmada GRACE uydusuna ait 2002-2017 yılları arasındaki; GRACE-FO uydusuna ait 2018-2021 yılları arasındaki, GLDAS (Global Land Data Assimilation System) modeline ait 2002-2021 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Tüm verilerin zamansal çözünürlüğü 1 ay; konumsal çözünürlüğü 1°×1° dir. Çalışma Karadeniz Bölgesine uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda GRACE/-FO misyonlarından ve GLDAS modelinden elde edilen TWS değerleri arasında ortalama %67 değerinde korelasyon hesaplanmıştır.

**Kelimeler:** GRACE/-FO, GLDAS, Su kaynakları, Trend analizi, Korelasyon testi

**COMPARISON OF TOAL WATER STORAGE VALUES OBTAINED  
FROM GRACE SATELLITE AND GLDAS MODEL**

**ABSTRACT**

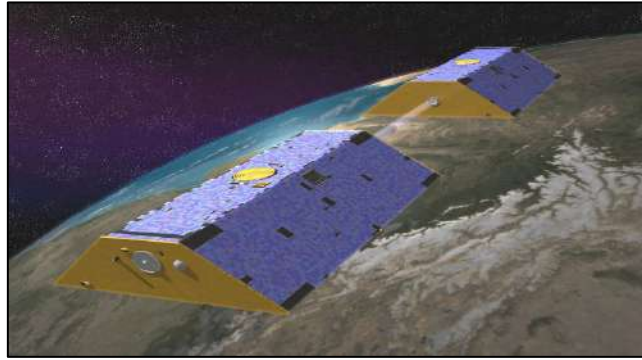
As a result of the changing environment and climate, monitoring of water resources has been an important field of study. CHAMP, GOCE, GRACE/-FO satellites have been developed with the main task of observing the gravity change, which is the basic principle in the examination of the change of water resources. After GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) was launched on March 17, 2002, the mission ended on October 27, 2017. For this reason, the GRACE-FO (Gravity Recovery and Climate Experiment Follow-On) satellite, as a continuation of the GRACE mission, was developed and started its duty on May 22, 2018. The aim of the study is to compare the TWS values obtained from the GRACE missions and the GLDAS model and to determine the correlation between them. The study includes trend analysis and correlation tests of TWS values obtained from GRACE and GLDAS models. In the study, between the years 2002-2017 of the GRACE satellite; The data of the GRACE-FO satellite between the years 2018-2021 and the data of the GLDAS (Global Land Data Assimilation System) model between the years 2002-2021 were used. The temporal resolution of all data is 1 month; Its spatial resolution is 1°×1°. The study was applied to the Black Sea Region. As a result of the analyzes made, an average of x% correlation was calculated between the TWS values obtained from the GRACE/-FO missions and the GLDAS model.

**Keywords:** GRACE/-FO, GLDAS, Water resources, Trend analysis, Correlation test

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünya'daki hidrolojik döngüde su kaynaklarının önemli bir rolü vardır. Su kaynakları; iklim değişiminin, kuraklığın, buzullardaki kayıpların izlenmesinde kaynakların kullanımı için ileriye dönük tahminlerle planlamaların yapılmasının ve buna benzer birçok alanda analizlerin yapılmasında etkilidir. Bu yüzden su kaynaklarındaki değişimin incelenmesi son derece önemlidir. Bu önem doğrultusunda su kaynaklarının izlenmesi ve araştırılması için birçok misyon geliştirilmiştir.

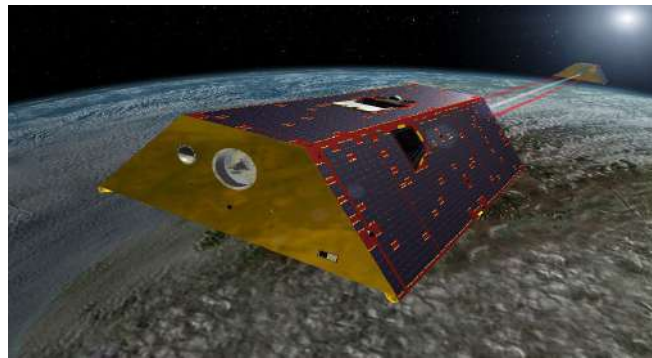
17 Mart 2002'den 12 Ekim 2017 tarihine kadar misyonunu devam ettiren ikiz uydu sistemi olan GRACE, ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Merkezi (NASA) ve Alman Havacılık ve Uzay Merkezi (DLR) tarafından ortaklaşa yürütülmüştür. Temel uydu misyonu Dünya'nın yerçekimi alanını ölçmek ve zamana bağlı olarak nasıl değiştiğini incelemektir. Bu misyon doğrultusunda GRACE Dünya'nın su kütlelerini, buzulların ve okyanusların hakkında gelişmiş analizler yaptı. Bu analizlerde en temel kaynak Dünya'nın yerçekimi alanındaki değişimdir [1]. GRACE uydusu birkaç yüz kilometrelik konumsal çözünürlüğe sahip, toprak katmanındaki su kütlelerinin tamamını içeren TWS (Total Water Storage-Toplam Su Kütleli) değerlerini sağlayan ilk uzaktan algılama misyonudur [2].



Şekil 1. GRACE uydusu (GRACE satellite) [3]

GRACE uydusu, Dünya yüzeyinden yüksekliği yaklaşık 500 km ve ekvatora eğikliği  $89^\circ$  olan, aralarında  $220 \pm 50$  km başlangıç mesafesi olacak şekilde tasarlanmış, biri önde diğeri arkada olacak şekilde konumlandırılmış ikiz uydudan oluşmaktadır (Şekil 1). Bu şekilde tasarlanmış olması GRACE uydusunun diğeri tüm gözlem uydularından ayıran temel farklılıktır.

GRACE uydusunun devamı niteliğinde tasarlanan GRACE-FO (Şekil 2), 22 Mayıs 2018 tarihinde NASA ve GFZ (Alman Yerbilimleri Araştırma Merkezi) tarafından ortak olarak başlatıldı. GRACE uydusuna çok benzeyen GRACE-FO, yaklaşık 490 km Dünya yüzeyinden yüksekliğe sahip, aralarında  $220 \pm 50$  km olan ikiz uydudan oluşmaktadır [4]. Ancak GRACE uydusundan farklı olarak gelecekteki misyonlar için LRI (lazer menzilli interferometri sistemi) eklendi. Bu da GRACE-FO uydusunu ilk uydular arası interferometrik misyon haline getirdi [5].



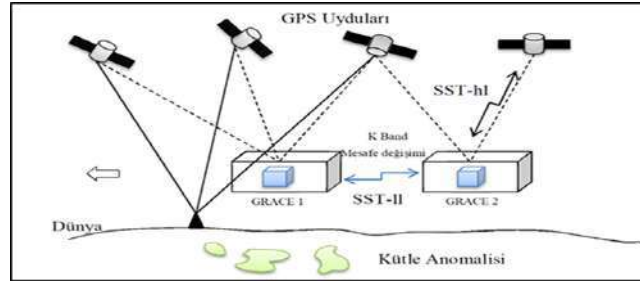
Şekil 2. GRACE-FO uydusu (GRACE-FO satellite) [6]

Bu misyonlar sayesinde bizler, dünya genelinde yerçekimi alanları, su kaynakları ve kuraklık gibi birçok alanda çalışmalar yapabilir, yapılan çalışmalar ile ileriye dönük tahminler yapabilir ve bu tahminler sonucu alınabilecek önlemlerin nasıl ve ne zaman hayata geçirilmesi gerektiği hakkında önemli sonuçlar elde edebiliriz.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

Yerçekimi alanının değişiminin belirlenmesinde GRACE ve GRACE-FO uydularında temel prensip ikiz uydu arasındaki mesafenin değişiminin belirlenmesidir. İki uydu arasındaki mesafenin değişmesi de uydunun üzerinden geçmekte olduğu bölgedeki yerçekimi alanının zaman bağlı değişimiyle ilgilidir. Öndeki uydu değişken yerçekimi alanına sahip bir bölgenin üzerinden geçerken normalde olması gereken konumdan çıkar ve arkada olan uydu ile arasındaki mesafe değişir [7]. Bu aradaki mesafeyi ölçmek için 2µm değişimi dahi belirleyebilecek hassasiyete sahip KBR mesafe ölçme sistemi kullanılır (Şekil 3).

Uyduların anlık olarak mutlak konumlarının belirlenmesi için GPS, uydulara yerçekimi haricinde etki eden etmenlerin ölçülmesi için ACC, uyduları yönlendirebilmek için SCA, uydunun yörüngesinin hassas bir şekilde belirlenmesinde ve doğrulanmasında LRR sistemi kullanılır.



Şekil 3. GRACE ölçme sistemi (GRACE measuring system) [8]

GRACE/-FO uydu misyonlarında üç farklı Bilimsel Veri Merkezi (SDS) vardır. Bunlar CSR (Center for Space Research), GFZ (GeoForschungs Zentrum) ve JPL (Jet Propulsion Laboratory) olarak sıralanabilir. Bu merkezler en son olarak Seviye-3 veri paylaşımında bulunmaktadır. Bu verilere GFZ ISDC (Integrated System Data Center) ve JPL PODAAC (Physical Oceanography Distributive Active Data Center) web adreslerinden erişilebilir.

### 2.1 GRACE Uydu Gözlemleri ve GLDAS Modelinden Toplam Su Kütlesi Değerlerinin Elde Edilmesi (Obtaining Total Water Storage Values from GRACE Satellite Observations and GLDAS Model)

Analiz için Karadeniz Bölgesi belirlenmiş olup veriler bu bölgeyi içerecek şekilde yeniden hazırlanmıştır. Uydu misyonlarının grid yapısı kullanılarak toplamda 13 grid (1° × 1°) oluşturulmuştur. Çalışmada GRACE, GRACE-FO uydu misyonlarından ve GLDAS Noah modelinden elde edilen toplam su kütlesi (TWS-Total Water Storage) verileri kullanıldı.

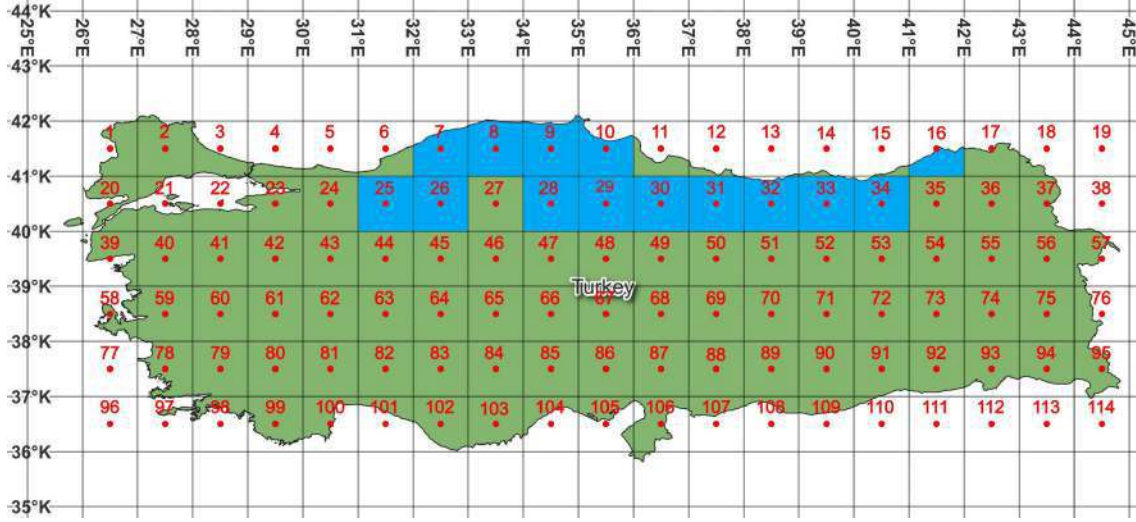
GRACE/-FO TWS değerleri yüzey suları, kar, toprak nemi ve yeraltı sularının tamamını içermektedir (Eş.1).

$$\Delta \text{GRACE TWS} = \Delta \text{W Surface water} + \Delta \text{W Soil water} + \Delta \text{W Snow} + \Delta \text{W Groundwater} \quad (1)$$

GRACE/-FO TWS verilerine zamansal çözünürlüğü aylık; konumsal çözünürlüğü ise 1 derece enlem x 1 derece boylam olacak şekilde PODAAC resmi adresi üzerinden netCDF formatında erişilmiştir. Elde edilen TWS değerlerine trend analizi yapılmıştır.

GLDAS (Global Land Data Assimilation System), NLDAS (North American Land Data Assimilation System) ve FLDAS (Famine Early Warning Systems Network (FEWS NET) Land Data Assimilation System) vb. modeller NASA tarafından kara veri asimilasyon sistemleri olarak hazırlanmaktadır. Bu çalışmada GLDAS modelinden zamansal çözünürlüğü aylık; konumsal çözünürlüğü ise 1 derece enlem x 1 derece boylam olan TWS verileri GES DISC (NASA Goddard Earth Science Data and Information Services Center) resmi adresi üzerinden netCDF formatında elde edilmiştir. GLDAS Noah TWS değerleri toprak nemi, kar ve toplam kanopi su kütlesini içermektedir. GLDAS Noah TWS değerleri GRACE/-FO TWS değerleri ile karşılaştırılması mümkündür. Ancak

GLDAS modelinden elde edilen TWS değerlerinde yerlatı su kütlelerinin ve nehir, akarsu gibi yüzey sularının olmadığına dikkat etmek gerekmektedir. Bu nedenle de değerler arasında sapmalar gözlemlenebilir. Ayrıca GLDAS modeli GRACE/-FO uydularının sahip olduğu gibi bir dinamik buzul modeline sahip olmadığından dolayı buz tabakaları halinde olan bölgelerden elde edilen değerler gerçeği yansıtmayacaktır (URL).

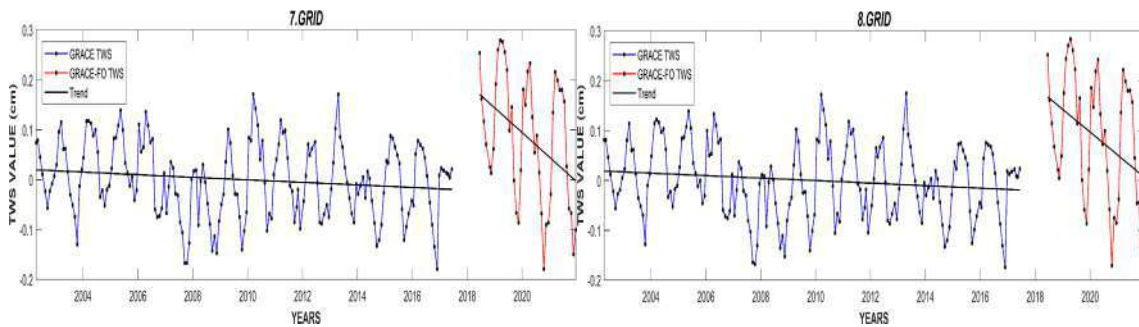


Şekil 4. GRACE uydusunun Türkiye üzerindeki grid dağılımı ve çalışmada kullanılan gridler (Grid distribution of GRACE satellite over Turkey and grids used in the study)

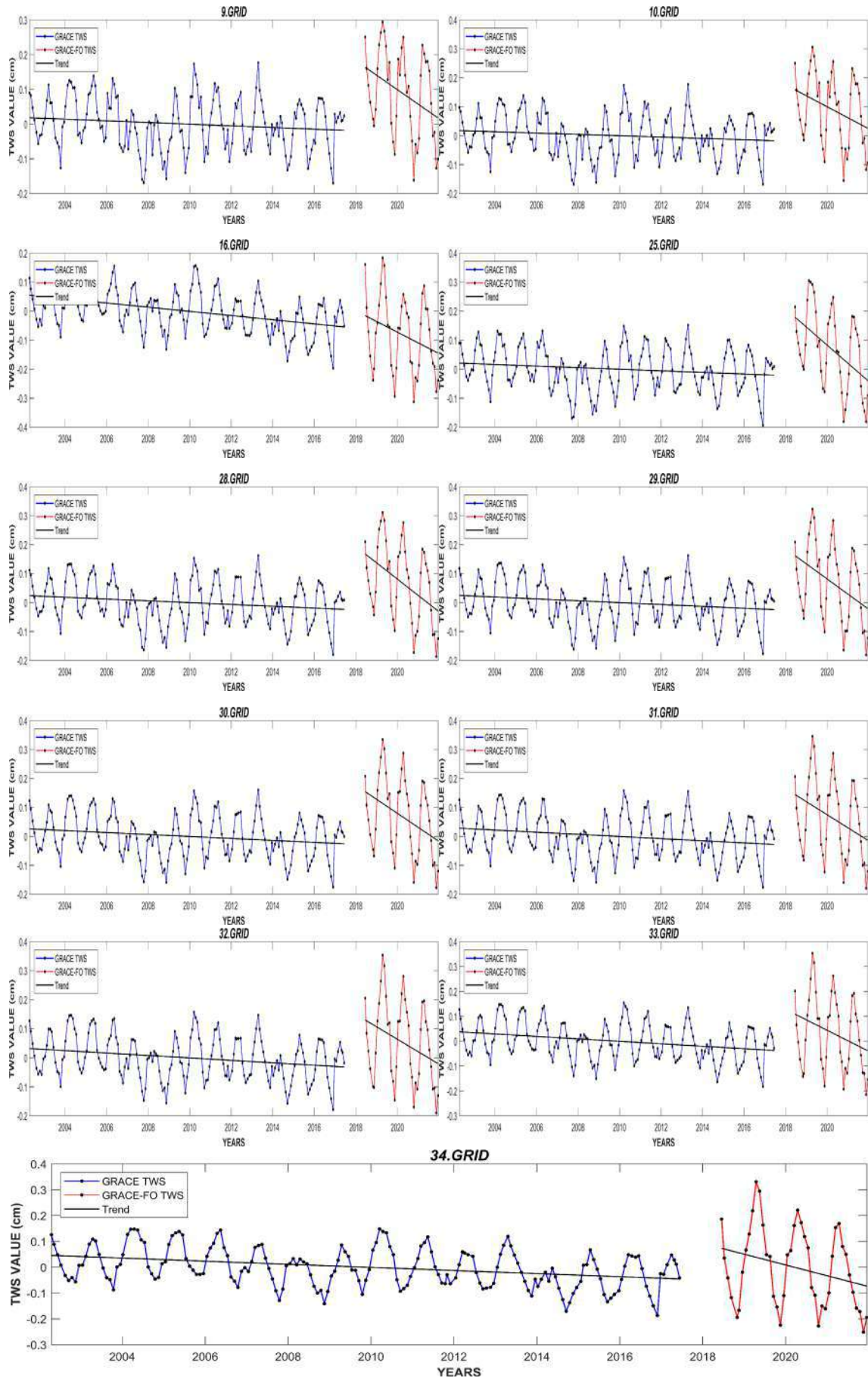
İki farklı misyondan elde edilen TWS verileri ilk olarak seçilen bölgeye yani Karadeniz Bölgesini içerecek şekilde yeniden hazırlanmıştır. Verilerin içerisindeki boşluklar klasik entepolasyon yöntemiyle doldurulmuştur. Ancak GRACE ve GRACE-FO misyonları arasındaki veri boşluğu (11 ay) doldurulmamıştır. Bunun nedeni analizi yapılacak verinin orijinalliğinin bozulmamasının istenmesidir. Oluşturulan 13 gride (Şekil 4) ayrı ayrı trend analizi yapılarak TWS değerlerindeki eğilim gözlemlenmiştir. Daha sonra bu iki misyonun sağlamış olduğu TWS değerleri aralarındaki ilişki Pearson korelasyon katsayısı ile hesaplandı. Her bir gride ait korelasyon değerleri elde edilmiş oldu.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Elde edilen verilere ilk olarak trend analizi yapılarak Karadeniz Bölgesine ait gridlerin zaman serisi grafikleri elde edildi. Aşağıda her bir gride ait zaman serisi grafiği verilmiştir (Şekil 5).

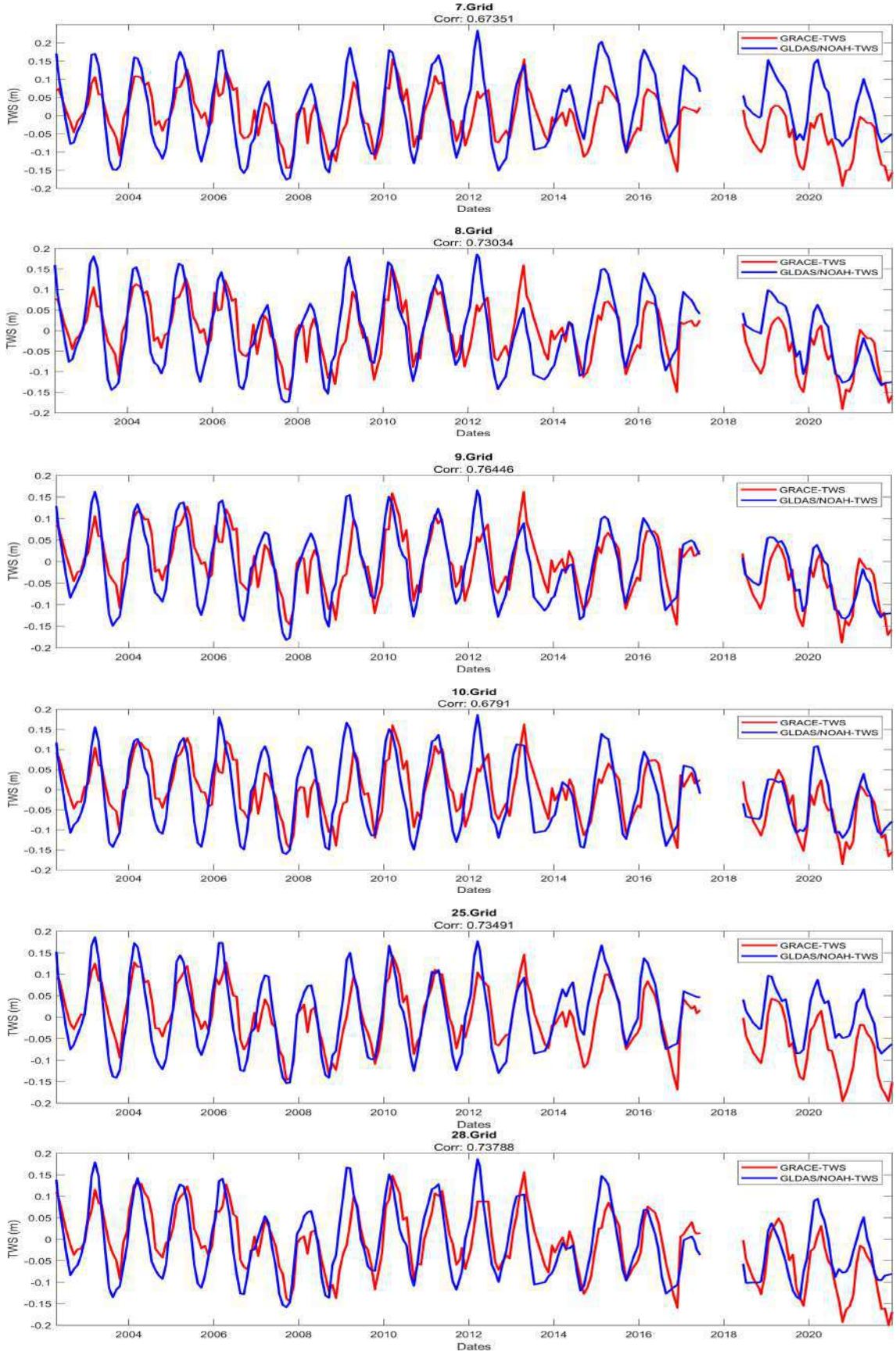


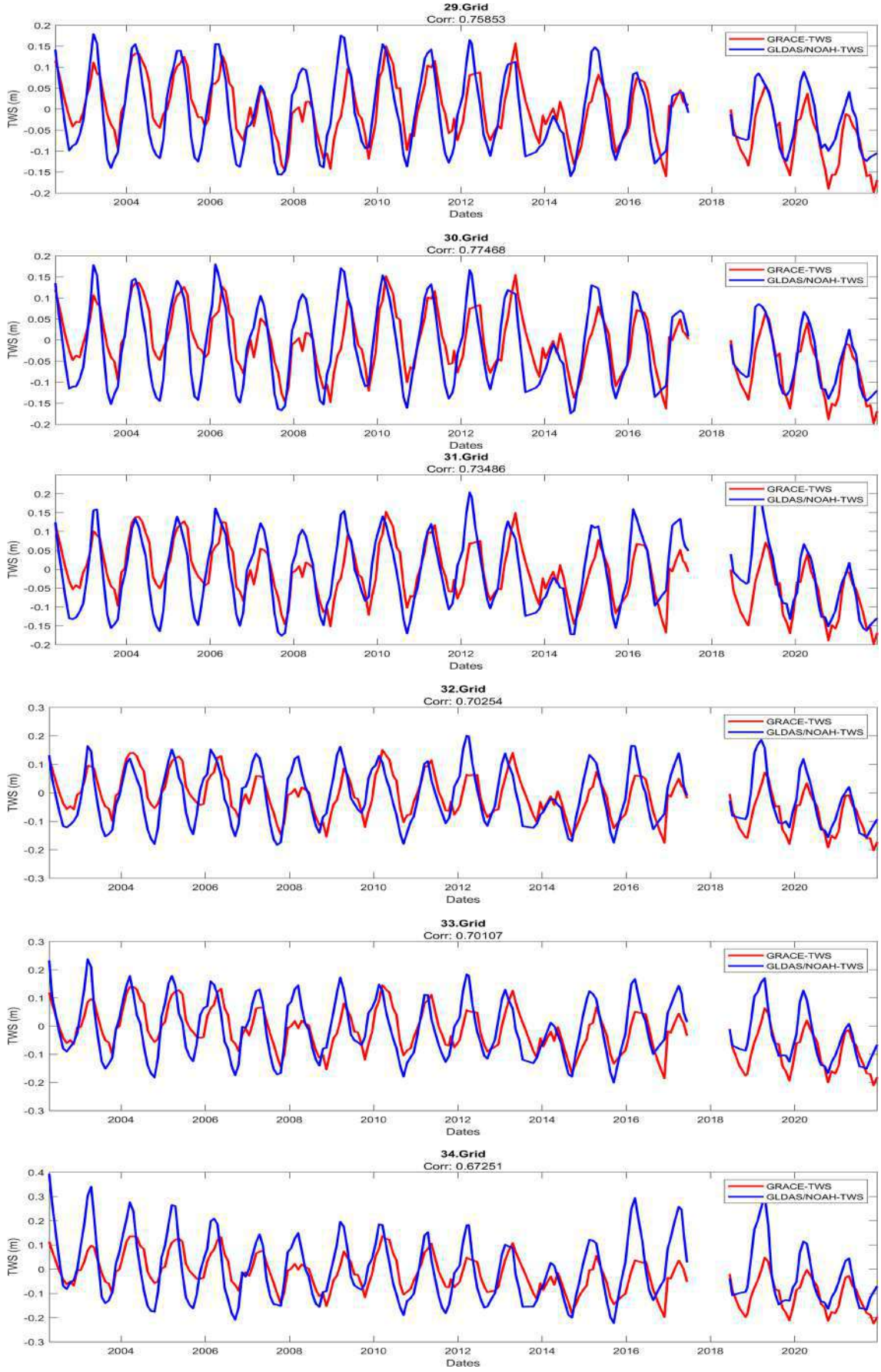




Şekil 5. GRACE TWS değerlerinin zaman serisi grafikleri (Time series graphs of GRACE TWS values)

GLDAS Noah TWS değerleri ve GRACE/-FO uydu TWS değerlerinin arasındaki pearson korelasyon katsayıları hesaplandı ve iki veriye ait zaman serisi grafikleri elde edildi (Şekil 6).





Şekil 6. GRACE/-FO ve GLDAS Noah TWS arasındaki korelasyon (Correlation between GRACE/-FO and GLDAS Noah TWS)

Tablo 1. Gridlere ait TWS değerleri arasındaki korelasyon değerleri (Correlation values between the TWS values of the grids)

Grid No	GRACE/-FO ve GLDAS TWS Kolerasyon Katsayısı	Grid No	GRACE/-FO ve GLDAS TWS Kolerasyon Katsayısı
7	0.67351	29	0.75853
8	0.73034	30	0.77468
9	0.76446	31	0.73486
10	0.6791	32	0.70254
16	0.42959	33	0.70107
25	0.73491	34	0.67251
28	0.73788		

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan analizler sonucunda GRACE ve GRACE-FO uydularından elde edilen TWS verileri ortalama -0.41 mm/ay; GLDAS Noah modelinden elde edilen TWS verileri ortalama -0.11 mm/ay değerinde azalış eğiliminde oluğu gözlenmiştir. Bu nedenle Karadeniz

GLDAS Noah modelinden elde edilen TWS değerleri ile iyi derecede bir korelasyona sahip olduğu gözlenmiştir. İki misyonun sağlamış olduğu TWS değerleri içerdikleri bileşenler açısından farklı olsa da aralarında ortalama %67 pozitif bir korelasyonun olduğu hesaplanmıştır. Tablo 1 tüm gridlere ait korelasyon değerlerini göstermektedir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] URL-1 <https://podaac.jpl.nasa.gov/GRACE?tab=missionobjectives&sections=about%2Bdata>. 14.06.2022
- [2] Frappart, F., ve Ramillien, G., 2018. Monitoring Groundwater Storage Changes Using The Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) Satellite Mission: A Review. *Remote Sensing*, 10, 6, 829.
- [3] URL-2 [https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/images/largesize/PIA04235\\_hires.jpg](https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/images/largesize/PIA04235_hires.jpg). 14.06.2022
- [4] URL-3 <https://podaac.jpl.nasa.gov/GRACE-FO?tab=mission-objectives&sections=about%2Bdata> 17.06.2022
- [5] Kornfeld, P. R., Arnold, B. W., Gross, A. M., Dahya, T. N. ve Klipstein, W. M., 2019. GRACE-FO: The Gravity Recovery and Climate Experiment Follow-On Mission. *Journal of Spacecraft and Rockets*, 56, 3, 931-951.
- [6] URL-4 <https://gracefo.jpl.nasa.gov/mission/overview/>. 18.06.2022
- [7] Simav, M., Yıldız, H., Arslan, E., 2013. GRACE Uydu Verileri ile Yer Sistemi İçerisindeki Kütle Değişimlerinin İzlenmesi, 149, 15-27.
- [8] Yıldırım, Ö., Y., GRACE Uydu Verileri ile Türkiye'nin Uzun Dönemli Su Kütle Değişiminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, GTÜ, Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Kocaeli.



## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium 1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

# FeWBCr ESASLI SERT YÜZEY DOLGU ALAŞIMININ İNCELENMESİ

Orhan AKYILDIZ<sup>1,\*</sup>, Bülent KILINÇ<sup>2</sup>, Uğur ŞEN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Orhan AKYILDIZ, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Bülent KILINÇ, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

<sup>3</sup>Uğur ŞEN, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [orhanakyildiz54@gmail.com](mailto:orhanakyildiz54@gmail.com)

## ÖZET

Bu çalışmada Fe, W, B, Cr esaslı sert yüzey dolgu alaşımının mikroyapı ve sertliği incelenmiştir. Bu amaçla Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr bileşiminde elektrik ark elektrodu üretilmiş ve AISI 1010 çelik altlığın üzerine tek paso kaynak uygulanmıştır. Kaynak işlemi sonrasında oluşan mikroyapı in-situ olarak sert borür fazlarının oluştuğu gözlenmiştir. Mikroyapı incelemeleri kaplama tabakasında, ötektik öncesi primer ferrit ( $\alpha$ -Fe-Cr) masif fazıyla birlikte ötektik ( $\alpha$ -(Fe,Cr)), ((Fe,Cr,W)<sub>23</sub>(C,B)<sub>6</sub>) ve karbo-borür ((W,Fe,Cr)<sub>2,3</sub>(B,C)) fazlarından oluşan üç ayrı bölge gözlemlenmiştir. Sertlik testi ile sert dolgu sonrasında sertlik değerlerinde önemli bir artış olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sert yüzey kaplama, elektrik ark, borür

## INVESTIGATION OF FeWBCr BASED HARDFACING ALLOY

### ABSTRACT

In this study, the microstructure and hardness of Fe, W, B, Cr based hard surface alloys were investigated. For this purpose, electric arc electrode in Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr composition was produced and single pass welding was applied on AISI 1010 steel substrate. It was observed that hard boride phases were formed in-situ in the microstructure formed after the welding process. Microstructural investigations revealed that eutectic ( $\alpha$ -(Fe,Cr)) ((Fe,Cr,W)<sub>23</sub>(C,B)<sub>6</sub>) and carbo-boride ((W,Fe,Cr)<sub>2,3</sub>(B,C)) phases were observed in three different regions. With the hardness test, it was determined that there was a significant increase in the hardness values after hardfacing.

**Keywords:** Hardfacing, electric arc, boride

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sert yüzey dolgu kaynak yöntemi, kaynak işlemi kadar eskidir ve ilk olarak J.W. Spencer tarafından uygulanmıştır. Bu yöntemin avantajı diğer yöntemlere göre gözenek ve diğer kusurlar olmadan kolayca uygulanmasıdır. Bir başka avantajı ise sert dolgu işlemi sahada dahi uygulanabilmektedir [1].

Makine parçalarının aşınması, endüstride karşılaşılan en yaygın sorunlardan birisidir. Sert dolgu işlemi, metal altlık üzerinde çeşitli metal ve alaşımların sert ve aşınmaya dayanıklı yüzey tabakası üretebilen çok yönlü bir tekniktir. Sadece aşınmaya dayanım değil, aynı zamanda korozyon ve yüksek sıcaklıkta oksidasyonu önlemeye de yardımcı olur [2]. Metal matris fazından, karbürlerden ve borürlerden oluşan ve kompozit yapıya sahip olan bu kaplamalar, üstün korozyon ve aşınma direncinden dolayı endüstriyel uygulamalarda çok fazla tercih edilir [3].

Son yıllarda, düşük maliyet ve mükemmel mekanik özellikleri nedeniyle ötektoid üstü Fe-Cr-C alaşımları havacılık alanında kullanılmaya çalışılmıştır. Ancak yoğunluktaki dezavantajı nedeniyle ötektoid üstü Fe-Cr-C

alaşımları komple imalattan ziyade kaplama şeklinde uygulama için daha uygundur. Püskürtme, galvanik kaplama, magnetron püskürtme ve lazer kaplama gibi diğer yöntemlere göre yüksek verimlilik, olağanüstü kolaylık ve birleştirme performansı nedeniyle en yaygın olanı Kabul edilir [4]. Sert dolgu alaşımlama işlemi; elektrik ark kaynağı [2], tungsten inert gaz kaynağı (TIG) [5], plazma kaynağı [6] ve lazer kaynağı [7] gibi çeşitli kaplama yöntemleriyle gerçekleştirir.

Bu çalışmada Fe-W-B-Cr esaslı örtülü elektrotlar geliştirilmiş ve elektrik ark kaynağı yöntemiyle düşük karbonlu çelik altlık üzerine kaplama yapılmıştır. Kaplama sonrası yüzeyde oluşan tabakaların mikroyapı, faz analizleri sertlikleri incelenmiştir.

## 2. DENEYSEL YÖNTEM (EXPERIMENTAL METHOD)

Bu çalışmada, Tablo 1’de kimyasal bileşimi verilen örtülü sert dolgu elektrodunun üretimi yapılmış ve çelik altlık malzeme yüzeyine kaplanmıştır. Elektrodun örtüsünde Aveks Ltd. Şti. ve ARMCO Co. firmalarından tedarik edilen, kimyasal bileşimi Tablo 2’ de verilen ferro alaşım tozları kullanılmıştır.

Tablo 1. Elektrodun kimyasal bileşimi (% at.) (Chemical composition of electrode)

Bileşim	W	Cr	B	Fe
Fe <sub>15</sub> WCrB <sub>3</sub>	5	5	15	Kal.

Tablo 2. Ferro alaşım tozlarının kimyasal bileşimi (% ağı.) (chemical composition of ferroalloy powders)

Toz	W	Cr	B	Si	C	Mn	Fe
Ferro-tungsten	77,98	-	-	0,56	0,107	0,057	Kal.
Ferro-krom	-	70,00	-	0,44	0,1	-	Kal.
Ferro- bor	-	-	18,58	0,39	0,312	0,065	Kal.
Demir tozu	-	-	-	-	-	-	99,99

Çekirdek metal olarak ise kimyasal bileşimi Tablo 3’te verilen H08A düşük karbonlu çelik çubuk kullanılmıştır. Kaynak işlemi esnasında elektrodun görevini yerine getirebilmesi için örtü içerisine ağırlıkça %5 olacak şekilde flaks (TiO<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, potasyum aljinat ve potasyum titanat) malzemeleri eklenmiştir. Ayrıca elektrot üretiminde kullanılan tozların çekirdek metal yüzeyine tutunabilmesi için örtü bileşimine ağırlıkça %20 oranında potasyum silikat (K<sub>2</sub>O.SiO<sub>2</sub>) ilavesi yapılmıştır.

Tablo 3. Çekirdek metalin kimyasal bileşimi (% ağı.) (chemical composition of core metal)

Çekirdek metal	C	Cr	Mn	Si	P	S	Fe
H08A	<0,1	0,064	0,37	0,1	<0,02	<0,02	Kalan

Firmalardan kayaç halinde tedarigi sağlanan ferro alaşımlar 100 µm elek altı olacak şekilde halkalı değirmende öğütülmüştür. Ardından elektrot bileşimi hesabı için özel olarak hazırlanan program çerçevesinde tartımı yapılacak olan toz miktarları belirlenmiş ve toz tartım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tartım yapılan tozlar ilk olarak kuru karıştırma ardından da yaş karıştırma işlemlerine tabi tutularak viskoz bir çamur elde edilmiştir. Elde edilen viskoz çamur elektrot üretimi için özel olarak hazırlanan ve çapı 5,5 mm olan kalıp içerisine alınmış ve ardından çapı 2,5 mm olan çekirdek çubuk kalıp içerisindeki viskoz çamur içerisinden geçirilmiştir. Nihai şeklini almış olan elektrotlar 24 saat süre ile oda sıcaklığında bekletilmiştir. Ardından 350 °C’de 2,5 saat bekletilerek üretimi tamamlanmış ve kaynak işlemi için hazır hale getirilmiştir.

Çalışma kapsamında üretilen elektrotlar kimyasal bileşimi Tablo 4'te verilen ve 70\*30\*8 mm olarak ölçülendirilmiş olan AISI 1010 çelik altlıklar üzerine kaplanmıştır. Kaplama işlemleri; Magmaweld RD 650 E elektrik ark kaynağı makinesi ile 125 A kaynak akımı, 25V kaynak gerilimi, 0,3 m/dk kaynak hızında doğru akım ters kutuplama olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

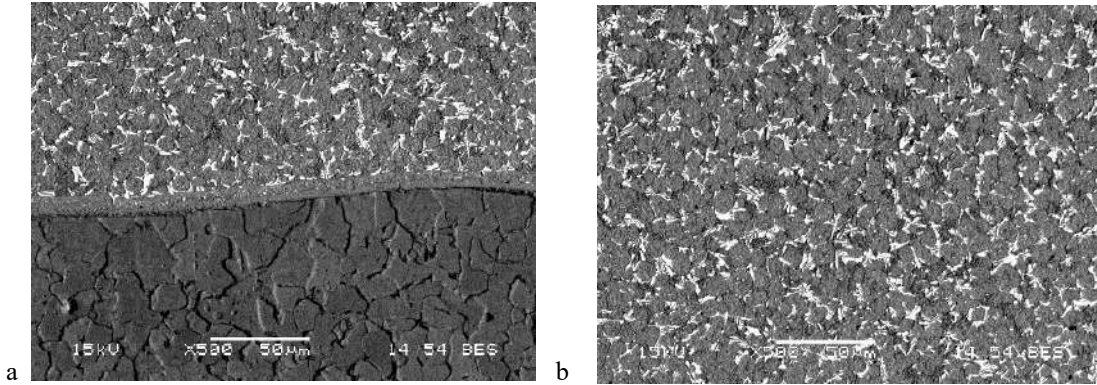
Tablo 4. Altlık metalin kimyasal bileşimi (% ağı.) (chemical composition of base metal)

Altlık	C	Mn	Si	P	S	Fe
AISI 1010	0,09	0,4	0,024	0,026	0,022	Kalan

Kaplama işlemlerinin ardından numuneler incelemeler için uygun ölçülerde kesilmiş, 1200 kum SiC zımparaya kadar zımparalanmış ve 0,3 µm alümina pasta ile parlatılmıştır. Mikroyapı incelemeleri için kullanılacak olan numuneler %3 lük Nital çözeltisi ile dağlanmış. Mikroyapı incelemeleri JEOL JSM-6060 LV taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile gerçekleştirilmiştir. Noktasal ve bölgesel olarak elementel analiz işlemleri ise SEM'e entegre halde bulunan IXRF System INC. enerji dağılım spektroskopisi (EDS) ile yapılmıştır. Faz analizlerinde ise RIGAKU D/MAX/2200/PC x-ışınları difraktometresi (XRD)(CuKα λ=1,5408 Å) kullanılmıştır. Kaplamanın sıralı sertlik değerlerinin belirlenmesinde FutureTech FM700 mikro sertlik cihazı kullanılmıştır. Sıra sertlik testleri kaynak dikişinden itibaren 0.2 mm aralıklarla Vickers (Hv<sub>0.2</sub>) cinsinden ölçülmüştür.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

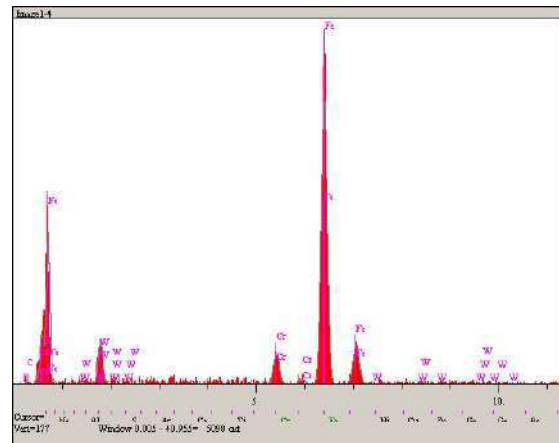
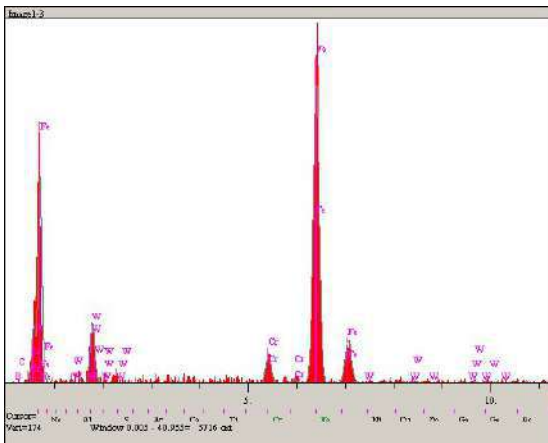
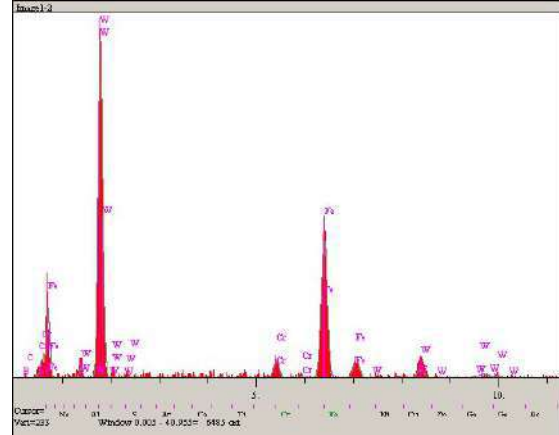
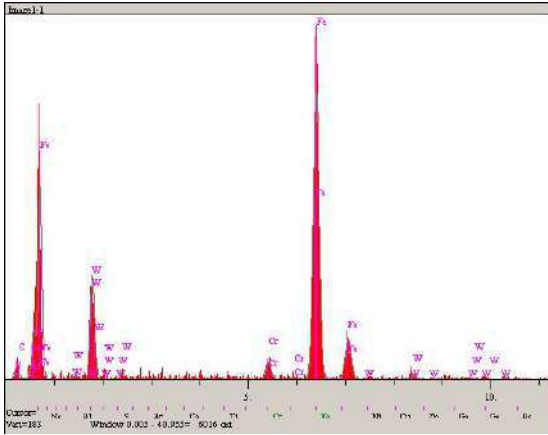
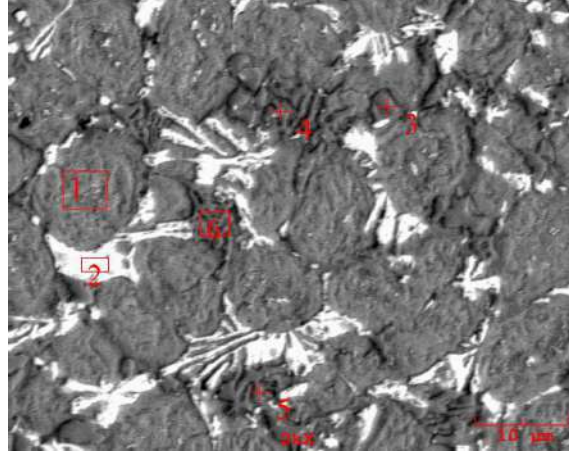
Şekil 1' de Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr bileşimli elektrot ile tek paso sert yüzey kaplanmış numunenin kaplama arayüzeyine ve kaplama tabakasına ait SEM görüntüleri verilmiştir. Şekil 1 (a)' da görüldüğü üzere sert kaplama tabakasının altlık ile metalürjik bir bağlanma sergilediği görülmektedir. Yapılan ölçümler sonucunda kaplama tabakasının kalınlığının yaklaşık 3-4 mm arasında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu tabakanın porozitesiz ve düzgün bir yüzeye sahip olduğu da belirlenmiştir. Ayrıca mikroyapıda kaplama tabakası, ara yüzey ve altlıktan oluşan üç farklı bölge açık bir şekilde ayırt edilebilmektedir.



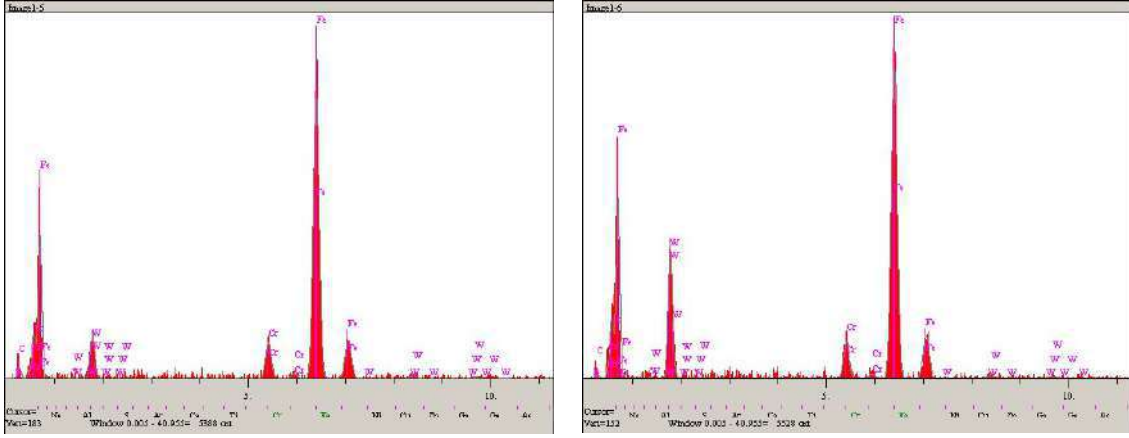
Şekil 1. Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr esaslı kaplamanın (a) kaynak arayüzeyi ve (b) kaynak bölgesi görüntüleri (Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr-based coating images of (a)welding interface and (b)welding area)

Şekil 1 (b)' de çelik altlık üzerine kaplanmış tabakanın SEM görüntüsü incelendiğinde, genel olarak, beyaz, açık gri ve koyu gri olmak üzere üç farklı bölgenin bulunduğu görülmektedir. Bu bölgelerin ötektik öncesi primer ferrit (α-Fe) masif fazıyla birlikte ötektik ve karbo-borür fazlarından oluştuğu düşünülmektedir. Şekil 2' de verilen EDS analizleri sonucunda kaplama tabakasındaki bu üç bölgede de Fe, Cr ve W elementlerinin varlığı tespit edilmiştir. Bu fazlarda yer alan Fe, Cr ve W elementleri kafes içerisinde birlikte bulunmaktadır. Ayrıca kantitatif olarak elde edilememesine rağmen; yapı içerisinde B ve C elementlerinin varlığı kalitatif olarak EDS analizlerinde görülmektedir. 1 numaralı EDS ölçümü açık gri bölgeden alınmış ve önemli oranda C ve B içermediği

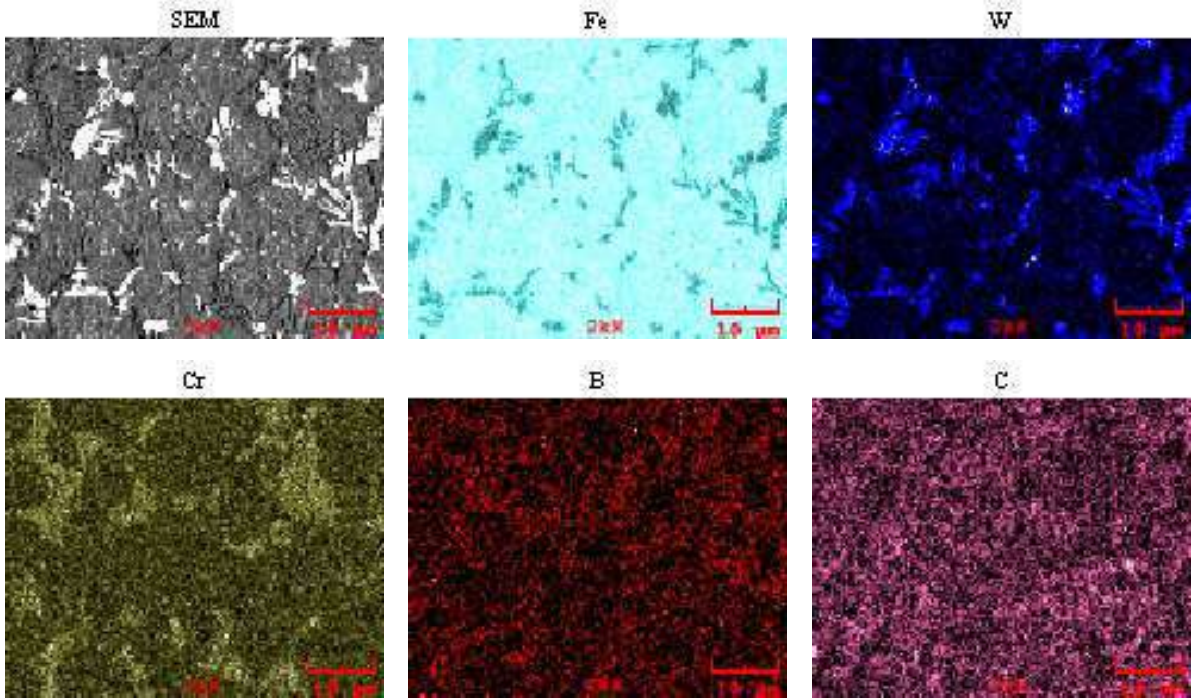
görülmüştür. Bu bölgelerin primer ferrit ( $\alpha$ -Fe,Cr) fazları olduğu düşünülmektedir. Şekil 4’ te verilen X-ışınları analizlerinde tespit edilen  $\alpha$ -(Fe,Cr) fazı bu düşünceyi desteklemektedir. 4 ve 6 numaralı EDS ölçümleri koyu gri bölgelerden alınmış ve Fe, Cr ve W elementleri ile beraber C ve B elementlerini de içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca Şekil 3’ te verilen MAP analizlerinde bu bölgelerde Cr içeriğinin yoğun olduğu görülmektedir. X-ışınları analizi sonucunda bu bölgelerin (Fe,Cr,W)<sub>23</sub>(C,B)<sub>6</sub> fazından oluştuğu düşünülmektedir. Beyaz bölgeden alınan 2 numaralı EDS ölçümü sonucunda W elementinin bakımından zengin olduğu, Fe ve Cr elementlerini de içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca C ve B elementlerinin varlığı da söz konusudur. Bu durum MAP analizinde de net olarak görülmektedir. X-ışınları analizleri doğrultusunda bu bölgelerin (W,Fe,Cr)<sub>2,3</sub>(B,C) fazından oluştuğu düşünülmektedir. AISI 1010 çelik yüzeyinde üretilen Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr esaslı kaplamanın X-ışınları analizi sonucunda  $\alpha$ -(Fe,Cr), (Fe,Cr,W)<sub>23</sub>(C,B)<sub>6</sub> (W,Fe,Cr)<sub>2,3</sub>(B,C) fazlarından oluştuğu tespit edilmiştir. Kaplama içerisinde oluşan karbo-borür yapıların literatür çalışmaları ile uyumlu olduğu görülmektedir [8-10].



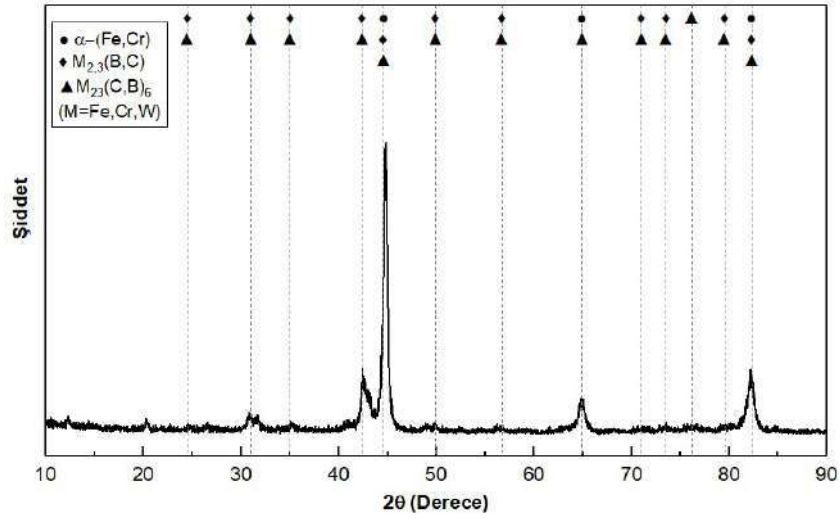




Şekil 2. Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr esaslı kaplamanın SEM görüntüsü ve EDS analizleri (SEM images and EDS analysis of Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr based coating)

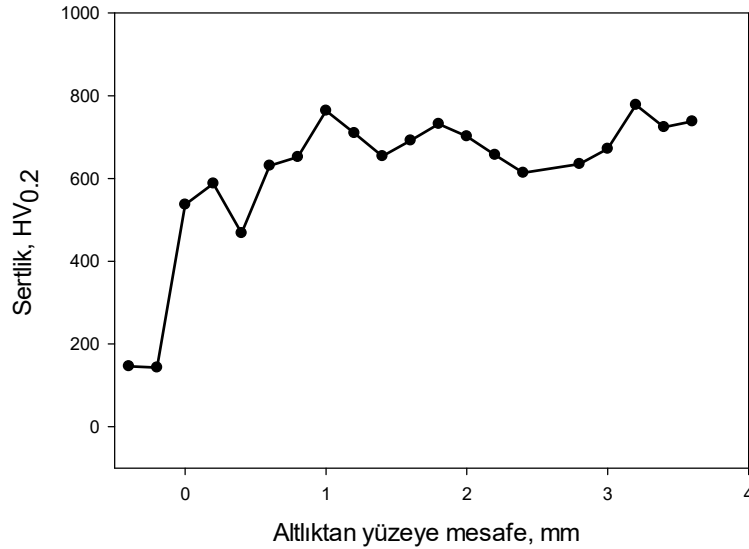


Şekil 3. Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr kaplama tabakasının elementel dağılım haritası (Elemental distribution map of the Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr coating layer)



Şekil 4. Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr esaslı kaplamanın XRD analizi

Şekil 5'te, Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr bileşimine sahip elektrot ile elde edilen kaplama tabakasının altlıktan yüzeye sıra sertlik değerleri verilmiştir. Grafik incelendiğinde beklendiği şekilde altlıktan kaplama tabakasına gidildikçe sertlik değerlerinin önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Ayrıca kaplama tabakasında yapılan sertlik ölçümleri sonucunda kısmi dalgalanmalar olduğu görülmektedir. Bu dalgalanmaların sebebi kaplama mikroyapısında bulunan sert borür fazlarından ileri gelmektedir [11].



Şekil 5. Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr esaslı kaplamanın altlıktan yüzeye kadar kesitten alınan sıralı sertlikleri

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr bileşimine sahip sert yüzey alaşım tabakası AISI 1010 altlık çelik yüzeyinde elektrik ark kaynak yöntemi ile başarılı bir şekilde oluşturulmuştur. Elde edilen kaplama tabakasının kalınlığı yaklaşık olarak 4-5 mm arasındadır ve altlık ile metalürjik bir bağ oluşmuştur. Mikroyapı incelemeleri kaplama tabakasında, ötektik öncesi primer ferrit ( $\alpha$ -Fe-Cr) masif fazıyla birlikte ötektik ( $\alpha$ -Fe,Cr), ((Fe,Cr,W)<sub>23</sub>(C,B)<sub>6</sub>) ve karbo-borür ((W,Fe,Cr)<sub>2,3</sub>(B,C)) fazlarından oluşan üç ayrı bölge gözlemlenmiştir. Fe<sub>15</sub>WB<sub>3</sub>Cr esaslı kaplamanın X-ışınları

analizi sonucunda  $\alpha$ -(Fe,Cr), (Fe,Cr,W)<sub>23</sub>(C,B)<sub>6</sub> (W,Fe,Cr)<sub>2,3</sub>(B,C) fazlarından oluştuğu tespit edilmiştir. Sıra sertlik testi ile kaplama sonrasında sertlik değerlerinde önemli bir artış olduğu tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR ( REFERENCES)

1. Roy, M., (2013). Surface engineering for enhanced performance against wear.
2. Xin-hong Wang, Fang Han, Shi-yao Qu, Zeng-da Zou (2008). Microstructure of the Fe-based hardfacing layers reinforced by TiC-VC-Mo<sub>2</sub>C particles
3. Hülya Durmuş, Nilay Çömez, Canser Gül, Melis Yurddaşkal, Metin Yurddaşkal (2018). Wear performance of Fe-Cr-C-B hardfacing coatings: Dry sand/rubber Wheel test and ball-on-disc test. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials.
4. Jian Yang, Xiaoru Hou, Peng Zhang, Yefei Zhou, Yulin Yang, Xuejun Ren, Qingxiang Yang (2016). Mechanical properties of the hypereutectoid Fe-Cr-C hardfacing coatings with different nano-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> additives and the mechanism analysis. *Materials Science & Engineering A* (2016) 346-354
5. Sakiru, A., , M.A. Maleque, & M. Shahjahan, (2015). Thin surface layers of iron-based alloys deposited by TIG hardfacing. Tribology Online, 10(6), 434–440.
6. Xibao, W., , W. Xiaofeng, & S. Zhongquan, (2005). The composite Fe-Ti-B-C Coatings by PTA powder surfacing process. Surface and Coatings Technology, 192(2–3), 257–262.
7. Du, B., , Z. Zou, , X. Wang, & S. Qu, (2008). In situ synthesis of TiB<sub>2</sub>/Fe composite coating by laser cladding. Materials Letters, 62(4–5), 689–691.
8. Yekta Yavuz (2018). Fe-Cr-W-B-C Esaslı Sert Dolgu Örtülü Elektrot Üretimi ve Karakterizasyonu.
9. Inoue, A. Masumoto, T. 1980. Carbide Reactions (M<sub>3</sub>C-->M<sub>7</sub>O<sub>3</sub>->M<sub>23</sub>O<sub>6</sub>->M<sub>6</sub>C) During Tempering of Rapidly Solidified High Carbon Cr-W and Cr-Mo Steels, American Society for Metals and The Metallurgical Society of Aime, Volume 2A, MAY 1980-739.
10. Lentz, J. Röttger, A. Theisen, W. 2018. Hardness and modulus of Fe<sub>2</sub>B, Fe<sub>3</sub>(C,B), and Fe<sub>23</sub>(C,B)<sub>6</sub> borides and carboborides in the Fe-C-B system Materials Characterization, 135 (2018) 192–202.
11. Engin Kocaman, Bülent Kılınç, Şaduman Şen, Uğur Şen (2021). Krom içeriğinin Fe (18-X) CrXB<sub>2</sub> (X: 3,4,5) sert dolgu elektrotunda mikroyapı, aşınma ve korozyon davranışı üzerindeki etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 36/1 177-190.



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**OPTIMIZING ROUTING WITH MOD-AOMDV FOR LOAD BALANCING ON  
MANET**

Ala Alden Algn<sup>1,\*</sup>, Mehmet Emin Tenekeci<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ala Alden Algn, Department of Computer Engineering, Harran University, Turkey

<sup>2</sup> Mehmet Emin Tenekeci, Department of Computer Engineering, Harran University, Turkey

\*Corresponding author; E-Mail: [alaaalgn@gmail.com](mailto:alaaalgn@gmail.com)

**ABSTRACT**

Load balancing between wireless nodes is essential in Mobile Ad Hoc Network (MANET) where MANETs suffer from many problems such as wireless nodes power consumption, congestion, and data overload. MANET's network performance degrades due to these issues and becomes unstable. The most common way to achieve load balancing in MANETs is to use a multipath routing protocol so that the data load is distributed among the multiple paths. In this paper, we proposed a multipath routing protocol called Mod-AOMDV to improve the performance of AOMDV multipath routing protocol, The Mod-AOMDV protocol is a modified version of AOMDV that was developed by us to take into account the backup paths as real paths that can be used at the same time in proportion to the channel width and occupancy, so real load distribution as it works to send data on three channels at the same time instead of one channel as it is in the AOMDV protocol. We analyzed the performance of the proposed Mod-AOMDV routing protocol and compared it with the base protocol by NS2 Network Simulator Version 2.35. Experimental results show an outperformance of the proposed protocol compared to the original protocol in throughput, time delay and PDF performance measures.

**Keywords:** MANETs, Load Balancing, Performance Improvement, NS2 Network Simulator, Optimizing Route

## 1. INTRODUCTION

Multipath routing protocols create multiple paths between source and destination node, these multiple paths between source and destination node are used in order to compensate for a path failure that can occur due to the dynamic nature and unexpected changes of mobile wireless networks [1].

The MANET is a group of mobile nodes that are connected to each other via wireless links, forming a network without infrastructure and without any central administration. MANETS Networks offers many applications in many fields such as the military, rescue and emergency operations. The topology of the wireless network changes dynamically due to the freedom of mobile wireless nodes to randomly move. Wireless nodes act as sender, receiver and intermediate router in transferring data between the source and destination node depending on the state of the network.

In order to achieve stable network performance, it is necessary to achieve load balancing in the mobile wireless network, which leads to improved performance of this type of network.

The research aims to achieve the following goals that improve the performance of AOMDV Advanced On-demand Multipath Distance Vector by achieving network load balancing and solving congestion problem, an analytical study was made for the routing protocol that we proposed named Mod-AOMDV and the basic protocol AOMDV based on the NS2 simulation program version 2.35, it also aims to study the results of the proposed protocol Mod-AOMDV and compare them with the performance results of the parent routing protocol AOMDV. There are many of these protocols and the AOMDV routing protocol was chosen for several reasons, the most important of which is: It is multi-path, finding paths with no Link Disjoint and no Loop Free [2]. Multipath AOMDV uses the same path-building mechanism as one-way AODV, with other additions to create multiple paths between the sending and receiving node rather than just a single path [2].

There are many areas of improvement for routing protocols in mobile wireless networks. Some of those; load balancing, enhanced security, energy saving, fault tolerance, disconnect prediction. The optimization proposed by the study will be able to overcome these problems.

There have been some studies that improve standard AOMDV optimization methods. These studies have contributed to the AOMDV method from different aspects.

T. Sharma and V. Kumar modified the AOMDV protocol so that the source node chooses the primary route used to send data packets, depending on the bandwidth of the path, so that the best path with the best fit is chosen. View the largest packet as the base path. The proposed modification achieves better results than the original AOMDV protocol in performance measures throughput, PDR, and delay [3].

De-jin Kong and Xiao-ling Yao (2014) improve the performance of the AOMDV protocol through load balancing and power controlling, and create the PL\_AOMDV protocol. This protocol allocates bandwidth depending on the remaining power of the nodes and the load applied to these nodes along the path used to send the data packets, reducing the possibility of error due to nodes running out of power. The PL\_AOMDV protocol also uses the appropriate power to send data packets to avoid transmission at maximum power and conserve node power.

It also sends periodic maintenance messages to modify the bandwidth allocated for data transmission according to the contract power and the load applied to it [4].

Kumar et al. has found a protocol (AOMDV-DPU), which is an improved version of the AOMDV protocol. The improvement aspects appear in several points: the paths are chosen based on the least number of hops and the strength of the received signal (RSSI), also finding a mechanism It updates the path that reduces the possibility of path failure, also finds a mechanism for maintaining secondary paths that enables smooth transition between paths and reduces the process of finding path discovery, a plan has also been created to deal with path failure in order to deliver data packets to the destination node when it fails Route and increase the number of received data packets, finally reducing the load that Hello messages impose on the network. The simulation results show that the enhanced protocol (AOMDV-DPU) achieves better results than the AOMDV protocol in many performance measures including throughput, delay and network overhead [5].

Lack of load balancing and network path congestion are major problems in mobile wireless networks. The main goal of load balancing is to shift data packets from the congested paths to the less crowded paths in the network. The lack of mechanisms to work load balancing in the network will lead to many problems, including an increase in the time delay in the arrival of data packets to their destinations [6]. Multi-path routing protocols are better than single-lane routing protocols in achieving load balancing in the network[6][7]. One of the major weaknesses of MANETs is that wireless nodes cannot support load balancing between multiple network paths. There is a need to perform load balancing in MANETs for several reasons, the most important of which are large load is applied to the wireless nodes, which will make it difficult to deliver data packets to the destination nodes. Thus, bottlenecks occur in the network, especially in light of the limited capabilities of the wireless nodes in terms of processing. The possibility of an imbalance in the load between the network nodes, that is, some nodes are in a state of inactivity and others are in a state of overload [7].

## 2. PROTOCOL BASED LOAD BALANCING ON MANET

There are several routing protocols that achieve load balancing in mobile wireless networks. These protocols are divided into three main categories, as shown in Figure 1.

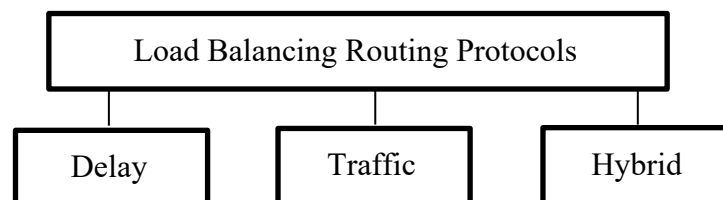


Figure 1. Classification of Load Balancing Routing Protocols[6]

Delay load balancing protocols balance the load in the network based on the time delay. That is, you choose the paths based on the value of the time required to deliver data packets from the source nodes to the destination nodes. These protocols are intended to prevent network nodes from experiencing significant time delays in sending and receiving data. Such as the EEAODV Protocol for Load Energy-Efficient Balancing.

Traffic-based load balancing protocols balance the network's load based on traffic. These protocols periodically distribute data packets to network nodes. Such as the Multiple Metric Based Load Balancing Routing Protocols (MM-AOMDV), which chooses the path between the source and destination node based on three parameters: Channel Load, Accessibility and Remaining Energy of the target node.

Hybrid load balancing protocols work to balance the load in the network based on both time delay and load. Hybrid load balancing protocols combine the advantages of network load balancing protocols based on time delay and load. Such as the Multiple Path Routing Mechanism (LB-AOMDV) protocol in which the load is distributed over low-congestion pathways.[6]

Congestion is one of the most important factors causing packet loss in mobile wireless networks. Congestion is defined as applying a data load on a network that is greater than the network's capacity to handle and thus the network becomes congested.

The proposed Mod-AOMDV protocol builds more stable paths than the AOMDV protocol. This is done by relying on three criteria in the construction of the paths, namely the number of hops, the length of the frame and the time delay, and not on one criterion only, which is the number of hops, as in the AOMDV protocol.

### **3. PERFORMANCE IMPROVEMENT ALGORITHM FOR AOMDV ROUTING PROTOCOL**

We proposed to improve the performance of the AOMDV protocol to get the proposed Mod-AOMDV protocol. The proposed performance improvement will take place in two phases.

In the first stage, Sending data on more than one path between the source and destination node at the same time. In the routing protocol Mod-AOMDV we proposed that it find all possible paths between the source node and the destination, such that these paths have no common node and are free of loops (assuming that the total number of paths between the source node and destination is  $k$  paths), then the Mod protocol - AOMDV (based on several criteria that we will see later) by sending data on more than one base path ( $n$  base path) at the same time between the source and destination node, according to MIMC (multi-interface muti-channel) technology. where we always have the number of base paths less than or equal to the number of total paths between the source and destination node ( $n \leq k$ ). This is in contrast to the AOMDV protocol, which does not take advantage of the paths it finds between the source and destination at the same time and sends data on a single base path. In the proposed Mod-AOMDV protocol ( $n \leq k$ ), we have a fallback path between the source and destination node. When a primary path failure occurs, the transmission is performed on the best fallback path that exists between the source and destination node.

In the second stage, Use more than one criterion to select the base paths used to send data between the source and destination node. The proposed Mod-AOMDV routing protocol uses three criteria that are number of Hops, delay and Frame Lengths, to select the basic paths used to send data packets between the source and destination node.

The proposed protocol Mod-AOMDV chooses the basic paths used in sending data according to Equation 1, which links between the previous three criteria.

$$Best\_Path=(W1(NumberOfHops)+W2(Delay)+W3(Length\ of\ Queue))/3 \quad (1)$$

Where W1,W2,W3 are the values of weights, the parameter (Number of Hops) represents the value of the number of hops along the path between the source and target node, and the parameter (Delay) represents the value of the time delay along the path between the source and target node, and the parameter (Length of Queue) represents the value of the frame length along the path between the source and target node, where this criterion is found by summing the values of the frame length for all path nodes. The proposed Mod-AOMDV protocol finds the value of the Equation 1 for each path between the source and destination node, and the path with the smallest value is preferable.

For the scenario of optimization, we want to send a data packet from node S to node D shown in Figure 2, and in order to reach the target node D, the data packet passes through the R and F node respectively and then reaches the target node D, so the value of the number of hops is 2. S node to R node is 0.5 seconds, from R to F node is 0.6 seconds, and from F node to target D is 0.3 seconds, so the time delay for the data packet to arrive from source node S to target D is  $(0.5+0.6+ 0.3) = 1.4$  seconds.

Suppose that the value of node frame length R is 20, the value of frame length of node F is 30, and the value of frame length of node D is 10. The default value of frame length in NS2 is 50. [8]



Figure 2. Example of sending a data packet from source node S to target D

Thus, the value of Equation 1 that we proposed for this example is:

$$Best\_Path=(W1(3)+W2(0.5+0.6+0.3)+W3(20+30+10))/3$$

We have empirically found association rules linking these three criteria. Where we found the values of the mean number of hops, mean time delay, and median frame length for the mobile wireless network according to three scenarios with different parameters, not just one scenario, in order to obtain results that are not related to one scenario only. The path to be used is determined by the parameters in the equation as a result of the trials and is calculated as shown in Equation 2.

$$Best\_Path = \frac{(-0.003*Delay+17.357)+(Delay)+(0.004*Delay+17.315)}{3} \quad (2)$$

### 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

An analytical study of the proposed protocol Mod-AOMDV and the main protocol AOMDV was performed according to NS2 simulation software version 2.35, [9], and then the simulation results were examined. We used the following performance metrics to compare the performance of Mod-AOMDV and AOMDV routing protocols:



1) Throughput: It is the rate of total data packets received during the simulation time, and it is measured in Kbps.

2) Packet Delivery Fraction/Ratio (PDF/PDR): The percentage between the number of data packets received and the number of data packets sent.

3) Average Delay: It is the average time that data packets consume to get from the sending nodes to the receiving nodes. This delay time includes all the possible delays that data packets experience, and it is measured in seconds.

Table 1. Parameters of the simulation scenario used

Simulation Parameter	Values
Studied Protocol	AOMDV
Knot Density	4096 nodes/Km <sup>2</sup>
Mac Layer Protocol	IEEE 802.11
The Number Of Nodes In The Network	4, 24, 32, 48, 64, 72, 96, 128, 200
Contract Movement Scenario	Random movement of the knot
Data Packet Size	1000 Bytes
Knot Movement Speed	Random speed ranging from (0.5 - 1.5) m/sc
Contract Break Time	Random (1 - 100) seconds
Simulation Time	206 seconds
The Type Of Application Used	CBR

We shed more light on the parameters of the second scenario simulation shown in Table 1 as follows:

1) Density of knots: 4096 knots per 1 km<sup>2</sup>, the less the number of knots is less than 4096, the more the area of the simulation patch is less than 1 km<sup>2</sup>.

2) Simulation time: 206 seconds, since all simulation measurements are made within the time range of 100 seconds to 200 seconds, simulation measurements are not taken in the first 100 seconds to ensure that the routing protocols reach a stable state.

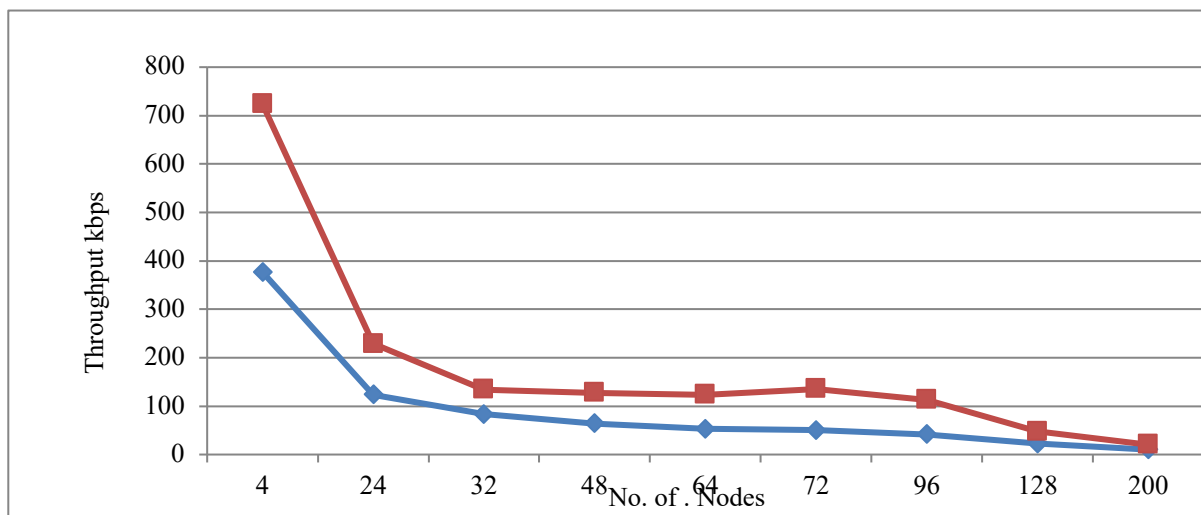


Figure 3. Productivity vs Nodes

The productivity of each node is calculated by the following equation:  $Y=W/(n\sqrt{n})$ . Where: the parameter Y represents the throughput, the parameter W = 5.4 Mb/s for 802.11b, the parameter n represents the number of nodes in the simulation scenario. The throughput generated by each node decreases as the number of nodes increases, so the total productivity decreases with the increase in the number of nodes. We notice in Figure 3, that the increased throughput of the proposed Mod-AOMDV protocol compared to the basic AOMDV protocol, because the proposed Mod-AOMDV protocol sends data packets on three basic paths and not on only one, in addition to that it takes into account the time delay and congestion (frame length) while building the base paths.

We notice in Figure 4, that the proposed Mod-AOMDV protocol achieves better performance than the basic AOMDV protocol in terms of performance measure The percentage between the number of received data packets and the number of data packets sent, thanks to the fact that the The proposed Mod-AOMDV protocol sends data on more than one path not only on one route, and when finding routes, Mod-AOMDV takes congestion into account and sends data packets on less congested routes.

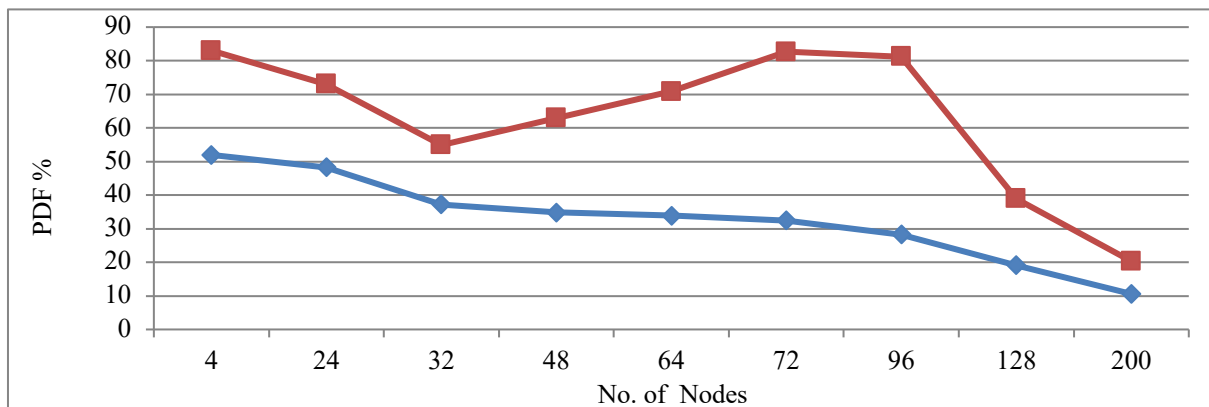


Figure 4. PDR vs Nodes

We find in Figure 5 that the proposed Mod-AOMDV protocol achieves less time delay in the arrival of data packets from the source nodes to the target, because the proposed Mod-AOMDV protocol sends data on more than one path and not on one path only. Mod-AOMDV takes into account the time delay criterion, which causes data packets from destination nodes to reach the target faster.

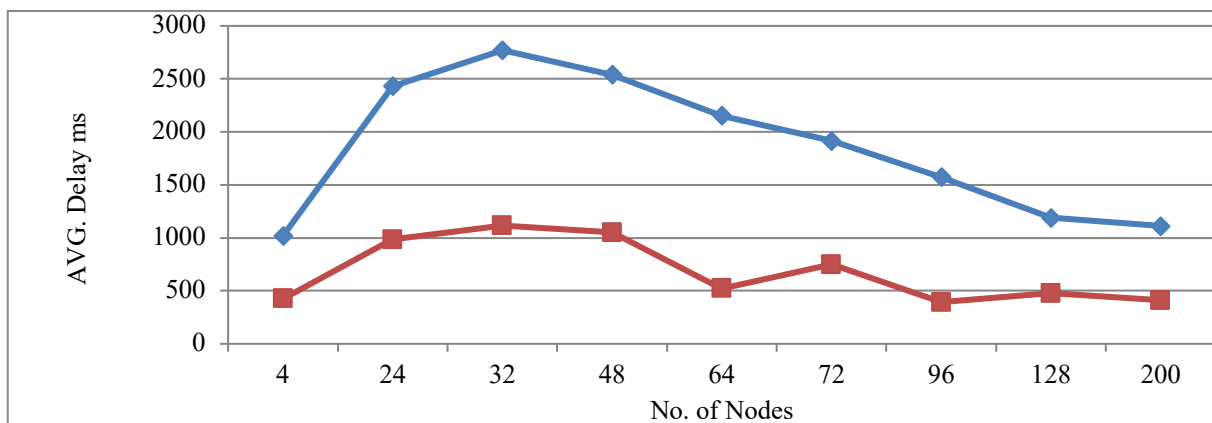


Figure 5. Time delay vs. Nodes

## 4. CONCLUSIONS

Through our research, we tried to improve the performance of the AOMDV multipath routing protocol and proposed Mod-AOMDV as an improvement over the AOMDV protocol, which provides load balancing in mobile wireless networks and solves the congestion problem. In order to evaluate the proposed Mod-AOMDV protocol, simulation was carried out in different scenarios with the NS2 Network simulator. When the obtained results are examined, it is seen that Mod-AOMDV achieves higher efficiency than AOMDV in mobile wireless networks. The Mod-AOMDV protocol provides a lower latency in the delivery of data packets from the source nodes of the nodes to the destination than the AOMDV protocol. Mod-AOMDV achieves a higher percentage between the number of data packets received and the number of data packets transmitted than that achieved by the AOMDV protocol. The proposed Mod-AOMDV protocol achieves better performance than the AOMDV protocol for mobile wireless network in general because it provides load balancing in the form and fixes the congestion problem.

## REFERENCES

- [1] Mueller S., Tsang R. P, and Ghosal D., 2004 - "Multipath Routing in Mobile Ad Hoc Networks :Issues and Challenges", This research was funded in part by a grant from Sandia National Laboratories, CA, USA.
- [2] Boukerche A., 2009 - Algorithms and Protocols For Wireless and Mobile Ad Hoc Networks. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.
- [3] Sharma T. and Kumar V., 2014, BANDWIDTH AWARE ON DEMAND MULTIPATH ROUTING IN MANETS, International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN) Vol. 6, No. 4, August 2014.
- [4] Chukka Niranjan Kumar Nikitha Kukunuru Volume 120 Issue 2 Sep 2021 Energy Efficient Disjoint Multipath Routing Protocol Using Simulated Annealing in MANET
- [5] Kumar S., Khimsara S., Kambhatla K., Girivanesh K., Matyjas J. and Matyjas M., 2013, Robust On-Demand Multipath Routing with Dynamic Path Upgrade for Delay-Sensitive Data over Ad Hoc Networks, Hindawi Publishing Corporation Journal of Computer Networks and Communications Volume 2013, Article ID 791097, 13 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/791097>
- [6] Umashankar B., 2014, A Comparative Study of Delay, Traffic and Hybrid Based Load Balancing Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks, International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies, Volume 2, Issue 4.
- [7] Sharma B., Chugh SH., Jain V., 2013, Investigation of Adaptive Multipath Routing For Load Balancing In MANET, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-2, Issue-5.
- [8] Ahmed Mohammed Fahad, October 2019 NS2 Based Performance Comparison Study between DSR and AODV Protocols International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering 8(1.4):1-5
- [9] Fall K., Varadhan K., 2011, The ns Manual (formerly ns Notes and Documentation), The VINT Project A Collaboration between researchers at UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC.



## THE DEVELOPMENT OF VS PROFILE DATABASE FOR LARGE-SCALE SITE RESPONSE ANALYSIS: AN APPLICATION TO İZMİR AND KOCAELİ

Kübra Nur EROĞLU<sup>1,\*</sup>, Onur INDIR<sup>2</sup>, Okan İLHAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kübra Nur EROĞLU, Department of Civil Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

<sup>2</sup>Onur INDIR, Department of Civil Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

<sup>3</sup>Okan İLHAN, Department of Civil Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

\*Corresponding author; E-Mail: 16050611013@ybu.edu.tr

### ABSTRACT

The site amplification factors ( $F_S$  and  $F_I$  for short and long periods, respectively) of Turkish Earthquake Building Code (TEBC-2018) are proposed to integrate the site effects with the Turkish design spectrum for reference condition of  $V_S = 760$  m/s. These factors were produced using the ground motion dataset that are dominated by site conditions of Western United States, and thus should be compared with either empirical-based or simulated amplification values for Turkey. Within the scope of this study, İzmir and Kocaeli, which are among the seismically active regions of Turkey, were selected to perform large-scale one-dimensional (1D) site response simulations to develop simulation-based site amplification models for these cities. This paper presents the compilation of soil characteristics (e.g., shear wave velocity,  $V_S$ ) from various sources to generate a  $V_S$  profile database, which is the first step of the large-scale site response analysis study. Moreover, the site locations which will be archived through geographical information system (GIS) software (e.g., QGIS), and the corresponding soil properties required for simulations will be associated with each  $V_S$  profile. The expected outcome such as site factors and/or amplification models conditioned on site (e.g.  $V_{S30}$ ) and motion (PGA at rock) attributes are thought to inform the future  $F_S$  and  $F_I$  values of TEBC.

**Keywords:** Site amplification, site effects, site response analysis,  $V_S$  profile database

### 1. INTRODUCTION

Turkey is on the one of the most important earthquake zones which is Alpine-Himalaya tectonic belt. The tectonics of Turkey has affected by the movements of Arabian and Eurasian Plates such that Anatolian plate moves to the west with the compression effect of the Arabian plate. The slip takes place on the North Anatolian Fault (NAF) and East Anatolian Fault (EAF), and the earthquakes occurred in the last century show that the regions in the proximity of NAF, EAF along with Marmara and Aegean regions have the highest risk in Turkey.

It is known that 1999 Kocaeli ( $M_w = 7.6$ , according to AFAD) and 1999 Düzce ( $M_w = 7.1$ , according to AFAD) earthquakes, which was effective in the western part of the North Anatolian Fault Zone, had devastating damages and related significant ground deformations occurred along the coast of Adapazarı, Avcılar, Kocaeli and Düzce. As a latest example from Aegean Region, the Samos earthquake ( $M_w = 6.6$ , according to AFAD) on October 30, 2020, was effective in many different centres in İzmir province and caused severe damage to the Bayraklı district, where the fault lines are dense. Despite epicenters of the mentioned earthquakes was 90 and 65 km away from Avcılar and Bayraklı districts respectively, major damage is associated with site effects such that the structural

damage in basin of Bayrakli located on deep alluvial deposits are evaluated as due to site amplification and basin effects [1].

Site amplification functions play significant role in the design of the structures and estimation of response of the ground. Ground motions are modified from a reference (often bedrock) site condition to a surface condition using either site amplification functions based on the site (e.g.  $V_{S30}$  that represents the soil stiffness) and motion (e.g. PGA at rock) properties or site factors proposed by earthquake building codes. These site amplification relationships can be empirically based [3], simulation-based through large-dimensional one-dimensional (1D) site response simulations [2] [4] [5]. More importantly, site factors to modify the design spectrum relative to reference condition ( $V_{S30} = 760$  m/s) proposed by building codes (e.g. Turkish Earthquake Building Code, TEBC (2018) [6] and BSSC, 2015 [7]) are usually adopted in practice. For TEBC (2018), the  $F_S$  (0.2 s) and  $F_I$  (1.0 s) factors used for modifying design spectrum relative to  $V_{S30} = 760$  m/s for various site conditions were originally developed using empirical and simulation-based data for Western United States (WUS). Thus, these values might not reflect the site amplification at regions of interest in Turkey and need to be tested through site-specific or region-specific studies.

This paper presents the development of shear wave velocity ( $V_S$ ) database for Kocaeli and Izmir which will be utilized for performing total stress linear, nonlinear and equivalent-linear and nonlinear with pore water pressure (PWP) generation large-scale 1D site response simulations study to capture the site and motion variability of these areas. The simulation dataset will be used for producing region-specific site amplification functions for Kocaeli and Izmir which are thought to inform the site factors in TEBC that are likely to be developed in future.

## 2. GEOLOGY AND SEISMICITY OF REGION

This section is designed to give the details of geologic and seismicity characteristics of Kocaeli and Izmir such that the geologic formations along with the faults having potential to produce significant earthquakes are presented.

### 2.1 Izmir

In the Izmir region the rock units are divided into three main groups: Bornova Complex, Neogene Terrestrial Sediments and Yamanlar Volcanites. In the study area its base forms the Upper Kraste aged Bornova Mélange. This complex unit consists of different sized platform type limestone made up of blocks with the flysch matrix. These rocks were pushed over the Menderes Massive, which is the oldest rocks of the region. Bornova Mélange rocks pushed over the Menderes Massive (Izmir - Ankara Zone rocks) Extending from Manisa to Seferihisar and It spreads over a wide area. All the regional basis the units are unconformable by Neogene sedimentary and volcanic rocks. [8]

Epicenters of past earthquakes in the region mostly in the Aegean Sea, Izmir Bay - Lesbos Island and Doğanbey It is located between Cape and Samos Island. The latest major earthquake took place in this region was in Samos in 2020 with a moment-magnitude of 6.6. Some earthquakes occurred in Akhisar-Soma-Manisa, between the Gediz Graben and the Aegean Sea seen in its surroundings. [1, 8]

Bedrock depths for the Izmir region have been determined by various measurements and vary depending on the region. In these studies, the reference condition of bedrock is defined as 760 m/s. In the southern part of the Izmir Bay, the bedrock depth decreases to a depth of 120 meters. It varies between 150 meters and 450 meters in the Bornova plain located in the eastern part of Izmir. It is seen around 450 meters in coastal areas. In the northern part, engineering bedrock is encountered between 200 meters and 700 meters [9, 10, 11].

### 2.2 Kocaeli

Kocaeli Peninsula is located on Istanbul Zone. It is seen in the E-W trending active graben where the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and Marmara Graben systems interact together in the Izmit Bay. The Kocaeli Peninsula lies in the north and the Armutlu Peninsula in the south. Geology of Armutlu Peninsula based on the

study [10]. The units in the region are in the Triassic Quaternary range and ophiolitic and metamorphic units predominate. Generalized section of Armutlu Peninsula is given in section Fig.1.Kocaeli is in an active east-west trending graben system affected by the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and the Marmara Graben System.

Following the 17 August 1999 Izmit Earthquake, the geological and geophysical studies focused on the location of the NAF system in the Marmara Reigon and the determination of its active parts that could produce earthquakes. These studies have revealed that the 110 km part of the NAF in the Sea of Marmara is highly likely to produce an earthquake with a magnitude of 6.5 or higher [13, 14]. Moreover, in the interior part of Izmit bay, the bedrock depth reaches 700 m. Thanks to elevation of landforms, the bedrock depth decreases. The reference bedrock  $V_S$  condition is assigned as 1200 m/s. [15]

REGION										
KOCAELİ					İZMİR					
AGE	FORMATION				AGE	FORMATION			Thick(m)	
	Pamukova Metamorphic		İznik Metamorphic			Alluvium		Slope wash		
SENOZOIC	QUAR.	Alluvium				QUAR.	Alluvium		Slope wash	300-400
		TERTIARY	Plio.	Arslanbey			Sedimentary rocks	Marl and mudstone	50-200	
	Mioc.		Kiling limestone							
	Eosen		Sarisu Volcanite							
	Paleosen	Incebel Flysch			Fistikli granite	YAMANLAR VOLCANICS	Tuffi Andesit Dacite Agglomerate	500-600		
		Bakacak								
	MESOZOIC	Cretaceous	Acielma Limestone			Metabasalt Meta olistostrome ophiolitic Limestone dolomite	Sedimentary rocks	Conglomerate, sandstone and mudstone	100	
			Jura	metasiltstone						
				recrystallize						
		Trias	Meta-konglomerate, Meta-sanstone, siltstone			Meta volcanite	BORN OVA MELANGE	Sandstone-shale intercalations Limestone	>1000	
Amphibolite			recrystallize limestone							
Marble										
quartzite										

Figure 1. Lithologic sections of Kocaeli (Armutlu Peninsula) and Izmir

### 3. SIMULATION-BASED SITE AMPLIFICATION STUDY

As discussed previously, a large-scale 1D site response analyses will be conducted to capture the aleatory variability and epistemic uncertainty of site conditions for the regions of interest. The strong ground motions will be selected as compatible with the earthquake hazard characteristics for these regions and will be scaled as consistent with the earthquake scenarios that significantly contributes the earthquake hazard for Kocaeli and Izmir. The compiled  $V_S$  profile database discussed in this document will provide the basis of representative  $V_S$  profiles that will be used as inputs to  $V_S$  randomizations such that randomized  $V_S$  profiles are thought to represent the

aleatory variability in site conditions. At the last step, each randomized (or generic) profile is associated with soil properties (e.g. unit weight, soil friction, etc.) to perform site response simulations. Moreover, the resulting amplification dataset will be adopted for proposing ergodic simulation-based site amplification models that are expected to enrich the current literature of site amplification studies for Turkey. The study flow is given as listed Fig. 2.

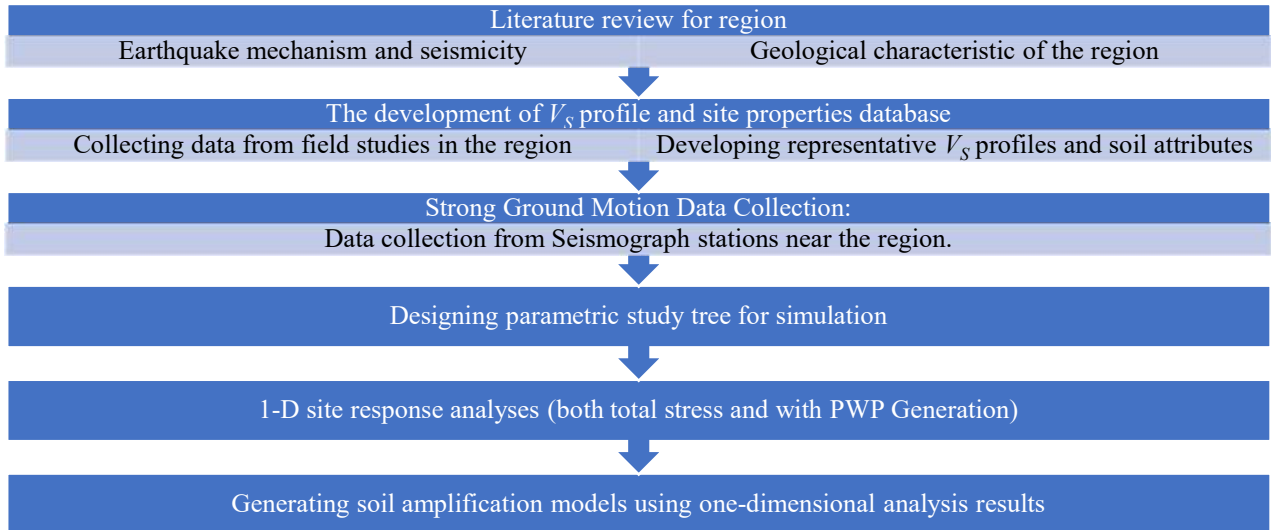


Figure 2. Flow diagram for simulation

#### 4. $V_S$ PROFILE DATABASE

In this study, the SPT-N and  $V_S$  profiles are collected from literature and geotechnical reports to model 1-D  $V_S$  profiles of the regions. Collected SPT- $N_{30}$  are transformed to  $V_S$  by using correlation equations which is developed for regions close to Izmir and Kocaeli. The collected profiles will be grouped according to  $V_{S30}$  for the next part of the study. The procedure to determine  $V_{S30}$  is given in the following chapters.

##### 4.1 Collecting Soil Profiles

The area has been studied for most research and there are SPT-N reports. For Kocaeli region, 226 SPT-N profiles and 96  $V_S$  profiles are available in the literature [15,16,17,18,19]. The reference (Sönmez, [14]) has different sources for the soil profiles and these cited sources can be seen from the Table 1. For İzmir region, 116 SPT-N profiles and 15  $V_S$  profiles are collected from refecanses [8, 17, 20, 21, 22], The locations are presented in QGIS 3.22.2 [23], and the datasheets will be archived with SQL database.

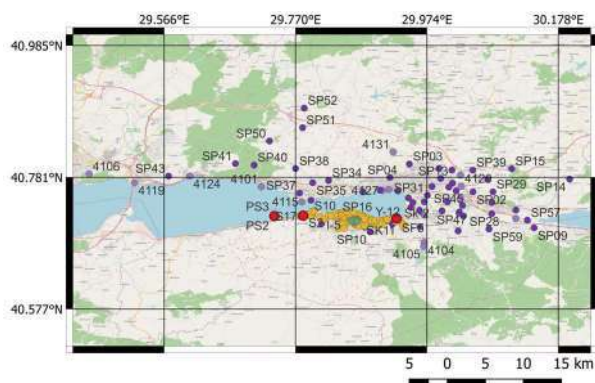


Figure 3. Site profile locations for Kocaeli

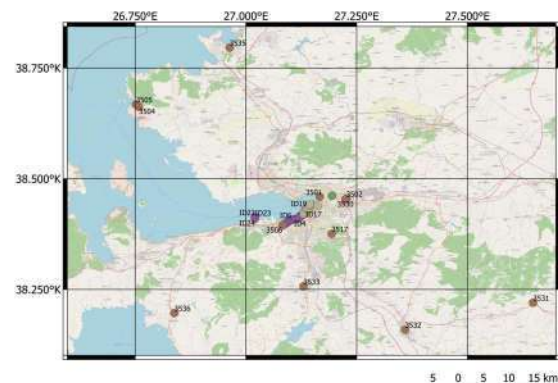


Figure 4. Site profile locations for İzmir

Table 1. References of profile data

References for Kocaeli	References for İzmir
Sönmez (2006) (ABM (2000a, 2000b, 2001), GEO (2000), KASKTAŞ (2000), KİPER VE AREL (2000), MAA (2000), STFA (2000), TEKAR (1994a,b,c,e,f,g))	AFAD (2020)
TUBITAK MAM Project Result Report (2008)	Bozkurt (2010)
AFAD (2020)	Eskişar (2008)
Pasific Earthquake Engineering Research Center (PEER)	Kuruoğlu (2019)
Kocaeli Province Geological-Geotechnical Survey Report (2008)	Yalçın (2008)

#### 4.2 Correlation of $V_S$ profiles from SPT- $N$ profiles

The empirical correlations between standard penetration test blow counts ( $N_{30}$ ) and shear wave velocity ( $V_S$ ) supply transformation for engineering use. These correlations are established according to the region geological conditions. There are several studies in the literature to obtain empirical correlations. For Kocaeli, Kiku (2001) correlation formula (Eq. 1) which is developed for the Sakarya region was used [24]. For İzmir region, correlations for different soil types (Eq. 2, Eq. 3, Eq. 4, Eq. 5, Eq. 6, Eq. 7) were used to obtain  $V_S$  from SPT- $N_{60}$  and SPT- $N_{30}$  values [24].

$$V_S = 68.3 N_{30}^{0.290} \text{ (All soils)} \quad (1)$$

$$V_S = 104.79 N_{60}^{0.26} \text{ (All soils)} \quad (2)$$

$$V_S = 131 N_{60}^{0.205} \text{ (Sandy soils)} \quad (3)$$

$$V_S = 107.63 N_{60}^{0.237} \text{ (Clayey soils)} \quad (4)$$

$$V_S = 90 N_{30}^{0.309} \text{ (All soils)} \quad (5)$$

$$V_S = 90.8 N_{30}^{0.319} \text{ (Sandy soils)} \quad (6)$$

$$V_S = 97.9 N_{30}^{0.269} \text{ (Clayey soils)} \quad (7)$$

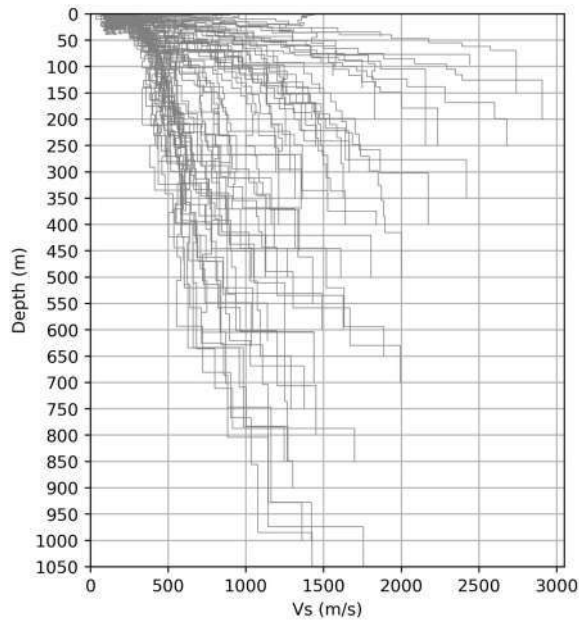


Figure 5.  $V_S$  profiles for Kocaeli

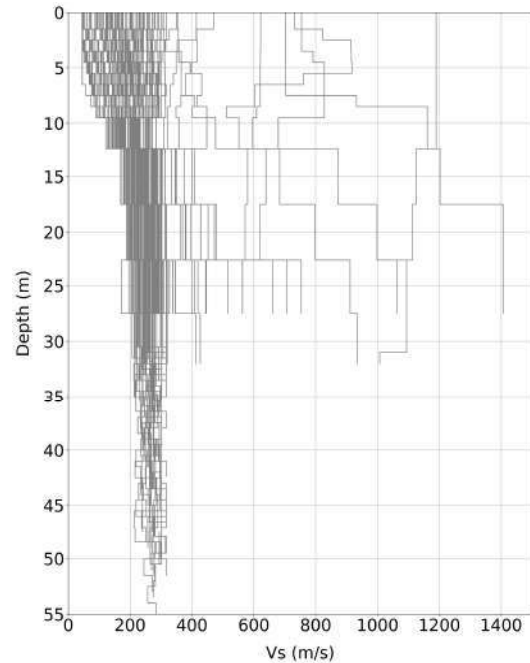


Figure 6.  $V_S$  profiles for İzmir

Most of profiles have a depth of less than 30 m. For  $V_S$  randomization which is further part of this study, the profiles are needed to be grouped by depending upon the  $V_{S30}$ . From Fig.7 which presents distribution of the depth and  $V_S$  profiles, most profiles have a depth less than 30 m.



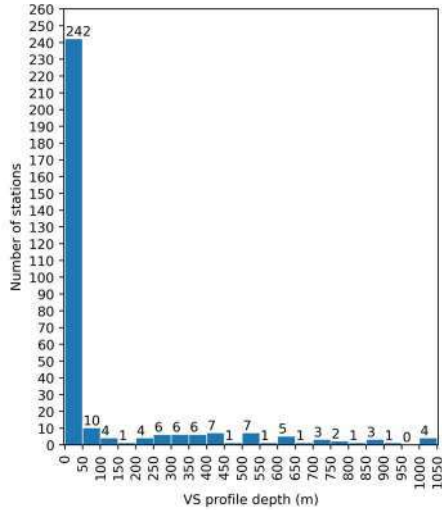


Figure 7. Depth- $V_S$  distribution for Kocaeli

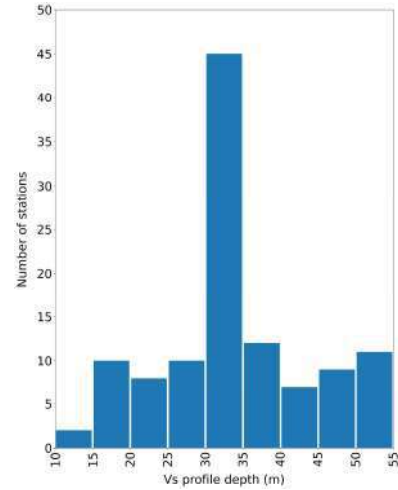


Figure 8. Depth- $V_S$  distribution for İzmir

### 4.3 $V_S$ profile Extension

Some profiles in profile database are shallow in that the profile depth does not reach to 30 m. Hence, these shallow profiles need to be extended to 30 m for  $V_{S30}$  (the average  $V_S$  at top 30 m) calculation since the compiled profiles will be grouped in terms of  $V_{S30}$  bins for which a representative  $V_S$  profile will be produced. This extension is performed using best fit line equation given following form:

$$\log(V_S) = n_v \log(z) + C \quad (8)$$

where  $z$  means depth,  $n_v$  means a parameter which defines the depth effect on  $V_S$  profile and  $C$  means a parameter which depends on velocity at null depth [23, 24]. The obtained  $n_v$  and  $C$  parameters for each depth of profiles are archived to extend the profiles to bedrock.

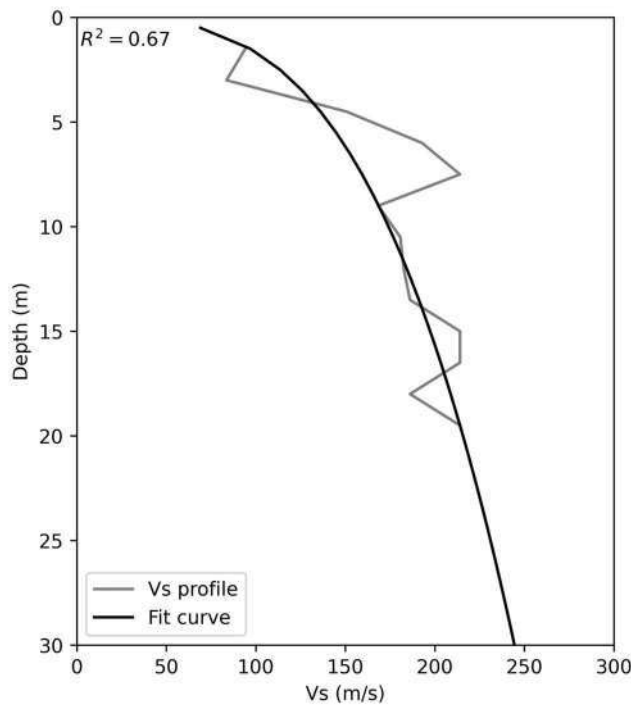


Figure 9. Fit curve for  $V_S$  profile extension

## 5. CONCLUSIONS

The paper presents the development of  $V_S$  profile database for large scale 1D site response analysis to be adopted for proposing site amplification models for Izmir and Kocaeli. The  $V_S$  profiles are gathered from various sources such that a total of 131 and 322 profiles are compiled to represent the site conditions of Izmir and Kocaeli, respectively. All these profiles will be archived as SQL database in QGIS software. Moreover, the profiles will be grouped in terms of different  $V_{S30}$  intervals for a parametric study of site response analyses, and thus the profiles with a depth of less than 30 m are extended to 30 m for  $V_{S30}$  calculation. The database of  $V_S$  profiles along with the approach for large-scale 1D site response simulations discussed in this document is thought to inform the future studies of site amplification models for different regions of Turkey.

## REFERENCES

- [1] K. O. Cetin, A. G. Papadimitriou, S. Altun, P. Pelekis, B. Unutmaz, E. Rovithis, M. Akgun, N. Klimis, A. Askan, K. Ziotopoulou, A. Sezer, C. Kincal, M. Ilgac, G. Can, E. Cakir, B. Soylemez, A. Al-Suhaily, A. Elsaid, M. Zarzour, J. Stewart, and G. Mylonakis, "The role of site effects on elevated seismic demands and corollary structural damage during the October 30, 2020, m7.0 Samos Island (Aegean Sea) earthquake," *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2021.
- [2] M. Walling, W. Silva, and N. Abrahamson, "Nonlinear site amplification factors for constraining the NGA models," *Earthquake Spectra*, vol. 24, no. 1, pp. 243–255, 2008.
- [3] M. A. Sandikkaya, S. Akkar, and P. Y. Bard, "A nonlinear site-amplification model for the next pan-european ground-motion prediction equations," *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 103, no. 1, pp. 19–32, 2013.
- [4] J. Harmon, Y. M. Hashash, J. P. Stewart, E. M. Rathje, K. W. Campbell, W. J. Silva, and O. Ilhan, "Site amplification functions for Central and eastern North America – part II: Modular simulation-based models," *Earthquake Spectra*, vol. 35, no. 2, pp. 815–847, 2019.
- [5] J. Harmon, Y. M. Hashash, J. P. Stewart, E. M. Rathje, K. W. Campbell, W. J. Silva, B. Xu, M. Musgrove, and O. Ilhan, "Site amplification functions for Central and eastern North America – part I: Simulation data set development," *Earthquake Spectra*, vol. 35, no. 2, pp. 787–814, 2019.
- [6] Türkiye bina deprem yönetmeliği, T.C Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2019.
- [7] NEHRP (national earthquake hazards reduction program) recommended seismic provisions for new buildings and other structures. Washington, D.C.: FEMA, 2015.
- [8] T. Eskişar, "İzmir Körfezi Kuzey Kıyılarının Zemin Özelliklerinin ve Geoteknik Sorunlarının İncelenmesi," thesis, Ege University, 2008.
- [9] E. Pamuk, T. Gönenç, Ö. C. Özdağ, and M. Akgün, "3D bedrock structure of Bornova plain and its surroundings (izmir/western Turkey)," *Pure and Applied Geophysics*, vol. 175, no. 1, pp. 325–340, 2017.
- [10] M. Kuruoglu and T. Eskişar, "Effect of local soil conditions on dynamic ground response in the southern coast of Izmir Bay, Turkey," *Russian Geology and Geophysics*, vol. 56, no. 8, pp. 1201–1212, 2015.
- [11] M. Akgün, T. Gönenç, O. Pamukçu, and Ş. Özyalin, "Investigation of the relationship between ground and engineering bedrock at northern part of the Gulf of izmir by borehole data supported Geophysical Works," *Journal of Earth System Science*, vol. 123, no. 3, pp. 545–564, 2014.
- [12] Göncüoğlu MC, Erendil M, Tekeli O, Aksay A, Kuşçu İ, Ürgün B. Geology of the eastern part of the Armutlu Peninsula. MTA Compilation Report No: 7943, (unpublished), Ankara; 1986.

- [13] R. Armijo, B. Meyer, S. Navarro, G. King, and A. Barka, "Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart: A clue to propagation processes of the North Anatolian Fault?," *Terra Nova*, vol. 14, no. 2, pp. 80–86, 2002.
- [14] X. Le Pichon, N. Chamot-Rooke, C. Rangin, and A. M. Sengör, "The North Anatolian Fault in the Sea of Marmara," *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, vol. 108, no. B4, 2003.
- [15] TUBITAK MAM Soil Classification And Seismic For Kocaeli Province Hazard Assessment Project, Project Result Report, 2008.
- [16] B. Sönmez, "Investigation Of Liquefaction Potential Along The Southern Shore Of The Kocaeli Bay And The Effect Of The Thickness Cap Soil On Surface Ground Deformations", *Acikbilim.yok.gov.tr*, 2022. [Online]. Available: <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/480689>.
- [17] "T.C. Ministry of Interior Disaster and Emergency Management Presidency Earthquake Department (AFAD)", 2022. [Online]. Available: <https://tadas.afad.gov.tr/>. [Accessed: 10- Jun- 2022].
- [18] "Geotechnical Site Investigation at Selected Lateral Spread Sites", *Apps.peer.berkeley.edu*, 2022. [Online]. Available: <https://apps.peer.berkeley.edu/publications/turkey/adapazari/phase4/index.html>. [Accessed: 10- Jun- 2022].
- [19] Kocaeli Province Yazlık, Hisareyn, İhsaniye, Yeniköy and within the borders of Gölçük of the Disaster Area Basis for Revised Zoning Plan Geological-Geotechnical Survey Report, Kocaeli, 2008.
- [20] B. H. Bozkurt, "A Geotechnical Earthquake Engineering Investigation For Soils Of Southern Coast Of İzmir Bay," thesis, Dokuz Eylül University 2010.
- [21] İ. A. Yalçın, "A Geotechnical Earthquake Engineering Investigation For Soils Of South Eastern Coast Of İzmir Bay," thesis, Dokuz Eylül University, 2008.
- [22] M. Kuruoğlu, "The Effect Of Local Site Characteristics On Dynamic Site Response Analyses Of A Major Urban Area: Warnings Of Moderate Scale Earthquakes," *Journal of Modern Technology and Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 195–210, 2019.
- [23] QGIS.org, 2022. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>
- [24] N. Hasancebi and R. Ulusay, "Empirical correlations between shear wave velocity and penetration resistance for ground shaking assessments," *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, vol. 66, no. 2, pp. 203–213, 2006.
- [25] M. B. Darendeli, "Development of a new family of normalized modulus reduction and material damping curves," thesis, University of Texas, Austin, TX, 2001.
- [26] F. Menq, "Dynamic Properties of Sandy and Gravelly Soils." Order No. 3116121, The University of Texas at Austin, Ann Arbor, 2003.

## **The Effect of Chloride Based De-icers on Expansion from Alkali-Aggregate Reaction**

Fadak MAGSOOSI<sup>1,\*</sup>, Duygu DEMİRTÜRK<sup>2</sup>, Alkan HAFÇI<sup>3</sup>, Lutfullah TURANLI<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Fadak MAGSOOSI, Civil Engineering Department, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

<sup>2</sup> Duygu DEMİRTÜRK, Civil Engineering Department, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

<sup>3</sup> Alkan HAFÇI, Deneysel Laboratuvarları Yönetim Sistemleri Müdürlüğü, Türk Standartları Enstitüsü, Turkey

<sup>4</sup> Lutfullah TURANLI, Civil Engineering Department, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

\*Corresponding author; E-Mail: 195113112@ybu.edu.tr

### **ABSTRACT**

Concrete structures on the surface of bridges and roads in cold climate regions of the world are exposed to the use of chemicals that act as de-icers when ice and snow accumulate. This increases the risk of damage from chemical attack, such as alkali-silica reactions. In concrete, an alkali-silica reaction causes cracks that reduce the durability and service life of the structure. De-icer, which is considered as an external alkali source, is one of the factors that contribute to the increase of alkali-silica reactions. The main objective of this study is to determine the effects of using different concentrations of de-icer in combination with sodium hydroxide on alkali-silica reaction when using two types of aggregates. The result was determined, that the alkali-silica reaction happened in both concentrations (2% and 4% NaCl), but with different ratios. When comparing between both concentrations, it became clear that alkali-silica reaction was increased when mortar bars stored a solution with high concentrations of sodium chloride, due to the increased rate of Cl and Na ions in the solution.

**Keywords:** Alkali silica reaction, de-icers, chemical attack, sodium hydroxide, PH

## 1. INTRODUCTION

Concrete is subjected to various types of environmental conditions such as weathering, moisture, freezing/thawing, and wetting/drying. These conditions reduce the durability of concrete. In addition, several factors contribute to the decreased durability of concrete such as the use of materials containing (cement high alkali, reactive aggregate, and a high water-to-cement ratio) [1]. Alkali aggregate reactions are chemical reactions that contribute to the degradation of the durability of concrete structures. The alkali-silica reaction has been studied for over 70 years and described in over 50 countries around the world [2], [3]. Alkali aggregate reaction is regarded as one of the most reason that causes of cracking in concrete structures. Chemical attack is one of the primary causes of deterioration in the durability of concrete. Depending on the type of active minerals, there are two forms of this reaction (Alkali carbonate reaction and alkali-silica reaction) [4]. Concrete infrastructures are subjected to chemical attacks such as de-icing or seawater, also physical conditions such as (wetting/drying and freezing/thawing). These conditions are due to diminishing the usefulness of concrete structures when utilizing de-icers salt that contributes to increases the alkali-silica reaction. There have been four main types of inorganic salt: potassium chloride ( $KCl_2$ ), sodium chloride ( $NaCl$ ) or as known as rock salt, calcium chloride ( $CaCl_2$ ), and magnesium chloride ( $MgCl_2$ ), and potassium chloride ( $KCl_2$ ) [5], [6].

To analyze the reaction between reactive and de-icers, Kawamura and Ichise (1990) analyzed the pore solution of mortar bar after exposure to sodium chloride and calcium chloride when the mortars were made with two types of aggregate reactive aggregate (Beltane opaline rock) and non-reactive aggregate. The result indicates that the amount of Cl ions in pore solution when sodium chloride exposure was high, as well as an increase in OH concentration in pore solution, which indicates that a high expansion occurs due to the accelerated alkali-silica reaction. When the samples were exposed to calcium chloride and their expansion was measured, it was found to be very small compared to the samples exposed to sodium chloride, with a decrease in the concentration of OH in the pore solution. [6]. Berube et al, this study relied on laboratory and field investigation to determine the effect of chloride sodium in alkali-silica reactions by using scanning electron microscopic and X-ray analysis. The result indicates that when concrete structures were exposed to sodium chloride solution, the percentages of chloride and sodium increased on the near surface of the pore solution, while the percentages of potassium, hydroxyl and PH are decreased. When sodium chloride is exposed to a depth greater than (60-80mm), the chloride's chemical properties remain unchanged for pore solution. There are two possible explanations for why chloride sodium does not cause expansion for specimens when specimens were immersed: limited penetration of (Na, Cl) ions into the depths, and also decrease in the OH ion concentration and PH on the near surface. The ratio between soluble CL and total CL decreases with depth, and when exposed to sodium chloride, the conversion to chloroaluminate or incorporation into cement hydrates takes time [7], [8].

Heisig et al., concrete is prepared from two types of cement (low alkali and high alkali) to compare the impact of de-icing on two types of cement. The concentration of sodium chloride was 20%, and reactive aggregate (borosilicate glass) was also used. Various methods were also used to analyze cement paste and pore solutions of concrete, including X-ray diffraction (XRD) and inductively coupled plasma emission spectrometry (ICP-OES). The result indicates that sodium chloride contributes to the alkali-silica reaction even when the concrete is made with a low alkali cement, because sodium chloride affects the alkali content by binding CL ions in the cement hydration products. Creating an equilibrium charge that causes the release of OH in the pore solution and also contributes to the increase in alkali content. When the concrete was exposed to NaCl, the OH concentration in the pore solution decreased due to potassium leaching, resulting in decreased SiO<sub>2</sub> solubility and an alkali-silica reaction. Potassium leaching and the formation of friedel salt from ettringite are the main causes of the decrease of OH and PH in the pore solution of concrete [8]. Giebson et al. based this study on the use of several methods to evaluate the effects of alkali deicers on pavement. These methods include the climate simulation concrete prism test (CS-CPT) and laser emission spectroscopy (LIBS). LIBS was used to study the effects of cyclic predamage on alkali and chloride penetration into pavement concrete because this method is based on optical emission spectroscopy. It already has greater sensitivity to Na than micro-X-ray fluorescence spectroscopy. CS-

CPT has been utilized to evaluate microcracks in concrete prone to alkali-silica reaction and exposed to an external source of alkali. Sodium chloride has been responsible for the dissolution of silica straightly, which contributed to the produced alkali-silica reaction by penetration from microcracks so that alkali-silica reaction was started early in pre-damage prisms more than a sound prism. When exposed to pre-damage prisms and sound prisms to sodium chloride, the concentration of CL and Na increased to 1.8 at pre-damage prisms compared with sound prisms. for both types of prisms, the sodium chloride was penetration more than 80 mm [9].

Desai (2010) studied on the concentrations of de-icing that were utilized were 3% for the four types of chloride which includes (sodium chloride, calcium chloride, magnesium chloride and potassium chloride). The results have appeared that potassium chloride and sodium chloride have more impact on mortar deterioration when compared with calcium chloride and magnesium chloride. Expansion of mortars is increased when the content of fused silica was. The result indicated the effect of temperature on the expansion of mortars when increasing temperature contributes to an accelerated alkali-silica reaction. The alkali content of cement had little effect on mortar bar expansion when deicing solutions were present. X-ray analysis indicates that calcium chloride and alkali hydroxides are produced when alkali chlorides are derived from de-icers and react with calcium hydroxide derived from cement. The reaction between ettringite and calcium chloride produces chloroaluminates or Friedel's salt, in which sulfate ions are replaced by chloride ions. Higher levels of alkalis and hydroxyl ions result in the production of an alkali-silica gel as a result of the formation of Friedel's salt [10]. Hossain and Islam (2018) have investigated the impact of  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{NaCl}$  on the mechanical properties of concrete such as tensile strength and compressive strength when compared with control specimens that were cured in plain water with similar conditions and age. In this research various concentrations of chlorides (3%, 6%, 9%) for both types of  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{NaCl}$  were used. The significant reason for using various concentrations of salt in solution to increased or accelerated environmental conditions on concrete in a short time [11]. Consequently, due to the increasing use of de-icing salt, this study investigated the effect of the alkali-silica reaction on bar specimens, especially in solutions containing sodium chloride (rock salt).

## 2. MATERIALS AND METHOD

### 2.1 Materials and specimen preparation

Before casting there is some steps that should be taken in our accounts, including removing any dust from the surface of the mould and covering it but without using any oil. Because the oil is worked as a buffer layer that effect in penetration of soak solution inside the mortar specimen. When installing parts of the molds, attention should be paid to the distance between the ends of the pins in the mortar. This distance must be  $250\text{mm} \pm 2.5\text{mm}$  according to ASTM C490. The materials used in this experimental study consist of cement, two types of aggregates, and a soaking solution (sodium hydroxide and sodium chloride). Portland cement CEM I 42.5 with an alkali equivalent ( $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ ) of 0.85 was used. According to ASTM C 1260, the concentration of alkali content in the cement is ignored and the focus is on sodium hydroxide as an external alkali source. Used road salt such as sodium chloride is also considered as an external alkali source. Three bars of 990 g aggregate (suspicious aggregate and reactive aggregate) were prepared for casting for each type of aggregate, the amount of cement was 440 g and the water-cement ratio was 0.47. The reactive aggregate was supplied from Izmir. Before using two types of aggregate, the sieve analysis should be made and the aggregate was used by sieve number 4.75 mm for making soaking solution for three groups. The amount of solutions was determined by the volume of mortar and the number of bars stored in the same container. The volume of solution for one bar is equal to 184ml depending on ASTM C1260. In this experimental study, all 6 bars were stored in the same container, so the amount of soaking solution for each container must be 4.5 liters. In this empirical study, three different soaking solutions were prepared for each container. To prepare 1 liter of soaking solution, group 1 needs to dissolve 1N NaOH in distilled water, while group 2 needs to dissolve 20 grams of NaOH and 20 grams of NaCl in distilled water. Group 3 must dissolve 20 grams of NaOH and 40 grams of NaCl in distilled water.

Table 1. Chemical properties of cement

Chemical properties of cement							
SO <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Cl	Loss of grow	Insoluable Residue	Na <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> Oeq
1.97	1.83	0.86	0.03	4.95	4.95	0.29	0.85

\*Alkali equivalent:  $Na_2O_{eq} = Na_2O + 0.658 K_2O$

Table 2. Physical properties of cement

Physical properties of cement						
Blane fineness	Specific weight gr/cm <sup>3</sup>	Fine % (32 micron)	Fine % (40 micron)	Initial setting Min	Final setting Min	Volume expansion Mm
3598	3.12	12.4	6.7	196	248	1

Table 3. Strength of cement

Strength of cement				
Days			TS EN 197-1	
2	51-week 20 December – 26 December-2021	MPa	Min 20	25.5
7	50-week 13 December – 19 December-2021	MPa		37.9
28	47-week 22 November– 28 November-2021	MPa	42.5-62.5	48.2

Table 4. Physical properties of aggregate types

Strength of cement		
Bulk density	Reactive aggregate	Suspicious aggregate
Surface saturation Dry SSD	2.59	2.64
Oven dry	2.54	2.62
Water absorption 24 h	1.832	0.6

Table 5. Concentration of soak solution that used in the experimental study

Soak solution	NaOH	NaC
The concentration of soak solution	1N	2%
	0.5	4%



Figure 1. Materials used during the experiments

## ***2.2 Storage conditions and Periodic Measurements***

For measurement of expansions, the dimension of mortar bars (25mm\*25mm\*285mm) when preparing moulds, should focus on the inside distance between the end of the pin, because this distance was utilized in the calculation of mortar expansion after being immersed in soak solution. After 4 h when the complete casting mortar and storage in a moist room at 23 °C, after that removing the mortars from moulds and store in the container have content water at oven at 80 °C for 24 h and measure of initial length for each mortar bar. It is considered that environmental conditions, such as humidity and temperature, have a significant impact on the expansion of mortar. When each group's soak solution was ready, the mortar bars were removed from the water in which they had been stored for 24 hours and returned for kept in the soak solution that had been prepared according to ASTM C1260 and another experimental soak solution with a different concentration. Group 1: storing mortar bar is dissolved (1N NaOH); Group 2: storing mortar bar is dissolved (0.5 NaOH + 2% NaCl); Group 3: storing mortar bar is dissolved (0.5 NaOH + 4% NaCl). All of the groups were kept in bath water at 80 °C. After 14 days of immersion in NaOH, the aggregate will be determined as reactive or non-reactive based on ASTM C 1260 [14]. If this value is less than 0.1 or greater than this value, it can be determined as reactive or not. For our study, we stored the specimens for approximately two months, used de-icing salt as NaCl, and measured the expansion of mortar specimens every three days by using a comparator apparatus for measuring the change in length of specimens.

## **3. RESULTS AND DISCUSSIONS**

In this experimental study, two different types of aggregates from different sites were used, one of which was a reactive type and the other a suspicious type that we are not sure if it is reactive or not. During the study, the accelerated mortar bar test ASTM C1260 was used to determine the reactivity of the aggregates. This technique was used to quickly determine whether an aggregate was reactive or non-reactive. After 14 days of exposure to sodium hydroxide, the expansion of both aggregates was greater than 0.1, indicating that they were reactive according to ASTM C1260. The following figures show the changes in length after days for Group 1, Group 2 and Group 3.



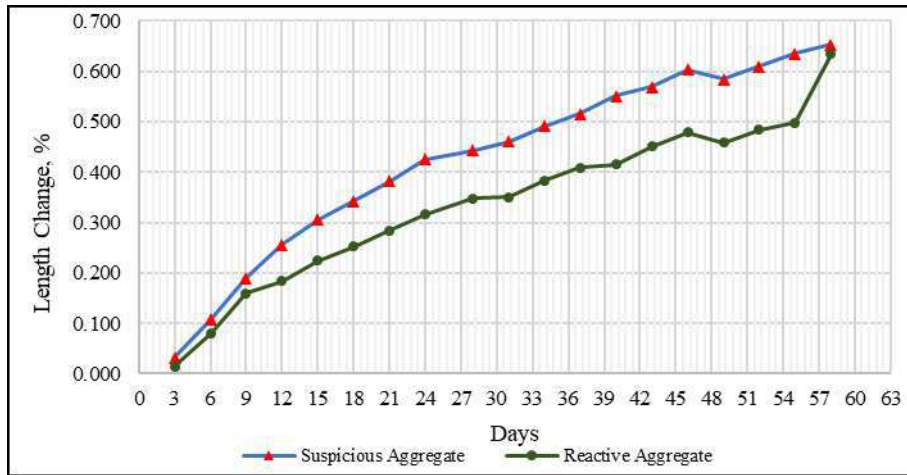


Figure 2. Length change of mortar bars under exposure to 1 N NaOH (Group 1)

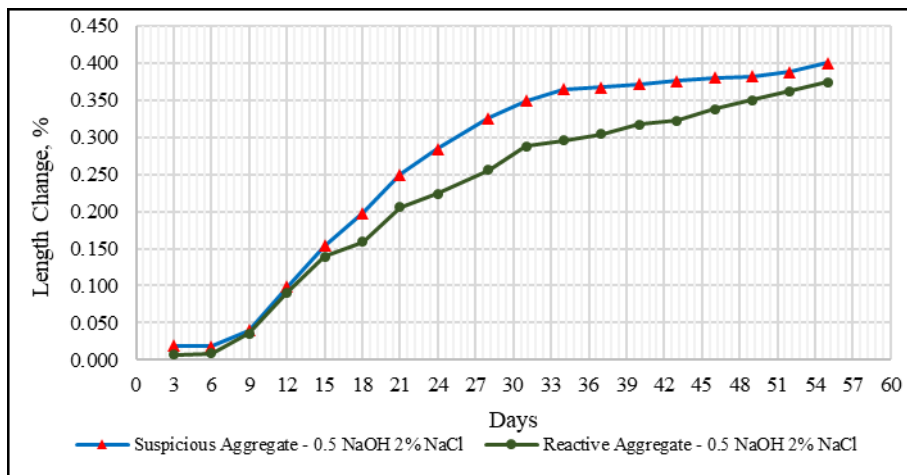


Figure 3. Length change of mortar bars under exposure to 0.5 NaOH + 2% NaCl (Group 2)

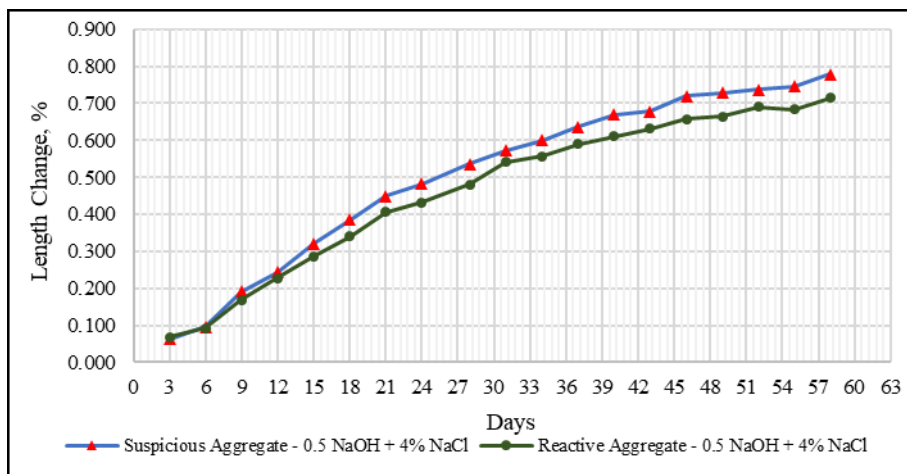


Figure 4. Length change of mortar bars under exposure to 0.5 NaOH + 4% NaCl (Group 3)

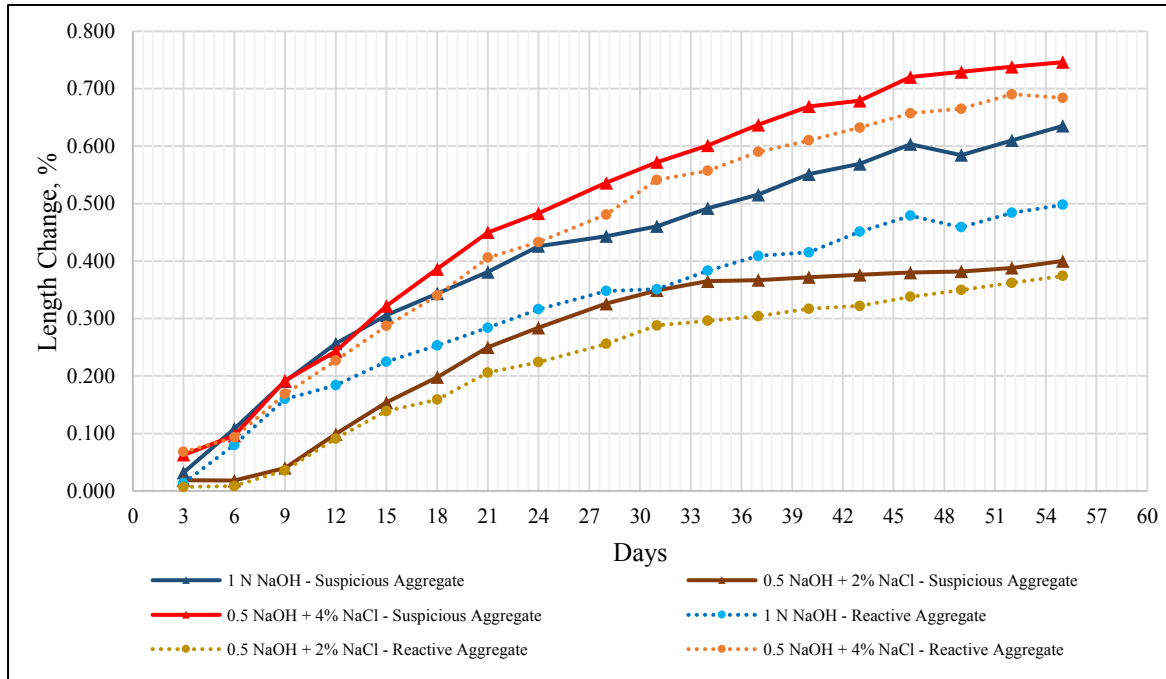


Figure 5. Behavior of suspicious and reactive aggregates in different solution cures.

#### 4. CONCLUSION

In this study, the length changes of mortar bar specimens that occur as a result of the alkali-silica reaction in solutions with different NaCl concentrations were measured. Based on the results obtained, it was determined that the suspicious aggregates exhibited behavior similar to that of the reactive aggregates. Additionally, when the figures presented in the results and discussion section are examined, the effect of the Cl ion is obvious. The expansion of mortars with suspicious and reactive aggregates in NaCl solutions depend on the OH ion concentration of the pore solution. Cl ions seem to accelerate the alkali-silica reaction, provided a OH ion concentration is maintained above a threshold. It means that as sodium chloride concentration rises, the alkali-silica reaction between de-icers and reactive aggregate increases. Furthermore, if we compare the slopes in the time-dependent length change figures, it is seen that the alkali-silica reaction of the samples is faster in the solutions with high Cl ions. The result that NaCl content accelerates the alkali-silica reaction is also consistent with the literature. Finally, the changes in length of mortar bar specimens prepared with suspicious and reactive aggregates in 1N NaOH showed behavior between 0.5 NaOH + 2% NaCl and 0.5 NaOH + 4% NaCl. In other words, the expansion of mortar bar in group 1 greater than group 2, so that is indicated the effect of (1N NaOH) on alkali-silica reaction more than the impact of (2% of sodium chloride with 0.5 NaOH).

#### REFERENCES

- [1] Okpin Na, Yunping Xi, Edward Ou, and Victor E. Saouma, "The effects of alkali-silica reaction on the mechanical properties of concretes with three different types of reactive aggregate," *Structural Concrete*, vol. 17, no. 1, pp. 74–83, Mar. 2016.
- [2] G. Giaccio, R. Zerbino, J. M. Ponce, and O. R. Batic, "Mechanical behavior of concretes damaged by alkali-silica reaction," *Cement and Concrete Research*, vol. 38, no. 7, pp. 993–1004, Jul. 2008.

- [3] S. W. Tang, Y. Yao, C. Andrade, and Z. J. Li, "Recent durability studies on concrete structure," *Cement and Concrete Research*, vol. 78. Elsevier Ltd, pp. 143–154, Dec. 01, 2015.
- [4] D. Jozwiak-Niedzwiedzka, M. Dąbrowski, K. Gibas, A. Antolik, and M. A. Glinicki, "Alkali-silica reaction and microstructure of concrete subjected to combined chemical and physical exposure conditions," in *MATEC Web of Conferences*, Jun. 2018, vol. 163.
- [5] C. Qiao, N. Hosseinzadeh, P. Suraneni, S. Wei, and D. Rothstein, "Petrographically quantifying the damage to field and lab-cast mortars subject to freeze-thaw cycles and deicer application," *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, vol. 2, no. 1, Dec. 2021.
- [6] M. Kawamra and M. Ichise, "Characteristics Of Alkali-Silica Reaction In The Presence Of Sodium And Calcium Chloride," 1990.
- [7] M. A. Bérubé, J. F. Dorion, J. Duchesne, B. Fournier, and D. Vézina, "Laboratory and field investigations of the influence of sodium chloride on alkali-silica reactivity," *Cement and Concrete Research*, vol. 33, no. 1, pp. 77–84, Jan. 2003.
- [8] A. Heisig, L. Urbonas, R. E. Beddoe, and D. Heinz, "Ingress of NaCl in concrete with alkali reactive aggregate: effect on silicon solubility," *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, vol. 49, no. 10, pp. 4291–4303, Oct. 2016.
- [9] C. Giebson, K. Voland, H. M. Ludwig, and B. Meng, "Alkali-silica reaction performance testing of concrete considering external alkalis and preexisting microcracks," *Structural Concrete*, vol. 18, no. 4, pp. 528–538, Aug. 2017.
- [10] P. Desai, "Alkali Silica reaction under the influence of chloride based deicers Recommended Citation," 2010. [Online].
- [11] A. Hossain and Islam, "Effects Of Deicing Salts On Strength Properties Of Concrete "Evaluation of road geometrics in relation to future traffic flow on a selected major transport corridor in Chittagong city with improvement options View project." ,2018
- [12] ASTM C1260, "Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method) 1",



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
*1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye*

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**INVESTIGATING THE EFFECTS OF NANOPARTICLES ON  
ANAEROBIC SEWAGE SLUDGE DIGESTION**

Melih SOYSAL<sup>1</sup>, Prof. Dr. Mehmet Sinan BİLGİLİ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Melih SOYSAL, Department of Environmental Engineering, Yildiz Technical University, Turkey

<sup>2</sup>Prof. Dr. Mehmet Sinan BİLGİLİ, Department of Environmental Engineering, Yildiz Technical University,  
Turkey

\*Corresponding author; E-Mail: [soysalmelih1005@gmail.com](mailto:soysalmelih1005@gmail.com)

**ABSTRACT**

Human activities cause waste generation and energy consumption. For this reason, anaerobic digestion (AD) is becoming more popular day by day. AD has so many different studies, and one of them is with nanoparticles. The effects of nanoparticles are a well-known topic in sludge management. In particular, iron nanoparticles efficiently increase anaerobic digestion (AD) processes as a functional material. This thesis presents a comparison of two different zero-valent iron (nZVI) nanoparticles and their effects on anaerobic digestion of sludge. They were used to explore the kinetics of AD biogas production. After seven months of experiments, the results proved that adding the proper dose of nZVI nanoparticles developed the anaerobic digestibility of the sludge. Experiments included COD, VFAs, acidity and alkalinity, chloride, and gas measurements. All of them are measured in a laboratory using technical materials and apparatus. Also, computers are used to write down the results. The digestion sludge was brought from the advanced waste water treatment plant in Istanbul, Turkey. nZVI was shared in fifty different Biochemical Methane Potential (BMP) bottles. Each of the five of them has the same number of nanoparticles, and each of the twenty-five has the same brand of nanoparticles. Besides, there are three grafts and three witnesses. The closed reflux titrimetric method was used for COD measurements. In between the gas measurements, the samples stayed in the incubator.

**Keywords:** Nanoparticle, NZVI, sludge, wastewater, treatment, methane, BMP.

## 1. INTRODUCTION

Sludge is a semi-solid slurry created by a variety of industrial processes, including water treatment, wastewater treatment, and on-site sanitation. It can contain a wide range of particles, including animal dung. Sludge is frequently treated before disposal or recycling to reduce the amount of water in it. Sludge disposal at water treatment plants (WTPs) in densely populated areas is a difficulty for the water sector. Managers are being pushed forward by legal limits based on public health and sustainability.

The initial step was to propose a GIS-based linear optimization approach for sludge management. Prior to disposal or use of the treated product, a number of sludge treatment methods are employed to reduce sludge volume. Organic substances that have not decomposed in solution may partition into the organic portion of the particles through bio-fluoridation and bio flocculation.

Sludge digestion is a biological process that decomposes organic materials into stable compounds. Anaerobic digestion, aerobic digestion, and composting are the most prevalent treatment options. Digestion reduces the overall quantity of solids, kills microorganisms, and makes dewatering and drying sludge easier. About half of the organic sludge particles are converted to liquids and gases by aerobic and anaerobic digestion. 60 to 70% of solid matter can be converted to liquid and gas using thermal hydrolysis and an aerobically-processed sludge.

Aerobic digestion is a bacterial process that takes place in the presence of oxygen. Large facilities use biogas for combined heat and power. By harnessing the heat created during the sludge incineration process, T-PARK is able to provide electricity for its own operations.

In wastewater treatment plants, anaerobic digestion is one of the most used procedures for sludge treatment. A nanomaterials-based pre-treatment was also used to improve sludge solubilization and, as a result, sludge digester bio-methanation efficiency. Fe is the fourth most abundant element on the planet. Fe can be found as a free element or in oxidized forms such as hydroxides and oxyhydroxides. Waste management and environmental remediation operations are increasingly using Fe in the form of bulk particles and nanoparticles.

Nanoparticle is a very small unit with dimensions measured in nanometres. Nanoparticles have unique material properties due to their submicroscopic size. They may find practical uses in a range of fields, including medicine, engineering, catalysis, and environmental remediation. Nanoparticle-based technologies focus on ways to improve efficiency, long-term viability, and speed of existing operations. They use less material, much of which is already in a more "reactive" condition, than materials used in standard industrial processes. [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

## 2. DATA AND METHOD

The samples were taken from the Paşaköy WWTP's advanced biological sludge drying unit's outflow. Sludge is Solid materials that can be settled or floated as a result of physical, chemical and biological treatment processes in drinking water and wastewater can be defined as sludge. Chemicals used in the experiments were prepared in accordance with procedure and the disruption of the experiment was prevented. Each sample was placed in magnetic stirrer by means of flasks and Ferroin indicator was added and titrated with DAS solution. The values obtained were reported.

The Biochemical Methane Potential process was run in an incubator (56 BMP bottles) at Yildiz Technical University. 25 commercial and 25 synthesized 0-eq iron nanoparticles were used for the experiments. pH, alkalinity and chloride experiments were carried out regularly for 1 month.

## ***2.1 Materials and Preparation Techniques***

To measure COD, add the following ingredients to a lysis tube: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Ferroin indicator, iron ammonium sulphate –DAS-, AgNO<sub>3</sub>, and sulfuric acid reagent. At 150°C, the tube is inserted in the thermoreactor for 2 hours.

To measure Chloride: Potassium chromate indicator solution, 1.0 N NaOH, 1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> or NaOH can be used to bring the pH of the sample down to 7 to 10. Titrate to a pinkish yellow endpoint with typical AgNO<sub>3</sub> titrant.

To measure VFAs: Dilute an appropriate volume of acetic acid stock solution to 250 mL in a volumetric flask. Titrate with 0.1N NaOH, phenolphthalein indicator, a pH meter, or an automatic titrator. The initial pink colour that persists after a short period of time, pH 8.3, and the inflection point are the end points of analysis.

### ***2.1.1. Characterization of materials***

Special BMP containers were cleaned and numbered one by one. An equal amount of our sample was added to them. The bottles were closed with special BMP caps just after the gas was blown into and created the anaerobic environment. COD test was carried out by taking a sample from each container. Each sample was placed in magnetic stirrer by means of flasks and Ferroin indicator was added and titrated with DAS solution. In the event that some chemicals used in the experiments were depleted in the laboratory, they were prepared again in accordance with the procedure.

## **3. RESULTS AND DISCUSSIONS**

The toxicity of nZVI prior to its use in remediation is still not fully understood. Nonetheless, the number of uses for nanoparticles is increasing all the time. The addition of nZVI to sludge anaerobic digestion could be a viable method for increasing biogas generation. Graphs show declining trend, which is to be expected. The cause for the variations in between is dependent on the frequency of the experiment. One raw sludge, 40 samples, two witnesses, and two inoculums were computed in total; graphs are presented in excel format (Table 1).

## **4. CONCLUSIONS**

The use of nanoparticles in the biochemical methane potential not only shortened the time but also increased the amount of gas produced. As studies have proven, the nZVI can be an important tool for evaluating sludge from a treatment plant. Due to the increasing interest in nZVI, several studies have been conducted in recent years with the aim of improving manufacturing procedures, physicochemical functionality, and particle stability and mobility. On the other hand, the potential risks arising from the application of modified and unmodified nZVI to other matrices are poorly understood (Table 2).

## **REFERENCES**

- [1] Tchobanoglous, George; Burton, Franklin Louis; Stensel, H. David; Metcalf & Eddy (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (4th ed.). McGraw Hill. ISBN 9780071122504.
- [2] Aubain, Philippe; Gazzo, Alexis; Le Moux, Jan; Mugnier, Eric; Brunet, Hubert; Landrea, Benoît; Disposal and Recycling Routes for Sewage Sludge Synthesis report 22 February 2002.
- [3] <https://www.corrosionpedia.com/definition/1627/sludge>

- [4] Lin, Chuzhao; Agricultural applications offer municipal solutions and strategies, WWTP Sludge Reduction, 12 September 2011.
- [5] Urban, Rodrigo Custodio; de Lima Isaac, Ricardo; WTP and WWTP sludge management: a case study in the metropolitan area of Cambinas, southeastern Brazil. 12 September 2018.
- [6] Von Sperling, M; Goncalves, R. F; Sludge characteristics and production, 2007, IWA Publishing.
- [7] Andreoli, Sperling and Fernandes, Sludge Treatment and Disposal, 2007, IWA Publishing.
- [8] Ambulkar, Archis; Nathanson, Jerry; Sludge treatment and disposal, February 2015.
- [9] Veerendra; What are the methods of sludge disposal, 26 December 2020.
- [10] Krebs, Peter; Sludge treatment, Urban water systems, Technische Universitat Dresden, 2006.
- [11] Judd, Simon; What is Sludge, 22 June 2020.
- [12] L. Nazari, ... C. (Charles) Xu, in Direct Thermochemical Liquefaction for Energy Applications, 2018.
- [13] Henze, M.; van Loosdrecht, M. C. M.; Ekama, G.A.; Brdjanovic, D. (2008). Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design. IWA Publishing.
- [14] Ragasri, S; Tejas, N. Vasa; Sabumon, P. C; A mini review on effect of nano particles of Fe in the anaerobic digestion of waste activated sludge, 2022.
- [15] Dobson, Peter; Properties of nanoparticles, 14 May 2019.

**OTHER INFORMATIONS**

**FIGURES AND TABLES**

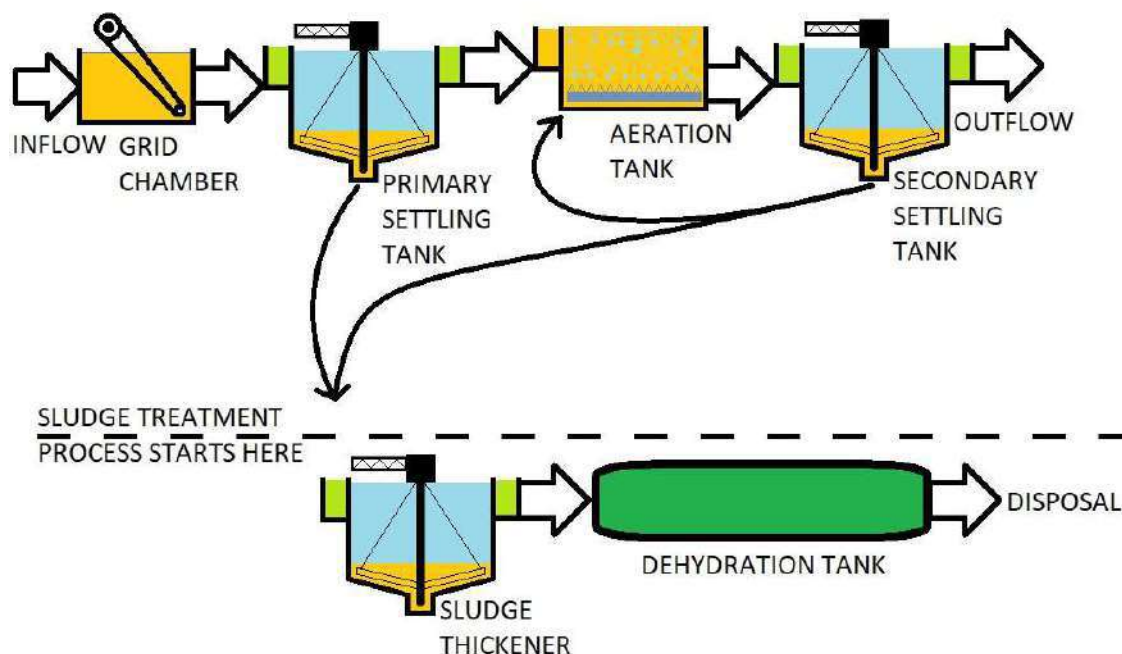


Figure 1: sludge digestion at WWTP

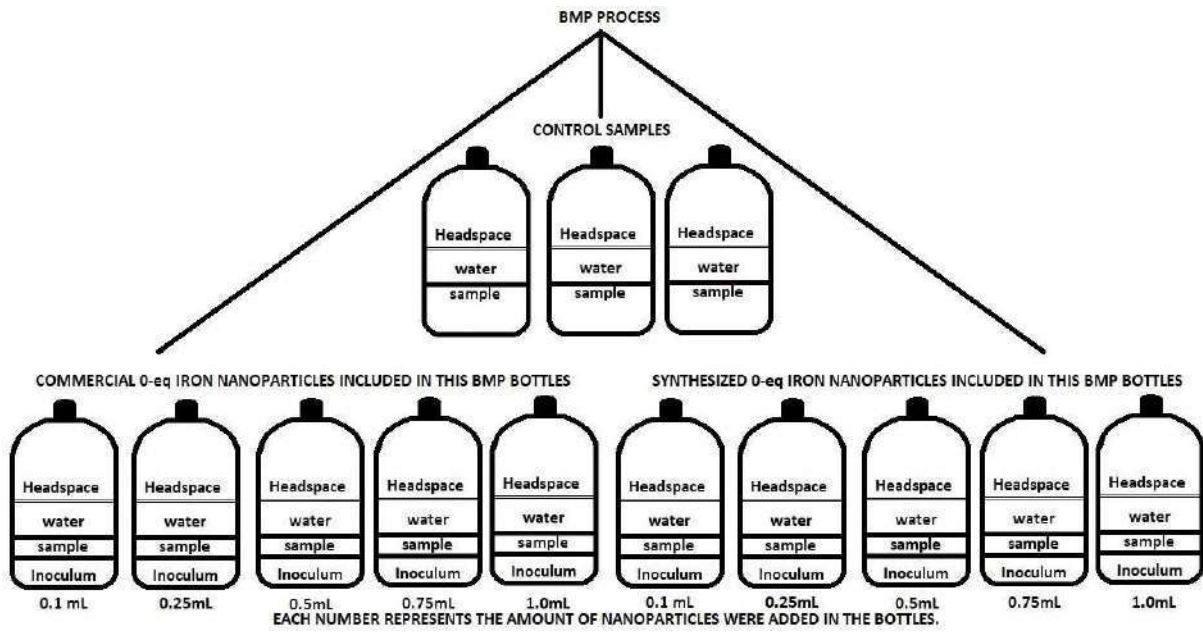


Table 1. Samples, Controls and Inoculums.

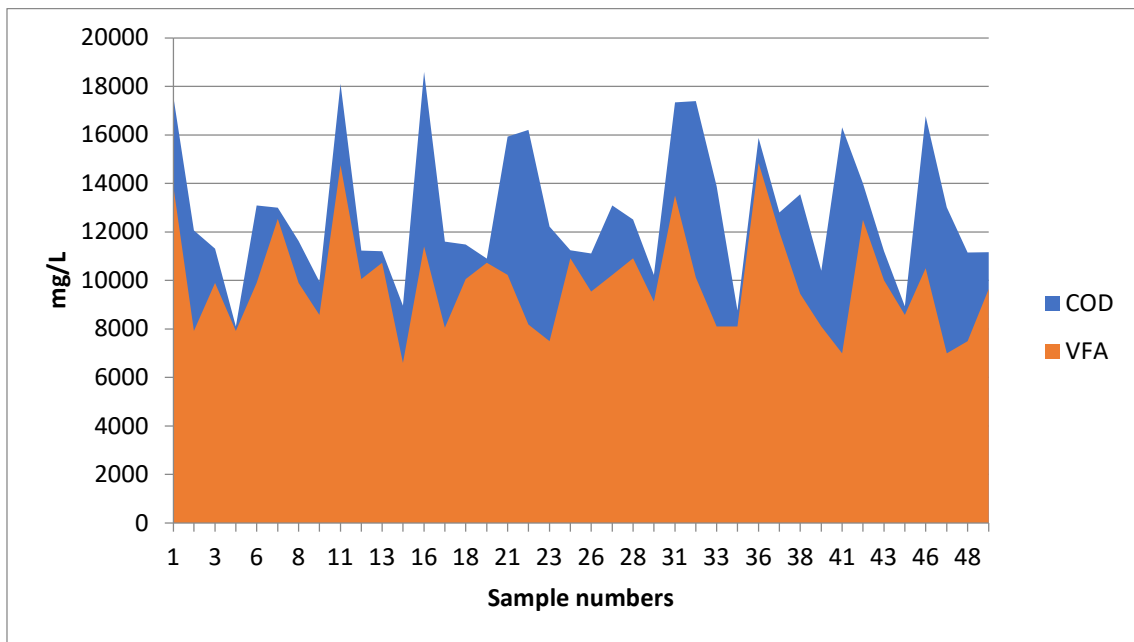


Table 2. Comparison of the COD and VFAs as a graphic.





## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium 1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

### BİR OTOMOBİL KRANK MİLİNİN HASAR ANALİZİ

Nazlı Aşkın ARIKAN<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Nazlı Aşkın ARIKAN, Makina Mühendisliği Bölümü, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [20185125005@ogr.akdeniz.edu.tr](mailto:20185125005@ogr.akdeniz.edu.tr)

#### ÖZET

Hasar analizi, makine parçalarında istenmeyen bir işlevsellik kaybına yol açan sebepleri belirlemeye dayanmaktadır. Hasarın temel sebebini bulmak, bir daha gerçekleşmesini sağlamak amacıyla hasar analizi çalışmaları gereklidir. Krank milleri, gücü iletmeye yarayan mekanik bileşenlerdir. Pistondan aldığı doğrusal hareketi dairesel harekete çeviren motorun en önemli bileşenlerindedir. Krank millerinde pek çok hasar mekanizması bazı sebeplerden dolayı meydana gelmektedir. Krank milinin yanlış hizalanması, yük dalgalanmalarından kaynaklı rezonans, aşırı yük sonucunda kırılma, korozyon hasara sebep olabilmektedir. Otomotiv endüstrisinde aşınma ve yorulma hasarları da yaygın olarak görülmektedir. Piston ve krank mili arasındaki temastan ve izafi hareketten dolayı aşınma hasarı ve döngüsel tekrarlı yüklerden dolayı da yorulma hasarının meydana gelmesi yaygın hasar mekanizmalarındandır. Özellikle yorulma hasarı dahilinde krank millerinin yağ delikleri, krank pimi ve krank muylu yarıçaplarında yorulma hasarına dayalı kırılmalar gerçekleşmektedir. Bu çalışmada da, bir otomobile ait olan temin edilmiş krank mili ana yataklarındaki aşınma izi hasarlarına, aşınmanın ne sebeple meydana gelebileceğine ve literatürdeki krank mili hasar analizi çalışmalarına yer vermek amaçlanmıştır. Parça için kişilerden alınan hasar öngörüsü yağ eksikliğinden dolayı tribolojik hasar olarak aşınma hasarı olduğu belirtilmiştir. Gerekli bakım çalışmalarının düzenli yapılmaması sadece krank milini değil, motor bileşenleri olarak pistonları, piston kolu yataklarını, silindir bloğunu olumsuz etkileyecektir. Meydana gelen aşınma, yıpranma, paslanma faktörleri parçanın ömrünü kısaltacaktır. Bu sebeple otomobil motorundaki tüm parçaların düzenli bakımlarının yapılmasının motor parçalarında hasarı önlemek adına gerekliliği bu çalışmada vurgulanmıştır.

**Kelimeler:** Aşınma, krankmili, hasar analizi

### FAILURE ANALYSIS OF AN AUTOMOBILE CRANKSHAFT

#### ABSTRACT

Failure analysis is based on identifying the causes that lead to an undesirable loss of functionality in machine parts. Failure analysis studies are required in order to find the root cause of the damage and the ensure that it does not happen again. Cranksafts are mechanical components that transmit power. It is one of the most important components of the engine that converts the linear motion from the piston to circular motion. Many failure analysis in cranksafts occur for a number of reasons. Misalignment of the crankshaft, resonance due to load fluctuations, fracture as a result of excessive load, corrosion can cause damage. Wear and fatigue damage are also common in the automotive industry. In this study, it is aimed to give place to the wear trace damages in the crankshaft main bearings of an automobile, the reason why the wear can occur, and the crankshaft failure analysis studies in the literature. For the part the failure estimate taken from the people stated that there was wear damage as tribological damage due to the lack of oil. Failure to perform the necessary maintenance work regularly will adversely affect not only the crankshaft but also the pistons, piston rod bearings and cylinder lock as engine components. For this reason, the necessity of regular maintenance of all parts of the automobile engine in order to prevent failure to engine parts has been emphasized in this study.

**Keywords:** Wear, crankshaft, failure analysis

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İçten yanmalı motorların en önemli kısımlarından bir tanesi krank milleridir. Krank milleri, üzerinde pistonların bulunduğu her 5-10 cm'inde U şeklinde çıkıntıları olan tek parça demir çubuktur. Bu parça, motorda önemli bir yere sahiptir. Krank mili, pistonun doğrusal olan ileri geri hareketini dönme hareketine dönüştüren motorun yapısal bileşenlerinden bir tanesidir [16]. Krank milleri, genel olarak eğilme ve burulma momentleri ile tekrarlı yüklere maruz kalmaktadır. Piston (biyel) kolu, pistondan aldığı hareketi krank miline ileten parçaya denir. Bu parçanın bir ucu krank miline, bir ucuda pistonla bağlıdır. Krank mili ana yataklarında yapıştırıcı aşınması (galling) ve yorulma aşınması (fretting) aşınma hasarı olarak ortaya çıktığı belirtilmektedir [2]. Bu çalışmada, bir otomobile ait olan krank milinin hasar analizi çalışması yapılmıştır. Krank mili yataklarında meydana gelen aşınma hasarına yer verilmiş, literatürdeki çalışmalar derlenmiştir.

## 2. HASAR ANALİZİNE YÖNELİK LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR (STUDIES IN THE LITERATURE OF FAILURE ANALYSIS)

Krank mili hasarları incelendiğinde yük uygulanan krank milinde meydana gelen yaygın hasarlardan biri yorulma hasarıdır. Titreşime yol açan gevşemiş motor veya piston kep yatakları civatası, pistonlardan iletilen aşırı yük sebebiyle krank milinde meydana gelen yüksek eğilme momenti, bağlantı civatalarının gevşek veya kırık olması da krank milinde hasara sebep olan faktörlerdendir [1]. Krank millerinde meydana gelen hasarlara ısı işlem eksikliği sonucunda krank milinde sertlik değerinin azlığı, seçilen malzemenin uygunsuzluğu, yağlama eksikliği, motordaki aşırı yük, shaft dönüş hızının frekansı ile ilgili yük dalgalanmalarından kaynaklı rezonans etkili olabilmektedir [16]. Literatürdeki çalışmalarda, krank mili hasarı yüksek gerilme yığılmalarından dolayı krank ağı ve krank pimi bölgesinde meydana geldiğinden dolayı yorulma çatlak büyümesine atıfta bulunmaktadır [17].

Fonte vd.[3], dizel motor krank milinin hasarı ile ilgili bir hasar analizi çalışması yapmışlardır. Krank miline yönelik hasarın temel sebeplerini araştırmışlardır. Hasarın aşınma hasarı olduğunu belirtmişlerdir. Gözle muayene sonucunda metal metal teması sonucu sürtünme kaynaklı aşınma hasarının sebebinin ana yatak kapağının gevşemekte olan civatalardan birinin yetersiz tork ile sıkılması sonucu ortaya çıktığını açıklamışlardır. Civataların ön gerilme kuvveti verilerek sıkılmasının önemini çalışmalarında vurgulamışlardır. Bir diğer çalışmada Fonte vd.[4], boksör tipi motora ait krank milinin hasar analizini yapmışlardır. Krank mili yüzeyindeki çatlakları incelediklerinde yüzeydeki çatlakların yorulma kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada hasarın temel sebebinin araştırmak, hasara yol açan mekanizma olan yorulma hasarını incelemeyi amaçlamışlardır. Motor tasarımını geliştirmek için önerilerde de bulunmuşlardır. Fonte vd.[1], deniz motoru krank milinin yorulma ömrünün değerlendirilmesi ve krank milinin bakımı hakkında bilgiler sunmuşlardır. Yağ eksikliğinin, motorun aşırı hızının, krank milinin hatalı tasarımının, bakım faaliyetlerinin yetersizliğinin, muylu yataklarının yanlış hizalanmasının, aşınma hasarı sebebiyle metal kaybına uğrayan yatakların krank miline hasar verebileceğini belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada Fonte vd.[21], tarım araçlarına ait tek silindirli dizel motorun krank mili hasar analizine yer vermişlerdir. Krank piminin yağ deliğinde ve krank piminin radyuslarında çatlak başlangıcı gözlemlemişlerdir. Gerilme yığılmalarının olduğu yerleri gözlemek amacıyla sonlu eleman analizi çalışması yapmışlardır. Sonuçlarda düşük gerilme altında yorulma ve krank pimlerinde yüksek döngüsel yorulma olduğunu gözlemlemişlerdir.

Mateus vd.[5], 1.9 turbo dizel motor krank milinin hasar analizi çalışmasını yapmışlardır. Krank milindeki hasarı incelemek amacıyla fraktografik ve metalografik incelemeler gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlarda, krank mili çatlaklarının başlangıç noktasında bir çentik sebebiyle ya da krank milinin yanlış hizalanmasından dolayı meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Kareem [6], bir otomobilin krank miline yönelik değişen servis şartları altında hasar analizi çalışmasını gerçekleştirmiştir. Üç tip krank mili üzerinde ölçüm ve deney yapmıştır. Krank millerinin yüksek çalışma hızının titreşimlere yol açtığını belirtmiştir. Bu nedenle kontrol edilen burulma titreşimi, krank milinin çalışma hızı, krank milinin doğru hizalanması ve yeterli yağlamanın krank milinin ömrünü uzatmada etkili olabileceğini belirtmiştir. Kareem [7], bir diğer çalışmada bir otomobilde bulunan krank milinin hasarına yönelik uzmanlar tarafından alınan görüşlerin yer aldığı bir çalışma sunmuştur. Yapılan çalışma, otomobil bakım atölyelerinde çalışan kişilerin vermiş oldukları beyanlar doğrultusunda oluşturulmuştur. Kullanılan 6 sigma yöntemi ile özel, ticari otomobil ve

otobüslere ait krank millerinin hasarlarına yönelik bir araç kategorisi sunmuştur. Geliştirilmiş yağlama sisteminin krank mili seçiminde etkili olabileceğini belirtmiştir.

Kulakov vd.[8], krank milinin yataklarına yönelik hasar analizi çalışması yapmışlardır. Hasarın, hidrodiamik yağlamadaki eksiklikten dolayı ortaya çıktığını gözlemlemişlerdir. Yağ pompasının performansının, biyel ( piston ) kolunun yataklarındaki basıncı ve yağ akışını etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Barylnikova vd.[9], yağlama sistemlerinde dolaşan yağın basıncının azaltılmasının krank mili hasarı üzerindeki etkisini araştırmaya yönelik çalışma yapmışlardır.

Venc ve Rac [10], çalışmalarında 616 motor krank mili yatağına yönelik hasar analizi çalışması yapmışlardır. Etkili olan hasarın aşınma hasarı olduğunu belirtmişlerdir. Dizel motorun krank mili yataklarında en belirgin olan aşınma türünün abrazif aşınma olduğunu sırasıyla adhezif aşınma ve yorulma aşınması hasarlarının meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Aliakbari vd.[16], 6 silindri ağır hizmet kamyon dizel motorunun 600.000 km çalışmasından sonra krank mili hasarına yönelik analizini gerçekleştirmişlerdir. Çekme deneyinden elde ettikleri sonuçlara göre krank mili malzemesinin mekanik özelliklerinin çelik malzemeye uygun olduğunu, sertlik değerinin ana dergide düzgün dağıldığını gözlemlemişlerdir. Kırık yüzeye, yağ deliği bölgesindeki kirliliklerin sebep olduğu çatlakların büyümesi ile meydana geldiğini belirtmişlerdir. Yağ deliğinin iç yüzeyinden dış yüzeyine doğru çatlakların büyüdüğünü gözlemlemişlerdir. Bunun sebebinin, birikmiş kirliliklerin ve yüzeydeki çizgilerin olduğunu vurgulamışlardır.

Yukarıda belirtilen hasar sebeplerinin yanı sıra krank mili hasarının bir önemli nedeni de yorulmaya dayanmaktadır. Yorulma hasarı kaynaklı yapılmış olan deneysel ve nümerik çalışmalarda aşağıda mevcuttur:

Ktari vd.[11], dövme yöntemi ile üretilen krank milinin hasar analizi çalışmasını yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda hasarın yorulma kaynaklı olduğuna ulaşmışlardır. Jiao vd.[12], çalışmalarında krank milinin hasar analizini gerçekleştirmişlerdir. Krank milinin sonlu elemanlar yöntemi ile analizi ve hasar analizindeki muayeneler sonucunda hasarın aşırı yüklemekten dolayı yorulma kaynaklı olduğunu bulmuşlardır. Bayrakçeken vd.[13], tek silindri motora ait krank miline yönelik hasar analizi çalışması yapmışlardır. Hasarın sebebinin belirleyebilmek amacıyla karakterizasyon ve fraktografi çalışması yapmışlardır. Hasarın yorulmadan kaynaklı ve ısıl işlemdeki hatadan dolayı kaynaklandığını belirtmişlerdir. Pandey [14], çalışmasında %0,45 karbon çeliğinden üretilen traktörde kullanılan dizel motor krank milinin hasar analizi çalışmasını gerçekleştirmiştir. Analiz sonucunda yorulma hasarının etkili olduğunu gözlemlemiştir. Witek vd.[15], çalışmalarında dizel motor krank milinin hasar analizini gerçekleştirmişlerdir. Yapmış oldukları nümerik analiz sonucunda krank piminin radyusunda yüksek gerilme değerlerinin oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Kimyasal analiz sonucunda malzemenin sünek dökme demir olduğunu bulmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlarda hasarın yüksek devir sonucunda yorulma hasarı olduğunu belirtmişlerdir. Yorulma hasarının kaynak yerinin yağ deliği olduğunu gözlemlemişlerdir. Alfares vd.[16], bir halk otobüsüne ait 6 silindri dizel motor krank milinin hasar analizini gerçekleştirmişlerdir. Krank milinin radyus bölgesindeki çatlak başlangıcını mikroskop ile gözlemlemişlerdir. Yaptıkları analiz sonucunda, hasarın yorulma kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir. Aliakbari vd.[17], yaptıkları çalışmada kompakt bir kamyonetin dört silindri dizel motorundaki krank mili hasar analizi yapılmıştır. Kimyasal bileşim, mekanik özellikler, sertlik ve çekme deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Optik ve taramalı elektron mikroskobu kullanmışlardır. Mikro yapıyı, kusurları, kırılma yüzeylerini ve hasar sebebinin araştırmak amacıyla taramalı elektron mikroskobu kullanmışlardır. Sabit burulma ile döngüsel eğilme altında krank mili gerilme alanını tahmin etmek amacıyla doğrusal olmayan üç boyutlu gerilme analizi gerçekleştirmişlerdir. Sertlik testi ve mikro yapı sonuçları, krank piminde ve ana muyluda sertleştirilmiş yüzey tabakası olmadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, nümerik çalışmadaki stres analizi, en yüksek gerilmenin deneysel ölçümler ile iyi uyum içerisinde olan ağ-krank pimi köşe bölgesinde olduğunu göstermektedir. Yaptıkları çalışmada, uzun yorulma ömrü sağlamak ve erken gerçekleşecek hasarı önlemek amacıyla da önerilerde bulunmuşlardır. Infante vd.[18], çalışmalarında uçak motoruna ait olan krank milinin hasar sebeplerini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda, kırılma yüzeyindeki çizgilerin yorulma hasarı ile uyumlu olduğunu gözlemlemişlerdir. Kökteki kırılmaya, gerilme yığılmalarının etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Infante vd.[20], bir helikopter motoruna ait olan krank mili hasar analizi çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Krank milinin kırılma yüzeyine ait makroskobik ve mikroskobik incelemeler gerçekleştirmişlerdir. Kırık olan krank milini incelediklerinde yorulma hasarının meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Mikroskop altındaki incelemeler

sonucundaki sahil izlerinin mevcudiyeti, motorun çalışma koşullarına göre ard arda çalıştırılması ve durdurulmasının etkisi ile çatlak büyümesinin meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Krank milinin köşe yarıçapları da yorulma dayanımını etkilemektedir. Buna yönelik sonlu elemanlar analizi çalışmaları da yapılmıştır. Singh ve Sengar [19], bir lokomotif için krank milinde yorulma ömrünün analizini gerçekleştirmişlerdir. Krank milini statik yapısal koşullar altında krank pimi radyusu ve ana muylu yatağındaki köşelerin gerilme yığılmalarını azaltmak için ve yorulma ömrünü uzatmak için yarıçap artırılarak ANSYS’de analize tabi tutmuşlardır. Krank milinin tasarımını dikkate alarak, köşe yarıçap değerini arttırarak yorulma ömrünü iyileştirmişlerdir.

## **2.1 Hasar Analizi (Failure Analysis)**

Bu çalışmada yer verilen hasarlı parça krank mili yataklarındaki aşınma hasarıdır. Aşınma hasarı yetersiz yağlama sonucu veya yatak yüzeylerinde kir birikimi sonucunda meydana gelebilir. Hasarlı parçanın temin edildiği yer kurumsal çalışan bir yer olmadığından dolayı bakım kayıtlarına ulaşamamıştır. Bu sebeple kişilerden alınan beyanlar ve göz ile muayene sonucunda aşınma hasarının meydana geldiği gözlemlenmiştir. Tipik krank mili hasarlarına bakıldığında aşırı yüklemeye kaynaklı yorulma hasarı da meydana gelebilmektedir. Bu çalışmadaki krank milinde herhangi bir çatlak, yorulma hasarı kaynaklı kırılma gözlemlenmemiştir. Sadece krank mili yatakları ve piston kol yatağında izafi hareket yönüne bağlı çizgilerin olduğu gözlemlenmiştir.

### **2.1.1 Analiz (Analysis)**

Hasarlı parçaların gözle muayene sonucunda fotoğrafları çekilmiştir. Aşağıdaki görselde ( Şekil 1 ) krank mili yatağındaki izlerin aşınma hasarı ile tutarlı olduğu söylenebilir.



**Şekil 1:** Krank mili yataklarındaki aşınma izleri

Meydana gelen aşınma izlerinin yağ deliklerinin tıkanması ve yağ pompasının yetersiz basıncından kaynaklı olabileceği belirtilebilir. Mikro çatlakların bulunması ve yetersiz yağlama, yorulma hasarının oluşmasına neden olabilir. Yorulma hasarı, çatlakların başlaması, ilerlemesi ve son hızlı kırılmayı içermektedir. Gereken önlemler alınmaz ise, krank piminde meydana gelen yüzey çatlakları ilerleyerek kırılmalar bile gerçekleşebilir. [16].

## **3. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)**

Krank milinde yanlış hizalama milde yüksek gerilme değerlerine sebep olabilir. Bununla birlikte, yapılan çalışmalara bakıldığında özellikle krank milinin radyuslarında ve yağ delik kısmında yüksek gerilme değerlerinden dolayı çatlakların oluşacağı ve bu çatlakların büyüyerek hızlı kırılma ile sonuçlanabileceği yorulma hasarında meydana geldiği belirtilmektedir. Yakıtın veya yağ kalitesinin düşük olmasının, yağda kalıntı oluşumunun artmasına böylelikle yapıştırıcı ve yorulma aşınmasının meydana geldiğinde belirtilmektedir. Aşınma hasarına yönelik hasar analizi yapılırken birbiri ile temas halinde olup, bağıl hareket eden yüzeyler arasında yağlayıcı

eklenmelidir. Bu çalışmada, kişilerden alınan hasar öngörüsü yağ eksikliğinden dolayı tribolojik hasar olarak aşınma hasarı olduğu belirtilmiştir. Gerekli bakım çalışmalarının düzenli yapılmaması sadece krank milini değil, motor bileşenleri olarak pistonları, piston kolu yataklarını, silindir bloğunu olumsuz etkileyecektir. Bunun sonucunda meydana gelen aşınma, yıpranma, paslanma faktörleri parçanın ömrünü kısaltacaktır. Bu sebeple otomobil motorundaki tüm parçaların düzenli bakımlarının yapılmasının motor parçalarında hasarı önlemek için önemi üzerinde durulmalıdır.

## KAYNAKLAR ( REFERENCES)

- [1] M. Fonte, P. Duarte, V. Anes, M. Freitas, ve L. Reis, “On the assessment of fatigue life of marine diesel engine crankshafts”, *Eng. Fail. Anal.*, c. 56, ss. 51–57, 2015.
- [2] A. Vencl ve A. Rac, “Diesel engine crankshaft journal bearings failures: Case study”, *Eng. Fail. Anal.*, c. 44, ss. 217– 228, 2014.
- [3] Fonte, M., Freitas, M. & Reis, L. Failure analysis of a damaged diesel motor crankshaft. *Eng. Fail. Anal.* 102, 1– 6, 2019.
- [4] Fonte, M., Anes, V., Duarte, P., Reis, L. & Freitas, M. Crankshaft failure analysis of a boxer diesel motor. *Eng. Fail. Anal.* 56, 109–115, 2015.
- [5] Mateus, J., Anes, V., Galvão, I. & Reis, L. Failure mode analysis of a 1.9 turbo diesel engine crankshaft. *Eng. Fail. Anal.* 101, 394–406, 2019.
- [6] Kareem, B. Mechanical failure analysis of automobile crankshafts under service reconditioned modelling approach. *Eng. Fail. Anal.* 80, 87–101, 2017.
- [7] Kareem, B. Evaluation of failures in mechanical crankshafts of automobile based on expert opinion. *Case Stud. Eng. Fail. Anal.* 3, 25–33, 2015.
- [8] Kulakov, A. T., Barylnikova, E. P. & Talipova, I. P. *Lubrication Conditions and Development of Pre-failure State of Crankshaft Bearings. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2020,. doi:10.1007/978-3-030-22041-9\_108.
- [9] Barylnikova, E. P., Kulakov, A. T. & Kulakov, O. A. Adaptive system of supplying lubricant to the internal combustion engine. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 240, 2017.
- [10] Vencl, A. & Rac, A. Diesel engine crankshaft journal bearings failures: Case study. *Eng. Fail. Anal.* 44, 217–228, 2014.
- [11] Ktari, A., Haddar, N. & Ayedi, H. F. Fatigue fracture expertise of train engine crankshafts. *Eng. Fail. Anal.* 18, 1085– 1093, 2011.
- [12] A. Jiao, B. Liu, X. Chen, X. Zou, ve F. Wang, “Fracture failure analysis of KL crankshaft”, *Eng. Fail. Anal.*, c. 112, sayı November 2019, s. 104498, 2020.
- [13] H. Bayrakçeken, S. Tasgetiren, ve F. Aksoy, “Failures of single cylinder diesel engines crank shafts”, *Eng. Fail. Anal.*, c. 14, sayı 4, ss. 725–730, 2007.
- [14] R. K. Pandey, “Failure of diesel-engine crankshafts”, *Eng. Fail. Anal.*, c. 10, sayı 2, ss. 165–175, 2003.
- [15] L. Witek, M. Sikora, F. Stachowicz, ve T. Trzepieciniski, “Stress and failure analysis of the crankshaft of diesel engine”, *Eng. Fail. Anal.*, c. 82, sayı October 2016, ss. 703–712, 2017.
- [16] Aliakbari, K., Masoudi Nejad, R., Akbarpour Mamaghani, T., Pouryamout, P., & Rahimi Asiabaraki, H. (2022). Failure analysis of ductile iron crankshaft in compact pickup truck diesel engine. *Structures*, 36(November2021), 482–492. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.12.034>.
- [17] Aliakbari, K., Nejad, R. M., Toroq, S. K. P., Macek, W., & Branco, R. (2022). Assessment of unusual failure

in crankshaft of heavy-duty truck engine. *Engineering Failure Analysis*, 134(December 2021), 106085. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106085>.

[18] Infante, V., Silva, J. M., Silvestre, M. A. R., & Baptista, R. (2013). Failure of a crankshaft of an aeroengine: A contribution for an accident investigation. *Engineering Failure Analysis*, 35, 286–293. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.02.002>.

[19] Singh, T., & Singh Sengar, S. (2020). Least life analysis of diesel locomotive crankshaft. *Materials Today: Proceedings*, 44, 4369–4374. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.564>.

[20] Infante, V., Freitas, M., & Fonte, M. (2019). Failure analysis of a crankshaft of a helicopter engine. *Engineering Failure Analysis*, 100(February), 49–59. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.01.072>.

[21] Fonte, M., Duarte, P., Reis, L., Freitas, M., & Infante, V. (2015). Failure mode analysis of two crankshafts of a single cylinder diesel engine. *Engineering Failure Analysis*, 56, 185–193. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.02.014>.





**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

## **TARLADAN ÇATALA STRATEJİSİNE GÖRE EKMEK ÜRETİMİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

Mahmut Öztürk, Alp Özdemir, Zerrin Günkaya, Aysun Özkan, Müfide Banar,

Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Eskişehir Technical University, Turkey

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [mozturk@eskisehir.edu.tr](mailto:mozturk@eskisehir.edu.tr)

### **ÖZET**

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında gıda zincirinin neden olduğu çevresel etkileri azaltmak ve gıda israfını önlemek iki önemli amaç olarak görülmektedir. Bu noktada, en çok israf edilen gıda maddelerinden biri ekmektir. Türkiye’de yılda yaklaşık 8,4 milyon ton ekmeğin üretildiği ve 542 bin ton ekmeğin ise israf edildiği bildirilmektedir. Bu çalışmada, ‘tarladan çatala’ ekmeğin tedarik zincirinin küresel ısınma potansiyeline (GWP’ye) olan etkilerinin Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) yöntemi ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır. LCA’nın kapsamı, “beşikten-mezara” olup, fonksiyonel birim olarak 1 kg ekmeğin üretimi seçilmiştir. Yaşam döngüsü envanteri; ekmeğin üretimi ile ilgili literatür çalışmalarından ve Ecoinvent v3.6 ve Agri-footprint veri tabanlarından oluşturulmuş, yaşam döngüsü etki değerlendirmesi; lisanslı SimaPro 9.1.0 PhD. yazılımında yer alan CML-IA (v.3.06) etki değerlendirme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. LCA sonuçlarına göre 1 kg ekmeğin üretilmesinin GWP etkisi 0,38 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Bu etkiye, %87,1 oranında un üretiminin, %11,9 oranında elektrik tüketiminin, %0,5 oranında tuz kullanımının, <%0,1 oranında doğal gaz tüketimi ve <%0,1 oranında da su kullanımının neden olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, ekmeğin üretiminden kaynaklanan GWP etkisini azaltmak için, buğday üretimi sırasında kullanılan gübre ve enerji türleriyle ilgili çalışmalar yapılmasında yarar olduğu düşünülmektedir.

**Kelimeler:** Ekmeğin üretimi, tarladan sofraya stratejisi, yaşam döngüsü değerlendirmesi.

## **LIFE CYCLE ANALYSIS OF BREAD PRODUCTIN ACCORDING TO THE FARM TO FORK STRATEGY: CASE IN TURKEY**

### **ABSTRACT**

Under the United Nations Sustainable Development Goals and the European Green Deal, reducing the environmental impacts caused by the food chain and preventing food waste are seen as two important goals. From this point of view, one of the most wasted foodstuffs is bread. It is reported that approximately 8.4 million tons of bread is produced annually in Turkey and 542 thousand tons of bread is wasted. In this study, it is aimed to evaluate the effects of the 'farm to fork' bread supply chain on global warming potential (GWP) by Life Cycle Analysis (LCA) method. The scope of the LCA is "cradle to grave" and the functional unit of the work is selected as the production of 1 kg of bread. The life cycle inventory was created from literature studies on bread production and using Ecoinvent v3.6 and Agri-footprint databases. The life cycle impact assessment was performed using the CML-IA (v.3.06) impact assessment method included in the licensed SimaPro 9.1.0 PhD., software. According to the LCA results, the GWP effect of producing 1 kg of bread was calculated as 0.38 kg CO<sub>2</sub> equivalent. It was determined that this effect was caused by 87.1% of flour production, 11.9% of electricity consumption, 0.5% of salt use, 0.5% of heat energy use (natural gas consumption) of < 0.1% and < 0.1% of water use. In order to reduce the GWP effect of bread production, it is expected that wheat production in the supply chain will make significant contributions to the reduction of GWP impact with the implementation of clean production options (environmentally friendly fertilizer and energy use).

**Keywords:** Bread production, farm to fork strategy, life cycle assessment.



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamındaki “Tarladan Çatala (Farm to Fork)” stratejisi, Avrupa Birliği'nin 2050 yılına kadar gıda tedarik zinciri ve tarımda sürdürülebilirlikle ilgiliküresel standart oluşturma hedefinin temelini içermektedir. Tarladan Çatala stratejisi ile gıda üretimi, ulaşımı, pazarlaması, tüketimi ve atık üretimini içeren gıda zincirindeki toprak, tatlı su ve deniz ekosistemlerini koruyarak çevresel etkiyi azaltmak önemli bir hedefdir. Ayrıca biyolojik çeşitlilik kaybının önlenmesi, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması, pestisitlere bağımlılığın ve aşırı gübrelemenin azaltılması bu hedefler arasındadır. Sürdürülebilir gıda üretimi ve atık yönetimi, 2030 yılına kadar ulaşılması beklenen Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları kapsamında yer alan Yoksulluğa Son (SDG1), Açlığa Son (SDG2) ve Sorumlu Üretim ve Tüketim (SDG12) maddelerinde de vurgulanmıştır [1], [2].

Gıda üretimi sırasında pekçok kaynak kullanıldığından, gıda kayıpları ve atıkları, bu gıdaların depolanması, işlenmesi, dağıtımı ve atık yönetimi süreçlerinde sera gazı emisyonlarının yanı sıra dolaylı olarak toprak erozyonu, ormansızlaşma, su ve hava kirliliği gibi çevresel etkilere de neden olmaktadır [3], [4]. Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, yılda yaklaşık 1,3 milyar ton gıdanın (üretilen gıdanın neredeyse üçte biri) küresel olarak israf edildiği tahmin edilmektedir [4]. Bu artan çevresel kaygıların yanı sıra sosyal ve ekonomik kaygılar nedeniyle de, gıda atıkları hükümetler, işletmeler, sivil toplum kuruluşları, akademisyenler ve toplum arasında giderek daha acil bir sorun olarak kabul edilmektedir [3]. Ekmeğin israf edilen gıdalar içerisinde maalesef çok önemli bir payı vardır. Yemeklerin yanında günlük veya atıştırmalık olarak farklı şekillerde tüketilen ekmeğin ana bileşenleri, tahıl unu (genellikle buğday), su, tuz ve hamurun yoğrularak şişmesini sağlayan mayadır.

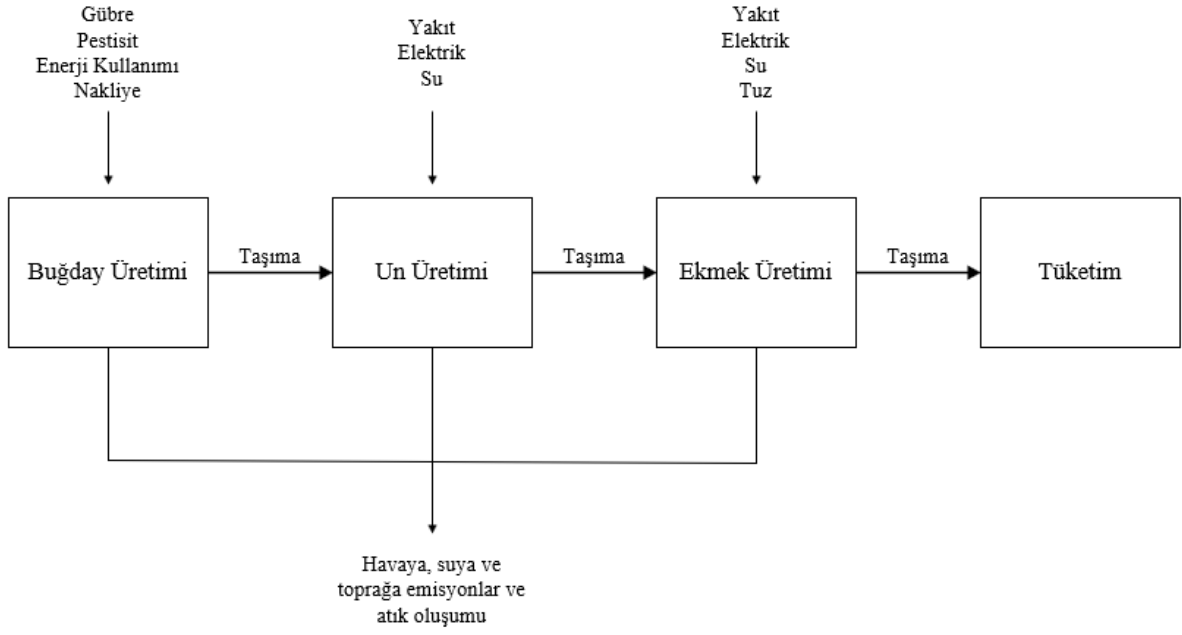
Türkiye'de yılda yaklaşık 8,4 milyon ton ekmeğin üretilmektedir. Ülkemizde kişi başı yıllık ekmeğin tüketimi 104 kg iken, İngiltere'de 32 kg, Slovenya'da 42 kg, Rusya'da 55 kg, Almanya'da 56 kg, Bulgaristan'da 95 kg olarak hesaplanmaktadır [7]. Türkiye Atık Raporu'ndaki verilere göre ülkemizde günde 1486 ton, yılda 542 bin ton ekmeğin israf edildiği görülmektedir. Bir somun ekmeğin 250 gram olduğu düşünülürse, günde yaklaşık 6 milyon adet ekmeğin ve yılda 2 milyardan fazla ekmeğin israf edilmektedir [8]. Ekmeğin israfının genel etkilerini anlamak ve böylece gelecekteki atık önleme faaliyetlerini belirlemek için, ekmeğin üretimi, tüketimi ve atık üretimi aşamalarının sıcak noktalarını belirlemek ve tüm değer zinciri boyunca çevresel performansı belirlemek gerekir. Böyle bir değerlendirme uygun metodolojik araçlarla yapılmalıdır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, bu süreçlerin olası çevresel etkilerini bütünsel olarak değerlendiren bir yöntemdir.

Bu noktadan hareketle, bu çalışmada Türkiye'de tarladan çatala ekmeğin tedarik zincirinin küresel ısınmaya olan etkilerinin LCA yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Ekmeğin üretimindeki tedarik zinciri bütünsel olarak ele alınarak, birincil ve ikincil verilere yönelik yaşam döngüsü envanteri (LCI) oluşturulmuş ve ekmeğin üretimini LCI analizi, CML-IA v.3.06 etki değerlendirme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

## 2. LCA METODOLOJİSİ (LCA METHODOLOGY)

LCA metodolojisi, ISO 14040 ve 14044 standartlarına bağlı olarak hedef ve kapsam tanımı, yaşam döngüsü envanteri, yaşam döngüsü etki değerlendirmesi ve yorumlama olmak üzere dört adımdan oluşmaktadır [9], [10].

**Hedef ve kapsam tanımı:** Bu çalışmadaki değerlendirmede, beşikten mezara kadar (*buğday üretimi, un üretimi, malzemelerin taşınması ekmeğin üretimi, ekmeğin tüketiciye ulaştırılması, ve tüketimi*) olan tüm aşamalar, çiftlikten sofraya stratejisine uygun olarak ele alınmıştır. Üretim sonrası tüketilmeyen veya satılamayan ekmeğin, galeta unu ve kruton yapımında veya hayvan yemi olarak kullanıldığı için sistem sınırları dışında tutulmuştur. Çalışmada fonksiyonel birim, “1 kg ekmeğin üretimi” olarak seçilmiş olup, sistem sınırları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. LCA çalışmasının sistem sınırları

**Yaşam döngüsü envanteri (LCI):** Bu çalışmada LCI verileri ön plan (birincil) ve arka plan (ikincil) verileri olarak iki şekilde oluşturulmuştur. LCI verileri belirlenen fonksiyonel birimle ilişkilendirilerek hesaplanmıştır. Bunun yanında, ekmeğin üretimi ile ilgili birincil veriler, Gürbüz [11] çalışmasından elde edilirken, arka plan (buğday üretimi, taşınması, ve un üretimi) proses verileri SimaPro 9.1.0 PhD versiyonunda yer alan Agri-Footprint ve Ecoinvent v3.6 veri tabanları kullanılarak oluşturulmuştur. Bu kapsamda, ekmeğin üretilmesinde, 0,77 kg buğday unu, 0,20 kg içme suyu, 0,02 kg maya ve 0,01 kg tuz kullanıldığı varsayılmıştır. 1 kg ekmeğin pişirilmesinde 3000 adet/8 saat kapasiteye, 4 kW güce sahip olan ve elektrikle çalışan bir fırın kullanıldığı düşünülmüştür. Fonksiyonel birim bazında, fırının çalışması için 0,05 kWh elektrik enerjisinin gerekli olduğu, mayanın eritilmesinde kullanılan suyun doğalgaz ile ısıtıldığı ve bu işlem için de 0,8 kWh'lik bir enerji tüketiminin olduğu hesaplanmıştır. Ekmeğin üretimi sırasında 0,29 kWh'lik bir atık ısının oluştuğu da hesaplanmıştır. Çalışmada, elektrik enerjisinin %22,5 doğalgaz, %20,1 ithal kömür, %10,6 taş kömürü, %5,7 linyit kömürü, %25,6 hidroelektrik, %8,2 rüzgar %4,0 güneş ve %3,3 jeotermal kaynaklardan üretildiği varsayılmıştır. Maya üretimi ile ilgili verinin veritabanlarında yer almaması nedeniyle çalışmaya dahil edilmemiştir.

**Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi (LCIA) ve yorum:** LCIA, SimaPro 9.1.0 PhD. yazılımında yer alan CML-IA (v.3.06) etki değerlendirme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Etki değerlendirmesinde 11 farklı etki kategorisine ait karakterizasyon ve normalizasyon sonuçları hesaplanmış olmakla birlikte bu çalışmada özellikle küresel ısınma potansiyeli (Global Warming Potential, GWP) üzerine yoğunlaşmış ve bu sonuçlar yorumlanmıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

LCA analizi sonuçlarına göre, 1 kg ekmeğin üretilmesi sırasında oluşan GWP etkisi 0,383 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri (ed.) olarak hesaplanmıştır. Çalışmada, bu etkiye neden olan prosesler incelendiğinde, un üretiminin %87,1, elektrik tüketiminin %11,9, tuz kullanımının %0,5, ısı enerjisi (doğal gaz) tüketiminin <%0,1 ve su kullanımının <%0,1 oranında etkili olduğu tespit edilmiştir. GWP etkisine, bu proseslerden kaynaklanan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) ve metan (CH<sub>4</sub>) emisyonlarının neden olduğundanbu emisyonların GWP'ye katkısı sırasıyla %58,5 CO<sub>2</sub> (biyojenik CO<sub>2</sub> %15,1 ve fosil kaynaklı CO<sub>2</sub> %43,4), %37,6 N<sub>2</sub>O ve %3,8 CH<sub>4</sub> şeklindedir. CO<sub>2</sub> emisyonlarının özellikle elektrik kullanımı ve un üretiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Elektrik

kullanımında, elektriğin linyit kömürü gibi fosil kaynaklardan elde edilmesinin buradaki en önemli etken olduğu gözlemlenmiştir. Un üretimi ile ilgili arka plan verileri incelendiğinde, buğdayın tarlada üretilmesinin %78,2 ve un üretiminde elektrik kullanımının %17,1'lik GWP etkisine katkısının olduğu görülmüştür. Bu etkiye, tarlada buğdayın yetiştirilmesi sırasında gübre kullanımının doğrudan (N<sub>2</sub>O emisyonu kaynaklı) etkisinin olması ve amonyum nitrat gübresinin üretilmesinin dolaylı (N<sub>2</sub>O emisyonu kaynaklı) olarak GWP etkisine neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, tarlada buğday üretilmesinin doğrudan GWP etkisinin %51 seviyelerinde olduğu gözlenirken, %49 seviyesinde dolaylı proseslerden kaynaklı (araçlarda dizel yakıt kullanımı, kimyasal gübre üretimi vb.) etkiler de tespit edilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, tarladan çatala stratejisi göz önüne alınarak, 1 kg ekmeğin üretilmesi sırasında meydana gelen küresel ısınma etkisi, bütünsel bir bakış açısıyla tüm tedarik zinciri kapsamında LCA yöntemi ile değerlendirilmiştir. Ekmek üretiminde GWP etkisine sebep olan en önemli prosesin buğday üretim aşamasının, olduğu belirlenmiştir. Özellikle gübre kullanımından kaynaklanan bu etkiyi azaltmak için çevre dostu gübre üretim seçeneklerinin kullanılmasının GWP'ye neden olan emisyonların azaltılmasında etkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca ekmeğin üretilmesi sırasında kullanılan elektrik enerjisinin neden olduğu etkinin yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla oranda kullanılması ile azaltılabileceği de öngörülmektedir. Gelecekteki çalışmalarda, atık ekmeğin farklı atık yönetim seçenekleri ile işlenmesi durumunda oluşan çevresel etkilerin belirlenmesi hedeflenmektedir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Fetting, C., 2020. The European Green Deal, ESDN Report, December 2020, ESDN Office, Vienna.
- United Nations Development Programme, 2018. Sustainable Development Goals, <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
- Schanes, K., Dobernick, K. and Gözet, B., 2018. Food waste matters-A systematic review of household food waste practices and their policy implications. *J. Clean. Prod.*, 182, 978-991.
- Jeswani, H.K., Figueroa-Torres, G. and Azapagic, A., 2021. The extent of food waste generation in the UK and its environmental impacts. *Sustain. Prod. Consum.*, 26, 532-547.
- Notarnicola, B., Tassielli, G. Renzulli, P. A. and Monforti, F., 2017. Energy flows and greenhouse gases of EU (European Union) national breads using an LCA (Life Cycle Assessment) approach. *J. Clean. Prod.*, 140, 455-469.
- Sarica, D., Demircan, V., Erturk, A. and Arslantas, N., 2020. An econometric analysis of the factors affecting consumers' bread waste and consumption behaviour: a case study of Isparta province, Turkey. *British Food Journal*. 123, 1449-1464.
- İkikat Tümer, E. and Akbay, C., 2019. Factors Affecting Bread Wastage by Households in Kahramanmaraş. *JAFAG.*, 36, 230-235.
- The Ministry of Commerce, 2018. Turkey Waste Report, [https://tuketici.ticaret.gov.tr/data/5e6b33e913b876e4200a0101/Turkiye\\_Israf\\_Raporu\\_2018.pdf](https://tuketici.ticaret.gov.tr/data/5e6b33e913b876e4200a0101/Turkiye_Israf_Raporu_2018.pdf)
- ISO 14040, 2006. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework.
- ISO 14044, 2006. Environmental Management. Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines.
- Gürbüz, O.A., 2021. Ekmek üretiminin ekonomik analizi ve fırıncıların gıda güvenliği uygulamalarının incelenmesi: Antalya ili örneği. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.



## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium

1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

### KOLESTEROLÜN BİYOSENSÖRDE DİFERANSİYEL PULS VOLTAMETRİ TEKNİĞİ İLE TAYİNİ

Mehmet KAVACIK<sup>1</sup>, Şeyda KORKUT URU<sup>2</sup>, Muhammet Samet KILIÇ<sup>3\*</sup>

<sup>1,3</sup> Mehmet KAVACIK, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup> Şeyda KORKUT URU, Çevre Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: msametk@beun.edu.tr

#### ÖZET

Kolesterol pek çok hücrenin bileşiminde rol alan ve kanda bulunan, mumsu yapıya sahip yağ türünde bir bileşiktir. İnsan vücudundaki kolesterol seviyesindeki artış hipertansiyon, koroner kalp hastalığı gibi bir dizi kalp ve beyin vasküler hastalıklarına yol açabilmektedir. Dünyada ve ülkemizde oranları oldukça yüksek olan kalp rahatsızlıkları pek çok insanın hayatını kaybetmesine yol açmaktadır. Bu durum kolesterol seviyesinin rutin kontrolünün önemini açıkça göstermektedir ve bu açıdan bakıldığında erken teşhis büyük önem arz etmektedir. Kolesterol genellikle kan numunesi alınarak spektrofotometrik, kalorimetrik ve kromatografik tekniklerle geleneksel olarak tayin edilir. Bu geleneksel metotların yerine, biyolojik reseptörün seçiciliği ile hedef analite karşı yüksek afinite gösteren ve elde edilen verileri bir dönüştürücü vasıtasıyla ölçülebilir ve işlenebilir elektrik sinyallerine dönüştürebilen biyosensörler alternatif bir ölçüm metodudur. Bu çalışmada elektrokimyasal bir ölçüm tekniği olan diferansiyel puls voltametri tekniği kullanılmış ve kolesterolün dolaylı olarak hidrojen peroksit üzerinden ölçümü sağlanmıştır. Poli(4-amino benzoik asit)/MWCNT iletken modifiye film üzerine kolesterol oksidaz enzimi immobilize edilerek bir kolesterol biyosensör probu hazırlanmıştır. Biyosensör probunun 0.7 µM-9 µM arasında kolesterol konsantrasyonunu hassas bir şekilde tespit edebildiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyosensör, kolesterol, kolesterol oksidaz, voltametri.

### DETERMINATION OF CHOLESTEROL IN BIOSENSOR BY DIFFERENTIAL PULSE VOLTAMETRY

#### ABSTRACT

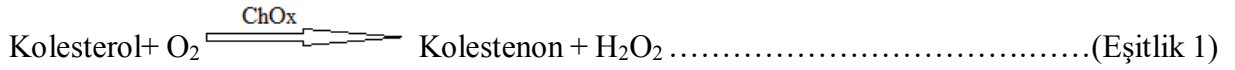
Cholesterol is a fatty type of compound with a waxy structure that plays a role in the composition of many cells and is found in the blood. The increase in cholesterol level in the human body can lead to a number of heart and brain vascular diseases such as hypertension and coronary heart disease. Heart diseases, which have a very high rate in the world and in our country, cause many people to die. This clearly shows the importance of routine control of cholesterol level, and from this point of view, early diagnosis is of great importance. Cholesterol is traditionally determined by spectrophotometric, calorimetric and chromatographic techniques, usually by taking a blood sample. Instead of these traditional methods, biosensors, which show high affinity to target analyte with the selectivity of the biological receptor and can convert the obtained data into electrical signals that can be measured and processed by a transducer, are an alternative measurement method. In this study, differential pulse voltammetry technique, which is an electrochemical measurement technique, was used and cholesterol was measured indirectly via hydrogen peroxide. A cholesterol biosensor probe was prepared by immobilizing cholesterol oxidase enzyme onto the poly(4-amino benzoic acid)/MWCNT conductive modified film. It was found that the biosensor probe can detect the cholesterol concentration ranging between 0.7 µM-9 µM with sensitively.

**Keywords:** Biosensör, kolesterol, kolesterol oksidase, voltammetry.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kolesterol kanda bulunan ve pek çok hücrenin bileşiminde rol alan, mumsu yapıya sahip bir yağ türüdür. Ayrıca D vitamini, safra asitleri ve steroid hormonlarının sentezinde görev alır. Kolesterol steroid halkalarından oluşan organik bir biyomoleküldür ve C<sub>27</sub>H<sub>46</sub>O kimyasal formülüne sahiptir. Sağlıklı bir insanın toplam kan kolesterol konsantrasyonu yaklaşık olarak 5.2 mM/L olarak rapor edilmektedir [1]. İnsan vücudundaki kolesterol konsantrasyonundaki artış anlık değil, zaman içerisinde oluşmaktadır. Kolesterol konsantrasyonu için belirlenen referans değerinin altında kalan ya da aşan durumlar bazı hastalıkların habercisi şeklinde yorumlanabilir. İnsan vücudundaki kolesterol seviyesindeki artış hipertansiyon, koroner kalp hastalığı gibi bir dizi kalp ve beyin vasküler hastalıklarına yol açabilmektedir [2-4]. Dünyada ve ülkemizde kalp rahatsızlıklarından dolayı hayatını kaybedenlerin sayısının oldukça fazla olması, kolesterol seviyesinin rutin kontrolünün önemini göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında erken tanı ve teşhis büyük önem arz etmektedir. Kolesterol genellikle kan numunesi alınarak geleneksel metotlarla tayin edilir. Spektrofotometre, kolorimetri ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) teknikleri yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Bununla birlikte, bu yöntemlerin çoğunun karmaşık adımlar içermesi, uzun zaman ve uzman personel gerektirmesi, bazı analizlerde kararsız ve korosif reaktiflerin kullanımı ve analizlere girişim sorunu dezavantajlı oldukları noktalar arasındadır [5, 6]. Biyosensörler seçicilikleri, hassaslıkları, tekrar üretilebilirlikleri, kısa cevap süreleri, uzman personel gerektirmemeleri ve minyatürleştirilebilme kabiliyetleri açısından geleneksel metotlara alternatif bir analitik yöntemdir. Biyosensörler, biyolojik reseptörün seçiciliği ile hedef analite karşı yüksek afinite gösteren, analitin konsantrasyon bilgilerini bir dönüştürücü vasıtasıyla ölçülebilir ve işlenebilir elektrik sinyaline dönüştüren analitik cihazlardır.

Bu çalışmada elektrokimyasal bir ölçüm tekniği olan diferansiyel puls voltametri tekniği kullanılmış ve kolesterolün dolaylı olarak hidrojen peroksit üzerinden ölçümü sağlanmıştır. Tasarlanan biyosensör elektrodu yüzeyinde gerçekleşen temel reaksiyon aşağıda verilmiştir (Eşitlik 1).



## 2. MATERYAL METOD (MATERIAL METHOD)

### 2.1. Kullanılan kimyasallar (Chemicals used)

Kolesterol oksidaz (*Streptomyces sp.*,  $\geq 20$  birim/mg protein), kolesterol ( $\geq 99\%$ ), 4-aminobenzoik asit (4-APA), sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), triton X-100, etanol ( $\geq 99.8\%$ ), hidrojen peroksit (%35), potasyum dihidrojen fosfat (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), dipotasyum hidrojen fosfat (K<sub>2</sub>HP0<sub>4</sub>) ve potasyum klorür (KCl), Sigma-Merck Corporation firmasından satın alınmıştır. Kısa çok duvarlı karbon nanotüpler (MWCNT, %95+, OD<8 nm, 0,5-2 µm uzunluk) Nanostructured & Amorphous Materials, Inc. Şirketinden temin edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan CHI1040B markalı elektrokimyasal analizatör, 3 mm çapındaki camsı karbon (GC) elektrot, Ag/AgCl referans elektrot, karışit elektrot (Pt çucuk), elektron temizleme kitleri, cam hücreler CH Instrument firmasından temin edilmiştir.

### 2.1.1. Çözeltilerin hazırlanması (Preparation of solutions)

**Kolesterol Stoğu Hazırlanması:** 5 mM'lık kolesterol çözeltisi hazırlamak için öncelikle 200 µL (%1) etanol ve 200 µL triton X-100 (%1) ısıtılarak karıştırılmıştır. Daha sonra hazırlanan bu çözelti içerisine 5 mM kolesterol ilave edilerek tamamen çözünene kadar ısıtılarak karıştırılmaya devam edilmiştir. Son olarak bu çözelti 19.6 mL pH 7.0 50 mM fosfat tamponu (PBS) ile seyreltilerek 5 mM'lık kolesterol stoğu elde edilmiştir.

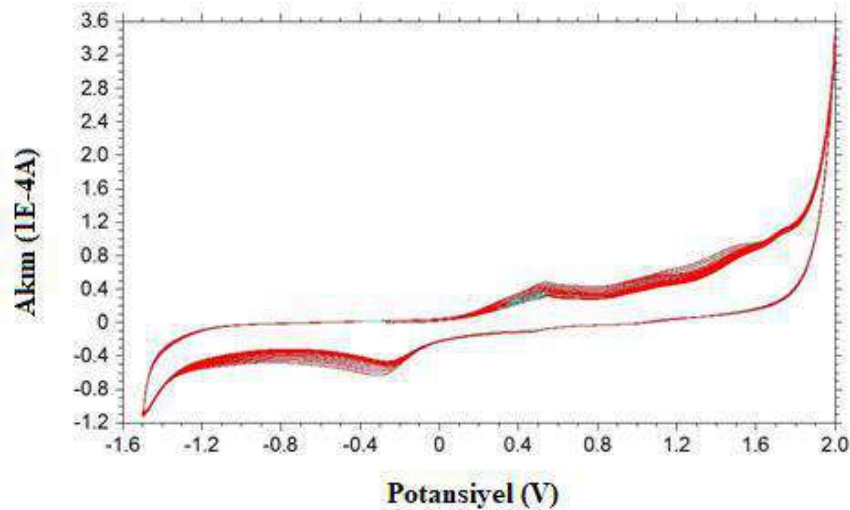
**Cok Duvarlı Karbon Nano Tüp (MWCNT) Çözeltisi Hazırlanması:** 9:1 oranında H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (9 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve 1 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) karıştırılarak asit çözeltisi hazırlanmış ve hazırlanan bu çözelti içerisine 150 mg MWCNT eklenmiştir. Bu çözelti MWCNT oksidasyonu için 30 dakika boyunca karıştırılmıştır. Daha sonra çözeltiliye tekrar 9:1 oranında H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (9 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve 1 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) çözeltisi ilave edilmiştir. Çözelti bir ultrasonik banyoya yerleştirilmiş ve 5 dakika sonikasyona tabi tutulmuştur. Elde edilen bu karışım 1 litre saf su ile seyreltildikten sonra 0.45 µm nitro selüloz membrandan süzölmüştür. Ardından filtrat 200 mL, 10 mM NaOH solüsyonu ve distile su ile pH 7.0'ye ulaşıncaya kadar yıkanmış ve filtrat kuruyana kadar etüvde bekletilmiştir. Elde edilen filtrattan yeter miktarda tartılmış, pH 7.0 50 mM PBS tamponunda sonike edilerek disperse edilmiş ve 1 mg/mL konsantrasyonlu MWCNT çözeltisi hazırlanmıştır.

### 2.1.2. *Biyosensör probu tasarımı (Biosensor probe design)*

Çalışma elektrodu öncelikle 0.05-0.3 ve 1 mikron boyutundaki γ-alüminyum tozlarından oluşan elektrot temizleme kiti ile temizlenmiştir. Ardından, referans elektrot (Ag/AgCl), platin çubuk ve ön temizliği yapılan çalışma elektrodu cam hücre içine yerleştirildi ve fosfat tamponu içerisinde -1 ve +1 V arasında 50 mV/s tarama hızında siklik voltametri (CV) tekniğiyle voltamogramlar üst üste gidene kadar temizleme işlemi gerçekleştirildi. Bu işlemten sonra, elektrot ultra saf su ile yıkanarak deneye hazır hale getirilmiştir. İletken monomer olarak 0,0137 g APA ve destek elektroliti olarak 0,0070 g LiClO<sub>4</sub>, 10 mL MWCNT çözeltisi içerisinde çözünmüştür. Bu çözelti içerisine camsı karbon elektrot, referans elektrot ve karşıt elektrot yerleştirilerek üçlü elektrot sistemi kurulmuş ve elektropolimerizasyon için CV tekniği kullanılmıştır. Çalışma elektrodu -1,5 - +2,0 V arasında, 100 mV/s tarama hızında, ve 100 segment olarak CV tekniğiyle kaplanmış ve sonuç olarak poli(4-amino benzoik asit)/MWCNT (PAPA/MWCNT) modifiye filmi elde edilmiştir. Daha sonra enzim immobilizasyonu için yüzeyi PAPA/MWCNT ile modifiye edilmiş camsı karbon elektrot, 2.5 mg/mL derişimindeki kolesterol oksidaz enzim çözeltisine daldırılmış ve bir gece +4 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Prob son olarak tampon çözelti ile yıkanmış ve kullanıma hazır hale getirilmiştir.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

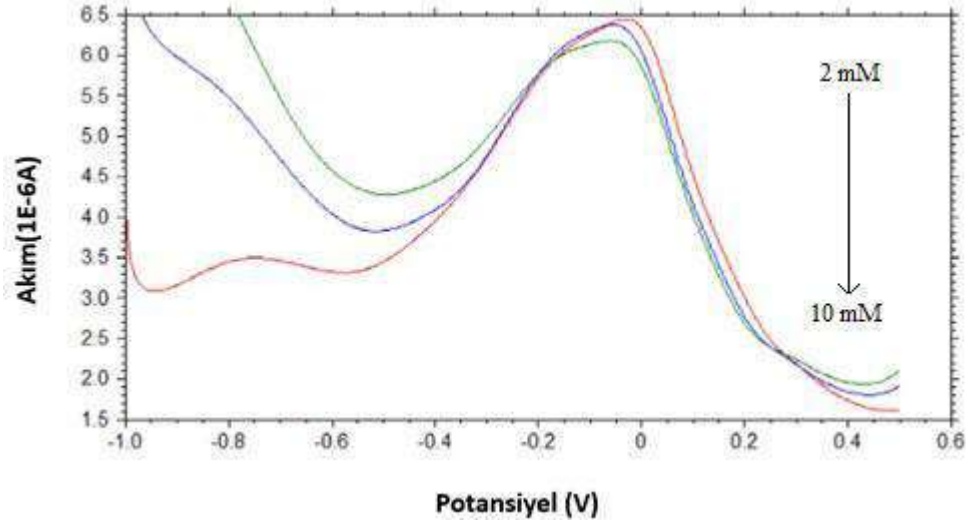
PAPA/MWCNT modifiye filminden elde edilen siklik voltamogram Şekil 1'de sunulmuştur. Gözle görülebilir bir kaplamanın yanı sıra, voltamogramda +0.4 V civarında oksidasyon piki açıkça gözükmektedir. Bu sonuç, iletken monomerin elektrot yüzeyinde başarı ile kaplandığının ve enzim immobilizasyonu için uygun bir ortam yarattığının göstergesidir.



**Şekil 1.** Poli(4-amino benzoik asit)/MWCNT siklik voltamogramı.

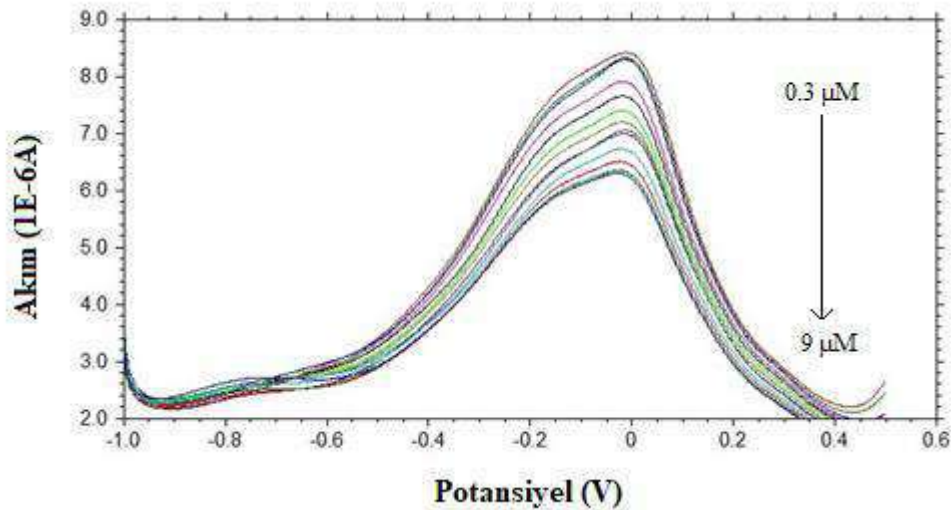
Kolesterolün uygun voltaj altında ve oksijen varlığında kolesterol oksidaz ile enzimatik reaksiyonu sonucu, kolesterol oksidasyona uğrar ve reaksiyon ürünü olarak kolestenon ve hidrojen peroksit çıkar (Eşitlik 1). Daha sonra H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> suya indirgenir ve ortama 2 elektron salınır. Bu elektron akışı bir dönüştürücü sayesinde elektrik

sinyallerine çevrilir ve analit konsantrasyonu ile ilişkilendirilir. Bu amaçla biyosensör probu öncelikle ortama kolesterol ekmeden 2 mM, 5 mM, 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonları ile -1 V - 0.5 V arasında diferansiyel puls voltametri tekniği kullanılarak test edilmiştir. DPV voltamogramı Şekil 2.'de sunulmuştur. Voltamogram incelendiğinde -0.1 V civarında artan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu ile orantılı olarak bir akım düşüşü gözlenmektedir. Bu sonuç kolesterol örneklerinin -0.1 V civarında tespit edileceğinin bir göstergesi olarak düşünülebilir.

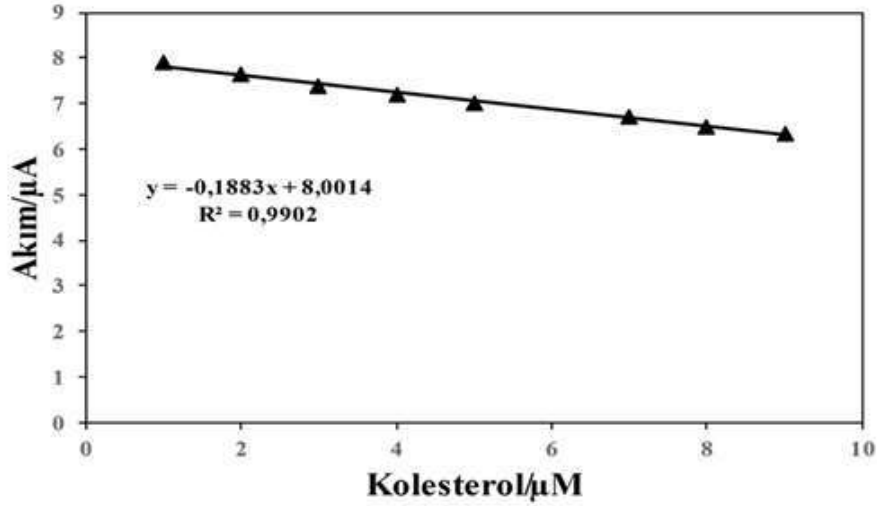


Şekil 2. 2 mM, 5 mM ve 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çözeltilerinin biyosensör probu ile DPV ölçümleri.

Biyosensör probu, farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış kolesterol çözeltileri (0.3  $\mu$ M - 9  $\mu$ M arasında) ile DPV tekniği kullanılarak -1.0 V ile +0.5V arasında test edilmiştir. DPV voltamogramı Şekil 3'de sunulmuştur. Şekil 3'den, artan kolesterol konsantrasyonu ile -0.1 V civarında düzenli bir akım azalması gözlemlenmektedir. Elde edilen akım sonuçlarının kolesterol konsantrasyonuna karşı grafiği çizilmiş ve biyosensörün kalibrasyon eğrisi ortaya koyulmuştur. Tasarlanan kolesterol biyosensörünün 0.7  $\mu$ M - 9  $\mu$ M arasında bir ölçüm yapabildiği tespit edilmiştir. Biyosensör probunun optimizasyon çalışmalarına devam edilerek olarak kullanılabilirliği araştırılmaya devam edilecektir.



Şekil 3. Artan konsantrasyonlarda kolesterol çözeltilerinin DPV ölçümleri.



Şekil 4. Kolesterol biyosensörü kalibrasyon eğrisi.

#### 4. SONUÇ (CONCLUSIONS)

Poli(4-amino benzoik asit)/MWCNT iletken modifiye film üzerine kolesterol oksidaz enzimi immobilize edilerek bir kolesterol biyosensör probu hazırlanmıştır. Diferansiyel puls voltametri tekniği kullanılarak yapılan ölçümlerde probun 0.7 µM - 9 µM arasında kolesterol konsantrasyonunu hassas bir şekilde tespit edebildiği bulgusuna varılmıştır.

#### TEŞEKKÜR (THANKS)

“2021-39971044-05” numaralı ve “İnsan Serumundaki Kolesterol Seviyesinin Biyosensörle Belirlenmesi” başlıklı projeyi finanse eden Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkürlerimi sunarım.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Tran, H. V., Nguyen, T. V., Nguyen, L. T. N., Hoang, H. S., Huynh C. D. 2020. Silver nanoparticles as a bifunctional probe for label-free and reagentless colorimetric hydrogen peroxide chemosensor and cholesterol biosensor, *J. Sci.: Adv. Mater. Devices*, 5, 385-391.
- [2] Nauck, M., Marz, W., Wieland, H., 2000. Is Lipoprotein(a) Cholesterol a Significant Indicator of Cardiovascular Risk? *Clin. Chem.* 46, 436-437.
- [3] Shepherd, J., Cobbe, S.M., Ford, I., Isles, C.G., Lorimer, A.R., MacFarlane, P.W., McKillop, J.H., Packard, C.J., 1995. Prevention of coronary heart disease with pravastatin in men with hypercholesterolemia. *N. Engl. J. Med.* 333, 1301-1307.
- [4] Stapleton, P.A., Goodwill, A.G., James, M.E., Brock, R.W., Frisbee, J.C., 2010. Hypercholesterolemia and microvascular dysfunction: interventional strategies. *J. Inflamm.* 7, 54.
- [5] Tan, X., Li, M., Cai, P., Luo, L., Zou, X. 2005. An amperometric cholesterol biosensor based and organically modified sol-gel/chitosan hybrid composite film, *Anal. Biochem.* 37, 111-120.
- [6] Rahman, M.M., Li, X., Kim, J., Lim, B.O., Saleh Ahammad, A.J., Lee, J.J. 2014. A cholesterol biosensor based on a bi-enzyme immobilized on conducting poly(thionine) film. *Sensors and Actuators B* 202, 536-542.





**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**TAŞINMAZ DEĞERLEME HARİTALARININ ÜRETİLMESİNDE**  
**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**  
**TEKNİKLERİNİN KULLANIMI**

Metehan ATAKAN<sup>1</sup>, \* Aycan Murat MARANGOZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Metehan ATAKAN, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

<sup>1</sup> Aycan Murat MARANGOZ, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: metehan-atakan@hotmail.com

**ÖZET**

Etkin bir arazi yönetimi için arazinin değeri en önemli unsurların başında gelmektedir ve doğru olarak ortaya konulması gerekmektedir. Alım, satım, kiralama, özelleştirme, kamulaştırma, toplulaştırma, kentsel alan düzenlemeleri, trampa, yap, işlet, devret modelleri ve vergilendirme gibi kamu işlemleri veya sigortacılık, bankacılık, açık artırma, tasfiye satışları, hurda değer tespiti işlemlerinde taşınmaz değerlemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde taşınmaz mal değerlemesinde mevzuat ve idari yapılanma da olduğu gibi modelleme sorunları yaşanmasından ötürü taşınmazların değerlerinin objektif olarak tespit edilemediği ve sürüce bağlı olarak kamulaştırma, vergilendirme, özelleştirme, arsa ve arazi düzenlemeleri gibi uygulamalarda pek çok sorun yaşanmakta da olup, pek çok uygulamada hukuk yolu ile çözüme başvurulmaktadır. Gelişen teknoloji ve yazılım alanındaki gelişmeler, bu çalışmalarında daha kolay ve objektif yapılmasına olanak sağlamaya başlamıştır. Konumsal ve konumsal olmayan birçok farklı veriyi kullanarak daha ayrıntılı analizler yapması, daha hızlı ve doğru sonuçlar vermesi nedeniyle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) taşınmaz değerlemede de kullanılmaktadır. CBS konum bazlı bir bilgi sistemi olması ve taşınmaz ile ilgili verilerde meydana gelebilecek değişimler oldukça hızlı ve kolay şekilde sisteme girilip değerlerine ulaşılmasına ve bölgesel olarak değer haritalarının oluşturulmasına olanak sağlanmaktadır. Bu çalışma ile uzaktan algılama ve CBS teknikleri ile taşınmaz değer haritaları üretilmiştir.

**Kelimeler:** Coğrafi Bilgi Sistemleri, Taşınmaz Değerleme, Uzaktan Algılama.

**PRODUCTION OF REAL ESTATE APPRAISAL MAPS USING REMOTE**  
**SENSING AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS**  
**TECHNIQUES**

**ABSTRACT**

For an effective land management, the value of the land is one of the most important factors and must be presented correctly. Real estate valuation is needed in public transactions such as purchase, sale, leasing, privatization, expropriation, consolidation, urban area regulations, barter, build, operate, transfer models, taxation or in insurance, banking, auction, liquidation sales, scrap value determination transactions. Today, due to modeling problems in immovable property valuation, as in legislation and administrative structuring, the values of immovables cannot be determined objectively and there are many problems in practices such as expropriation, taxation, privatization, land and land arrangements depending on the process, and many applications are in court. Developing technology and developments in the field of software have started to enable these studies to be done more easily and objectively. Geographic Information Systems are also used in real estate valuation, as it makes more detailed analyzes using many different spatial and non-spatial data, and provides faster and more accurate results. Geographic Information Systems, being a location-based information system, allows the changes that may occur in the data related to the real estate to be entered into the system very quickly and easily, to reach their values and to create regional value maps. With this study, real estate value maps were produced with remote sensing Techniques and geographic information system.

**Keywords:** Geographic Information Systems, Real Estate Valuation, Remote Sensing.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gayrimenkullerin değerlemesi ve tespit edilen bu değerlerin ekonomiye kazandırılması gerekmektedir. Gayrimenkul değerlendirme gelişmiş toplumların ekonomi alanında önemli faaliyetlerindedir. Ülkemizde ise taşınmaz değerlendirme her geçen gün önem kazanmasına rağmen henüz sağlıklı bir yapı kazanamamıştır. Taşınmaz değerlendirme faaliyetleri ülkemizde günümüz itibarıyla genellikle bankalar, mahkemeler ve kamu kurumları tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Bankalar taşınmazları ipotek altına alırken, kamu kurumları kamulaştırma bedellerini tespit ederken, mahkemeler ise davaya konu olan taşınmazların kıymetlerini belirlerken taşınmaz değerlemeye başvurmaktadır. Taşınmaz değerlemenin belirli standartlara oturtulmaması, değerlemede karşılaşılan sorunlar artık taşınmazlarla ilişkin değerlendirme işlemlerinin daha sağlıklı bir sisteme kavuşturulması gerçeğini ülke ekonomisi açısından kaçınılmaz hale getirmiştir (Utkucu [4]). Taşınmaz değerlendirme kısaca, değerlendirme faaliyetine konu edilen taşınmazların tüm özelliklerinin incelenip ve irdelenerek o günün piyasa koşullarında olan birim fiyatının belirlenmesidir. Ülkemizde taşınmaz değerlemenin teknik alt yapı ve hukuki alt yapısının oturtulamaması ekonomide büyük zararlara yol açmaktadır. Taşınmaz değerlerinin doğru belirlenmesi; taşınmazların alıcı ve satıcılarını ilgilendirdiği kadar ekonomi yönünden de büyük önem taşır.

CBS son yıllarda taşınmaz değerlemesinde kullanılmaya başlanmıştır. Genel anlamıyla CBS, konuma dayalı karmaşık planlama, organize ve yönetim problemlerinin çözülebilmesi için tasarlanan, coğrafi mekâna ilişkin verilerin depolanması, işlenmesi yönetimi, modellenmesi, analiz edilmesi ve görüntülenerek çıktılarının alınması işlemlerini gerçekleştiren donanım ve yazılım ve yöntemlerinin bileşkesidir (Erdoğan vd. [2]). CBS destekli taşınmaz değerlendirme sistemleri ile taşınmazlarla ilgili alım satım, kiralama, kamulaştırma ve vergilendirme gibi birçok işlemde hızlı ve doğru kararlar alınabilecektir.

CBS ile değer haritaları oluşturulabilmektedir. Elde edilen taşınmaz değer haritaları ile konuma dayalı analizler, değerlemeye konu taşınmazlar ile ilgili öznetelik sorgulamaları, rayiç bedel tespiti gibi birçok işlem kısa sürede ve doğru olarak gerçekleştirilebilmektedir.

### 1.1 Gayrimenkul Değerleme (Real Estate Valuation)

Gayrimenkul, arazi ve arazi üzerinde inşa edilen yapılardan oluşan mülktür. Gayrimenkul değerlendirme ise; taşınmazın satılması, satın alınması, kiraya verilmesi, teminat olarak gösterilmesi, sigortalama işlemleri, kamulaştırma ya da vergilendirme işlemleri vb. gibi çok geniş yelpazedeki işleri kapsayan bir faaliyet alanıdır (Önal vd [3]). Günümüzde gayrimenkul sektöründe çalışanlar, emlakçılar ve gayrimenkul değerlendirme uzmanları, çeşitli yöntemler kullanarak gayrimenkul fiyatını tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadırlar. Gelişmiş ülkelerde gayrimenkul değerlendirme işlemleri için çeşitli standartlar geliştirilmiş, kuruluşların ve devletin hakkı koruma altına alınmıştır.

#### 1.1.1 Gayrimenkul Değerleme Modelleri (Real Estate Valuation Models)

Gayrimenkul değerlendirme, değerlendirme lisansına sahip uzman kişiler tarafından, gayrimenkul fiyatının güncel rayiç bedelinin tespit edilmesi için yapılan incelemeler ve analizler ile bu analizlerin raporlaştırılmasıyla gerçekleştirilir. Değerleme uzmanı değerlendirme sürecinde, değerlendirme yöntemlerinden uygun olanını dikkate alarak değerlendirme işlemini gerçekleştirir. Gayrimenkul değerlemenin gelir, maliyet ve emsal karşılaştırma yaklaşımı olmak üzere üç modern modeli vardır. Gayrimenkul değerlendirme yapılırken bu yaklaşımların tamamı uygulanabilir. Bu yaklaşımların hepsi bazı varsayımlara dayanmaktadır. Bu yaklaşımların birbirine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

##### 1.1.1.1 Gelir Yaklaşımı (Income Approach)

Bu yaklaşım, gayrimenkulün gelecekteki getirebileceği gelirlerin toplamına, gayrimenkulün fiyatı olarak bakar. Arsa sınırsız olarak kullanılabilecek gayrimenkul olup arsa üstündeki yapıların belirli bir kullanım ömrü bulunmaktadır. Bu yüzden arsadan sınırsız gelir elde edilebilecekken, yapının yaşına, bakım durumuna bağlı olarak geliri sınırlıdır. Gelir yönteminin yüksek değerlendirme maliyeti, zaman alıcı süreç ve tahmini fiyatının sürekli olarak piyasa fiyatından sapması gibi dezavantajları bulunmaktadır.

### **1.1.1.2 Maliyet Yaklaşımı (Cost Approach)**

Bu yöntem, arsa üzerine yeni bir eşdeğer yapı inşa etmek için arsa ve yapının maliyetini, yapının yıpranma payından çıkararak gayrimenkulün değerinin tespit edilmesini sağlar. Maliyet yaklaşımının en büyük dezavantajı, tahmini fiyatının pazarlanabilirliği ve kârlılığı dikkate almamasıdır.

### **1.1.1.3 Emsal Karşılaştırma Yaklaşımı (Peer Comparison Approach)**

Bu yöntem, benzer özellikteki gayrimenkullerin benzer fayda ve fiyata sahip olması gerektiğini varsayar. Bu yaklaşımın temel mantığı, piyasada alım satım gören benzer veya karşılaştırılabilir taşınmazların verilerini kullanarak gayrimenkul fiyatını tahmin etmektir. Bu yöntem genelde piyasa fiyatına yakın sonuçlar verir. Bu sebeple değerlendirme uzmanları tarafından günümüzde sıklıkla kullanılır.

## **1.2. Uzaktan Algılama Sistemleri (Remote Sensing Systems)**

Yeryüzü ile herhangi bir bağlantı olmaksızın, havadan veya uzaydan yeryüzündeki verilerin elde edilmesine uzaktan algılama denir. Bu veriler, genel olarak uçak veya hava araçlarından herhangi biriyle havadan fotoğraf çekilmesi ya da uzaydan uydu görüntüsü alınarak elde edilir. Uzaktan algılama sistemleri; arazi modellemesinde, topografya haritasının çıkarılmasında, jeolojik haritalamada, yerleşim ve arazi kullanım haritalarında, fay haritalarının çıkarılması gibi çok geniş bir uygulama alanına sahiptir.

## **1.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) (Geographic Information Systems)**

CBS; yeryüzündeki herhangi bir verinin, mekânla ilişkilendirilerek sanal ortama aktarılması ve toplanan verilerin, çeşitli programlar aracılığıyla saklanması, sınıflandırılması, birbirleriyle kıyaslanması, analiz edilmesi, güncellenmesi ve tablo, grafik ve harita gibi görselleştirmesini kapsar. CBS'nin, bütün verileri, yeryüzünde bulunan spesifik mekânlarla ilişkilendirerek depolaması ve analiz etmesi, onu, diğer veri tabanı sistemlerinden ayıran en önemli niteliğidir (Demirci vd. [1]). Uydu görüntülemenin yaygın olmasıyla birlikte CBS teknolojisi, hızla büyüyen ekonomilere sahip ülkelerde yaygın olarak benimsenen geleneksel kartografik kaynaklara kıyasla ucuz bir alternatiftir.

## **2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)**

Bu bölümde çalışma sahası olan, Kahramanmaraş ili, Elbistan ilçesi, Karaelbistan/Cumhuriyet mahallesi sınırları içinde yapılan taşınmaz değerlendirme sistemi hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

### **2.1 Malzemeler ve Hazırlama Teknikleri (Materials and Preparation Techniques)**

Elbistan Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat bölümünde, Akdeniz, İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinin kesiştiği noktada yer alan Kahramanmaraş iline bağlı ilçedir. Elbistan ilçesi 38-39 kuzey enlemleri ile 37-38 doğu boylamları arasında yer almaktadır. Elbistan ilçesinin yüz ölçümü yaklaşık 2546 km<sup>2</sup> olup Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2021 yılı nüfusu 141.977 kişidir. Elbistan ilçesinin bir bölümü engebeli olup büyük bir kısmı ovada yer almaktadır.

Bu çalışmada Elbistan ilçesi Karaelbistan/Cumhuriyet Mahallesi sınırlarında kalan arsa ve araziler ile ilgili taşınmaz değerlendirme sistemi kurulması ve taşınmaz değer haritalarının üretilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada uzaktan algılama ve CBS tekniklerinden faydalanılmıştır.

Çalışmada Karaelbistan Mahallesi kapsayan Google Earth üzerinden alınmış uydu görüntüsünden faydalanılmıştır. Çalışma sahasında bulunan parseller bir CBS yazılımına aktarılarak bilgi sistemi kurulmuştur. Bölgede bulunan arsa ve araziler belirlenen kriterlere göre puanlandırılarak taşınmaz değerlendirme haritaları üretilmiştir.

### 2.1.1. Malzemelerin karakterizasyonu (Characterization of materials)

Çalışma bölgesine ait uydu görüntüsü ve ana taşınmazların parcel sınırları temin edilmiştir. İlçenin büyük bir kısmını kapsayan uydu görüntüsü demo bir uzaktan algılama yazılımı yardımıyla kesilerek küçültülmüştür. Çalışma bölgesindeki parseller ve uydu görüntüsü CBS yazılımında veri tabanı oluşturularak birleştirilmiştir. Çalışma sahasına ait uydu görüntüsü ve ana taşınmazların birleştirilmiş hali aşağıdaki gibidir.



Şekil 1: Uydu görüntüsü ve kadastro parselleri.

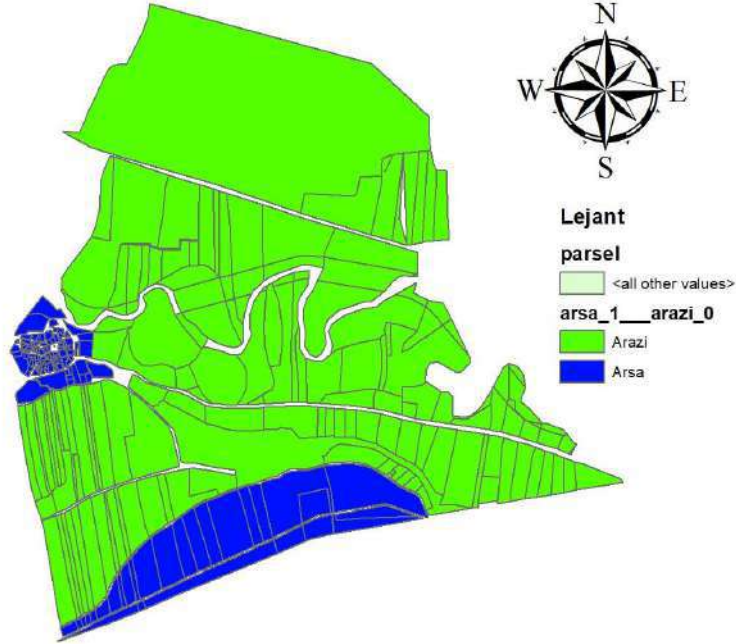
Çalışma bölgesinde bulunan taşınmazların değerini etkileyen yol ve ark sınırları CBS yazılımı üzerinde sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılan sınırlar aşağıdaki gibidir.



Şekil 2: Ana yol, tali yol, ark ve nehir sınırları.

CBS yazılımı üzerinde uygulamaya yönelik veritabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan veritabanına belirlenen özniteliklerde veri girişleri yapılmıştır. Çalışma sahasının bir kısmında uygulama imar planı bulunmakta olup, plan içinde kalan parseller ve eski köy yerleşim alanı içinde kalan parseller arsa vasfında, kalan parseller ise arazi vasfında değerlendirilmiştir. Söz konusu parsellerin belirlenen vasıfları veritabanına kaydedilmiştir.

Yapılan veri girişi sonucunda sınıflandırma yapılmış olup, sınıflandırma sonucu aşağıdaki gibidir. Çalışma alanında bulunan arazi vasıflı taşınmazlar yeşil renk tonunda, arsa vasıflı taşınmazlar mavi renk tonunda gösterilmiştir.

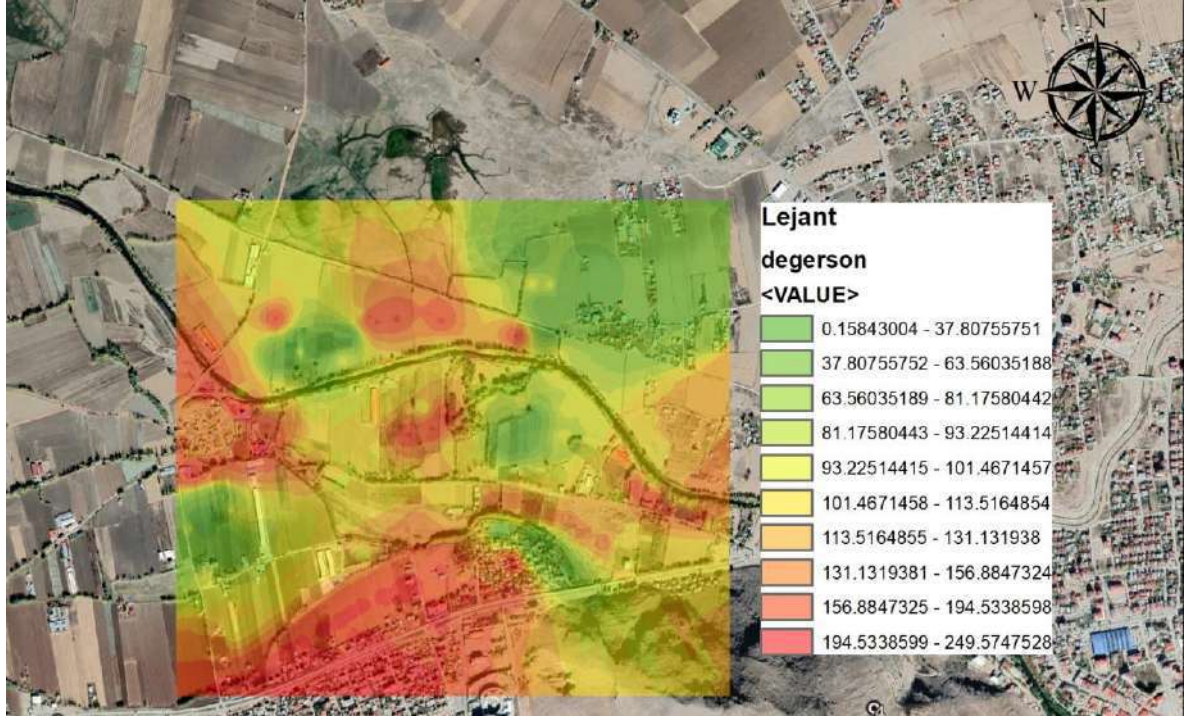


Şekil 3: Arsa ve arazi sınırları.

Çalışma bölgesinde taşınmazların değerleri, değere etki eden faktörler tek tek irdelenmiştir. Çalışma bölgesinde taşınmazların yola cephe durumu, su imkanları ve imar planının içinde olup olmaması gibi etkenleri tek tek irdelenerek puan verilmiştir. Yapılan puanlama sonucunda ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemiyle (Inverse Distance Weighting – IDW) tematik harita oluşturulmuştur. Bu yöntem bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait hücre değerlerinin belirlenmesi için kullanılan bir enterpolasyon tekniğidir. İlgili hücreden uzaklaşan çeşitli noktalar gözetilerek ve mesafedeki artışa bağlı olarak hücre değeri hesaplanır. Tahmin edilen değerler, komşu civardaki noktaların uzaklığı ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, mesafenin artması ile tahmini yapılacak hücre üzerindeki önem ve etki azalır. Verilerin sadece yerel olarak değerlendirilip, karşılaştırılması yapılmaktadır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Yapılan çalışma ile bölgede taşınmaz değerlendirme haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan taşınmaz değerlendirme haritasında yapılan incelemeye göre, bölgede imar sınırları içinde yer alan arsa vasıflı taşınmazların arazilere göre çok daha yüksek derece sahip olduğu, yola cephe ve su imkânı gibi faktörlerin taşınmazların değerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu taşınmaz değer haritası aşağıdaki gibidir. Harita üzerinde kırmızı renk ile gösterilen kısımlar daha değerli, yeşil renk tonlarında gösterilen kısımlar ise daha değersizdir.



Şekil 4: Taşınmaz değer haritası.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Taşınmaz değerlemesi vergi hesaplamaları, kamulaştırma, özelleştirme, devletleştirme ve toprak düzenlemeleri gibi kamusal gereksinimler ile sigortacılık, bankacılık vb. özel sektör gereksinimleri için başvuru alanıdır. Taşınmazların değerlemesi; Karşılaştırma, Maliyet, Gelir ve Puanlama Yöntemlerine göre yapılır. CBS teknolojisinin farklı disiplinlerle kullanılabilirliği, taşınmazların değerinin saptanmasında güncellenebilir, kolay ulaşılabilir, analiz edilebilir, hızlı, doğru ve etkin karar verme odaklı çözüm olanakları sunmaktadır. Taşınmaz değerine etkileyen faktörler yöresel özelliklere göre çeşitlilik arz etmekte olup, faktörlerin değişmesi ile kesin bir model tarifi yapılamamaktadır. Bu çalışma ile Uzaktan Algılama ve CBS kullanılarak taşınmaz değer haritası üretilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda uzaktan algılama ve CBS kullanarak sahada çok uzun sürede yapılacak değerlendirme çalışmalarının bu tekniklerle çok daha kısa sürede yapılabildiği kanıtlanmıştır. Taşınmaz değer haritasında kırmızı renkten yeşile doğru gidildikçe taşınmazların değeri azalmaktadır.

#### KAYNAKLAR ( REFERENCES)

- Demirci, A., & Karakuyu, M., 2004, Afet yönetiminde Coğrafi Bilgi teknolojilerinin Rolü. Doğu Coğrafya Dergisi, 12, 67-100.
- Erdoğan, S., Güllü, M., 2004, Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Trafik Kazalarının Analizi: Afyon Örneği, Harita Bülteni 91, İstanbul.
- Önal, Y. B., & Tezcan, K., 2008, Gayrimenkul değerlendirme ve önemi: Vergisel açıdan bir değerlendirme. Muhasebe ve Denetime Bakış, 7(24), 15-36.
- Utkucu, T., 2007, Gayrimenkul Değerlemesinin Önemi ve Gayrimenkul Değerini Oluşturan Unsurlar, Vergi Dünyası Dergisi, Sayı: 305.1p, İstanbul.

# HASTANE BİLGİ YÖNETİM SİSTEMLERİNİN KİŞİSEL VERİLERİ KORUMA KANUNU UYUMLULUĞU'NUN BİR ÖZEL HASTANEDE DEĞERLENDİRİLMESİ : ANKET ÇALIŞMASI

Mehmet TANKÜL<sup>1,\*</sup>, Mehmet Ali ERGÜN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mehmet TANKÜL, Sağlık Bilişimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup> Mehmet Ali ERGÜN, Dahili Tıp Bilimleri Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [mtankul@medikarhastanesi.com](mailto:mtankul@medikarhastanesi.com)

## ÖZET

Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri'nin (HBYS) Kişisel Verileri Koruma Kanunu'nun (KVKK) Uyumluluğu araştırma konusu olması kadar günlük hayatımızda da çok önemlidir. Zira ülkemizde Kişisel Verilerin Korunması Kanunu hayatımıza COVID -19 pandemisi öncesinde girmiş ve henüz istenilen düzeyde kavranamamış ve benimsenememiştir. Üstelik COVID -19 pandemisi ile birlikte kişilerde sağlık verilerinin mahremiyeti hususunda da kaygılar ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu durum hali hazırda var olan hasta mahremiyeti kavramını daha da tetiklemiş ve sağlık verileri üzerindeki mahremiyetin sağlanması adına olumlu bir baskı da oluşturmuştur. Sağlık sistemindeki veri mahremiyetin sağlanması temelde 4 faktöre dayanmaktadır. Bunlardan ilki sağlık kurumlarında bulunan çalışanlar yani çalışanların eğitimi ve eğitimlerin etkinliğinin sağlanmasıdır. İkinci olarak sağlık merkezlerinde kullanılan bilgisayar programlarının (Hastane bilgi yönetim sistemleri) hasta mahremiyetini sağlamalarıdır. Üçüncü olarak hastanedeki yetkilendirme prosedürünün varlığı ve işlevselliğidir. Son olarak da yasal düzenlemeler ve yönetmelikler gelmektedir. Ülkemizde kişisel verilerin korunması adına 2016 yılında "Kişisel Verilerin Korunması Kanunu" adıyla yasa çıkarılmış ve Türkiye Cumhuriyeti'nde kişiler yasal olarak kişisel ve özel nitelikli kişisel veri güvenliği anlamında korunmaya başlanmıştır. Geriye kalan 3 faktör de çalışanlar, sağlık kurumlarının kullandıkları program ve yetkilendirmeleri kontrol eden bilgi işlem personellerinin uyumuna göre şekillenmektedir. Bu uyumu tespit edebilmek adına Karabük İlindeki özel sağlık kuruluşu hizmet türündeki bir hastanede anket yöntemiyle değerlendirme ve yorumlama çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen veri seti üzerinde Apriori Algoritması kullanılarak birliktelik kuralı çıkartılmış ve K-Means Algoritması kullanılarak kümeleme yapılmıştır. Sonuç olarak KVKK konusunda verilen eğitimlerin etkinliği, kullanılan HBYS'nin KVKK uyumluluğu tespit edilmiş ve yetkilendirme prosedüründe güncelleme gerektiği ortaya çıkarılmıştır.

**Kelimeler:** HBYS, KVKK, mahremiyet, anket, hastane

## EVALUATION OF HOSPITAL INFORMATION MANAGEMENT SYSTEMS COMPLIANCE WITH PERSONAL DATA PROTECTION LAW IN A PRIVATE HOSPITAL: SURVEY

### ABSTRACT

Compliance with the Personal Data Protection Law (GDPR) of Hospital Information Management Systems (HIMS) is as important in our daily life as it is a research subject. Because the Law on the Protection of Personal Data in our country entered our lives before the COVID-19 pandemic and has not yet been grasped and adopted at the desired level. Moreover, with the COVID -19 pandemic, concerns have begun to arise about the privacy of health data in people. This situation triggered the existing concept of patient privacy even more and created a positive pressure to ensure privacy on health data. Ensuring data privacy in the health system is basically based on 4 factors. The first of these is the training of employees in health institutions, that is, employees and ensuring the effectiveness of trainings. Secondly, computer programs (Hospital information management systems) used in

health centers ensure patient privacy. Third is the existence and functionality of the authorization procedure in the hospital. Finally, there are legal regulations and regulations. In order to protect personal data in our country, a law called "Personal Data Protection Law" was enacted in 2016 and in the Republic of Turkey, individuals began to be protected legally in terms of personal and private data security. The remaining 3 factors are shaped according to the harmony of the employees, the programs used by the health institutions and the IT personnel who control the authorizations. In order to determine this harmony, evaluation and interpretation studies were carried out in a private health institution service type hospital in Karabük province by survey method. Association rule was created on the obtained data set by using Apriori Algorithm and clustering was done using K-Means Algorithm. As a result, the effectiveness of the trainings on GDPR, the compliance of the HIMS used with the GDPR were determined and it was revealed that the authorization procedure should be updated.

**Keywords:** HIMS, GDPR, privacy, survey, hospital

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yapılan literatür çalışmasında; hastane bilgi yönetim sistemi kavramının temeli olan bilgi sözcüğü üzerinden konunun açıklanmaya çalışıldığı anlaşılmaktadır. Buna göre 1990 da Ülgen; bilgiyi “ Latince’de yer alan informatio kökünden gelmekte olup, biçime bürüme, biçimlendirmek ve haber vermek olarak ifadeedilmektedir [1]. Bilginin bilgi toplumunu meydana getirdiği açıklanmakta olup; 2003’de Aktel bilgi toplumunda bilginin üretimi veiletimi günden güne arttığını, temel yapı taşı haline geldiğini ve bilgi üretimindeçalışanların fazlaca olması, toplumsal ve ekonomik yapılanmanın temel nedeni haline geldiğini belirtmektedir[2]. 2002 de Paşarel; bilgi kullanımındaki en büyük sorunların başında, bilginin ortak bir havuzda yönetilmesi yerine birbirinden bağımsız bir halde yani dağınık bir şekilde şekilleniyor olduğunu yani kurumlarda farklı alanlarda aynı bilginin defalarca üretilip kullanılmasını dile getirmektedir[3].

2001 de Kongar; küreselleşmenin siyasal ve teknolojik olmak üzere iki kaynağının olduğunu, teknoloji tarafının da kendi içinde iki farklı devrimden meydana geldiğini savunmaktadır[4]. Bunun da birincisi telefon yani iletişim teknolojisinin devrimi, İkincisinin ise bilgisayar yani bilişim teknolojisinin devrimi olduğudur. Her iki devrim bir arada geliştiği için de “İletişim ve Bilişim devrimi” doğurduğu savunulmaktadır. 1998'deki bir çalışmada Erkan tarafından; 1967 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde sosyal gelirin 1/4 ünü bilgi-iletişim hizmetlerinin üretimi ve pazarlamasından dolayı “bilgi toplumu” olduğu belirtilmektedir[5]. 1977 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde ekonominin büyük bölümü yeni geliştirilen ürünlerin pazarlanmasından oluşuyordu. Bu nedenle de bu toplumsal yapıya da farklı isimlendirilmeler yapılmıştır. Bunlardan bazıları : Ralph Dahrendorf “postkapitalizm”, Daniel Bell “Postendüstriyel, Fritz Machlup “bilgi ekonomisi”, Amitai Etzioni, “Postmodern”, Peter F. Drucker “Post Business Society, Masuda ve Porat “Information Society” (Bilgi Toplumu) olarak isimlendirmişlerdir[5]. 2009 yılında Ünal; 2. olarak bilgi toplumuna geçen ülke- topluluk Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği olduğunu ve 1957’deSovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği’nin Sputnik uydusunu uzaya yerleştirmesi sonucu bilgi evriminin küreselleştiğini, böylelikle de Bilgi Çağının açıldığını belirtmektedir[6]. 1997’de Aydın; gelişmiş ülkelerde özel şirketler tarafından bilginin alınıp satılması süreçleri yaşanmaya başladığını belirtmektedir[7].

Gelinen noktada bilginin yönetiminin de önem arz ettiği ortaya çıkmıştır. 2005'teki bir çalışmada Zaim; bilgi yönetimini; “organizasyondaki tüm bilgi türlerinin, değer üretmeye ve rekabet avantajı sağlamaya yönelik olarak, etkili biçimde kullanılması ve yönetilmesi ile ilgili faaliyetlerin tamamıdır” şeklinde tanımlamıştır[8]. Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri ise nesil olarak ilerlemekte olduğu yapılan literatür çalışmasında görülmüştür. 1. nesil ile başlayan süreç 4. Nesile kadar ilerlemiştir [9], [10], [11]. Hastane Bilgi Yönetim Sistemi (HBYS); içerisinde bir den fazla sistemi barındırmakta ya da entegre bir şekilde çalışmaktadır. Bunlar; Laboratuvar Bilgi Sistemi (LBS), Radyoloji Bilgi Sistemi (RBS), Klinik Bilgi Sistemi, Eczane Bilgi Sistemi, Hemşire Bilgi Sistemi, Personel Bilgi Sistemi, Kalite Bilgi Sistemi, Muhasebe Bilgi Sistemi, Tedarik Yönetimi Sistemi, Randevu Bilgi Sistemi, İstatistik ve Raporlama Bilgi Sistemi, İş İstemi Bilgi Sistemi, Envanter Bilgi Sistemi, Hasta Kayıt Kabul Bilgi Sistemi veTıbbi Arşiv Bilgi Sistemidir [12];[13];[14];[15];[16];[17];[18];[19];[20] .

HBYS kendi içinde ya da hastane içerisinde birden fazla sistemle iç içe entegre olduğu gibi mevcut lokalın dışında da bir çok sistemle entegre durumda ve sürekli haberleşmektedir. Bunlar; Ulusal Sağlık Sistemi, e-Nabız



Sistemi, Teletıp Sistemi, Teleradyoloji Sistemi, Acil Sağlık Otomasyon Sistemi, Türkiye İlaç Ve Tıbbi Cihaz Kurumu, İlaç Takip Sistemi, Ürün Takip Sistemi, Sosyal Güvenlik Kurumu ve Medula sistemidir.

Yukarıda da belirttiğim üzere yapılan literatür taramasında; hastane bilgi yönetim sistemleri konulu gerek ulusal (Türkçe) gerekse Uluslararası (İngilizce) yayınlara ulaşılmış fakat hastane bilgi yönetim sistemlerinin amacından bahsedildiği anlaşılmıştır. Aynı zamanda Kişisel Verilerin Korunması konusundaki yapılan araştırmalarda ülkemizdeki yayınların hemen hemen hepsinin konunun hukuki açıdan değerlendirmesinin yapıldığı gözlemlenmiştir. Hastane Bilgi Yönetim Sistemlerinin Kişisel Verileri Koruma Kanunu açısından değerlendirilmesi literatürde bulunamamıştır.

Bu çalışmada, Karabük ilindeki bir özel sağlık kuruluşunda kullanılan hastane bilgi yönetim sisteminin Kişisel Verilerin Korunması Kanununa uyumluluğunun, kurumda çalışanların KVKK bilincinin ve kurumda verilen KVKK ve Bilgi Güvenliği eğitimlerinin çalışanlar üzerindeki etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. VERİ VE YÖNTEM (DATA AND METHOD)

### 2.1 Araştırma Grubu (Research Group)

Araştırmanın çalışma grubunu, en az bir yıldır hastane görev yapan ve hastane bilgi yönetim sistemi programını kullanan çalışanlar oluşturmaktadır. Çalışmaya 17-55 yaş aralığında yer alan 160'ı kadın ve 69'u erkek olmak üzere toplam 219 adet hastane personeli katılmıştır.

### 2.2 Anket Çalışması (Survey)

Çalışmaya katılan personellere KVKK, bilgi güvenliği ve kullanmakta oldukları hastane bilgi yönetim sistemi programı ile ilişkili 20 adet sorudan oluşan anket sunulmuştur. Yapılan bu anket çalışmasıyla; personelin almış olduğu KVKK ve bilgi güvenliği eğitimlerinin etkinliği, hastanede kullanılan HBYS programının KVKK uyumluluğu ve yetkilendirme prosedürü ölçülmüş olacaktır.

Yapılan anket çalışmasında Tablo 1 ve Tablo 2 de bulunan toplam 5 soruyla personellerin tanımlaması yapılmıştır. Tablo 3'te bulunan 6 soru ile kurumda verilen eğitimin etkinliği, Tablo 4'te bulunan 7 soru ile yetkilendirme prosedürünün varlığı ve işlevi, Tablo 5'te bulunan 8 soru ile de HBYS'nin KVKK ile olan uyumu gözlemlenmiştir. Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5 'te bulunan sorulara evet ve hayır şeklinde cevaplar istenmiştir.

### 2.3 Veri Analizleri (Data Analysis)

Elde edilen veriler, frekanslar, tanımlayıcı istatistikler, birliktelik kuralları, kümeleme yöntemleri yardımıyla değerlendirilmiştir. Yaş ve çalışma yıllarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler ortalama ve standart sapma değerleriyle belirtilmiş, cinsiyet ve görev gruplarının dağılımları incelenmiş ve yüzdelenmiştir. HBYS'nin KVKK ile uyumuna ilişkin sorular ve cevapları Apriori Algoritmasının 0.9 güvenilirlik ölçütü kullanılarak aralarındaki birliktelik kuralları ortaya çıkarılmıştır. Yetkilendirme prosedürünün varlığı ve KVKK – bilgi güvenliği eğitimlerinin etkinliği K-Means Veri Kümeleme Algoritması ile kümelendirilmiştir. Veri girişi, istatistiksel analizlerde ve kodlamalarda WEKA ve Excel 2010 yazılımları kullanılmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Tablo 1. Personellerin yaş ve çalışma yıllarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler (Descriptive statistics on the age and working years of the personnel)

	N	Ortalama ve Standart Sapma (X ± SD)	Minimum	Maksimum
Yaş	219	30.35 ± 7.90	17	55
Çalışma Yılı	219	4.64 ± 3.55	1	12

Tablo 2. Personellerin cinsiyet ve görevlerine göre frekansları (Frequencies of the personnel according to their gender and duties)

Gruplar		N	%
CİNSİYET	KADIN	160	73,06
	ERKEK	59	26,94
GÖREV	HEMSİRE	118	53,88
	HASTA DANISMANI / SEKRETER	38	17,35
	YONETICI	13	5,94
	DOKTOR	11	5,02
	MEDİKAL MUHASEBE UZMANI	8	3,65
	RADYOLOJİ TEKNİKERİ	6	2,74
	YARDIMCI SAĞLIK PERSONELİ	6	2,74
	FİZYOTERAPİST	3	1,37
	ANESTEZİ TEKNİKERİ	2	0,91
	PARAMEDİK	2	0,91
	TIBBİ GÖRÜNTÜLEME TEKNİKERİ	2	0,91
	ARSİV SORUMLUSU	1	0,46
	BİLGİ İŞLEM GÖREVLİSİ	1	0,46
	DIS TEKNİKERİ	1	0,46
	DIYALİZ TEKNİKERİ	1	0,46
	EBE	1	0,46
	GRAFİK TASARIM UZMANI	1	0,46
	LABORATUVAR TEKNİKERİ	1	0,46
	SATIN ALMA YETKİLİSİ	1	0,46
	TEMİZLİK GÖREVLİSİ	1	0,46
TIP MUHENDİSİ	1	0,46	

Tablo 3. HBYS'nin KVKK ile olan uyumuna ilişkin sorular ve cevap dağılımı (Questions and answers regarding the compliance of HIMS with GDPR)

SORULAR	N	EVET%	HAYIR%
1. Hastanenizde verilen laboratuvar sonuçlarında TC numaraları tamamen görünüyor mu?	219	0,91	99,09
2. Poliklinik bekleme alanlarında hasta isimleri tam mı yazıyor yoksa isim ve soy isimlerinin birkaç harfi mi gözüküyor?	219	0,00	100,00
3. HBYS programında kurumunuzda sizinle aynı görevdeki kişilerden eksik ya da fazla yetkiniz var mı?	219	1,37	98,63
4. Kendi HBYS kullanıcınızla hastanedeki hastaların anne adını görebiliyor musunuz?	219	72,60	27,40
5. Kendi HBYS kullanıcınızla hastaların epikrizlerini görebiliyor musunuz?	219	62,10	37,90
6. Kendi HBYS kullanıcınızla hastaların laboratuvar sonuçlarını görebiliyor musunuz?	219	47,95	52,05

7. HBYS şifrenizi unuttuğunuzda Bilgi İşlem personeli unuttuğunuz şifrenizi size bildiriyor mu yoksa şifreniz sıfırlanıyor mu?	219	3,20	96,80
8. Belirli bir servisin hemşireleri tüm servislerde yatan hastaları görebiliyorlar mı?	219	79,91	20,09

Tablo 4. Hastanedeki yetkilendirme prosedürünü varlığına ve işlevine ilişkin sorular ve cevap dağılımı (Questions and answer distribution regarding the existence and function of the authorization procedure in the hospital)

SORULAR	N	EVET%	HAYIR%
1. Aktif olarak HBYS kullanıyor musunuz? (Cevabınız Hayır ise; bundan sonraki soruları boş bırakınız)	219	100,00	0,00
2. HBYS programında kurumunuzda sizinle aynı görevdeki kişilerden eksik ya da fazla yetkiniz var mı?	219	1,37	98,63
3. Kendi HBYS kullanıcıyla hastanedeki hastaların anne adını görebiliyor musunuz?	219	72,60	27,40
4. Kendi HBYS kullanıcıyla hastaların epikrizlerini görebiliyor musunuz?	219	62,10	37,90
5. Kendi HBYS kullanıcıyla hastaların laboratuvar sonuçlarını görebiliyor musunuz?	219	47,95	52,05
6. Hastanenizde HBYS yetkilendirme prosedürü var mı?	219	94,06	5,94
7. Belirli bir servisin hemşireleri tüm servislerde yatan hastaları görebiliyorlar mı?	219	79,91	20,09

Tablo5. Hastanede yapılması zorunlu KVKK ve bilgi güvenliği eğitimlerinin etkinliğine ilişkin sorular ve cevap dağılımı (Questions and answer distribution regarding the effectiveness of the GDPR and information security trainings required in the hospital)

SORULAR	N	EVET%	HAYIR%
1. KVKK hakkında bilgi sahibi misiniz?	219	94,06	5,94
2. Hastanenizde KVKK ve Bilgi Güvenliği ile ilgili eğitimler veriliyor mu?	219	98,17	1,83
3. Herhangi bir yakınınız sizden ricada bulunduğu; o kişinin hastanenizde yaptırdığı tahlil sonuçlarını direk olarak paylaşabiliyor musunuz?	219	0,00	100,00

4. Hastanenede hastalara KVKK aydınlatması yapılıyor mu?	219		7,76
5. Hastanenede HBYS yetkilendirme prosedürü var mı?	219	94,06	5,94
6. HBYS kullanıcı bilgilerinizi sorumlunuz ya da mesai arkadaşınızla paylaşıyor musunuz	219	7,76	92,24

Tablo 3'e göre HBYS'nin KVKK ile olan uyumuna ilişkin elde edilen kümeleme verileri:

Tablo 6. K-Means Algoritmasına ile Tablo 3 'ten elde edilen kümeleme verileri (Clustering data obtained from Table 3 with the K-Means Algorithm)

Özellik	N	Küme-1 (142.0) %64.84	Küme-2 (77.0) %35.16
S1	HAYIR	HAYIR	HAYIR
S2	HAYIR	HAYIR	HAYIR
S3	HAYIR	HAYIR	HAYIR
S4	EVET	EVET	EVET
S5	EVET	HAYIR	EVET
S6	HAYIR	HAYIR	EVET
S7	HAYIR	HAYIR	HAYIR

Tablo 6 'da K-means algoritmasına göre 2 farklı küme elde edilmiştir. Katılımcıların %64.84'ünü oluşturan küme 1 'e göre; hastaların laboratuvar sonuçlarında TC numaralarının açıkça belirtilmediği yani belirli karakterlerin gizlendiği, poliklinik hasta çağırma ekranlarında hasta isimlerinin açık şekilde görülmediği, aynı görevde çalışan personeller arasında yetki farklılığının bulunmadığı, hasta laboratuvar sonuçlarının ve hasta epikrizlerinin görülmediği ve bilgi işlem personellerinin çalışanların şifrelerini görüntüleyemediklerini belirtmeleri hastane bilgi yönetim sisteminin KVKK uyumluluğunun göstergesidir. Çalışanların hastaların anne adını görebiliyor olması ise; HBYS'nin KVKK uyumu hususunda yeniden değerlendirme yapılması gerektiğinin göstergesidir.

Tablo 4'e göre kurumdaki yetkilendirme prosedürünü varlığına ve işlevine ilişkin elde edilen kümeleme verileri:

Tablo 7. K-Means Algoritmasına ile Tablo 4 'ten elde edilen kümeleme verileri (Clustering data obtained from Table 4 with the K-Means Algorithm)

Özellik	N	Küme-1 (125.0) %57.08	Küme-2 (94.0) %42.92
S2	HAYIR	HAYIR	HAYIR
S3	EVET	EVET	EVET
S4	EVET	HAYIR	EVET
S5	HAYIR	HAYIR	EVET
S7	EVET	EVET	EVET

Tablo 7 'da K-means algoritmasına göre 2 farklı küme elde edilmiştir. Katılımcıların %57.08'ini oluşturan küme 1 'e göre; aynı görevdeki personellerde yetki farklılığının olmadığı, hasta laboratuvar sonuçlarının ve hasta epikrizlerinin görüntülenemediği konusunda yetkilendirme prosedürünün bulunduğu ve uygun olduğu fakat hastaların anne adının görülebilmesi ve tüm servislerdeki hastaların tüm servis hemşireleri tarafından görülebilmesi yetkilendirme prosedürünü kısmen karşıladığını göstermektedir.

Tablo 5'e göre elde edilen kurallar:

1. S2?=EVET 215 ==> S3?=HAYIR 215 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0)
2. S1?=EVET 206 ==> S3?=HAYIR 206 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0)
3. S5?=EVET 206 ==> S3?=HAYIR 206 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0)
4. S1?=EVET S2?=EVET 204 ==> S3?=HAYIR 204 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0)
5. S5?=EVET S2?=EVET 204 ==> S3?=HAYIR 204 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0)

Elde edilen kuralların yorumları:

1. Katılımcıların %98.17 'si yani 215 kişi Tablo 5 deki 2. soruya evet yanıtı vermiş; bu 215 kişinin 215 'i de Tablo 5 deki 3. soruya hayır cevabını vermiştir. Yani hastanede KVKK ve bilgi güvenliği eğitiminin verildiğini belirten herkes bilgi güvenliği kuralları gereği veri paylaşımı yapmadığını belirtmiştir.
2. Katılımcıların %94.06'sı yani 206 kişi Tablo 5 deki 1. soruya evet yanıtı vermiş; bu 206 kişinin 206 'sı da Tablo 5 deki 3. soruya hayır cevabını vermiştir. Yani KVKK hakkında bilgi sahibi olduğunu belirten herkes bilgi güvenliği kuralları gereği veri paylaşımı yapmadığını belirtmiştir.
3. Katılımcıların %94.06'sı yani 206 kişi Tablo 5 deki 5. soruya evet yanıtı vermiş; bu 206 kişinin 206 'sı da Tablo 5 deki 3. soruya hayır cevabını vermiştir. Yani hastanede yetkilendirme prosedürü olduğunu belirten herkes bilgi güvenliği kuralları gereği veri paylaşımı yapmadığını belirtmiştir.
4. Katılımcıların %93.15'i yani 204 kişi Tablo 5 deki 1. soruya ve Tablo 5 deki 2. soruya evet yanıtı vermiş; bu 204 kişinin 204 'ü de Tablo 5 deki 3. soruya hayır cevabını vermiştir. Yani hastanede KVKK ve bilgi güvenliği eğitiminin verildiğini belirten ve bu sayede KVKK hakkında bilgi sahibi olan herkes bilgi güvenliği kuralları gereği veri paylaşımı yapmadığını belirtmiştir.
5. Katılımcıların %93.15'i yani 204 kişi Tablo 5 deki 5. soruya ve Tablo 5 deki 2. soruya evet yanıtı vermiş; bu 204 kişinin 204 'ü de Tablo 5 deki 3. soruya hayır cevabını vermiştir. Yani hastanede KVKK ve bilgi güvenliği eğitiminin verildiğini belirten ve bu sayede hastanede yetkilendirme prosedürü olduğunu bilen herkes bilgi güvenliği kuralları gereği veri paylaşımı yapmadığını belirtmiştir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Elde edilen veriler ve yapılan değerlendirmeler sonucunda, hastanede KVKK ve bilgi güvenliği eğitimlerinin eğitimi alan personeller üzerinde yararlı olduğu, bir takım önemli detayların personelin tümüne yakını tarafından benimsendiği, kullanılan HBYS'nin KVKK uyumluluğunun olduğu ve hastanede yetkilendirme prosedürünün varlığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda yetkilendirme prosedürü oranının beklenen değerden düşük olması ankete katılan bazı katılımcı grubunun (hekim) yetkilerinin diğer personellere göre daha kapsamlı olması nedeniyle açıklansada yetkilendirme prosedüründe güncelleme yapılması gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

Ülgen, Hayri. "İşletme Yönetiminde Bilgisayarlar." *İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayını*, 1990 : 4

Aktel, Mehmet. "Küreselleşme ve Türk Kamu Yönetimi.pdf", 2003:44

Paşarel, C. "Bilgi Yönetimi ve Kurum Portalı". *İstanbul: TBD 19. Bilişim Kurultayı Bildiriler Kitabı*, 2002 : 126-34

- Kongar, Emre. Küresel Terör ve Türkiye. *Ankara: Remzi Kitapevi*, 2001 : 19
- Erkan, Hüsnü. Bilgi Toplumu ve Ekonomik Gelişme. *Ankara: Türkiye İş Bankası Yayınları*, 1998 : 71-72
- Ünal, Yenal. “Bilgi Toplununun Tarihçesi”. *Journal of History School (1997)*, 2009 : 123-44.
- Aydın, Turgay. Bilgi Toplumu ve Demokrasi. *Trabzon: Efor Masaüstü Yayıncılık*, 1997 : 26-27
- Zaim, H. Bilginin artan önemi ve bilgi yönetimi. *İstanbul: İşaret Yayınları*, 2005 : 81
- Ball, J. Marion. “Hospital Information Systems: Perspectives on Problems and Prospects”. *International Journal of Medical Informatics*, 2003 : 69, 83–89.,
- Dağlı, Duygu. “Streamlining a Hospital Information System”. *Middle East Technical University*, 2011 : 9-10
- Wager, Karen A. Health Care Information Systems: “A Practical Approach for Health Care Management”. *San Francisco: Jossey-Bass*, 2009 : 97
- Kavuncubaşı, Şahin, ve Selami Yıldırım. Hastane ve Sağlık Kurumları Yönetimi. *Ankara: Siyasal Kitabevi*, 2015: 447
- SÜMEN, Esra. “Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Laboratuvar Bilgi Sisteminin Değerlendirilmesi”. *Akdeniz Üniversitesi*, 2006
- Şenol, Utku, Anıl Aktaş, ve Osman Saka. “Radyoloji Bilgi Sistemi”. *Akademik Bilişim '07 - IX. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri 31 Ocak - 2 Şubat 2007 Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya*, 2007 : 431–33.
- Doğan, D. Mehmet. “Doğan Büyük Türkçe Sözlük”. *Türk Dil Kurumu*, 1996: 662
- Demirel, Demokaan.. “Effectivness of Health Information System Applications: Clinical Information and Diagnosis-Treatment Systems in Turkey.” *European Journal of Multidisciplinary Studies* 5, no. 1(2017): 122.
- Saba, Virginia K. “A look at nursing informatics.” *International Journal of Medical Informatics* 44, no. 1 (1997): 57–60.
- Yang, Chang Gyu, ve HeeJun Lee. “A study on the antecedents of healthcare information protection intention.” *Information Systems Frontiers* 18, no. 2 (2016): 253–63.
- Devebakan, Nevzat, ve Mehmet Aksaraylı. “Sağlık İşletmelerinde Algılanan Hizmet Kalitesinin Ölçümünde SERVQUAL Skorlarının Kullanımı ve Özel Altınordu Hastanesi Uygulaması.” *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 5, no. 1 (2003): 38–54.
- Tütüncü, Özkan, ve Özlem İ. Doğan. “Müşteri Tatmini Kapsamında Öğrenci Memnuniyetinin Ölçülmesi Ve Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Uygulaması.” *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 5, no. 4 (2003): 130–51.



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**  
1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

## **BETON DOLGULU GFRP KUTU KESITLERDE ARA YÜZEY KAYMA DİRENCİNİN SICAKLIK DEĞİŞİMİ ALTINDA İNCELENMESİ**

Rahmah ALHARBİ<sup>1\*</sup>, Fırat TURAN<sup>1</sup>, Daianat ALİEVİ<sup>1</sup>, Muhamet KARABULUT<sup>1</sup>, Tuna ÜLGER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> İnşaat Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-mail: [rahmaalharbi@hotmail.com](mailto:rahmaalharbi@hotmail.com)

### **ÖZET**

Türkiye nüfusunun çoğu deprem riski altında yaşamaktadır ve ayrıca ülkemiz yüz ölçümünün önemli kısmı deprem kuşağındadır. Bu sebeple toplumun güvenliğini sağlamak için depreme karşı dayanıklı yapı ve yapı elemanları tasarımında sürekli bir araştırma ve inceleme konusudur Türkiye'deki yapıların çoğunluğunu betonarme yapılar oluşturmaktadır. Betonarme yapısal elemanlara olan bağlılığın alternatif yapı malzemelerinin kullanımıyla azaltılması ve betonun üretimi esansında çevreye salınan zararlı karbon gazların aza indirilebilir. Son yıllarda inşaat sektöründe cam elyaf ve karbon takviyeli kompozit malzemelerin kullanımı inşaat sektöründe yaygınlaşmıştır. Deprem yükleri gibi yapı kütlesi ile doğrudan ilişkilidir. Daha hafif, çevresel ve yapısal direnci üst düzey yapısal elemanların kullanımı önem arz etmektedir. Elyaf takviyeli kompozit kesitler ile geleneksel beton malzemenin birlikte kullanım yenilikçi yapısal eleman oluşturmaktadır. Farklı iki malzemenin birlikte çalışması ise kesitler arası gerilmelerin aktarımına bağlıdır. Bu direnç içsel sürtünme direnci olabileceği gibi mekanik veya kohesif özellikte üst düzey bir bağlayıcı ilede gerçekleştirilebilir. Bu çalışma kapsamda cam elyaf takviyeli kompozit ile sertleşmiş beton arasında oluşacak kayma gerilmesi yaklaşık 0.24 MPa iken, bu direncin çevresel sıcaklık değişimi neticesinde %71 azalıp ortalama 0.07 MPa kadar düştüğü tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Beton, FRP Kompozit, basınç dayanımı, kayma gerilmesi, epoxy bağlayıcı, sıcaklık, don-çözülme döngüsü



**6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu**  
**6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium**

1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**INVESTIGATION OF INTERFACE SHEAR STRENGTH OF  
CONCRETE INFILLED GFRP BOX SECTIONS WITH DIFFERENT  
TEMPERATURES**

Rahmah ALHARBI<sup>1\*</sup>, Fırat TURAN<sup>1</sup>, Deyanet ALİYEV<sup>1</sup>, Muhamet KARABULUT<sup>1</sup>, Tuna ÜLGER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Civil Engineering Department, Zonguldak Bülent Ecevit University, Turkey

\* Corresponding Author; E-mail: [rahmaalharbi@hotmail.com](mailto:rahmaalharbi@hotmail.com)

**ABSTRACT**

Majority of the total population in Turkey lives under the risk of earthquake and most of the part of our lands additionally under the earthquake zone. For this reason, the design of earthquake resistant structures and structural members are the main investigation and research topic for the safety to our community. Majority of the structures in Turkey are reinforced concrete structures. Therefore, the dependancy on reinforced concrete and carbon foot print due to production of concrete can be reduced by using alternative structural members. In recent years the use of glass and carbon fiber polymers increasing in civil engineering applications. Earthquake forces are directly related to the weight of the structure. The selection of light and durable advanced structural materials are very important. The use of fiber reinforced composites with traditional concrete materials create new structural members. These two different materials works together when the interface stress can be transferred between them. This resistance can be created due to frictional force, mechanical connections or bonding with structural adhesive. In this study, the shear stress between the glass fiber polymer section and concrete was obtained about 0.24 MPa, and this stress decreased by 71% after the specimens were subjected to the temperature change to an average of 0.07 MPa.

**Keywords:** Concrete, FRP, compressive strength, shear stress, epoxy bonding, temperature, freeze-thaw cycle





## 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium

1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

### 1. GİRİŞ

Yapılan birçok bilimsel araştırmaya ışığında inşaat mühendisliğinde çok önemli bir yapı elamanı malzemesi olarak kullanılan beton malzemesinin basınç dayanımının iyileştirilmesi konusun da çalışmalar devam etmektedir. Örneğin çeşitli kimyasal maddeler betona katılarak beton basınç dayanımı iyileştirilmektedir. Yapılan bir araştırmada beton firmalarının hangi kimyasal katkıları kullandığı, bilinçli bir tatbikin olup olmadığını belirlemek amacı ile beton firmalarına yönelik bir çalışma yapılmıştır [1,2]. Beton işlenmesi için kullanılan akışkanlaştırıcı katkı maddeler de beton basınç dayanımı üzerinde etkili olabilmektedir. Beton basınç dayanımının artırılmasına yönelik yapılan bir diğer çalışmada ise katı atık külünün beton basınç dayanımına etkisinin araştırılmıştır [3]. Bir diğer araştırma da ise katkı tipinin ve agrega ince malzeme oranının beton basınç dayanımına etkisi incelenmiştir [4]. Beton basınç dayanımına etki eden önemli bir parametrenin ise yükleme hızı olduğu sonucu ortaya çıkmıştır ve bu konu da birçok bilimsel çalışma yapılmıştır. Örneğin, yükleme hızının beton basınç dayanımına ve elastisite modülüne etkisi araştırılmıştır [5]. Kompozit malzemelerin betonarme yapıların basınç dayanımını iyileştirmek için yapılan araştırmalardan bir tanesi de betonarme binaların dinamik davranışına lifli polimer kompozit malzeme etkisinin deneysel ve analitik yöntemlerle belirleme çalışmasıdır [6]. FRP ile sınırlandırılmış dikkörtgen betonun eksenel basınç dayanımında meydana gelen artışlar incelenmiştir [7]. FRP sargı ile çevrelenmiş betonun üç boyutlu sonlu eleman modellemesi ve teorik analizi üzerine çalışma gerçekleştirilmiştir [8]. FRP takviyeli beton kolonların sonlu eleman modellemesi ve teorik tahminleri üzerine çalışma yapılmıştır [9]. FRP ile güçlendirilmiş betonarme kolonunun kırılma yüklemesine karşı sonlu eleman modellemesi ile araştırma yapılmıştır [10]. FRP ile dıştan güçlendirilmiş betonarme kirişlerin sünme davranışının sonlu eleman modellemesi yöntemi ile bir başka çalışmada incelenmiştir [11]. Dıştan yapılandırılmış FRP ile güçlendirilmiş betonarme kirişleri etkileyen parametrelerin lineer olmayan sonlu elemanlar modeli ile incelenmiştir [12]. Beton ve diğer malzemeler arasında sürtünme etkisi üzerine yapılan araştırmalara örnek verecek olursak, bir dizi sürtünme testi ve ek mikromekanik varsayımlardan elde edilen ampirik gözlemlere dayalı olarak geliştirilmiş, ahşap-beton temasları için iki boyutlu bir ara yüz modeli çalışılmıştır [13]. Bir başka çalışmada ise çelik-beton kompozit levhalarda boyuna kayma direnci tahmin edilmektedir [14]. Çift yönlü ağırlara sahip çelik-beton-çelik kompozit kirişlerde kesme-kayma kırılması üzerine araştırma yapılmıştır [15].

Yukarıda verilen çalışmalarda anlaşılabacağı üzere farklı iki malzemenin kullanımının yağın olduğunun bir göstergesidir. Eksenel basınç altında beton kesitler FRP sargının dayanım artışına belirgin etkisi olduğu açıktır. Bu çalışma, FRP kesit ve beton malzemenin birlikte kullanımında özellikle betonun çekme FRP kesitte dolgu malzemesi olarak kullanımında ara yüz kayma direncinin belirlenmesinde literatüre derinlik katacağı beklenmektedir. Çünkü yapısal elemanın tam kompozit bir kesit olabilmesi ara yüz kayma direncine bağlıdır. Kayma direnci sertleşmiş betonun sargılanması ve yaş betonun FRP kesite yerleşmesi durumlarında farklılık gösterecektir. Bu çalışma ile yaş betonun yerleşmesi sonucunda ki kayma direnci doğal ve sıcaklık değişimine maruz kalması durumlarında incelenmiş ve sonraki bölümlerde yapılan deneysel çalışmalar sunulmuştur.

### 2. MALZEMELER VE DENEYSEL YÖNTEM

#### 2.1. Malzemeler ve Numunelerin Hazırlanması

Bu araştırma kullanılan kutu FRP profiller 100 mm x 100 mm en kesitine ve 6 mm kalınlığa sahiptir. Her bir sette 3 adet numune olacak şekilde ve her bir numunenin boyu 125 mm olacak şekilde iki set olmak üzere toplamda altı numune hazırlanmıştır. Kesilen numune örneği Şekil 1a' da görülmektedir. Fabrikasyon imalatı olan FRP profillerin iç yüzeylerinde kalıp yapı atıkları bulunduğu için iç yüzeylere zımpara yapıp basınçlı hava ile küçük parçacıklar temizlenmiştir. Daha sonra asetonla ince yüzey temizleme işlemi uygulanmıştır. İç yüzeyleri temizlenmiş olan kutu FRP profiller beton doldurma işlemi için hazır hale gelmiştir. Böylece ara yüzeyde doğal olarak elde edilebilecek maksimum aderans düzeyi yakalanması hedeflenmiştir. İstenilen boyda kesilen ve iç yüzey temizliği tamamlanan kutu FRP profiller Şekil 1b' de gösterilmiştir.

FRP kutu profiller hazır hale getirildikten sonra beton üretimi yapan bir firma tarafından üretimi gerçekleştirilmiş C25 sınıfı beton malzemeler temin edilmiş ve tokmakla FRP içerisine yerleştirilmiştir. Bu esnada aynı beton sınıfından 150 mm x 150 mm x 150 mm ebatlarında 3 adet küp numune alınmıştır. FRP kutu

kesitin su emmesi ve dayanım kaybetmesine karşı numuneler ilk 3 gün kür havuzuna bırakılmış (Şekil 2) ve sonraki 25 gün boyunca her gün sabah ve akşam olmak üzere günde 2 defa sulanmıştır. Bu işlem adımları hem standart küp numune hem de beton dolgululu FRP kutu kesitler için uygulanmıştır. 28 günlük sürenin ardından Şekil 3a' da verilen küp numuneler Şekil 3b' de gösterildiği gibi basınç testine tabi tutulmuşlardır. Yürütülen çalışmada beton basınç dayanımının etkinliği araştırılmamış sadece ortak bir beton basınç dayanımının elde edilmesi hedeflenmiştir. Oda sıcaklığı birinci set için öngörülen sabit sıcaklık değeridir.

İkinci set numuneler ise 28 günlük kürlenme süresinin sonunda  $-26^{\circ}\text{C}$  donma ve  $+100^{\circ}\text{C}$  sıcaklık artışı döngüsünü tekrarlayacak şekilde tekrar 28 gün süreyle işlem uygulanmıştır. Beton küründen sonra her döngüde 28 günlük süreç takip edilmiş ve toplamda 56 gün donma – sıcaklık artışı döngüsünden sonra sıyırma testine tabi tutulmuşlardır. Uygulanan döngü esnasında ki numuneler donma ve sıcaklık artışı Şekil 4a ve 4b' de sırasıyla gösterilmiştir.



(a) Kesilen numuneler



(b) İç yüzeyleri temizlenmiş numuneler

Şekil 1. a) Kesilen numuneler b) İç yüzeyleri temizlenmiş numuneler.



Şekil 2. 3 günlük havuz kürü uygulaması



(a) Standart küp numuneler



(b) Örnek beton basınç testi

Şekil 3. a) Standart küp numuneler, b) Örnek beton basınç testi



(a) -26° C donma evresi



(b) +100° C çözülme evresi

Şekil 4. a) -26° C donma evresi, b) +100° C çözülme evresi

## 2.2. Deney Düzenegi

Test cihazı çekme ve basınç yüklemesi yapabilen 100 kN kapasiteli ALŞA marka bir cihazdır. FRP kutu kesit alt yüzeyinden iki kenar çelik ayaklara üzerine oturtularak mesnetlendirilmiştir. Düşey yük ise dış yüzeyi saran FRP kesitin içerisine girecek şekilde dairesel çelik bir silindir kullanılarak sadece beton kesite uygulanmıştır. Böylelikle alt ucu serbest olan beton içsel kayma direncinin yeilmesi ile sıyırılacak ve iki farklı yüzeyin birlikte çalışmasını sağlayan ortalama kayma direnci elde edilecektir. Deney düzenegi altında bir adet numune Şekil 5'te

gösterilmiştir. Yükleme esnasında bütün numuneler için 0.5 mm/dk yükleme hızı uygulanmıştır. Yükleme – yer değiştirme eğrisi sabit bir değere olana kadar yüklemeler devam ettirilmiştir.



Şekil 5. Deney düzeneği

### 3. SONUÇLAR VE YORUMLAR

Beton basınç dayanımları üç adet küp numuneden ortalama 28.29 MPa olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte TS 500 (2000) Betonarme Yapıların Yapım ve Tasarım yönetmeliğine göre Eş. 1 verilen bağıntı ile hesap edilmiştir. Eşitlikte verilen  $E$ , betonun 28 gün sonundaki elastik modülünü,  $\sigma$  ise 28 gün sonunda ki beton basınç dayanımı ifade etmektedir. Üç numuneye ait elde edilen istatistiksel veriler Tablo 1’de sunulmuştur. Daha önce de belirtildiği üzere beton basınç dayanımı tüm numunelerde ortak bir parametredir. Beton basınç dayanımını kayma direnci üzerindeki etkisi farklı bir çalışma içerisinde ele alınmalıdır.

$$E = 3250\sqrt{\sigma} + 14000 \quad (1)$$

Tablo 1. 28 gün sonunda elde edilen beton basınç dayanımları

C25 Küp Numune	$\sigma$ (MPa)	E (MPa)
1	23.49	29751
2	31.89	32353
3	29.50	31651
Average	28.29	31252
St. Deviation	1.83	557.88
Coeff. Var. (%)	6.47	1.78

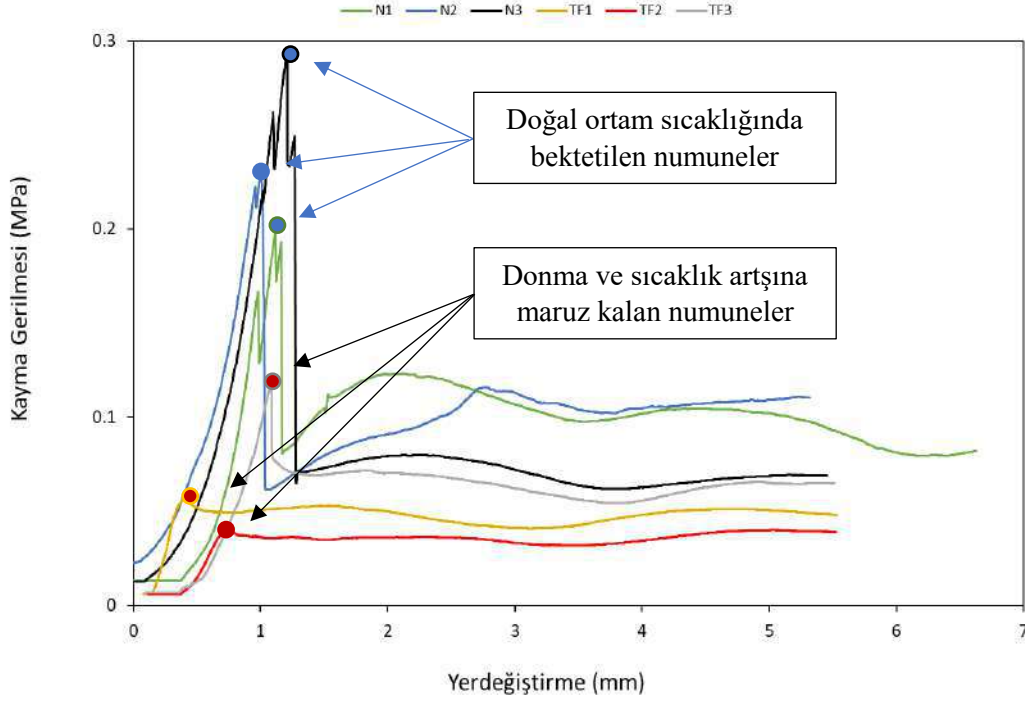
Elde edilen sıyırma deney sonuçları her bir numune ve istatistiksel olarak Tablo 6' da verilmiştir. Yürütülen sıyırma deneyleri neticesinde ortam sıcaklığına mazruz kalmış üç numune ortama 0.241 MPa kayma direnci göstermiştir. Şekil 6' da gerilme – yer değiştirme eğrisine bakıldığında maksimum kayma direncine ulaşan numunelerin aniden kayma direncini düşüğü gözlemlenmiştir. Bu düşüş ara yüzey kırılma sonrası sürtünme direnci olarak yorumlanmıştır. Yaklaşık olarak kırılma sonrası kayma direnci 0.10 MPa civarında gerçekleşmiştir. Aynı şekilde donma ve sıcaklık artışı şeklinde döngüsel etkiye maruz kalan numuneler ise ortalama 0.070 MPa kayma direnci sağlayabilmişlerdir. Buca yaklaşık olarak sıcaklık etkisinin %71 civarında ara yüzey gerilme dayanımında azalış olarak elde edilmiştir. Bunun yanı sıra maksimum kapasiteye ulaşan bu numuneler kırılma sonrası 0.051 MPa kadara düşen bir kayma direnci elde edilmiştir. Burada ki farkın temel nedeni beton ve FRP kesitte sıcaklık farkına bağlı sünme ve büzüşme etkisidir. Bununla birlikte kompozit iki kesitin birlikte yapabileceği yer değiştirme ortalama 0.807 mm den 0.464 mm' ye kadar düşmüştür.

Sonuç olarak farklı iki kesitin birlikte çalışması ara yüzeyde oluşturulan kayma gerilemeleri ile mümkün olmaktadır. Doğal ortamında zamanla bu ara yüzeyde kayma direncinin azalacağı ve bu azalmanın tam kompozit çalışma prensibini bozacağı kesindir. Bu nedenle ara yüzeyde farklı şekillerde kayma direncini artırıcı bağlantı mekanizmaları geliştirilmelidir. Bunlardan en yaygın olanı mekanik bağlantı elemanları ile iki kesit arası kayma gerilmemlerinin transfer edilmesidir. Bunun yanı sıra yapı sektöründe kullanılan epoxy yapıştırıcılar ile ara yüzey aderansı artırılabilir, böylece yapısal elemanın tam kompozit kesit olarak çalışması öngörülebilir. Ayrıca ara yüzeyde oluşan kılcal çatlaklar nem ve suyun ara yüzeyde ilerlemesine müsaade edecektir. Bu durum oluşması halinde korozyon direnci yüksek mekanik bağlantı elemanları tercih edilmelidir.

İlerleyen çalışmalarda numune boyunun ve ara yüzey şekli ve büyüklüğünün, beton basınç dayanımının vb. diğer etkin olabilecek parametrelerin deneyleri yapılarak beton dolgulu FRP en kesitlerde ara yüzey kayma direnci değerleri araştırılacaktır.

Tablo 2. Kayma gerilmesi ve yer değiştirme sonuçları

Numune	Ortam Sıcaklığı Döngüsü (28 gün)		Donma – Sıcaklık Artışı Döngüsü (28+52 gün)	
	Kayma Gerilmesi $\tau$ (MPa)	Yer Değiştirme $\delta$ (mm)	Kayma Gerilmesi $\tau$ (MPa)	Yer Değiştirme $\delta$ (mm)
1	0.197	0.615	0.056	0.405
2	0.231	0.901	0.037	0.380
3	0.294	0.905	0.117	0.608
Average	0.241	0.807	0.070	0.464
St. Deviation	0.04	0.166	0.034	0.125
Coeff. Var.	0.161	0.206	0.116	0.269



Şekil 6. Kayma gerilmesi – yer değiştirme eğrisi

## DESTEK

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar tamamen bağımsız çalışma ürünü olup herhangi bir kişi, kurum veya kuruluşun kanaatini yansıtmamaktadır. Bu çalışma TUBİTAK 2209A kapsamına Rahmah Alharbi'ye 1919B012101383 başvuru numarasıyla sağlanan maddi destek ile yürütülmüş olup, bunun yanında Sayılı Beton ve Mitaş Kompozit firmalarına desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- [1] F. Birinci, Türkiye'nin Depremselliği ve Yapı Stoğu Yönünden Mevzuat Ve Mali Politikaların Kentsel Dönüşümü Zorlaştıran Unsurları, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı
- [2] İlker Bekir TOPÇU, Mehmet CANBAZ, Cenk KARAKURT, Beton Üretiminde Kimyasal Katkı Kullanımı, Politeknik Dergisi, Cilt: 9 Sayı: 1 s. 59-63, 2006
- [3] Hüseyin Temiz, Burçin Paçacı, İbrahim Halil Beşli, Katı Atık Külünün Beton Basınç Dayanımına Etkisinin Araştırılması, Sütçü İmam Üniversitesi
- [4] Zeynep Dizdar, A.Erdem Tandırlı, Katkı Tipinin Ve Agregası İnce Malzeme Oranının Beton Basınç Dayanımına Etkisi, Nuh Beton A.Ş., İstanbul, sayfa 333-339
- [5] Burak Felekoğlu, Selçuk Türkel, Yükleme Hızının Beton Basınç Dayanımına ve Elastisite Modülüne Etkisi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, cilt:6, sayı:1, sh:65-75, 2004

	<b>6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu</b> <b>6<sup>th</sup> Engineers of Future International Student Symposium</b> <i>1-2 Temmuz/July 2022, Zonguldak, Türkiye</i>
	<a href="http://www.efis.beun.edu.tr">http://www.efis.beun.edu.tr</a>

[6] Olguhan Şevket KARAHASAN, Betonarme Binaların Dinamik Davranışına Lifli Polimer Kompozit Malzeme Etkisinin Deneysel Ve Analitik Yöntemlerle Belirlenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Danışman: Doç. Dr. Ahmet Can Altunışık 2017, 178 Sayfa

[7] Yanlei Wang, Pu Liu, Qi Cao, Guipeng Chen, BaolinWan, Zitao Wei, Yu-Lei Bai, Comparison of monotonic axial compressive behavior of rectangular concrete confined by FRP with different rupture strains, Construction and Building Materials, Volume 299, 13 September 2021, 124241

[8] Jun-Jie Zeng, Shu-Peng Chen, Yan Zhuge, Wan-Yang Gao, Zhi-Jian Duan, Yong-Chang Guo, Three-dimensional finite element modeling and theoretical analysis of concrete confined with FRP rings, Engineering Structures, Volume 234, 1 May 2021, 111966

[9] Ali Raza, Anees ur Rehman, Bilal Masood, Iqar Hussain, Finite element modelling and theoretical predictions of FRP-reinforced concrete columns confined with various FRP-tubes, Structures, Volume 26, August 2020, Pages 626-638

[10] Zhong-Xian Li, Xuejie Zhang, Yanchao Shi, Chengqing Wu, Jun Li, Finite element modeling of FRP retrofitted RC column against blast loading, Composite Structures, Volume 263, 1 May 2021, 113727

[11] Farid Bouziadi, Bensaid Boulekbache, Abdelkader Haddi, Mostefa Hamrat, Chafika Djelal, Finite element modeling of creep behavior of FRP-externally strengthened reinforced concrete beams, Engineering Structures, Volume 204, 1 February 2020, 109908

[12] Ahmed Godat, Omar Chaallal, Yasmeen Obaidat, Non-linear finite-element investigation of the parameters affecting externally-bonded FRP flexural-strengthened RC beams, Results in Engineering, Volume 8, December 2020, 100168

[13] Joonas Jaaranen, Gerhard Fink, Cohesive-frictional interface model for timber-concrete contacts, International Journal of Solids and Structures, Available online 22 July 2021, 111174

[14], Saddam M.Ahmed, Siva Avudaiappan, Ikhlas S.Sheet, Erick I.Saavedr Flores, Juan C.Pina, Sergio J.Yanez, Carlos F.Guzmán, Prediction of longitudinal shear resistance of steel-concrete composite slabs, Engineering Structures, Volume 193, 15 August 2019, Pages 295-300

[15] Yu-Tao Guo, Yue Yang, Shen-You Song, Jian-Sheng Fand, Shear-slip failure in steel-concrete-steel composite beams with bidirectional webs, Thin-Walled Structures, Volume 164, July 2021, 107743.