

# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

Journal of Geological Engineering

Cilt - Volume 47

Sayı - Number 2

ISSN 1016 - 9172

Aralık / December 2023

Jeoloji Mühendisliği Dergisi / Journal of Geological Engineering

Cilt - Volume 47

Sayı - Number 2

Aralık / December 2023

## İçindekiler / Contents

### Makaleler / Articles

- 103- Araştırma Makalesi / Research Article  
Mehmet Ali AKGÜL, Recep YURTAL  
Seyhan Baraj Gölünde Askıda Sedimentin Alansal Dağılımının ve Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama ile Belirlenmesi  
*Determination of Spatial Distribution and Temporal Variation of Suspended Sediment in Seyhan Dam Lake by Remote Sensing*
- 119- Araştırma Makalesi / Research Article  
Fatma ECE KARAKUŞ, Mehmet Ali KURT, Ümit YILDIRIM, Cüneyt GÜLER, Onur GÜVEN  
Erdemli (Mersin) Kıyı Akiferi Su Kalitesinin Değerlendirilmesi  
*An Assessment of The Water Quality of Erdemli (Mersin) Coastal Aquifer*
- 135- Araştırma Makalesi / Research Article  
Mohammed Zainel QADER, Hasan ÇETİN, Emre PINARCI  
Improvement of Clay Soil Using a Plaster Mortar Additive  
*Killi Bir Zeminin Sıva Harcı Katkısı Kullanılarak İyileştirilmesi*
- 149- Araştırma Makalesi / Research Article  
Gökhan ŞAHİN, Mustafa Kerem KOÇKAR  
Ankara Kilinde Örselenme Etkisinin ve Derinliğe Bağlı Zemin Özelliklerinin Jeoteknik Arazi ve Laboratuvar Deneylerine Bağlı Olarak İncelenmesi  
*An Investigation of the Disturbance Effect and Depth-Dependent Soil Behavior of Ankara Clay Based on Geotechnical Field and Laboratory Tests*
- 165 Derleme / Review  
Bülent ÖZMEN  
Acil Durum ve Afet Yönetimi Planlarının Tarihsel Gelişimi  
*The Historical Development of Emergency and Disaster Management Plans*



**TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
**Chamber of Geological Engineers of Turkey**

**EDİTÖR / EDITOR**

Tolga ÇAN  
tolgacan@cu.edu.tr

**YARDIMCI EDİTÖRLER / ASSOCIATE EDITORS**

Nihat Sinan IŞIK  
nihatsinan@gazi.edu.tr

Mustafa Kerem KOÇKAR  
mustafakockar@hacettepe.edu.tr

**TEKNİK EDİTÖR / TECHNICAL EDITOR**

Müge AKIN  
muge.akin@agu.edu.tr

Senem TEKİN  
senemtekin@adiyaman.edu.tr

**İNGİLİZCE EDİTÖRÜ / ENGLISH EDITOR**

Cecile POPP

**Makale Gönderim Adresi:**

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası  
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara  
Tel : (0312) 434 36 01  
Faks : (0312) 434 23 88  
E-Posta : jmo@jmo.org.tr  
URL : www.jmo.org.tr

**Yayın Türü:** Yaygın Süreli Yayın

**Yayın Şekli:** Yılda 2 kez (6 ayda bir)  
Türkçe ve İngilizce

**Yayın Sahibi:** TMMOB JMO Adına  
Hüseyin ALAN

**Yayının İdare Adresi:** Kocatepe Mah.  
Hatay 2 Sokak No: 21 Kocatepe/Ankara

**Baskı:** ERS Matbaacılık,  
Kazım Karabekir Cad. Altıntop İşhanı  
No:87/7 İskitler/Ankara  
Tel : (0312) 384 54 88  
Baskı Tarihi : Aralık 2023  
Baskı Adedi : 500

**Yayın Kurulu / Editorial Board**

Dr. Mutluhan AKIN (Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi)  
Dr. Erhan ALTUNEL (Osman Gazi Üniversitesi)  
Dr. Serdar BAYARI (Hacettepe Üniversitesi)  
Dr. Zeki ÇAMUR (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Dr. Hasan ÇETİN (Çukurova Üniversitesi)  
Dr. Mümtaz ÇOLAK (Dokuz Eylül Üniversitesi)  
Dr. Özcan DUMANLILAR (Demir Export)  
Dr. Nusret EMEKLİ (İller Bankası)  
Dr. Murat ERCANOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)  
Dr. Nazan Yalçın ERİK (Cumhuriyet Üniversitesi)  
Dr. Ünsal GEMİCİ (Dokuz Eylül Üniversitesi)  
Dr. Candan GÖKÇEOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)  
Dr. Reyhan Kara GÜLBAY (Karadeniz Teknik Üniversitesi)  
Dr. Nilgün GÜLEÇ (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Dr. Leyla KALENDER (Fırat Üniversitesi)  
Dr. Remzi KARAGÜZEL (İstanbul Teknik Üniversitesi)  
Dr. Nurkan KARAHANOĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Dr. Ali KAYABAŞI (Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi)  
Dr. Recep KILIÇ (Ankara Üniversitesi)  
Dr. Cem KINCAL (Dokuz Eylül Üniversitesi)  
Dr. Mehmet Yalçın KOCA (Dokuz Eylül Üniversitesi)  
Dr. Ayhan KOÇBAY (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü)  
Dr. Mustafa KORKANÇ (Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi)  
Dr. Halil KUMSAR (Pamukkale Üniversitesi)  
Dr. Yılmaz MAHMUTOĞLU (İstanbul Teknik Üniversitesi)  
Dr. Harun SÖNMEZ (Hacettepe Üniversitesi)  
Dr. Mehmet Lütfi SÜZEN (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Dr. Gültekin TARCAN (Dokuz Eylül Üniversitesi)  
Dr. Atiye TUĞRUL (İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa)  
Dr. Dilek TÜRER (Hacettepe Üniversitesi)  
Dr. Asuman TÜRKMEENOĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Dr. Taner ÜNLÜ (Ankara Üniversitesi)  
Dr. Ali Bahadır YAVUZ (Dokuz Eylül Üniversitesi)  
Dr. Hasan YAZICIGİL (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Dr. Koray YILMAZ (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Dr. Murat YILMAZ (İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa)

Jeoloji Mühendisliği Dergisi makale ve dizin özleri  
Scopus, Google Scholar, TR Dizin, indeksleri tarafından taranmaktadır.

*Journal of Geological Engineering is indexed and abstracted by Scopus,  
Google Scholar, TR Dizin.*

**Jeoloji Mühendisleri Odası  
Chamber of Geological Engineers  
Yönetim Kurulu / Executive Board**

Hüseyin ALAN	Başkan / President
M. Emre KIBRIS	İkinci Başkan / Vice President
Buket YARARBAŞ ECEMİŞ	Yazman / Secretary
Seçkin GÜLBUDAK	Sayman / Treasurer
Hüseyin AKKUŞ	Mesleki Uygulamalar Üyesi / Member of Professional Activities
Işık ŞENER AYDEMİR	Yayın Üyesi / Member of Publication
Özgür DEĞİRMENCİ	Sosyal İlişkiler Üyesi / Member of Social Affairs

*Jeoloji Mühendisliği Dergisi JMO yayını olup para ile satılmaz.*



# Jeoloji Mühendisliği Dergisi / Journal of Geological Engineering

Cilt - Volume 47

Sayı - Number 2

Aralık / December 2023

## İçindekiler / Contents

### Makaleler / Articles

- 103- Araştırma Makalesi / *Research Article*  
**Mehmet Ali AKGÜL, Recep YURTAL**  
**Seyhan Baraj Gölünde Askıda Sedimentin Alansal Dağılımının ve Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama ile Belirlenmesi**  
*Determination of Spatial Distribution and Temporal Variation of Suspended Sediment in Seyhan Dam Lake by Remote Sensing*
- 119- Araştırma Makalesi / *Research Article*  
**Fatma ECE KARAKUŞ, Mehmet Ali KURT, Ümit YILDIRIM, Cüneyt GÜLER, Onur GÜVEN**  
**Erdemli (Mersin) Kıyı Akiferi Su Kalitesinin Değerlendirilmesi**  
*An Assessment of The Water Quality of Erdemli (Mersin) Coastal Aquifer*
- 135- Araştırma Makalesi / *Research Article*  
**Mohammed Zainel QADER, Hasan ÇETİN, Emre PINARCI**  
**Improvement of Clay Soil Using a Plaster Mortar Additive**  
*Killi Bir Zeminin Siva Harcı Katkısı Kullanılarak İyileştirilmesi*
- 149- Araştırma Makalesi / *Research Article*  
**Gökhan ŞAHİN, Mustafa Kerem KOÇKAR**  
**Ankara Kilinde Örselenme Etkisinin ve Derinliğe Bağlı Zemin Özelliklerinin Jeoteknik Arazi ve Laboratuvar Deneilerine Bağlı Olarak İncelenmesi**  
*An Investigation of the Disturbance Effect and Depth-Dependent Soil Behavior of Ankara Clay Based on Geotechnical Field and Laboratory Tests*
- 165- Derleme / *Review*  
**Bülent ÖZMEN**  
**Acil Durum ve Afet Yönetimi Planlarının Tarihsel Gelişimi**  
*The Historical Development of Emergency and Disaster Management Plans*



Research Article / Araştırma Makalesi

## Seyhan Baraj Gölünde Askıda Sedimentin Alansal Dağılımının ve Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama ile Belirlenmesi

*Determination of Spatial Distribution and Temporal Variation of Suspended Sediment in Seyhan Dam Lake by Remote Sensing*

Mehmet Ali AKGÜL<sup>1\*</sup> , Recep YURTAL<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> DSİ 6. Bölge Müdürlüğü, Bilgi Teknolojileri Şube Müdürlüğü, Coğrafi Bilgi Sistemleri Başmühendisliği, Adana, Türkiye

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Anabilim Dalı, Adana, Türkiye

Received (Geliş): 7 Haziran (June) 2023 / Revised (Düzeltilme): 22 Temmuz (July) 2023/ Accepted (Kabul): 14 Ağustos (August) 2023

### ÖZ

Küresel iklim değişikliği, sanayileşme, hızlı nüfus artışı ve benzeri sebepler ile tatlı suya ulaşmak gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Tatlı suları korumak amacıyla sulak alanlar gibi doğal gölleri korumaya yönelik tedbirler alınmakta ayrıca akarsular üzerinde depolamalı su yapıları inşaa edilmektedir. Depolamalı su yapılarının planlanmasında, yapının ömrünü etkileyen en önemli faktör, su rezervuarına giren sedimentin tespit edilmesidir. Bu sediment baraj haznesinde birikerek kullanılabilir su miktarını düşürdüğü gibi yapının dip savak veya su alma yapısı gibi kritik yapılarını da kullanılmaz hale getirmektedir. Bu çalışmamızda uydu verileri ile yersel veriler arasında bir model oluşturularak üretilen, Toplam Askıda Sediment'e (TSS) ait parametreler ile Türkiye'nin güneyinde Adana il sınırları içerisinde yer alan Seyhan Baraj Gölüne ait Sentinel-2 uydu verileri kullanılarak, TSS'nin alansal dağılımı ve zamansal değişimi incelenmiştir. Tüm göl baz alındığında en yüksek TSS konsantrasyonu 26.03.2020 tarihinde 25.01 mg/L, en düşük değeri ise 23.01.2021 tarihinde 17.65 mg/L olarak bulunmuştur. Seyhan Baraj Gölünde uzaktan algılama tabanlı TSS izlenmesine yönelik kurulacak bir sisteme altlık olması açısından önceden bilinen uydu geçiş zamanlarında daha çok noktadan numune alınarak TSS parametrelerinin daha hassas belirlenmesi mümkün olabilecektir. Bu sayede belirli noktalardan örnek alınarak TSS değerleri yerine tüm göl yüzeyine ait TSS değerleri tespit edilebilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Uzaktan algılama, Sentinel-2, Askıda sedimentin zamansal değişimi

### ABSTRACT

Access to clean water is becoming increasingly difficult as a result of global climate change, industrialization, fast population expansion, and other factors. To safeguard fresh waters, natural lakes such as wetlands are protected, and storage water structures are erected on streams. The most important aspect influencing the life of storage water structures is the determination of the sediment entering the water reservoir. This material builds in the dam reservoir, reducing the amount of usable water and rendering essential elements such as the bottom weir or water intake structure inoperable. The spatial distribution and temporal variation of TSS were investigated in this study by using the parameters of Total Suspended Sediment (TSS), which were produced by creating a model between satellite data and terrestrial data, and Sentinel-2 satellite data from Seyhan Dam Lake, which is located in the south of Turkey,

*within the provincial borders of Adana. The maximum TSS concentration was determined to be 25.01 mg/L on 26.03.2020, with the lowest value being 17.65 mg/L on 23.01.2021. The TSS characteristics will be more precisely determined by samples from additional places at previously known satellite transit times, as a foundation for a system to be created for remote sensing-based TSS monitoring in the Seyhan Dam Lake. TSS values for the whole lake surface will be determined in this manner rather than TSS values for specific spots.*

**Keywords:** Remote sensing, Sentinel-2, Temporal variation of suspended sediment

## GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği, sanayileşme, hızlı nüfus artışı ve benzeri sebepler ile tatlı suya ulaşmak gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Bu problem sadece insanlar için değil bütün canlılar için de yaşamsal bir hale gelmiştir. Dünya yüzeyinin % 70'i suyla kaplı olmasına rağmen bu suyun % 96.54'lük miktarı okyanuslar ve denizlerde bulunmakta, tatlısu göllerinin miktarı ise toplam su miktarının sadece % 0.007'sine (yüzbinde yedi) karşılık gelmektedir (Shiklomanov, 1993).

Tatlı suları korumak için çözüm olarak sulak alanlar gibi doğal gölleri korumaya yönelik küresel ölçekte Ramsar Sözleşmesi vb. sözleşmeler ve protokoller bulunmakta, yerelde ise ülkeler kendi yasalarıyla bunu yapmaya çalışmaktadırlar (Matthews, 1993). Suni göllerinin sayısını arttırmak için akarsular üzerinde depolamalı su yapıları yapılmakta, bunların korunmasına yönelik çalışmaların başında ise secci disk derinliği, bulanıklık ve askıda sediment benzeri su kalitesi parametrelerinin izlenmesi gelmektedir.

Her gölden bu parametrelerin tespit edilmesi için numune almak hem masraflı hem de zaman alan bir süreç olduğundan gelişen uydu teknolojileri ile günümüzde uzaktan algılama yöntemleri de su kalitesi parametrelerinin tespitinde kullanılmaktadır.

Lübnan'da, Tripoli kıyı kaynaklarının yönetimine altlık olması için Landsat 7 uydusunu kullanarak bir çalışma yapan Kabbara vd. (2008) uydu geçiş zamanından 6 saat öncesi ve sonrası

olmak üzere denizden klorofil-a, secci disk derinliği ve bulanıklık değerlerini alarak bu değerlerin uydu verileri ile üretilen değerlerle arasındaki korelasyonu incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmalar sonucunda regresyon katsayılarını klorofil-a için 0.719 - 0.723, secci disk derinliği için 0.54 ve bulanıklık için ise 0.57 değerlerini bulmuşlardır.

Yüksek bulanıklık ve klorofil-a konsantrasyonuna sahip, Houtribdijk barajı rezervuarında bulunan Markermeer gölünde Vanhellefont vd. (2016) bir çalışma yapmışlardır. Kabbara vd. (2008)'nin çalışmasında kullandığı Landsat 7 uydusu yerine gelişen teknoloji ile birlikte yersel çözünürlüğü daha yüksek olan Sentinel-2A ve çalışma tarihinde en güncel Landsat uydusu olan Landsat 8 uydularını kullanılarak üretilen bulanıklık ve klorofil-a haritalarının uyumlu olduğu sonucuna varmışlardır.

Yunanistan'da bulunan 11 adet gölde, su kalitesi parametrelerinden klorofil-a, secci disk derinliği ve bulanıklığa ait yersel gözlem değerleri ile Landsat 8 uydu görüntülerinin analizi ile bulunan değerler arasında ilişkiyi inceleyen Kontopoulou vd. (2017) yer gözlem değerleri ile uydu verileri arasında en fazla 15 günlük zamansal fark olmasına rağmen regresyon katsayılarının klorofil-a için 0.75, bulanıklık için ise 0.70 olarak hesaplamışlardır. Yaptıkları çalışmada, Kabbara vd. (2008) ve Vanhellefont vd. (2016)'nin aksine bir çalışma alanından ziyade 11 farklı gölde bu çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir.

Filipinler’de bulunan 900 km<sup>2</sup>’lik alana sahip Laguna gölünde, Ticman vd. (2018) yaptıkları çalışmada Landsat 8 uydusunun bulanıklık ve klorofil-a değerlerini tahmin etmede başarılı olduğunu kanıtlamışlardır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, uydu görüntüleri ile birlikte yersel ölçümler kullanılarak göl gözlemi için su kalitesi modellerinin geliştirilmesinde temel olarak kullanılabilirliğini belirtmişlerdir.

İtalya’nın Alpler bölgesinde bulunan en büyük beş gölünde su kalitesi parametrelerini tahmin edebilmek için Sentinel-2A ve Landsat 8 uydu verilerinden yararlanan Bresciani vd. (2018) çalışmaları sonucunda uydu verilerinin göllerin izlenmesi açısından değerli bir araç olduğunu belirtmişlerdir.

Akgül vd. (2019) Türkiye’nin güneybatısında yer alan, ülkenin 16 Özel Çevre Koruma Bölgesinden biri olan Köyceğiz-Dalyan’da su kirliliği parametrelerinin mekansal boyutunu belirlemek için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Gölden elde edilen yerinde verilerle, Kabbara vd. (2008) Landsat 8 uydu verilerinin parametrelerini uygulayarak bulunan klorofil-a, secci disk derinliği ve bulanıklık değerleri arasında bir model kurmuştur. Bu modelin belirginlik katsayıları klorofil-a, secci disk derinliği ve bulanıklık için 31.05.2017 tarihli görüntü kullanılarak 0.7225, 0.1412 ve 0.0008, 20.09.2018 tarihli görüntü kullanılarak 0.8103, 0.8416 ve 0.7944 olarak bulunmuştur. Örneklem tarihi ile uydu görüntüsünün tarihi birbirine yakın olduğunda istatistiksel sonuçların daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır.

Sòria-Perpinyà vd. (2021) İspanya’daki 2 göl ve 50 rezervuardan toplam 296 yerinde veri kullanarak bir çalışma yürütmüştür. Sentinel-2 ve Sentinel-3 uydu verilerini kullanarak, TSS dahil olmak üzere beş farklı su kirliliği parametresini tahmin eden algoritmalar

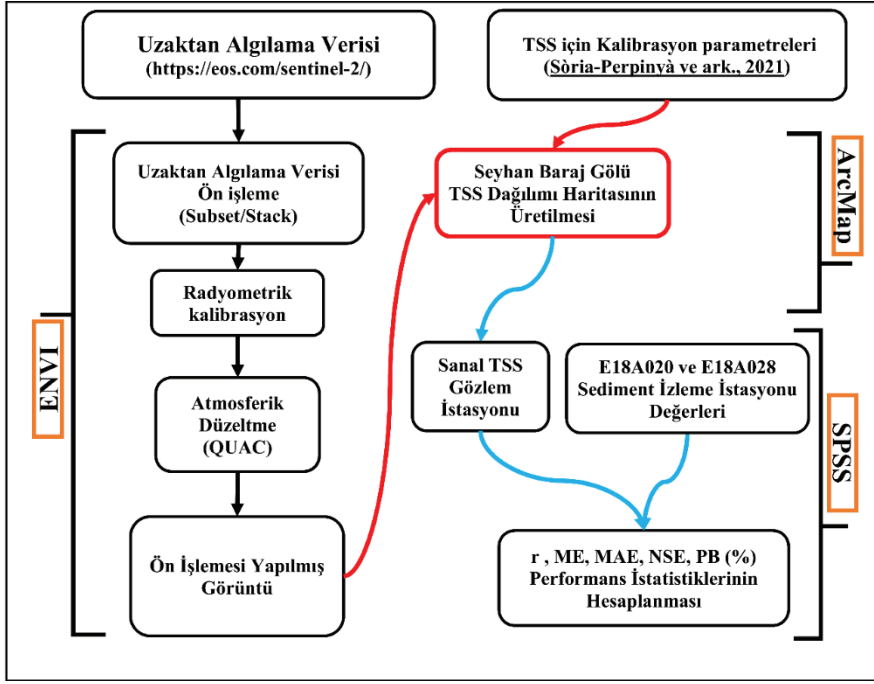
geliştirmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada diğer çalışmalarda kullanılan Landsat 7, Landsat 8 ve Sentinel-2 uyduları yerine Sentinel-3 uydusunu da kullanmışlardır.

Zhan vd. (2022) güneydoğu İspanya’nın Murcia bölgesindeki Mar Menor’un 14.527 hektarlık kıyı lagününde yaptıkları çalışmada Sentinel-2 uydu görüntülerini kullanmışlardır. Bu çalışmanın sonunda, lagünden alınan 12 örnek ile uydu görüntüsü arasında klorofil-a konsantrasyonu ve bulanıklık için ayrı bir metodoloji önermişlerdir. Önerilen metodolojinin RMSE değerlerini, klorofil-a konsantrasyonu için 2,6 mg/m<sup>3</sup> ve bulanıklık için 1,5 NTU olarak bulmuşlardır.

Dünya’da birçok örneği olan su kalitesi parametrelerinin uzaktan algılama yöntemleri ile tespit edilmesi çalışmalarının Sentinel-2 uydu verileri kullanılarak Seyhan Baraj Gölünde de uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışmamız da uzaktan algılama ile su kalitesi parametrelerinin tespitinde en sık başvurulan, bir uydu verisin de birden fazla nokta kullanılarak modellenmesi yerine aynı noktanın farklı zamanlardaki görüntüleri kullanılarak modellenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Uydu verileri <https://eos.com/sentinel-2/> sitesinden temin edilmiş, ön işlem adımları ENVI görüntü işleme yazılımında gerçekleştirilmiştir. Ön işlem yapılmış görüntülere Sòria-Perpinyà vd. (2021) tarafından bulunmuş formülün uygulanması ile baraj rezervuarında sediment konsantrasyon değerleri hesaplanmıştır. Yersel veri olarak AGİ’de ölçülen konsantrasyon değerleri kullanılmış olup uydu verisi ile hesaplanan konsantrasyon değerleri aralarındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiştir. Yapılan bu çalışmanın akış şeması Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmanın akış şeması.

Figure 1. Flow chart of the study.

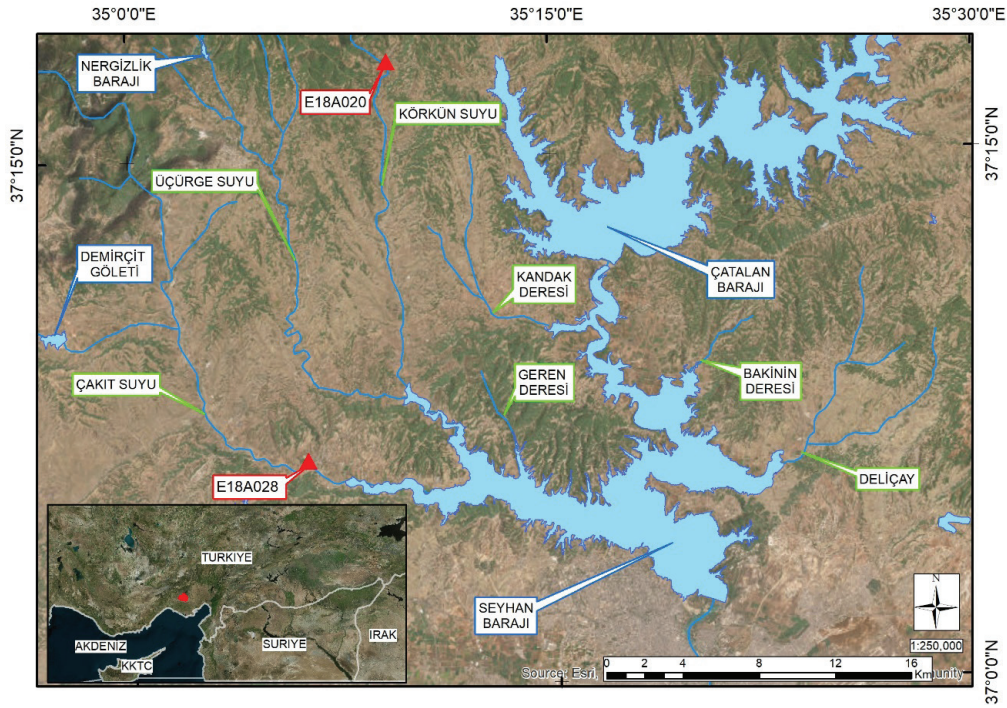
## İnceleme alanı

Çalışma alanı olarak seçilen Seyhan Baraj Gölü, Türkiye'nin güneyinde, Seyhan Nehri üzerinde olup 1956 yılında hizmeti açılmıştır. Sulama, enerji ve taşkın koruma amaçlı yapılan baraj, Aşağı Seyhan Ovası sulamasının en önemli su kaynağıdır (DSİ, 2014). Baraj rezervuarına gelen sedimentin belirlenmesi için baraj havzasında kurulan ve akım gözlemi yanında sediment gözlemi de yapılan Akım Gözlem İstasyonlarının (AGİ) konumları Şekil 2'de verilmiştir.

## Materyal

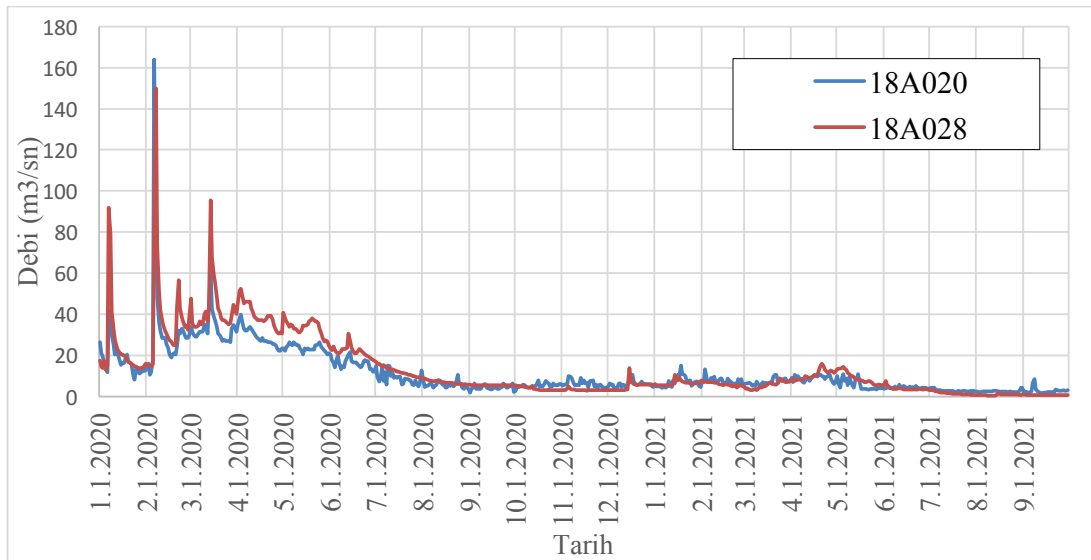
Çalışmada Toplam Askıda Sediment (TSS) verisi olarak Körkün Çayı üzerinde bulunan E18A020 ve Çakıt Çayı üzerinde bulunan E18A028 numaralı AGİ verileri kullanılmış olup bu istasyonlara ait 01.01.2020-01.10.2021 tarihleri arasındaki akımlar Şekil 3'de verilmiştir. Ayrıca bu istasyonlarda ölçülen akım debileri ile sediment konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi tarif eden sediment anahtar eğrileri Şekil 4'de gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri tarihlerinde sediment örneği alınmadığı gibi iki istasyon içinde örnek tarihleri aynı güne denk gelmemektedir. Bunun için baraj gölüne giren sediment değerleri AGİ'lerden alınan debi değerleri ile sediment anahtar eğrileri yardımıyla hesaplanmıştır.





Şekil 2. Çalışma alanı.

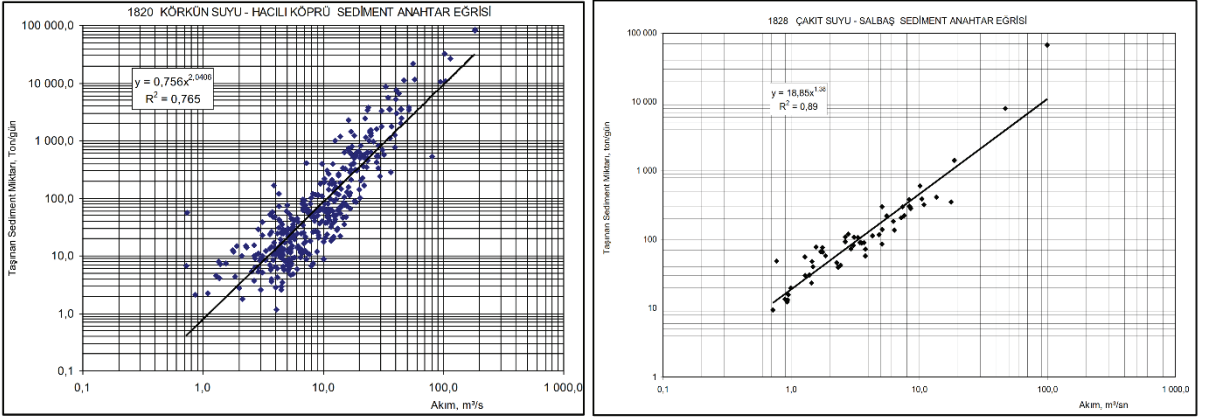
Figure 2. Study area.



Şekil 3. E18A020 ve E18A028 istasyonlarının Akım Gözlem Değerleri.

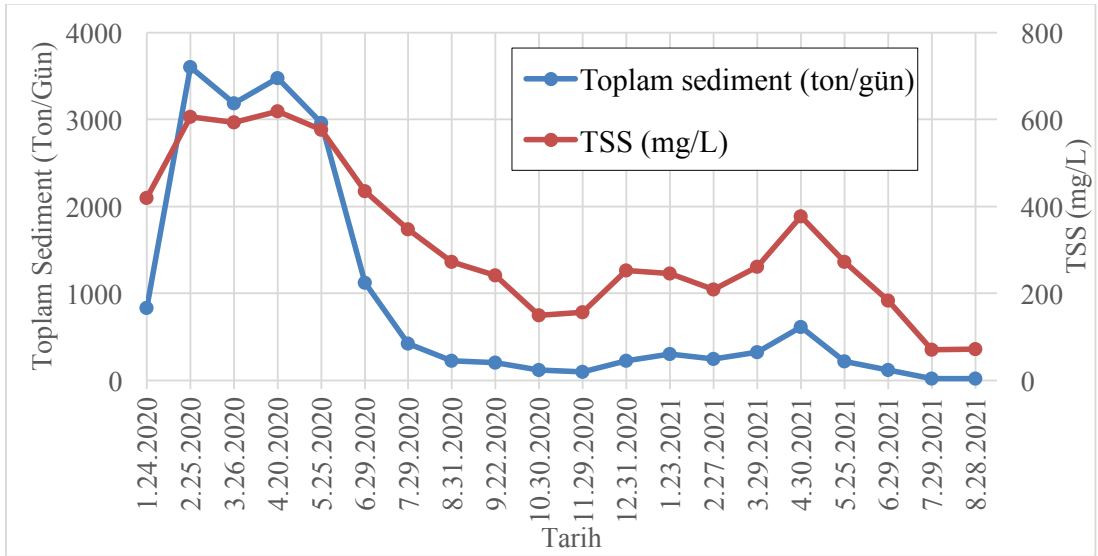
Figure 3. Flow Observation Values of E18A020 and E18A028 stations.

Akgül, Yurtal



Şekil 4. E18A020 ve E18A028 AGİ sediment anahtar eğrisi (DSİ, 2014).

Figure 4. E18A020 and E18A028 AGI sediment key curve (DSİ, 2014).



Şekil 5. Toplam Sediment ve Ortalama konsantrasyon değerleri.

Figure 5. Total Sediment and Average Concentration Values.

Toplam sediment miktarı ve ortalama konsantrasyon değerleri uydu görüntülerinin olduğu tarihler için hesaplanmıştır (Şekil 5).

Çalışmada uzaktan algılama verisi olarak kullanılan Sentinel-2A ve Sentinel-2B uyduları Avrupa Komisyonu'nun Kopernik programı

kapsamında sırasıyla 23 Haziran 2015 ve 7 Mart 2017 tarihlerinde fırlatılmıştır. Sentinel-2 verileri, Avrupa Komisyonu (EC) ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından ortaklaşa yürütülen GMES (Global Monitoring for Environment and Safety) programı kapsamında arazi yönetimi, tarımsal üretim, ormancılık, doğal afet izleme ve insani

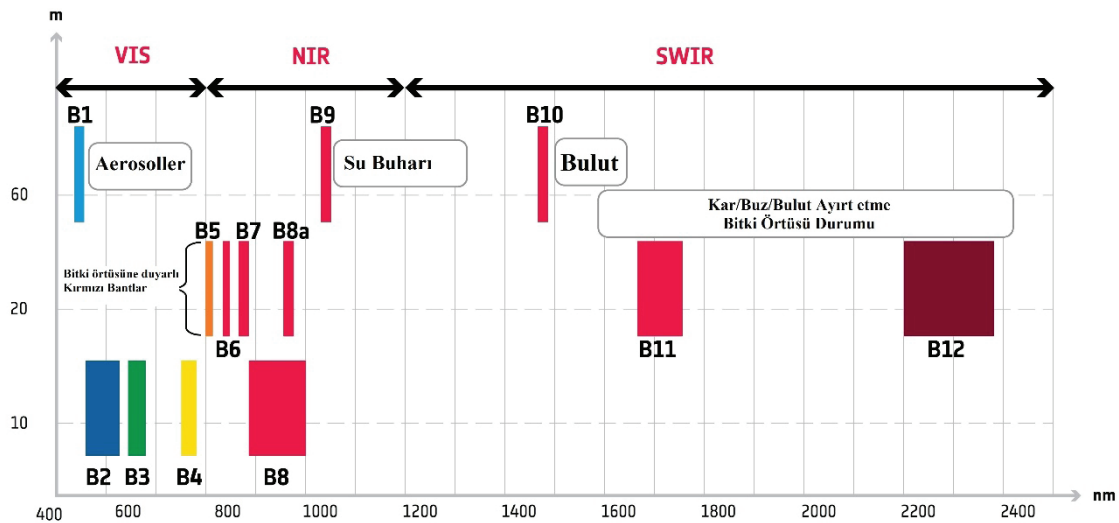
yardım benzeri çalışmalarda kullanılmaktadır (EOS, 2019). Uydu, atmosferik görüntüleme kalitesini etkilemeden zamansal değişiklikler de dahil olmak üzere bitki örtüsü durumundaki farklılıkları tespit edebilecek kapasiteye sahip 13 spektral bantta 10 ila 60 m çözünürlüğe

sahip görünür yakın kızılötesi (VNIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) spektral bölgelerinde ölçüm yapan bir opto-elektronik multispektral sensor ile donatılmıştır. Çizelge 1 uydunun bant özelliklerini, Şekil 6 ise algılayıcının dalga boyları ve çözünürlüğünü göstermektedir.

Çizelge 1. Sentinel-2 uydu görüntüleri bant özellikleri (ESA, 2015).

Table 1. Sentinel-2 satellite image band characteristics (ESA, 2015).

Bantlar	Bant Adı	Dalga Boyu(nm)	Bant genişliği (nm)	Çözünürlük (m)
1	Kıyılar Aerosolü	443	20	60
2	Mavi	490	65	10
3	Yeşil	560	35	10
4	Kırmızı	665	30	10
5	Vejetasyon Kırmızı Kenar	705	15	20
6	Vejetasyon Kırmızı Kenar	740	15	20
7	Vejetasyon Kırmızı Kenar	783	20	20
8	NIR (Yakın Kızıl Ötesi)	842	115	10
8b	Narrow NIR (Daraltılmış Yakın Kızıl Ötesi)	865	20	20
9	Su Buharı	945	20	60
10	SWIR–Cirrus	1375	30	60
11	SWIR 1	1610	90	20
12	SWIR 2	2190	180	20



Şekil 6. Sentinel-2 uydusu dalga boyları ve çözünürlük grafiği (Sentinel-2 Team, 2015).

Figure 6. Sentinel-2 satellite wavelengths and resolution graph (Sentinel-2 Team, 2015).

Akgül, Yurtal

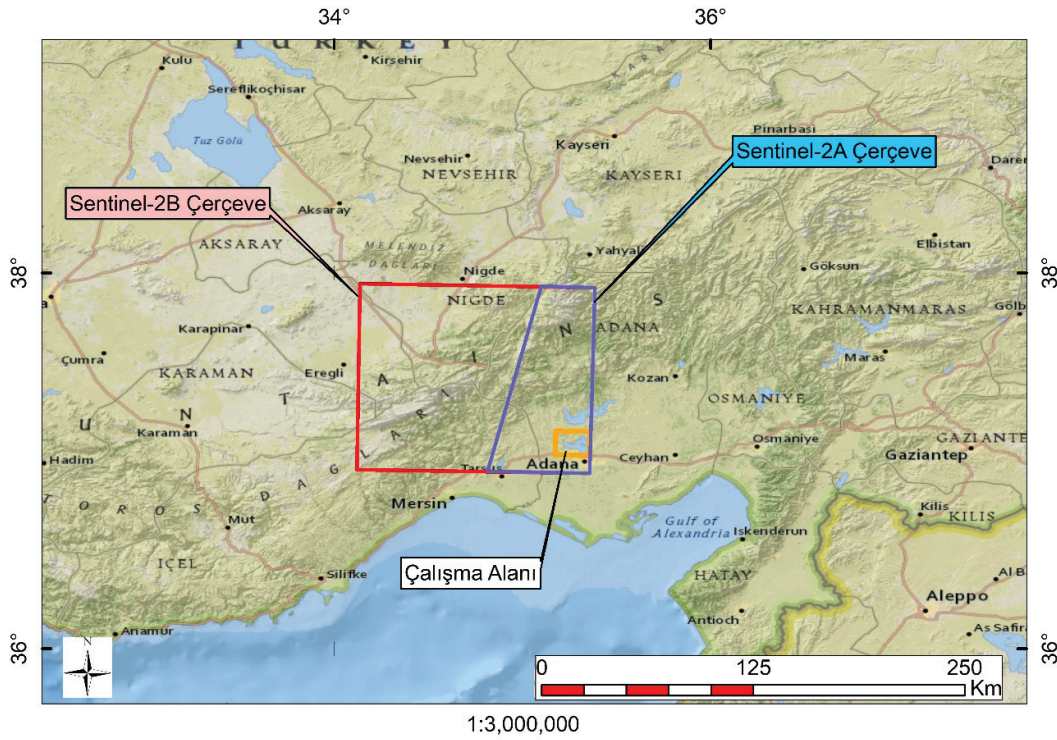
Sentinel-2 uydusunun ortalama yörünge yüksekliği 786 km olup, görevde iki uydunun bulunması ekvator da 5 günde bir, orta enlemlerde ise 2-3 günde bir görüntü almaya olanak sağlamaktadır (EOS, 2019). Sentinel-2 uydusu verileri, Seviye-0, Seviye-1A, Seviye-2B, Seviye-1C ve Seviye-2 olmak üzere beş farklı işleme seviyesinde sunulmaktadır. Bu çalışmada Seviye-1C'deki Sentinel-2 uydusu

verilerinden yararlanılmış olup, "Seviye-1C" seviyesindeki uydusu görüntüleri TOA (Top Of Atmosphere) yöntemi kullanılarak radyometrik olarak kalibre edilir (ESA, 2015). Sentinel-2 uydusu veri arşivinde, çalışma alanının bulutsuzluk durumu da göz önüne alınarak yapılan tarama sonucunda uygun görülen T36SXG grid numaralı görüntülerin adı Çizelge 2'de, konumu ise Şekil 7'da gösterilmektedir.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan Sentinel-2 görüntülerinin adı ve tarihleri.

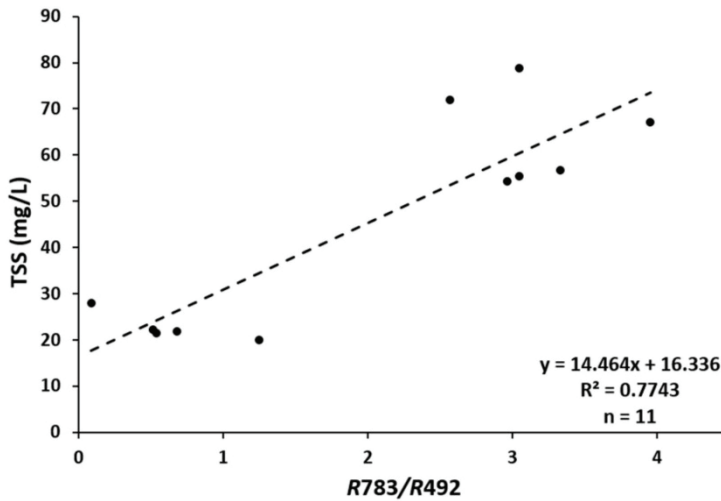
Table 2. Names and dates of Sentinel-2 images used in the study.

Görüntü Adı	Tarihi
S2B_MSIL1C_20200124T083139_N0208_R021_T36SXG_20200124T103035	24.01.2020
S2A_MSIL1C_20200225T081921_N0209_R121_T36SXG_20200225T091712	25.02.2020
S2A_MSIL1C_20200326T081601_N0209_R121_T36SXG_20200326T102055	26.03.2020
S2B_MSIL1C_20200420T081559_N0209_R121_T36SXG_20200420T104826	20.04.2020
S2A_MSIL1C_20200525T081611_N0209_R121_T36SXG_20200525T102022	25.05.2020
S2B_MSIL1C_20200629T081609_N0209_R121_T36SXG_20200629T103646	29.06.2020
S2B_MSIL1C_20200729T081609_N0209_R121_T36SXG_20200729T111503	29.07.2020
S2B_MSIL1C_20200831T082609_N0209_R021_T36SXG_20200831T112959	31.08.2020
S2A_MSIL1C_20200922T081641_N0209_R121_T36SXG_20200922T091933	22.09.2020
S2B_MSIL1C_20201030T083059_N0209_R021_T36SXG_20201030T095033	30.10.2020
S2B_MSIL1C_20201129T083309_N0209_R021_T36SXG_20201129T094455	29.11.2020
S2A_MSIL1C_20201231T082341_N0209_R121_T36SXG_20201231T100300	31.12.2020
S2A_MSIL1C_20210123T083241_N0209_R021_T36SXG_20210123T100222	23.01.2021
S2B_MSIL1C_20210227T082809_N0209_R021_T36SXG_20210227T104027	27.02.2021
S2B_MSIL1C_20210329T082559_N0209_R021_T36SXG_20210329T103749	29.03.2021
S2A_MSIL1C_20210430T081601_N0300_R121_T36SXG_20210430T095130	30.04.2021
S2B_MSIL1C_20210525T081609_N0300_R121_T36SXG_20210525T093214	25.05.2021
S2A_MSIL1C_20210629T081611_N0300_R121_T36SXG_20210629T095218	29.06.2021
S2A_MSIL1C_20210729T081611_N0301_R121_T36SXG_20210801T134248	29.07.2021
S2A_MSIL1C_20210828T081611_N0301_R121_T36SXG_20210828T093341	28.08.2021



Şekil 7. Çalışmada kullanılan Sentinel-2 uydu görüntüsü çerçeveleri.

Figure 7. Sentinel-2 satellite image frames used in the study.



Şekil 8. Çalışmada kullanılan TSS formülünün kalibrasyon grafiği (Sòria-Perpinyà vd., 2021).

Figure 8. Calibration chart of the TSS formula used in the study (Sòria-Perpinyà et al., 2021).

## Yöntem

Sentinel-2 uydusundan alınan veriler <https://eos.com/sentinel-2/> adresinden alınmıştır. Uydu görüntülerinin kullanılması için gereken radyometrik ayarlamaların belirlenmesinde ENVI görüntü işleme yazılımı kullanılmıştır (Canty, 2014). Radyometrik olarak düzeltilmiş uydu resimlerinin atmosferik ayarlamaları, aynı pakette bulunan Quick Atmospheric Correction (QUAC) modülü kullanılarak yapılmıştır. Bu modül, Spectral Sciences Inc. tarafından Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı ile ortaklaşa oluşturulmuştur (Bernstein vd., 2005).

Uydu görüntülerinin radyometrik ve atmosferik düzeltmeleri yapıldıktan sonra Sòria-Perpinyà vd. (2021) tarafından bulunmuş olan ve grafiği Şekil 8’de verilen formül 1 yardımıyla TSS değerleri hesaplanmıştır.

$$TSS = 14.464 * \left(\frac{B7}{B2}\right) + 16.336 \quad (1)$$

Formülde verilen B2 ve B7 değerleri Çizelge 1’de verilen Sentinel-2 uydusunun aynı numaralı bantlarını göstermektedir. Yersel çözünürlüğü 20 m olan B7 bandının 10 m çözünürlüğe sahip B2 bandına bölünmesinden dolayı TSS değerlerinin yersel çözünürlüğü 10 m olarak hesaplanmaktadır.

Korelasyon verileri, Pearson korelasyon katsayısı (r), ortalama hata (ME), ortalama mutlak hata (MAE), Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE), yüzde sapma (PB) ve belirginlik katsayısı ( $R^2$ ) karşılaştırmalı istatistikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu istatistiklerin hesaplanmasında Huizingh (2007) tarafından belirtildiği gibi SPSS programı kullanılmıştır.

Pearson korelasyon katsayısı (r), gözlenen ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkinin

derecesini ölçer ve -1 ile 1 arasında değişir. Bu değer sifıra yaklaştığında, hiçbir ilişkinin olmadığını gösterir. Gösterge ölçümleriyle karşılaştırıldığında, ME istatistiği fazla tahmini (pozitif) veya eksik tahmini (negatif) saptar. MAE istatistiği, mutlak hatanın ortalama büyüklüğünü ölçer. -∞ ile 1 arasında değerler alır. NSE istatistiği, gözlenen değerlerin varyansına kıyasla kalıntıların varyansının görece büyüklüğünü belirler. NSE değerinin “1” olması mükemmel bir eşleşmeyi ifade ederken, negatif değerler zayıf bir ilişkiyi gösterir (Nash & Sutcliffe, 1970). PB istatistiği, tahmin edilen ve gözlem verileri arasındaki eğilimi hesaplar. PB değeri sifıra ne kadar yakınsa, tahmin ve gözlem verileri arasındaki bağlantı o kadar güçlüdür. Pozitif sayılar modelin eksik tahmin ettiğini, negatif değerler ise modelin fazla tahmin ettiğini gösterir (Gupta vd., 1999). Pearson korelasyon katsayısı r’nin karesi belirginlik katsayısıdır ( $R^2$ ) ve 0 ile 1 arasında değerler alır. Aldığı değer “1”e ne kadar yakınsa gözlenen ve beklenen değerler arasındaki ilişki o kadar güçlüdür.  $R^2$  ve r istatistiklerinin aldığı değerler 0.5’den büyük ise model kabul edilebilir demektir (Van Liew vd., 2003).

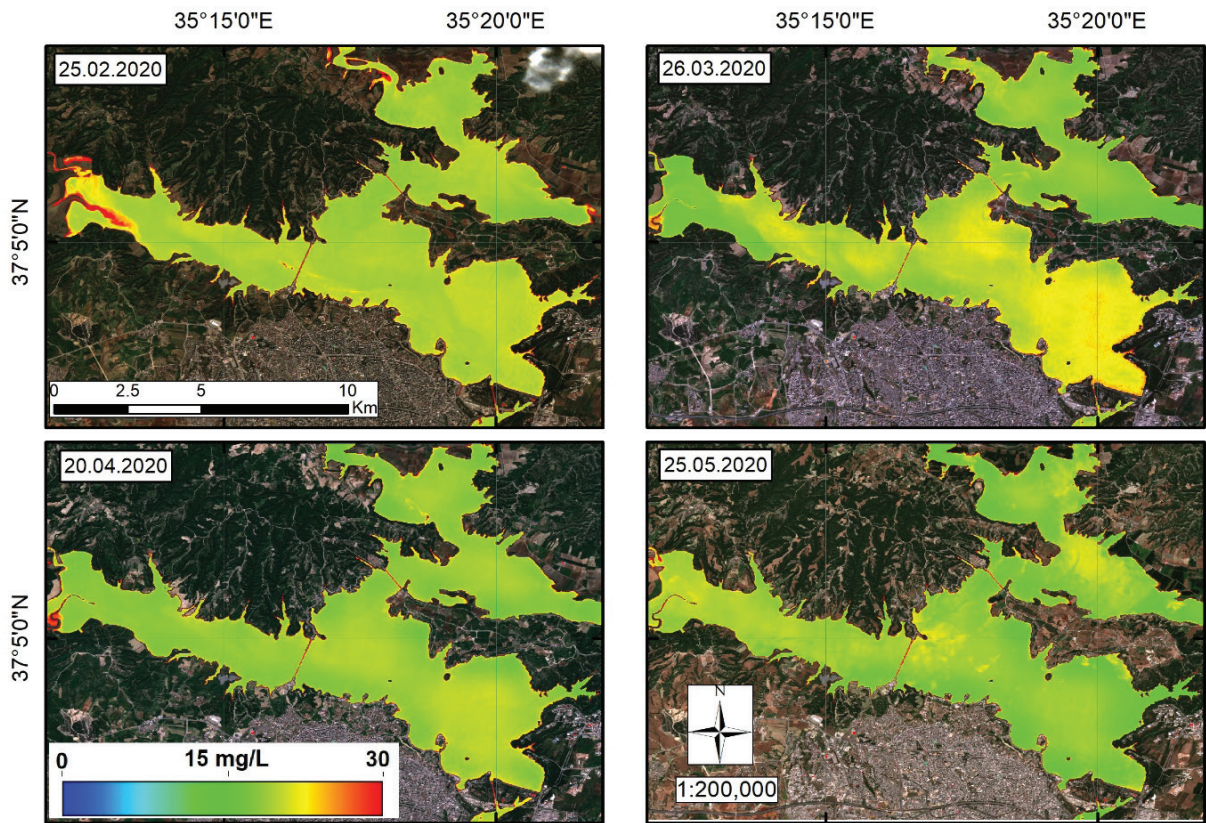
## BULGULAR VE TARTIŞMA

Sentinel-2 uydu verileri ve Sòria-Perpinyà vd. (2021) tarafından bulunan formül 1’de verilen TSS formülü ile Seyhan Baraj Gölünün TSS dağılım haritaları ArcMap programı yardımıyla üretilmiştir (ESRI, 2011). Şekil 5’de verilen grafikten de görüleceği üzere baraj rezervuarına sediment girişinin en yüksek olduğu 25.02.2020, 26.03.2020, 20.04.2020 ve 25.05.2020 tarihli TSS dağılım haritaları Şekil 9’da verilmektedir. Özellikle ana kol olan Seyhan nehrinde bulunan Çatalan barajından dolayı sediment girişi görünmese de rezervuarın batıdan giriş

yapan Deliçay deresinden sediment girişi görülmektedir. Üzerinde herhangi bir depolamalı su yapısı bulunmayan Deliçay deresinde ayrıca sediment izleme istasyonu da bulunmamaktadır. Bu çalışmanın asıl amacı da ölçülmeven veya ölçülemeyen derelerinde getirdiği sedimentin belirlenebilmesidir. Rezervuara asıl sediment girişinin olduğu Körkün ve Çakıt derelerindeki sediment girişi açık bir şekilde görülmekte olup Çakıt kolundan daha fazla sediment giriş olduğu görülmektedir.

20 adet uydu görüntüsünün tamamına ait TSS dağılım haritaları üretilmiş olup piksellerin

ortalama, en az, en fazla ve standart sapma değerleri Çizelge 3’de verilmiştir. Ortalamalarda en yüksek değer 26.03.2020 tarihine ait olan 25.01 mg/L, en az değer 23.01.2021 tarihine ait 16.74 mg/L olarak tespit edilmiştir. En yüksek değerlerde 28.08.2021 tarihinde 35.90 mg/L değeri öne çıkmakta olup en az değerlerde ise 24.01.2020 tarihi için bulunan 16.34 mg/L değeri hesaplanan en az değer olmuştur. Çizelge 3’de verilen standart sapma değerlerinden anlaşılacağı üzere en az değeri alan 23.01.2021 tarihli harita sediment dağılımı açısından en homojen harita olmakta iken en yüksek değeri alan 28.08.2021 tarihli harita en heterojen harita olmuştur.



Şekil 9. 25.02.2020, 26.03.2020, 20.04.2020 ve 25.05.2020 tarihli askıda sediment dağılım haritası.

Figure 9. Suspended sediment distribution maps dated 25.02.2020, 26.03.2020, 20.04.2020 and 25.05.2020.

Akgül, Yurtal

Çizelge 3. Seyhan Baraj Gölü TSS değerleri (mg/L).

Table 3. Seyhan Dam Lake TSS values (mg/L).

Tarih	En		Ortalama	Std. Sapma
	En Az	Fazla		
24.01.2020	16.34	33.63	19.93	1.36
25.02.2020	18.69	33.65	20.21	1.01
26.03.2020	21.16	33.99	25.01	1.54
20.04.2020	17.07	32.60	19.69	1.10
25.05.2020	16.36	33.30	18.76	1.40
29.06.2020	17.12	31.98	20.34	1.48
29.07.2020	16.36	27.45	18.40	1.23
31.08.2020	17.35	28.48	20.33	1.35
22.09.2020	16.37	35.73	19.73	1.72
30.10.2020	20.72	34.03	23.22	1.00
29.11.2020	18.39	32.55	19.44	0.93
31.12.2020	17.61	32.23	18.70	0.97
23.01.2021	16.74	30.01	17.65	0.91
27.02.2021	17.06	30.63	19.13	1.12
29.03.2021	17.69	31.55	19.79	1.12
30.04.2021	16.38	34.25	21.09	1.91
25.05.2021	16.93	33.81	21.89	1.91
29.06.2021	16.35	34.22	18.12	1.57
29.07.2021	16.35	33.96	17.76	1.59
28.08.2021	16.35	35.90	18.24	2.13

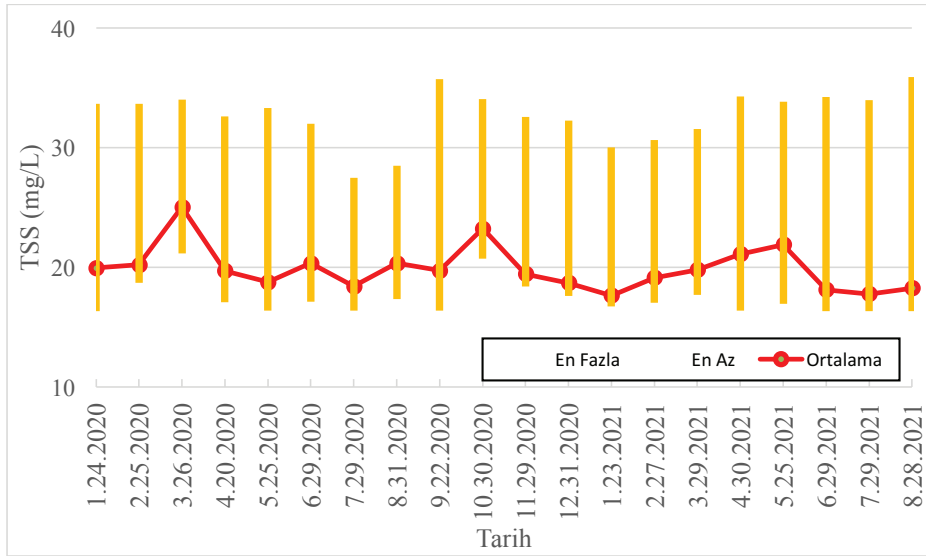
Çizelge 3’de verilen ortalama, en az ve en fazla değerlerine ait grafik şekil 10’da verilmektedir. Kış aylarında yüksek akım değerleri ile birlikte baraj rezervuarına sediment girişi de yüksek olmakta yaz aylarında ise stabil bir durumda kalmaktadır. 2020 yılı başında bölgede büyük taşkınlar yaşanmış, Seyhan ve Berdan Ovaları taşkın suları altında kalmıştır (Güvel vd., 2022). Yaşanan bu taşkınlardan dolayı rezervuara sediment girişi de yüksek olmuş, özellikle 2020 kış aylarındaki konsantrasyon değerlerinin 2021 kış aylarından daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 10).

Uydu verileri ile bulunan sediment konsantrasyon değerlerinin yersel veriler ile karşılaştırılabilmesi için AGİ’lerden alınan örneklerdeki konsantrasyon değerleri kullanılmıştır. Bu değerlerin kullanılabilmesi için Körkün suyu ile Çakıt suyunun, Seyhan Baraj Gölünde birleştiği noktada sanal bir istasyon belirlenmiş olup sanal istasyonun yeri Şekil 11’de verilmiştir. İstasyonun yerinin sabit olması açısından baraj gölünün minimum su seviyesine ait olduğu gün dikkate alınarak seçilmiştir. Bu sanal istasyon sayesinde baraj gölünden TSS konsantrasyonu örneği alınmış gibi uydu verileri ile karşılaştırma yapılabilmektedir.

Baraj gölünde hesapla bulunan TSS değerleri ile E18A020 numaralı Körkün Suyunda bulunan Sediment İzleme İstasyonu (Sİİ) ile E18A028 numaralı Çakıt Suyunda bulunan Sİİ’den alınan veriler arasındaki korelasyon incelenmiştir. Pearson korelasyon katsayısı, ortalama hata, ortalama mutlak hata, Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı, yüzde sapması ve belirginlik katsayısı istatistikleri Çizelge 4’de verilmiştir.

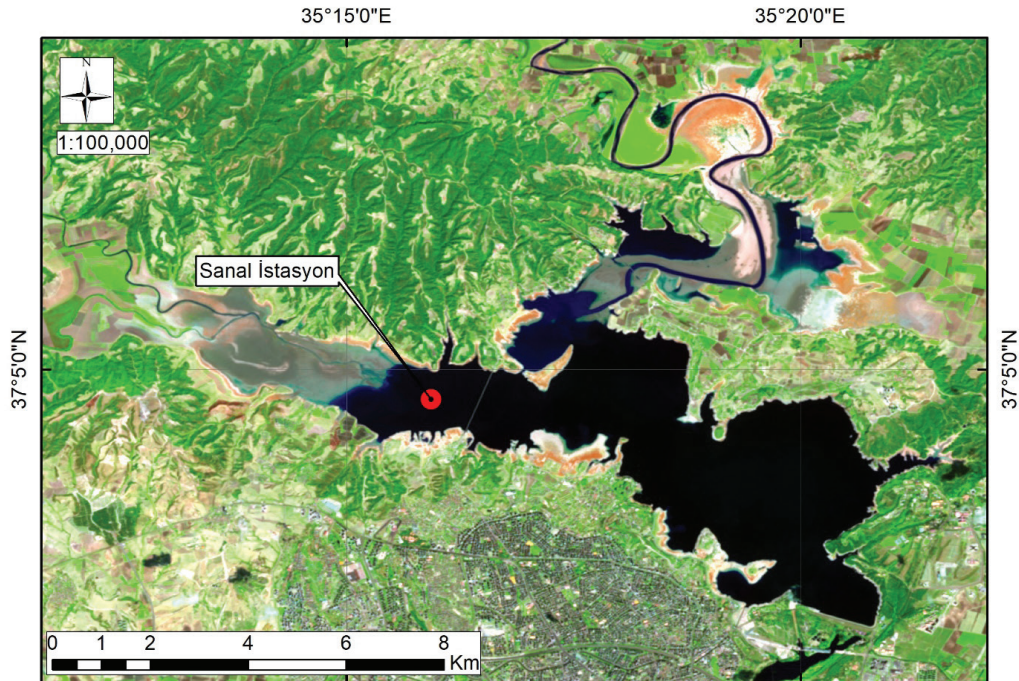
İstatistiksel veriler incelendiğinde, 0.5’ten büyük  $r$  istatistik değerleri istatistiksel olarak kabul edilebilir olduğundan hem Sòria-Perpinyà vd. (2021) modelinin validasyonun hem de yeni modelin kalibrasyonun uygun olduğu görülmüştür. En iyi uyum için 0’a yaklaşması gereken ME ve MAE istatistik değerleri ve ayrıca NSE istatistikleri incelendiğinde en iyi sonucun Sòria-Perpinyà vd. (2021)’a ait olduğu görülmüştür. İdeal değeri 0 olan PB istatistikleri incelendiğinde de 0’a daha yakın olan Sòria-Perpinyà vd. (2021) daha uygun olsa da  $R^2$  istatistiklerinde en iyi sonucun yeni modele ait olduğu görülmektedir. Sòria-Perpinyà vd. (2021) model parametreleri ile sanal istasyon değerleri arasındaki regresyon grafiği Şekil 12’de verilmektedir.





Şekil 10. Seyhan Baraj Gölü TSS değerleri zamansal değişimi.

Figure 10. Temporal variation of Seyhan Dam Lake TSS values.



Şekil 11. Sanal istasyonun konumu.

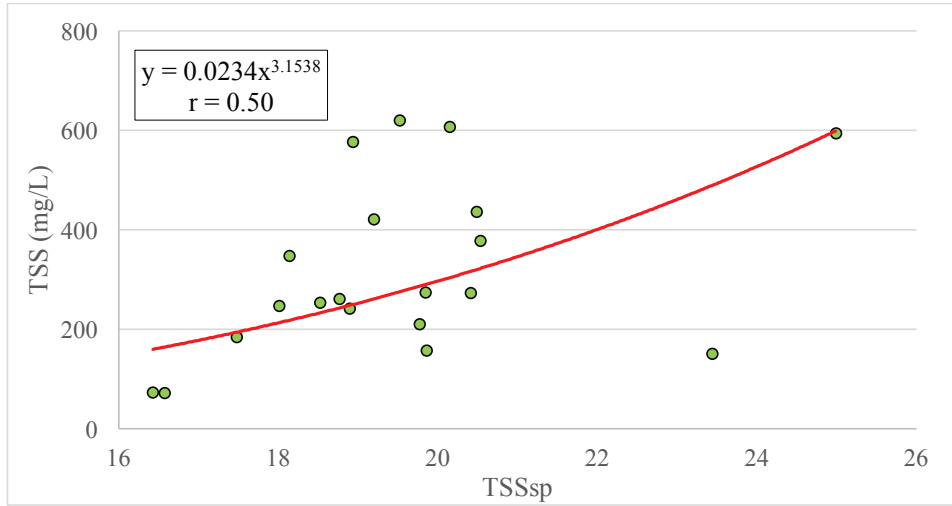
Figure 11. Location of the virtual station.

Akgül, Yurtal

Çizelge 4. İstatistiksel sonuçlar.

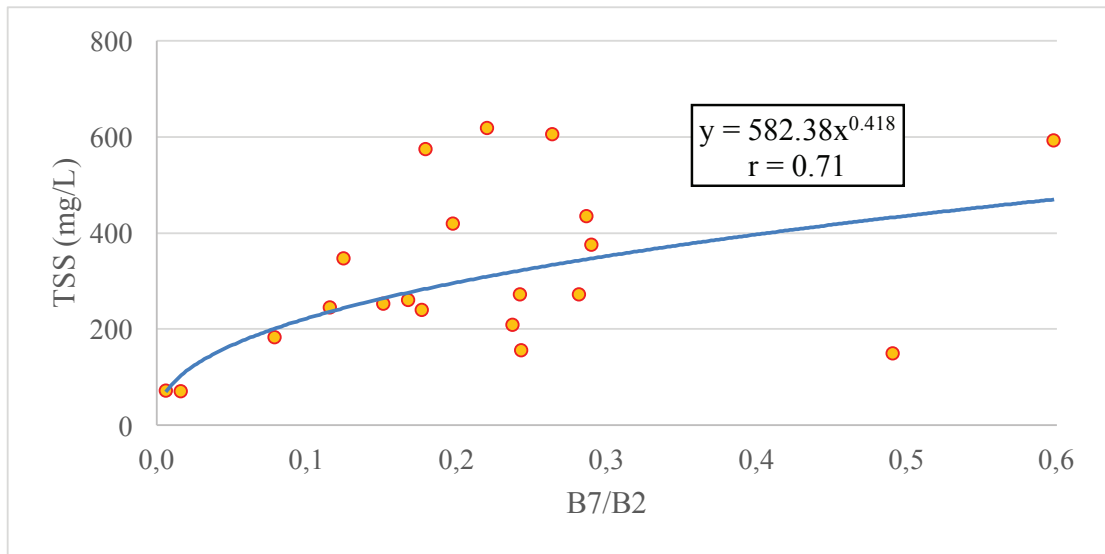
Table 4. Statistical results.

Model	r	ME	MAE	NSE	PB (%)	R <sup>2</sup>
Sòria-Perpinyà vd. (2021)	0.50	-298.62	298.62	-3.10	-93.87	0.25
Yeni Model	0.71	-317.90	317.90	-3.52	-99.93	0.50



Şekil 12. Sòria-Perpinyà vd. (2021) validasyona ait regresyon grafiği.

Figure 12. Sòria-Perpinyà et al. (2021) regression plot of validation.



Şekil 13. Yeni model kalibrasyonuna ait regresyon grafiği.

Figure 13. Regression graph of the new model calibration.

Yeni modele ait regresyon grafiği Şekil 13'de verilmiş olup iki modele ait regresyon katsayıları Çizelge 5'da verilmektedir.

Çizelge 5. Modellerin regresyon katsayıları.

Table 5. Regression coefficients of the models.

Model	Regresyon katsayıları
Sòria-Perpinyà vd. (2021)	$y = 0.0234 * x^{3.1538}$
Yeni Model	$y = 582.38 * x^{0.418}$

$y =$  Gerçek değer,  $x =$  Hesaplanan değer

## SONUÇLAR

Özellikle büyük göllerde askıda sedimentin tespiti için numune alınması zaman, yüksek maliyet ve iş gücüne neden olmaktadır. Gözlem noktaları ile sedimenti izlemeye çalışmak, sedimentin başlangıç noktası, yayılım alanı ve miktarının tespit etmede yetersiz kalabilmektedir. Dünya üzerinde aynı noktadan tekrar geçiş süresi 2-3 gün olan Sentinel-2 vb. uydu verileri kullanılarak bulutluluk durumu da dikkate almak suretiyle her uydu görüntüsü için TSS dağılım haritaları üretilebilir. Gözlem noktaları ile bu sıklıkta harita üretmenin maliyeti bir yana uygulamada yapılabilirliği de çok zordur. Üretilen bu haritalar kullanılarak sedimentin yüksek olduğu yerlerde bunun sebeplerini ortadan kaldırmada karar vericilere yol gösterebilir. Çalışma sonucunda üretilen TSS dağılım haritalarının yersel çözünürlüğü 10 m olduğundan, 1 piksel 100 m<sup>2</sup>'ye tekabül etmekte olup uzaktan algılama analizleri sonucunda 100 m<sup>2</sup>'ye 1 veri üretilebilmektedir. Seyhan Baraj Gölünde uzaktan algılama tabanlı TSS izlenmesine yönelik kurulacak bir sisteme altlık olması açısından önceden bilinen uydu geçiş zamanlarında daha çok noktadan numune alınarak TSS parametrelerinin daha hassas belirlenmesi

mümkün olacaktır. Bu sayede maliyet, zaman ve iş gücünden tasarruf edileceği gibi belirli periyotlarla belirli noktalardan örnek alınarak TSS değerlerinin tespit edilmesi yerine tüm göl yüzeyine ait TSS değerleri tespit edilebilecektir.

## KAYNAKLAR

- Akgül, M.A., & Dağdeviren, M., Ekmekçi, F., Kağncıoğlu, N., (2019). Köyceğiz Gölü Su Kalitesi Parametrelerinin Uzaktan Algılama İle Tahmin Edilmesi. 10. Ulusal Hidroloji Kongresi, 9-12 Ekim 2019, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla/TURKEY, Volume 2, P. 805-814.
- Bernstein, L.S., Adler-Golden, S.M., Sundberg, R.L., Levine, R.Y., Perkins, T.C., Berk, A., (2005). Validation of the QUick Atmospheric Correction (QUAC) algorithm for VNIR-SWIR multi- and hyperspectral imagery. SPIE, Proceedings, Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XI. Vol. 5806, pp. 668-678. <https://doi.org/10.1117/12.603359>.
- Bresciani M., Cazzaniga I., Austoni M., Sforzi T., Buzzi F., Morabito G., Giardino C., (2018). "Mapping phytoplankton blooms in deep subalpine lakes from Sentinel-2A and Landsat-8.", *Hydrobiologia* <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3462-2>.
- Canty, J.M., (2014). *Image Analysis, Classification and Change Detection in Remote Sensing, with Algorithms for ENVI/IDL and Python*, Third Edition. CRC Press.
- DSİ, (2014). *Seyhan Havzası Master Plan Raporu.*, 6.Bölge Müdürlüğü, Adana.
- ESA, (2015). *Sentinel-2 User Handbook*, ESA Standard Doc., 24/07/2015 Issue 1 Rev 2.
- ESRI, (2011). *ArcGIS Desktop: Release 10*. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- EOS, (2019). <https://eos.com/sentinel-2/>, Date of access: 17.11.2019.
- Gupta, H.V., Sorooshian S., and Yapo, P.O., (1999). *Status Of Automatic Calibration For Hydrologic*

- Models: Comparison with Multilevel Expert Calibration, *Journal of Hydrologic Engineering*. 4(2), 135-143. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(1999\)4:2\(135\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(1999)4:2(135))
- Güvel, Ş.P., Akgül, M.A., Aksu, H., (2022). Flood inundation maps using Sentinel-2: a case study in Berdan Plain. *Water Supply* 1 April 2022; 22 (4): 4098–4108. <https://doi.org/10.2166/ws.2022.039>.
- Huizingh, E., (2007). *Applied Statistics with SPSS*. SAGE Publications Ltd, London. <https://doi.org/10.4135/9781446249390>.
- Kabbara, N., Benkheil, J., Awad, M., Barale, V., (2008). “Monitoring water quality in the coastal area of Tripoli (Lebanon) using highresolution satellite data.”, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 63, 488–495.
- Kontopoulou, E., Kolokoussis, P., Karantzalos K., (2017). “Water quality estimation in Greek lakes from Landsat 8 multispectral satellite data”, *European Water*, Vol.58, pp.191-196.
- Matthews, G.V.T., (1993). *The Ramsar Convention on Wetlands: Its History and Development* (Ramsar Convention Bureau).
- Nash, J.E., Sutcliffe, J.V., (1970). River Flow Forecasting through Conceptual Models 1. A Discussion of Principles. *Journal of Hydrology* 10(3), 282-290.
- Sentinel-2 Team, (2015). “The story of Sentinel-2”, *ESA Bulletin* 161. P:8.
- Shiklomanov, I., (1993). “World fresh water resources.”, In: P.H. Gleick, editor. *Water in crisis: A guide to the world’s fresh water resources*. Oxford Univ. Press, New York.
- Sòria-Perpinyà, X., Vicente, E., Urrego, P., Pereira-Sandoval, M., Tenjo, C., Ruiz-Verdú, A., Delegido, J., Soria, J.M., Peña, R., Moreno, J., (2021). Validation of water quality monitoring algorithms for sentinel-2 and sentinel-3 in mediterranean inland waters with in situ reflectance data. *Water (Switzerland)* 13. <https://doi.org/10.3390/w13050686>.
- Ticman, Kristina Di V., Medina Jommer M., Gubatanga Jr. Edgardo V., Jalbuena Rey L., Santos Justin Ace S., Ana Raymund Rhommel C. Sta., Blanco Ariel C., (2018). “Assessment of Landsat 8-Based Indices for Water Quality Parameter Estimation in Laguna De Bay, Philippines”, 39th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2018).
- Vanhellemont, Q., Ruddick, K., (2016). “ACOLITE processing for Sentinel-2 and Landsat-8: atmospheric correction and aquatic applications extended abstract submitted for the 2016 Ocean Optics Conference”, to be held in Victoria, BC, Canada, 23-28 October 2016.
- Van Liew, M.W., Arnold, J.G., and Garbrecht, J.D., (2003). Hydrologic simulation on agricultural watersheds: Choosing between two models. *Trans. ASAE* 46(6): 1539-1551.
- Zhan, Y., Delegido, J., Erena, M., Soria, J.M., Ruiz-Verdú, A., Urrego, P., Sòria-Perpinyà, X., Vicente, E., Moreno, J., (2022). Mar Menor lagoon (SE Spain) chlorophyll-a and turbidity estimation with Sentinel-2. *Limnetica* 41, 1. <https://doi.org/10.23818/limn.41.18>.

Araştırma Makalesi / Research Article

## Erdemli (Mersin) Kıyı Akiferi Su Kalitesinin Değerlendirilmesi An Assessment of The Water Quality of Erdemli (Mersin) Coastal Aquifer

Fatma ECE KARAKUŞ<sup>1</sup> , Mehmet Ali KURT<sup>\*2</sup> , Ümit YILDIRIM<sup>3</sup>

Cüneyt GÜLER<sup>4</sup> , Onur GÜVEN<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü 33343, Yenişehir, Mersin

<sup>2\*</sup> Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü 33343, Yenişehir, Mersin

<sup>3</sup> Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü 69000, Bayburt

<sup>4</sup> Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 33343, Yenişehir, Mersin

<sup>5</sup> Bayburt Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı, 69000, Bayburt

Geliş (Received): 4 Ekim (October) 2023 / Düzeltme (Revised): 20 Kasım (November) 2023 / Kabul (Accepted): 22 Kasım (November) 2023

### ÖZ

Kıyı akiferlerinin su kalitesi ve miktarı değişen iklim koşulları ve artan antropojenik faaliyetler nedeniyle her geçen gün olumsuz yönde daha fazla etkilenmektedir. Bu çalışma, Erdemli Kıyı Akiferi'nin (EKA) su kalitesinin ve kirlenici unsurlarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma kapsamında, Ağustos 2020'de yeraltı suyu örnekleme yapılarak suların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme suyu standartlarına göre değerlendirilmiştir. EKA'nın Akdeniz kıyısına yakın olan bazı noktalardan alınan örneklerde elektriksel iletkenlik değerlerinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu örneklerin sodyum (Na<sup>+</sup>) ve klorür (Cl<sup>-</sup>) derişimlerinin de yüksek olduğu ve WHO tarafından tavsiye edilen sınır değerlerin üzerinde oldukları belirlenmiştir. EKA'daki bir diğer önemli problem ise nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) kirliliğidir. Ağustos 2020 dönemi örneklerinin nitrat derişimleri 2,17-131,51 mg/L arasında değişmekte olup 15 örneğin nitrat derişimi sınır değerin (50 mg/L) üzerindedir. Bazı örneklerdeki iz element derişimleri de (Al, Fe ve Ni) WHO'da belirtilen sınır değerleri aşmıştır. Çalışma alanındaki yeraltı suları, tarımsal sulama suyu kalitesi açısından değerlendirildiğinde, aktif deniz suyu girişiminin görüldüğü bölgelerdeki suların, sulama amacıyla kullanımının uygun olmadığı belirlenmiştir. Çalışma alanı ve civarında her geçen gün yeni tarım alanlarının açıldığı gözlenmektedir. Bu durum, EKA'daki azalan su kaynaklarının üzerindeki baskıyı daha da artırmaktadır. Sonuç olarak, EKA'da sürdürülebilir entegre su yönetiminin gecikmeksizin uygulanması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Antropojenik faaliyetler, Deniz suyu girişimi, Erdemli Kıyı Akiferi (EKA), Su kalitesi, Yeraltı suyu, Sulama suyu.

### ABSTRACT

The water quality and quantity of coastal aquifers are increasingly adversely affected due to changing climate conditions and increasing anthropogenic activities. This study was conducted to determine the water quality and pollutants of the Erdemli Coastal Aquifer (ECA). In this study, groundwater sampling was carried out in August 2020 to determine the physical and chemical properties of the water. The obtained results were evaluated according to the World Health Organization (WHO) drinking water standards. It was found that the electrical conductivity values

were quite high in samples taken from certain points near the Mediterranean coast of ECA. These samples also exhibited high sodium ( $Na^+$ ) and chloride ( $Cl^-$ ) concentrations, exceeding the recommended WHO limits. Another significant problem in the ECA is nitrate ( $NO_3^-$ ) pollution. The nitrate concentrations in the August 2020 samples ranged from 2.17 to 131.51 mg/L, with 15 samples exceeding the limit value (50 mg/L). Some samples also exceeded the WHO-established limit values for trace element concentrations (Al, Fe and Ni). When assessing the groundwater in the study area for agricultural irrigation water quality, it was determined that waters in areas with active seawater intrusion were not suitable for irrigation purposes. The study area and its vicinity have been witnessing the opening of new agricultural areas on a daily basis. This situation further exacerbates the pressure on the declining water resources in the ECA. As a result, the implementation of sustainable integrated water management in ECA is urgently needed.

**Keywords:** Anthropogenic activities, Seawater intrusion, Erdemli Coastal Aquifer (ECA), Water quality, Groundwater, Irrigation water.

## GİRİŞ

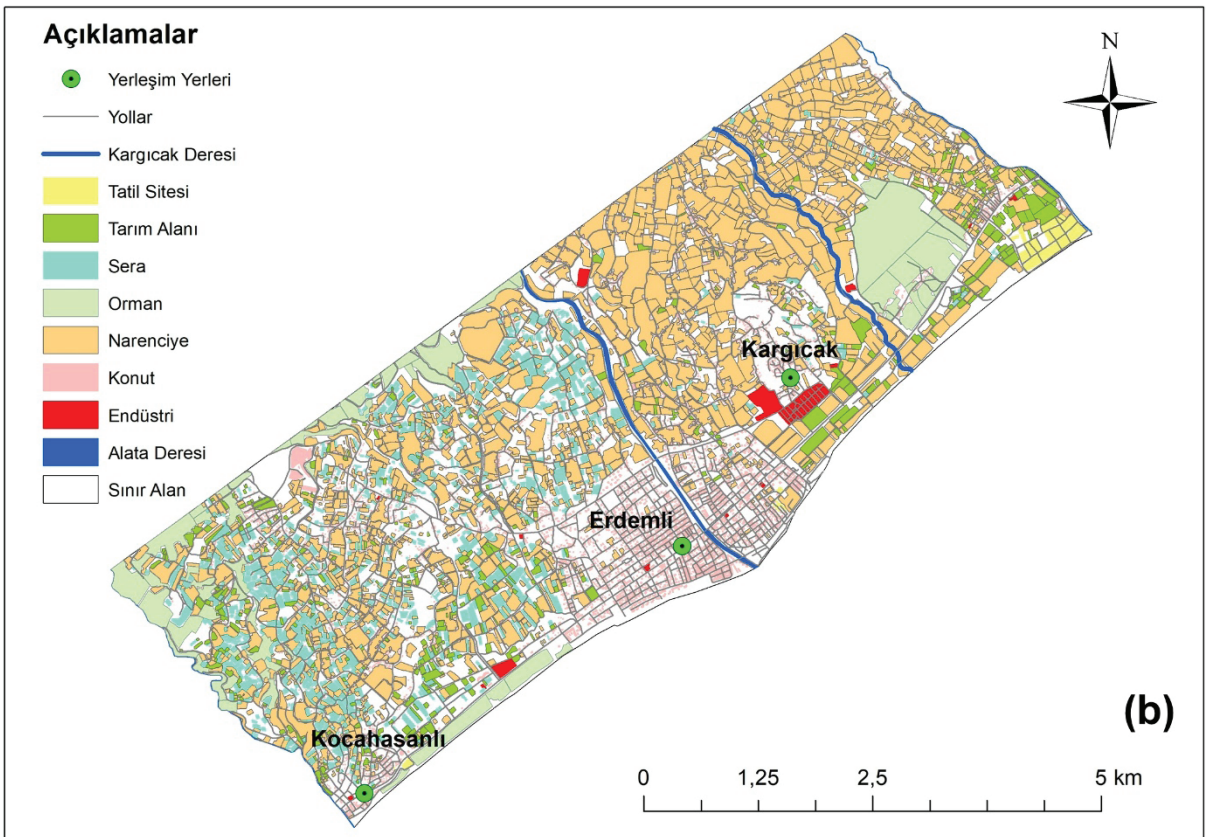
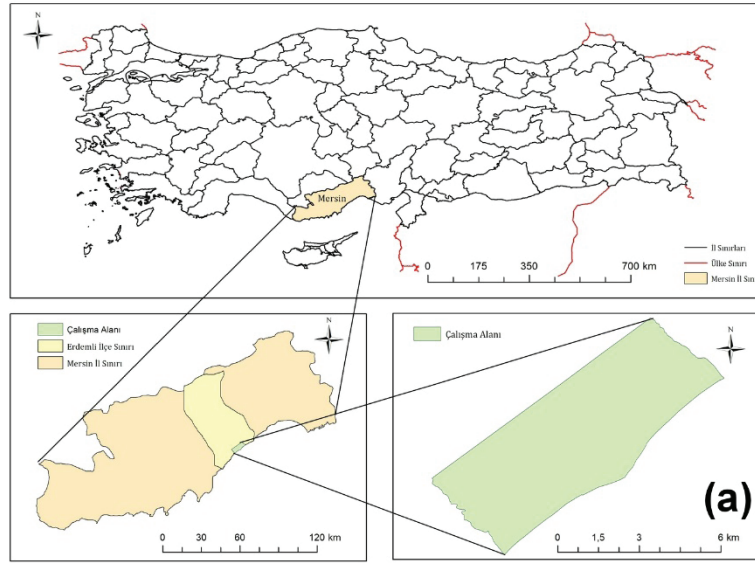
Son yıllarda, kurak ve yarı kurak kıyı kesimlerinde yeraltı suyu kaynaklarının kullanımı giderek artmaktadır. Bu tür alanlarda bulunan sular, sürekli olarak artan iklim ve çevre baskısı altındadır (Alfarrah ve Walraevens, 2018). Kıyı bölgelerinin dünyadaki en yoğun nüfusa sahip bölgeler olması sebebiyle, tatlı suya olan talep te yüksektir (Gaaloul vd., 2012). Kıyı bölgelerinde yeraltı sularının kalite ve miktar açısından bozulması, değişen iklim şartları ve antropojenik faktörler arasındaki karmaşık etkileşimlerin bir sonucudur. Kıyı akiferleri, yoğun endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerle ilişkili kirlilik ve aşırı pompaj, kötü tasarlanmış kanalizasyon sistemleri, uygunsuz atık bertarafı gibi antropojenik kökenli faktörler tarafından kirlenmektedir. Bunun yanı sıra, jeojenik kökenli kirlilik kaynakları nedeniyle tehdit altında bulunan kıyı akiferlerinde, akiferin doğal kayaç yapısının jeokimyasal özelliklerine bağlı olarak kirlenme meydana gelebilmektedir. Sonuç olarak, doğal ve antropojenik faktörlerin etkisiyle kıyı akiferlerindeki tatlı su kaynakları üzerinde yoğun kirlilik baskıları oluşmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Mersin ilinin batısında bulunan Erdemli Kıyı Akiferi (EKA) yeraltı suyunun fiziko-kimyasal parametrelerinin belirlenmesi ve doğal ve antropojenik etkiler sonucu oluşan kirlilik kaynaklarının ortaya

konulmasıdır. Çalışma alanı, Mersin ili Erdemli ilçesi sınırları içerisinde olup  $36^{\circ}34'$ – $36^{\circ}39'K$  ve  $34^{\circ}14'$ – $34^{\circ}21'D$  koordinatları arasında yer almaktadır. (Şekil 1a). Çalışma alanının doğusunda Arpaçbahşiş Deresi, batısında Kocahasanlı Deresi ve güneyinde Akdeniz bulunmakta olup bu alan yaklaşık olarak  $45 \text{ km}^2$ 'dir. Yapılan çalışmanın amacı doğrultusunda EKA'nın kirlenmeye karşı hassasiyetini etkileyebilecek faktörlerin daha iyi anlaşılabilmesi için arazi kullanım haritası oluşturulmuştur (Şekil 1b). Bu çalışmayla birlikte, yeraltı suyu kalitesini etkileyen kirliliğin boyutu, alansal dağılımı, risk alanları ve su kirliliğine neden olan faktörler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Çalışma alanında, lokasyonları GPS yardımıyla kaydedilen 50 yeraltı suyu kuyusundan Ağustos 2020'de örnekleme yapılmıştır. Örnek alma işlemi, kuyuya ait pompanın çalıştırılarak yeraltı suyunun bir müddet boşa akıtılması sonrasında gerçekleştirilmiştir. Her kuyudan ikişer adet yeraltı suyu örneği alınmış olup bu amaç için  $250 \text{ mL}$ 'lik yüksek yoğunluklu polietilen kaplar kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru (a) ve arazi kullanım haritası (b).

Figure 1. Location map (a) and land use map (b) of the study area.

Karakuş, Kurt, Yıldırım, Güler, Güven

Bu örneklerden bir tanesi katyon, bir tanesi ise anyon analizleri için ayrılmıştır. Katyon analizleri için alınan örnekler yaklaşık 2 mL HNO<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Alınan tüm örnekler, içerisinde soğutulmuş termojel kalıplar bulunan bir buzluğa konularak laboratuvara nakledilmiş ve analizler tamamlanmaya kadar +4 °C'deki buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Yeraltı suyu örneklerinin fiziksel parametreleri (sıcaklık, pH, yükseltgenme-indirgenme potansiyeli, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik ve tuzluluk) multiparametre ölçüm cihazı ile arazide ölçülmüştür. Su örneklerinin karbonat ve bikarbonat derişimleri dijital büret kullanılarak titrasyon yöntemiyle belirlenmiştir. Majör katyonların (Ca, K, Mg ve Na) ve iz elementlerin (Li, B, Al, Si, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Br, Sr, Cd, Sb, Ba ve Pb) analizleri Bayburt Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında bulunan Agilent marka ICP-MS cihazı kullanılarak, majör anyonların (Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ve PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) analizleri Mersin Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Laboratuvarında bulunan Hach Lange marka DR6000 model UV spektrofotometre cihazı ile yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen hidrokimyasal parametrelere ait dağılım haritaları ve çalışma alanının güncel arazi kullanım haritası bir coğrafi bilgi sistemi yazılımı ile oluşturulmuştur. Çalışma alanındaki yeraltı suyu örneklerinin hidrojeokimyasal sınıflandırmaları Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı (Schoeller, 1955), sulama suyu olarak kullanılabilirlik değerlendirmeleri ise ABD Tuzluluk diyagramı (United States Salinity Laboratory Staff, 1954) ve Wilcox diyagramı (Wilcox, 1954) kullanılarak yapılmıştır.

## TARTIŞMALAR

### Fiziksel Parametreler

Suların sıcaklığı coğrafi konuma, su tablasının derinliğine, bölgeden bölgeye değişen coğrafi ve çevresel faktörlere bağlıdır. Yeraltı sularının sıcaklığı genellikle yıl boyunca oldukça az değişim göstermekte olup yüzey sularına göre daha düşüktür. Ortamdaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler suyun sıcaklığına bağlı olarak gelişir (Akbulut, 2016). Sıcaklığın artmasıyla, sularda çözülmüş oksijen derişimleri azalmaktadır. Ayrıca, suyun sıcaklığının artması, pH ve Eh gibi fiziksel parametreleri de doğrudan etkilemektedir. EKA alanında Ağustos 2020'de ölçülen sıcaklık değerleri; 18,3-24,8 °C arasında değişmektedir (Şekil 2a). WHO içme suyu standartlarında sıcaklık için bir sınır değeri belirtilmemiştir (WHO, 2011).

Hidrojen iyonu derişimi (pH), minerallerin çözünürlüğü, elementlerin hareketliliği ve su içinde meydana gelen biyojeokimyasal reaksiyonlar için önemlidir. EKA'da yeraltı suyu örneklerinin pH değerleri 7,11-7,82 arasında, değişmektedir (Şekil 2b). Su örneklerinin tümü WHO içme suyu standartlarında belirtilen değeri (6,5-8,5) aralığındadır (WHO, 2011).

Elektronların bir yerden başka bir yere aktarıldığı (yükseltgenme-indirgenme reaksiyonları) kimyasal reaksiyonlarda sulu bir çözeltinin yükseltgenme potansiyeli Eh olarak ifade edilmektedir (Akbulut, 2016). EKA'da su örneklerinin Eh değerleri 153,60-259,90 mV (Şekil 2c) arasında değişmektedir. WHO içme suyu standartlarında Eh için sınır değeri belirtilmemiştir (WHO, 2011).

Elektriksel iletkenlik (Eİ), suyun içilebilirliğinin değerlendirilmesinde kullanılan önemli parametrelerden biridir. EKA'da su



örneklerinde ölçülen en düşük Eİ değeri 540  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en yüksek Eİ değeri ise 4358  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir (Şekil 2d). Diğer bir fiziko-kimyasal gösterge olan tuzluluk Eİ ile doğrudan ilişkilidir. En yüksek Eİ değerinin ölçüldüğü kuyuda, deniz suyu girişi etkisi olması nedeniyle tuzluluk değerinin de yüksek olduğu (2,32 g/L) belirlenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda en düşük Eİ değerleri Alata Deresi'nin batısında, kuzeybatısında ve kuzeydoğusunda ölçülmüştür (Şekil 2d). Akdeniz'in kıyısındaki kuyulardan alınan su örneklerinin çoğu yüksek Eİ değerlerine sahiptir. WHO içme suyu standartlarında elektriksel iletkenlik (Eİ) için sınır değer belirtilmemiştir (WHO, 2011).

Tuzluluk, toprak ve su kaynaklarını etkileyen ve doğal ekosistemde bozulmalara neden olan önemli bir çevresel problemdir. Artan yeraltı suyu tuzluluğu; sodyum, sülfat ve klorür gibi bazı elementlerin yüksek derişimlerinden kaynaklanmaktadır (Krishan vd., 2021). Genel olarak, çoğu yeraltı suyunun tuzlanmasına neden olan süreçler; kıyı akiferlerinde meydana gelen deniz suyu girişi, karasal kökenli doğal ve antropojenik tuzlu yeraltı suları ve karışık kökenli tuzlu yeraltı suları şeklindedir (TEMA, 2021). Tuzluluk ölçümleri, Eİ ve klorür derişimleri ile doğrudan ilişkilidir. EKA'da su örneklerinin tuzluluk değerleri 0,26-2,32 g/L arasında değişmektedir (Şekil 2e).

Çözünmüş oksijen ( $\text{ÇO}$ ), sucul ekosistemlerde önemli bir su kalitesi parametresidir.  $\text{ÇO}$  derişimleri düşük sıcaklıklarda yüksek, yüksek klorür içeren sulara ise düşüktür. Çalışma alanında en düşük  $\text{ÇO}$  değeri 1,21 mg/L, en yüksek  $\text{ÇO}$  değeri ise 8,14 mg/L olarak ölçülmüştür (Şekil 2f). Düşük  $\text{ÇO}$  değeri, yeraltı sularında bulunan çözünmüş oksijenin önemli ölçüde tüketildiğinin bir

göstergesidir. WHO içme suyu standartlarında çözünmüş oksijen için sınır değer belirtilmemiştir (WHO, 2011).

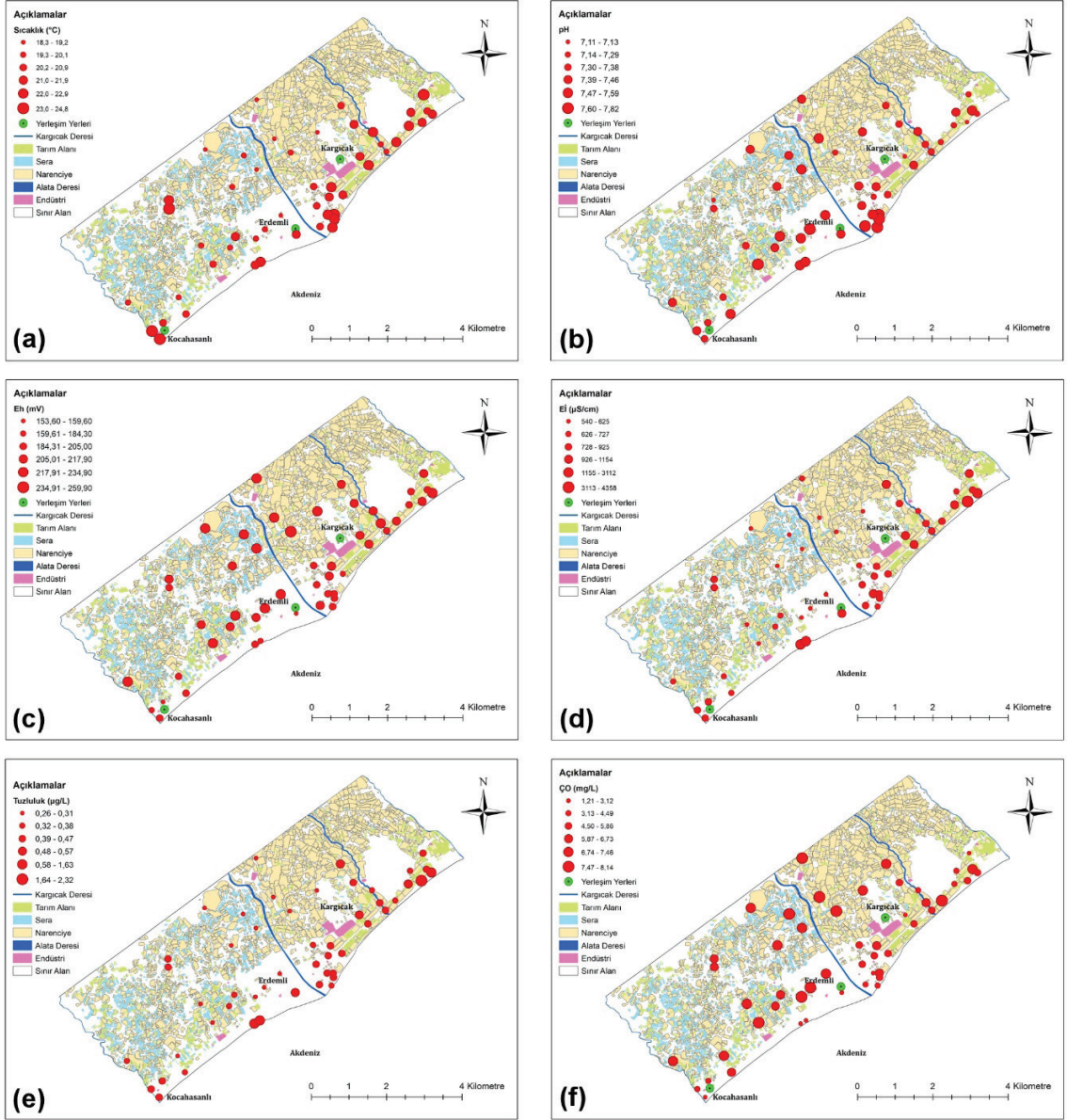
### Majör Katyon Analizleri

Yeraltı sularındaki kalsiyumun ( $\text{Ca}^{+2}$ ) kökeni; kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), jips ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve anhidrit ( $\text{CaSO}_4$ ) gibi minerallerle ilişkilidir (TEMA, 2021). Çalışma alanına ait yeraltı sularındaki  $\text{Ca}^{+2}$  derişimleri 74,14 mg/L ile 358,19 mg/L arasında değişmektedir (Şekil 3a). Dağılım haritası incelendiğinde, yüksek  $\text{Ca}^{+2}$  değerleri çalışma alanının doğusunda yayılım göstermektedir (Şekil 3a). Bu durum, çalışma alanının kuzeydoğu kesimlerinde baskın litolojinin karbonatlı kayalar ile temsil edilmesinden kaynaklanmaktadır. WHO içme suyu standartlarında kalsiyum için sınır değer belirtilmemiştir (WHO, 2011).

Kalsiyum ile birçok açıdan benzerlik gösteren magnezyum ( $\text{Mg}^{+2}$ ) iyonunun doğal sulardaki ana kaynağı dolomit kayacıdır. Bunun yanında evaporitler, magmatik mineraller (olivin, biyotit, hornblend ve ojit) ve metamorfik kayalarda bulunan talk, diyopsit, tremolit gibi mineraller de sulara magnezyuma kaynaklık edebilmektedir. (Speight, 2019). EKA'dan alınan su örneklerinin  $\text{Mg}^{+2}$  derişimlerinin 5,40-110,62 mg/L arasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 3b). WHO içme suyu standartlarında magnezyum için herhangi bir sınır değer belirtilmemiştir (WHO, 2011).

Sulardaki sodyum ( $\text{Na}^+$ ) hem jeojenik hem de antropojenik kaynaklı olabilmektedir. Doğal sulara  $\text{Na}^+$  iyonları feldispat, plajiyoklas, nefelin, sodalit, stilbit, natrolit, jadelit ve benzeri minerallerden kaynaklanmaktadır (Leslie ve Lyons, 2018).

Karakuş, Kurt, Yıldırım, Güler, Güven



Şekil 2. Yeraltı suyu örneklerine ait sıcaklık (a), pH (b), Eh (c), elektriksel iletkenlik (d), tuzluluk (e) ve çözülmüş oksijen (f) dağılımları.

Figure 2. Spatial distributions of temperature (a), pH (b), Eh (c), electrical conductivity (d), salinity (e) and dissolved oxygen (f) of groundwater samples.

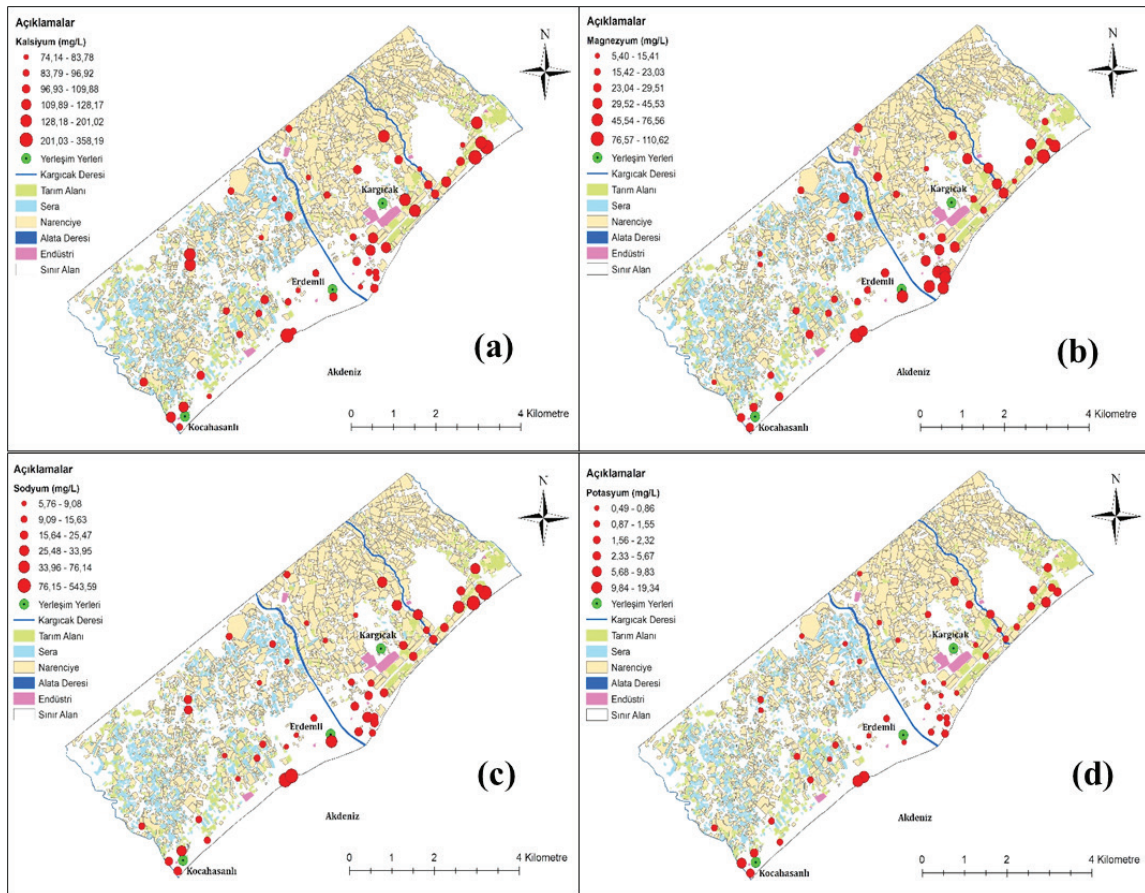
Çalışma alanındaki su örneklerinin  $\text{Na}^+$  derişimleri 5,76-543,59 mg/L arasında değişmektedir (Şekil 3c). WHO içme suyu

standardında izin verilen maksimum  $\text{Na}^+$  miktarı 200 mg/L'dir (WHO, 2011). EKA'dan alınan dört adet örnekte bu sınır değerini aşıldığı tespit

edilmiştir. Genel olarak denize yakın noktalarda bulunan kuyularda yüksek  $\text{Na}^+$  derişimleri tespit edilmiştir. Bunun nedeninin tarımsal faaliyetlere bağlı olarak aşırı yeraltı suyu pompajı ve deniz suyu girişimi olduğu düşünölmektedir.

Alkali metal grubunda bulunan potasyum ( $\text{K}^+$ ) birçok açıdan  $\text{Na}^+$  ile benzer özellikler sergilemekte olup magmatik kayalarda  $\text{Na}^+$  iyonu, tortul kayalarda ise  $\text{K}^+$  iyonu hâkimdir.  $\text{K}^+$  içeren silikat kayalardaki ana mineraller ortoklaz, mikroklin, mikalar ve lösittir (Smedley ve Kinniburgh, 2022). Su-kayaç etkileşimi

sonucunda potasyum suyun bünyesine katılmaktadır. EKA'dan alınan su örneklerinin  $\text{K}^+$  derişimleri 0,49-19,34 mg/L arasındadır (Şekil 3d). En yüksek  $\text{K}^+$  derişimleri, Kargıcak Deresi'nin doğusunda ve yakın çevresinde görölmektedir (Şekil 3d). Ayrıca, Kocahasanlı Deresi'nin yakın çevresindeki üç örnekte ve Alata Deresi'nin güneybatısında kıyıya yakın bölgedeki iki kuyuda yüksek  $\text{K}^+$  derişimleri gözlenmiştir. WHO içme suyu standartlarında potasyum için herhangi bir sınır değeri belirtilmemiştir (WHO, 2011).



Şekil 3. Yeraltı suyu örneklerine ait  $\text{Ca}^{+2}$  (a),  $\text{Mg}^{+2}$  (b),  $\text{Na}^+$  (c) ve  $\text{K}^+$  (d) derişimlerinin alansal dağılımları.

Figure 3. Spatial distributions of  $\text{Ca}^{+2}$  (a),  $\text{Mg}^{+2}$  (b),  $\text{Na}^+$  (c) and  $\text{K}^+$  (d) concentrations of the groundwater samples.

### Majör Anyon Analizleri

Yeraltı suyundaki karbonat ve bikarbonat iyonlarının ana kaynakları; atmosfer ve topraktaki CO<sub>2</sub> ve karbonatlı kayaçların erimesidir (Varol, 2011). Doğal sulara karbonat ve bikarbonat derişimleri doğrudan CO<sub>2</sub> ve pH ile ilişkilidir. EKA'dan alınan su örneklerinin bikarbonat derişimlerinin 260,7-347,8 mg/L arasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4a). En yüksek bikarbonat derişimleri, çalışma alanının doğusunda görülmektedir (Şekil 4a). Çalışma alanının batısında da yer yer yüksek bikarbonat değerleri gözlenmektedir. Bölgedeki suların pH aralığı, bikarbonat iyonunun egemen olduğu aralıkta olduğundan dolayı, su kimyası açısından en baskın iyon bikarbonattır. WHO içme suyu standartlarında bikarbonat için sınır değeri belirtilmemiştir (WHO, 2011).

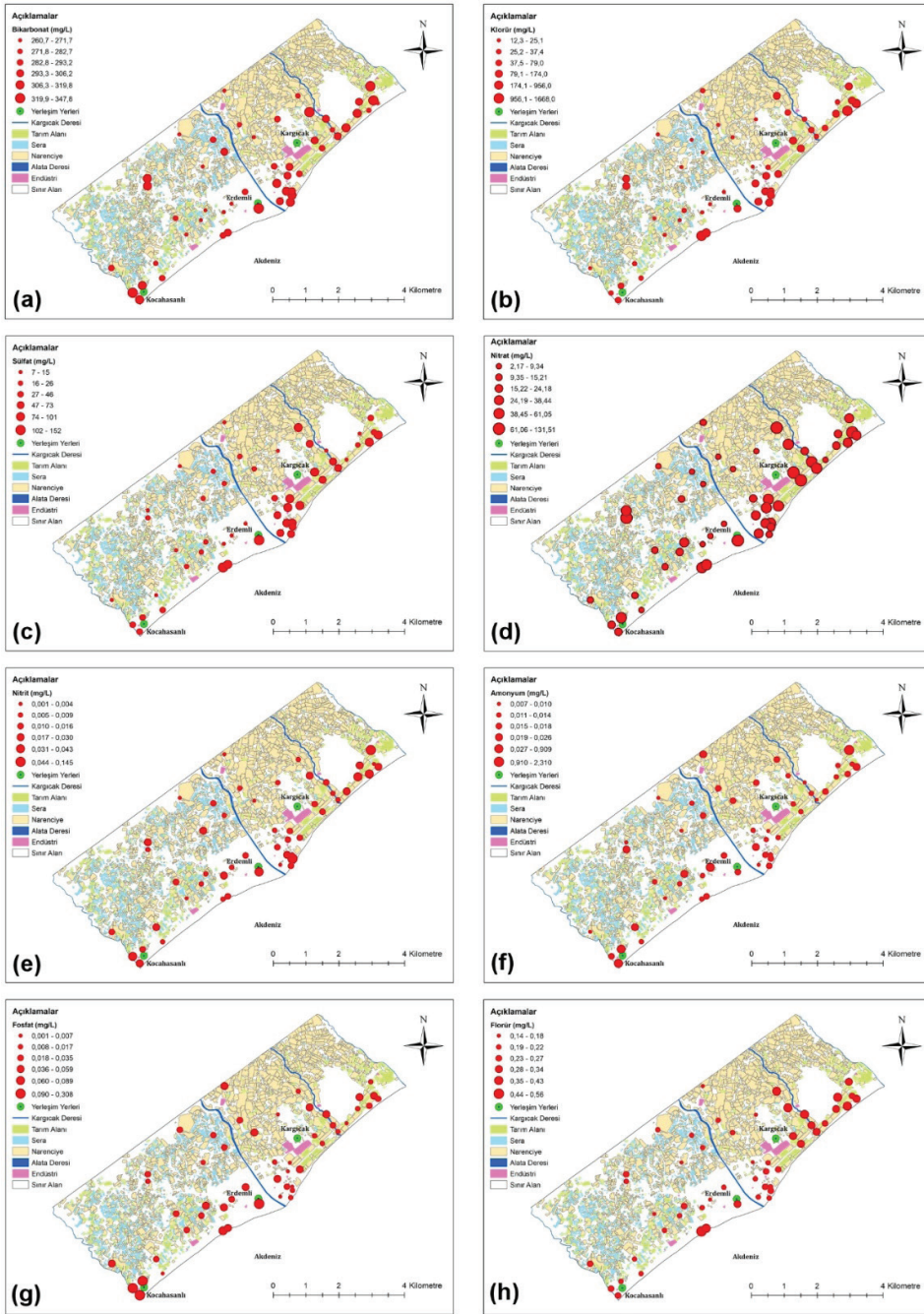
Kayaçların aşınması, atmosferik birikim, inorganik gübreler, çöp sızıntı suları, fosseptik atık suları, endüstriyel atıklar ve deniz suyu girişimi gibi hem doğal hem de antropojenik faktörler yeraltı sularında klorür (Cl<sup>-</sup>) içeriğinin artmasına neden olmaktadır (Mullaney vd., 2009). Çalışma alanında yeraltı suyu örneklerinin Cl<sup>-</sup> derişimlerinin 12,3-1668,0 mg/L arasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4b). Çalışma alanının batısındaki kıyı bölgesinde ve çalışma alanının kuzeyindeki iki ayrı kuyuda yüksek derişimlerin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4b). WHO'ya göre, suların içme suyu olarak kullanımı açısından Cl<sup>-</sup> sınır değeri 250 mg/L'dir (WHO, 2011). Bölgeden alınan dört adet örnekte sınır değerin aşıldığı tespit edilmiş olup bunların Cl<sup>-</sup> derişimleri 1668, 1330, 956, 537 mg/L'dir.

Yeraltı suyundaki sülfatın ana kaynağını jips ve anhidritin çözünmesi oluşturmaktadır.

Kıyı akiferlerinde görülen deniz suyu girişimi de (deniz suyunun tatlı yeraltı suyu ile karışması) sülfat derişimini arttırmaktadır (Samantara vd., 2017). EKA'dan alınan yeraltı suyu örneklerindeki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> derişimleri 7 ile 152 mg/L arasında değişmektedir (Şekil 4c). Çalışma alanındaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> içerikleri büyük oranda bölgede yapılan tarımsal faaliyetlerden ve evsel atıklardan kaynaklanmaktadır. Çalışma alanının doğusunda evsel ve tarımsal faaliyetlerin yoğun olmasından dolayı bu bölgede sülfat derişimleri yüksektir. İçme suyu olarak kullanımı açısından SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> için sınır değeri 500 mg/L olarak belirlenmiştir (WHO, 2011). Bu çalışma kapsamında alınan su örneklerinin tamamı bu sınır değerin altındadır.

Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) yeraltı sularında ve yüzey sularında antropojenik kaynaklı olarak bulunmaktadır (Krishan vd., 2021). Tarımda kullanılan gübreler nitrat kirliliğinin en önemli kaynağını oluşturmaktadır. Evsel ve endüstriyel kaynaklı atık sular ve kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen sızıntılar yeraltı suyunda NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kirliliğine neden olabilmektedir. Çalışma alanındaki yeraltı sularının NO<sub>3</sub><sup>-</sup> derişimleri 2,17 ile 131,51 mg/L arasında değişmektedir (Şekil 4d). WHO standardına (WHO, 2011) göre, içme sularında NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sınır değeri 50 mg/L'dir. Bölgeden alınan su örneklerinin 15'i bu sınır değerini aşmıştır.

Nitrifikasyon ve denitrifikasyonun ara ürünü olan nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) yeraltı sularında çok düşük derişimlerde bulunmaktadır. EKA'dan alınan su örneklerindeki NO<sub>2</sub><sup>-</sup> derişimlerinin 0,001 ile 0,145 mg/L arasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4e). WHO standardına (WHO, 2011) göre, içme sularında NO<sub>2</sub><sup>-</sup> sınır değeri 0,2 mg/L'dir. Bölgeden alınan tüm su örneklerinin NO<sub>2</sub><sup>-</sup> miktarları bu sınır değerinin altındadır.



Şekil 4. Yeraltı suyu örneklerine ait  $HCO_3^-$  (a),  $Cl^-$  (b),  $SO_4^{2-}$  (c),  $NO_3^-$  (d),  $NO_2^-$  (e),  $NH_4^+$  (f),  $PO_4^{3-}$  (g) ve  $F^-$  (h) derişimlerinin alansal dağılımları.

Figure 4. Spatial distributions of  $HCO_3^-$  (a),  $Cl^-$  (b),  $SO_4^{2-}$  (c),  $NO_3^-$  (d),  $NO_2^-$  (e),  $NH_4^+$  (f),  $PO_4^{3-}$  (g) and  $F^-$  (h) concentrations in groundwater samples.

Karakuş, Kurt, Yıldırım, Güler, Güven

Amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ), topraktaki organik maddelerin parçalanması, atık su arıtımı ve hayvan atıkları gibi kaynaklardan yeraltı sularına sızmaktadır. Çalışma alanından alınan su örneklerindeki  $\text{NH}_4^+$  derişimleri 0,007 ile 2,31 mg/L arasında değişmektedir (Şekil 4f). WHO standardına (WHO, 2011) göre, içme sularında  $\text{NH}_4^+$  için verilen sınır değer 1,5 mg/L'dir. Bölgeden alınan 48 nolu örnekte bu sınır değerini aştığı tespit edilmiştir.

Fosfat ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) yeraltı sularına hem jeojenik hem de antropojenik kaynaklardan karışabilmektedir. Jeojenik kaynaklı  $\text{PO}_4^{-3}$ , apatit minarelinin su-kayaç etkileşimi sonucunda çözünmektedir. Antropojenik  $\text{PO}_4^{-3}$ 'ün kaynağını ise fosfatlı gübreler, deterjanlar, kanalizasyon, hayvansal atıklar ve endüstriyel deşarjlar oluşturmaktadır. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerindeki  $\text{PO}_4^{-3}$  derişimleri 0,001 ile 0,308 mg/L arasındadır (Şekil 4g). WHO içme suyu standardında fosfat için herhangi bir sınır değeri belirtilmemiştir (WHO, 2011).

Jeojenik kökenli florür ( $\text{F}^-$ ), volkanik kayalar, mika mineralleri ve jeotermal kaynaklarda bulunmaktadır (Varol, 2011). Antropojenik kökenli  $\text{F}^-$  ise; kimyasal gübrelerin ve endüstriyel atıkların sızmasından kaynaklanmaktadır (Samantara vd., 2017). Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerindeki  $\text{F}^-$  derişimleri 0,14 ile 0,56 mg/L arasında değişmektedir (Şekil 4h). WHO standardına (WHO, 2011) göre, içme sularında  $\text{F}^-$  için belirlenen sınır değeri 1,5 mg/L'dir. Elde edilen sonuçlara göre,  $\text{F}^-$  için belirtilen sınır değeri aşan örnek bulunmamaktadır.

### İz Element Analizleri

Çalışma alanına ait yeraltı sularının iz element (Li, B, Al, Si, Ti, V, Cr, Mn, Fe,

Co, Ni, Cu, Zn, As, Br, Sr, Cd, Sb, Ba ve Pb) içeriklerini belirlemek amacıyla analizler yapılmıştır. Çalışma alanından alınan yeraltı sularındaki B, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, As, Cd, Sb ve Pb derişimlerinin oldukça düşük olduğu, buna karşın Al, Fe, Ni ve Br derişimlerinin ise oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, sadece WHO (2011) tarafından belirlenen sınır değerleri aşan elementler için dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Yeraltı suyu örneklerindeki alüminyum (Al) derişimleri 0,01 ile 1524,04  $\mu\text{g/L}$  arasında değişmektedir (Şekil 5a). WHO standardına (WHO, 2011) göre, içme sularında Al için belirlenen sınır değeri 100  $\mu\text{g/L}$ 'dir. Su örneklerinin on tanesinde ölçülen Al derişimleri sınır değerinin üstündedir. Genel olarak, yüksek Al derişime sahip örnekler Alata ve Kargıcak dereleri arasında dağılım sergilemektedir (Şekil 5a).

Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerindeki demir (Fe) derişimleri 1,08 ile 3656,57  $\mu\text{g/L}$  arasında değişmektedir (Şekil 5b). WHO standardına (WHO, 2011) göre, içme sularında Fe için belirlenen sınır değeri 300  $\mu\text{g/L}$ 'dir. Alınan örneklerden sekiz tanesinde belirtilen sınır değeri aşılmış olup Fe ve Al derişimlerinin benzer alansal dağılım sergiledikleri görülmüştür (Şekil 5b).

Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerinin nikel (Ni) derişimleri 0,30 ile 80,21  $\mu\text{g/L}$  arasında değişmektedir (Şekil 5c). WHO standardına (WHO, 2011) göre, içme sularında Ni için belirlenen sınır değeri 70  $\mu\text{g/L}$ 'dir ve sadece bir örnekte (ES1-25 nolu) bu sınır değeri aşılmıştır.

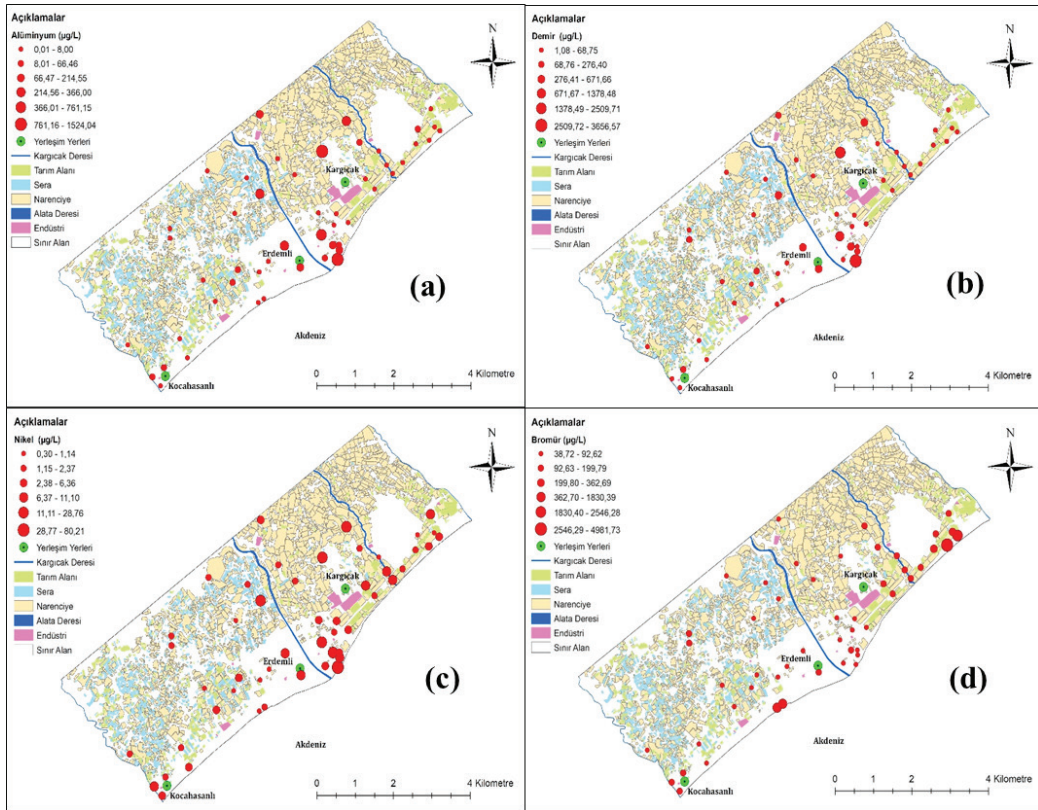
EKA'dan alınan su örneklerinin bromür (Br) derişimleri 38,72 ile 4981,73  $\mu\text{g/L}$  arasında değişmekte olup (Şekil 5d) çalışma alanının doğusunda bulunan bazı örneklerde yüksek

derişimler gözlenmiştir. Çalışma alanının batısındaki kıyı kesimlerinden alınan iki örnekte (ES1-5 ve ES1-7 nolu) oldukça yüksek Br derişimleri tespit edilmiştir (Şekil 5d). Kıyı bölgesinde bulunan kuyularda görülen deniz suyu girişi etkisi sebebiyle yüksek Br derişimleri gözlenmektedir. Ayrıca, çalışma alanına ait Br ve  $Cl^-$  dağılım haritaları oldukça benzerlik göstermektedir (Şekil 4b ve Şekil 5d).

WHO içme suyu standardında Br için herhangi bir sınır değeri belirtilmemiştir (WHO, 2011).

### Hidrokimyasal Sınıflandırmalar

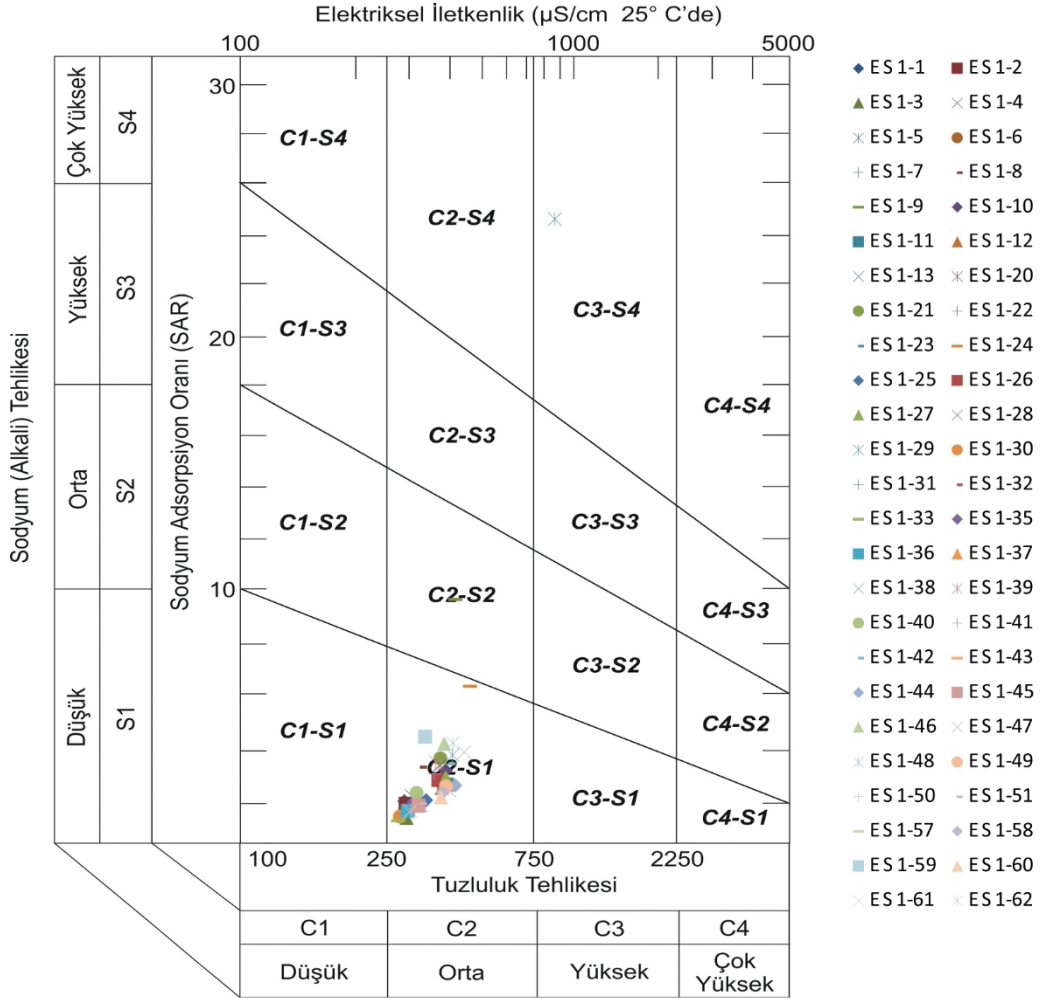
EKA'dan alınan yeraltı suyu örneklerinin sulama suyu amaçlı kullanımını belirlemek için ABD Tuzluluk ve Wilcox diyagramları oluşturulmuştur (Şekil 6 ve Şekil 7).



Şekil 5. Yeraltı suyu örneklerine ait Al (a), Fe (b), Ni (c) ve Br (d) derişimlerinin alansal dağılımları.

Figure 5. Spatial distributions of Al (a), Fe (b), Ni (c) and Br (d) concentrations in groundwater samples.

Karakuş, Kurt, Yıldırım, Güler, Güven



Şekil 6. Yeraltı suyu örneklerine ait ABD Tuzluluk Diyagramı.

Figure 6. US Salinity Diagram of groundwater samples.

Genel olarak, iki örnek hariç diğer tüm örneklerin C2-S1 sınıfını temsil ettiği belirlenmiştir (Şekil 6). Elektriksel iletkenlik değeri 4358  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ve Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) değeri 35,5 olan ES1-7 nolu örneğin C3-S4 sınıfında olduğu belirlenmiştir. C3 sınıfında bulunan sular, yüksek miktarda tuzlu sular olup bu sınıfta yer alan sular, sulama için sadece yüksek drenaja sahip olan arazilerde bazı bitki türleri için uygundur. S4 sınıfındaki

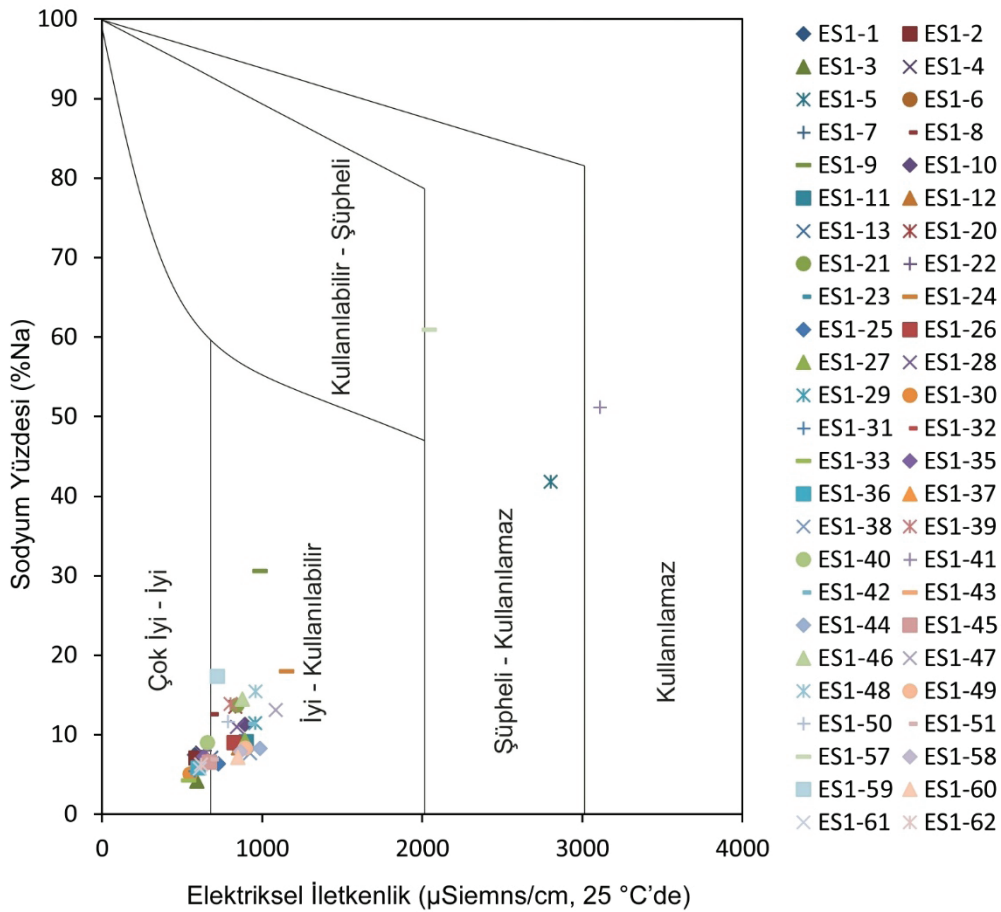
suların sulama suyu olarak kullanılması çok uygun olmayıp, ancak tuzluluk miktarı düşük olduğunda kullanılabilir. C2-S2 sınıfı suları temsil eden sadece bir örnek (ES1-41) mevcuttur.

Wilcox diyagramında ise Eİ ve %Na parametreleri kullanılmakta olup grafiğin dikey ekseninde %Na değerleri yatay ekseninde ise  $\mu\text{S}/\text{cm}$  cinsinden Eİ ölçümleri yer almaktadır. Bu



diyagramda sular, Çok iyi-İyi, İyi-Kullanılabilir, Kullanılabilir-Şüpheli, Şüpheli Kullanılmaz ve Kullanılmaz olmak üzere beş kategoriye ayrılmaktadır. Oluşturulan grafikte, EKA'dan alınan örneklerin çoğunluğu Çok İyi ve İyi-Kullanılabilir sular sınıfını temsil etmektedir (Şekil 7). Yalnızca ES1-41 nolu örnek "Kullanılmaz" sular sınıfında, iki örnek ise "Şüpheli-Kullanılmaz" sular sınıfındadır (Şekil 7).

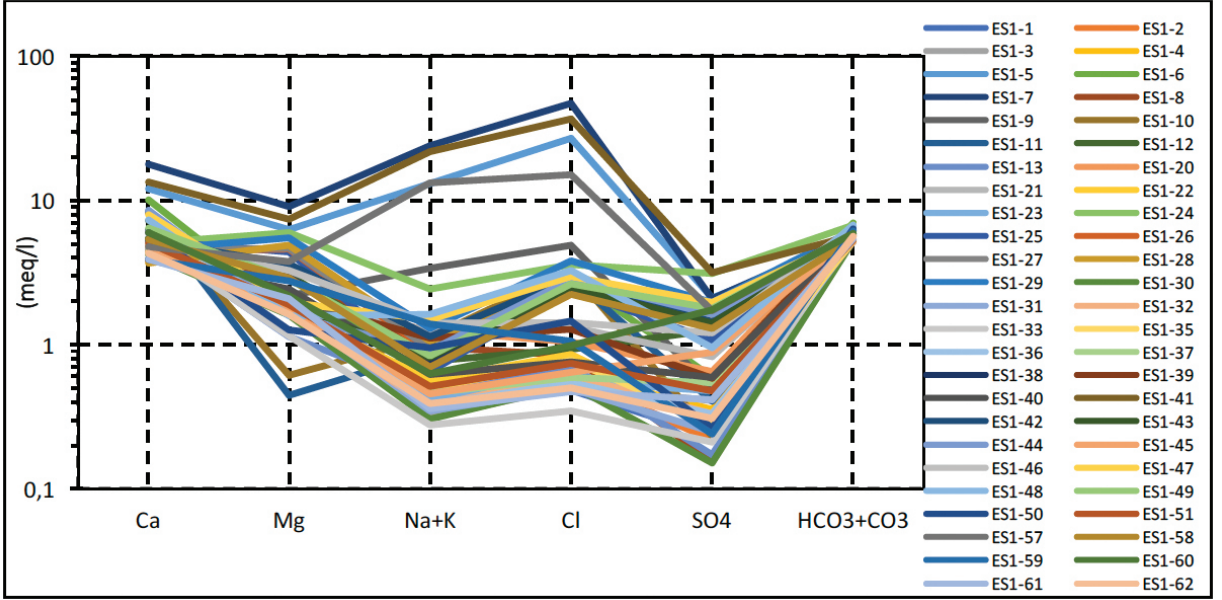
Bu çalışma kapsamında alınan yeraltı suyu örneklerinin majör anyon/kasyon derişimleri kullanılarak oluşturulan Yarı Logaritmik Schoeller Diyagramında (Şekil 8) farklı kimyasal özelliklere sahip olan sular kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Yarı Logaritmik Schoeller Diyagramında meq/L cinsinden  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  ve  $Na^{+}+K^{+}$  kanyonları ve  $Cl^{-}$ ,  $SO_4^{-2}$  ve  $HCO_3^{-}+CO_3^{-2}$  anyonları bulunmaktadır.



Şekil 7. Yeraltı suyu örneklerine ait Wilcox Diyagramı.

Figure 7. Wilcox Diagram of groundwater samples.

Karakuş, Kurt, Yıldırım, Güler, Güven



Şekil 8. Yeraltı suyu örneklerine ait Yarı Logaritmik Schoeller Diyagramı.

Figure 8. Semi-logarithmic Schoeller Diagram of groundwater samples.

Şekil 8’de verilen Schoeller diyagramında genel olarak birbirine paralel çizgiler görülmektedir. Ancak bazı su örneklerinde bu paralellik söz konusu değildir. Bu diyagramda, ES1-11 ve ES1-10 örneklerinin  $Mg^{+2}$  derişimleri diğer su örneklerine oranla belirgin farklılık göstermiştir. ES1-5, ES1-7, ES1-41 ve ES1-57 örneklerinde ise  $Na^{+}+K^{+}$  ve  $Cl^{-}$  derişimlerinin diğer örneklere göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu örneklerin lokasyonları Akdeniz kıyısına yakın konumdadır. Bu noktalarda, aşırı pompaj sonucu deniz suyu girişimi meydana gelmektedir.

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde yeraltı suları evsel, tarımsal ve endüstriyel amaçlı olarak yoğun bir şekilde kullanılmakta ve gün geçtikçe yeraltı sularına

olan talep artmaktadır. Özellikle kıyı kesimlerde yaşanan hızlı nüfus artışı nedeniyle bu talep sürdürülebilir bir şekilde karşılanamamaktadır. Kıyı bölgelerinde bulunan yeraltı suyu kalitesi genel olarak antropojenik faaliyetler ve değişen iklim koşullarından olumsuz yönde daha fazla etkilenmektedir.

Erdemli (Mersin) Kıyı Akiferi (EKA) yeraltı sularının kalitesinin araştırılması amacıyla yapılan bu çalışmada, 2020 yılı Ağustos ayında 50 noktadan yeraltı suyu örnekleme yapılmış ve bu suların fiziksel ve kimyasal parametreleri analiz edilmiştir. Yapılan çalışma ve değerlendirmeler sonucunda EKA’nın Akdeniz kıyısına yakın olan bazı kuyularda elektriksel iletkenlik değerlerinin oldukça yüksek olduğu ve bu noktalarda deniz suyu girişiminin olduğu tespit edilmiştir. Bu örneklerin sodyum ve klorür derişimlerinin WHO tarafından tavsiye edilen

sınır değerlerin üzerinde oldukları belirlenmiştir. Deniz suyu girişimi EKA için önemli bir problem olup bu problemin artarak devam edeceği öngörülmektedir. Çalışma alanındaki yeraltı suları, tarımsal sulama suyu kalitesi açısından değerlendirildiğinde, aktif deniz suyu girişiminin görüldüğü bölgelerdeki suların, sulama amacıyla kullanımının uygun olmadığı belirlenmiştir.

EKA yeraltı sularındaki en önemli kalite problemi nitrat kirliliğidir. Çalışma kapsamında alınan örneklerin nitrat derişimleri 2,17-131,51 mg/L arasında değişmekte olup 15 örneğin nitrat derişimi sınır değerin (50 mg/L) üzerindedir. Bu nitrat kirliliği bölgede yapılan tarımsal aktivitelerde kullanılan suni ve hayvan gübreleri ile kırsal kesimlerdeki fosseptiklerden kaynaklanmaktadır.

Tarımsal faaliyetlerin yıl boyunca devam ettiği Erdemli’de yeraltı suları yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Çalışma alanı ve civarında gün geçtikçe yeni tarım alanlarının açıldığı gözlenmektedir. Bu durum EKA alanındaki azalan su kaynaklarının üzerindeki baskıyı daha da artırmaktadır. Erdemli’de artan tarımsal faaliyetler nedeniyle sulama suyu ihtiyacı artarken, değişen iklim koşullarına bağlı olarak su miktarı azalmaktadır. Sonuç olarak, artan su ihtiyacı ve azalan kaynaklar göz önünde bulundurulduğunda, Erdemli’de acil olarak sürdürülebilir bir entegre su yönetiminin uygulanmasına ihtiyaç vardır.

Küresel su krizinin eşiğinde olduğumuz şu günlerde, 4R ilkeleri olarak adlandırılan Azalt (Reduce), Geri Dönüştür (Recycle), Yeniden Kullan (Reuse) ve Kurtar (Recover) ilkelerine dayanan su yönetimi hedeflerinin EKA’da uygulamaya alınması için yerel ve ulusal ölçekte gereken kararların gecikmeden alınması gerekmektedir.

### Katkı Belirtme

Bu çalışma, Doç. Dr. Mehmet Ali Kurt ve Doç. Dr. Ümit Yıldırım (Eş danışman) danışmanlığında, “Erdemli (Mersin) Kıyı Akiferi Su Kalitesinin Araştırılması” başlıklı Yüksek Lisans Tezi olarak Fatma Ece tarafından Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü’nde yayınlanmıştır. Bu araştırma, “118Y476” nolu “Sürdürülebilir Kıyusal Yeraltı Suyu Yönetimi ve Değişen İklimde Yenilikçi Yönetim Yoluyla Kirlilik Azaltma (Sustain-COAST)” başlıklı TÜBİTAK projesi kapsamında desteklenmiş olup desteklerinden dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederiz. Makaleyi geliştirici eleştiri ve önerileri için hakemlere ve dergi editörüne teşekkürlerimizi sunarız.

### KAYNAKLAR

- Akbulut, C. (2016). Aşağı Seyhan Ovası (Adana) Yeraltı ve YüzeY Suyu Kaynaklarının Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyası, Doktora tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin.
- Alfarrah, N., & Walraevens, K. (2018). Groundwater overexploitation and seawater intrusion in coastal areas of arid and semi-arid regions. *Water*, 10(2), 143. <https://doi.org/10.3390/w10020143>
- Gaaloul, N., Pliakas, F., Kallioras, A., Schuth, C., & Marinos, P. (2012). Simulation of seawater intrusion in coastal aquifers: Forty five-years exploitation in an eastern coast aquifer in NE Tunisia. *The Open Hydrology Journal*, 6(1). DOI:10.2174/1874378101206010031
- Krishan, G., Vashisht, R., Sudarsan, N., & Rao, M. S. (2021). Groundwater salinity and isotope characterization: a case study from South-West Punjab, India. *Environmental Earth Sciences*, 80, 1-11. DOI: 10.1007/s12665-021-09419-7
- Leslie, D. L., & Lyons, W. B. (2018). Variations in dissolved nitrate, chloride, and sulfate in precipitation, reservoir, and tap waters, Columbus, Ohio. *International Journal of*

Karakuş, Kurt, Yıldırım, Güler, Güven

- Environmental Research and Public Health, 15(8), 1752. DOI: 10.3390/ijerph15081752
- Mullaney, J. R., Lorenz, D. L., & Arntson, A. D. (2009). Chloride in groundwater and surface water in areas underlain by the glacial aquifer system, northern United States (Scientific Investigations Report). Reston, VA: US Geological Survey.
- Samantara, M. K., Padhi, R. K., Sowmya, M., Kumaran, P., & Satpathy, K. K. (2017). Heavy metal contamination, major ion chemistry and appraisal of the groundwater status in coastal aquifer, Kalpakkam, Tamil Nadu, India. *Groundwater for Sustainable Development*, 5, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2017.04.001>
- Schoeller, H. (1955). *Gechemie des Eaux Souterranes*. Paris, France, Rev. Inst. Franc. Petrole.
- Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17(5), 517-568. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00018-5)
- Speight, J. G. (2019). *Natural water remediation: Chemistry and Technology*. Butterworth-Heinemann.
- TEMA (2021) [Online]. Available: <https://topraktema.org/toprak-azot-dongusu>.
- Varol, S. (2011). *Tefenni (Burdur) Ovası Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyasal Özelliklerinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- United States Salinity Laboratory Staff (USSLS), (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Handbook 60*, United States Department of Agriculture, 160 pp.
- Wilcox, L.V. (1954). *Classification and use of irrigation water*. U.S. Department of Agriculture Circular 969, Washington, DC.
- World Health Organization, (2011). *Guidelines for Drinking Water Quality*, 4th ed., WHO Publications, Geneva, Switzerland, 2011.



Araştırma Makalesi / Research Article

## Improvement of Clay Soil Using a Plaster Mortar Additive

*Killi Bir Zeminin Sıva Harcı Katkısı Kullanılarak İyileştirilmesi*

Mohammed Zainel QADER<sup>1\*</sup> , Hasan ÇETİN<sup>2</sup> , Emre PINARCI<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> North Oil Company, Kirkuk/Iraq

<sup>2</sup> Çukurova University, Faculty of Engineering, Geological Engineering Department, 01250 Adana/Türkiye

Geliş (Received): 12 Ağustos (August) 2023 / Düzeltme (Revised): 13 Aralık (December) 2023 / Kabul (Accepted): 15 Aralık (December) 2023

### ABSTRACT

The engineering properties of a clay soil and its mixtures (5, 10 and 15% by weight) with a plaster mortar additive (PMA) were studied through a series of soil mechanical tests to investigate possibilities to improve its undesired/problematic plasticity, strength, compaction and consolidation characteristics. The tests included the Atterberg limits, shear box, compaction, consolidation, and unconfined compressive strength tests. The results demonstrated that using PMA can significantly enhance the soil properties and serve as a soil stabilizer. Adding PMA led to a decrease in the plasticity values of the soils. Moreover, it was observed that the highest maximum dry unit weight and the lowest optimum moisture content were achieved when 15% PMA was added. The soil strength properties reached maximum values when the mixtures contained 15% PMA. Additionally, an optimal coefficient of volume compressibility ( $m_v$ ) was obtained when the PMA ratio in the mixtures was 10%. It was concluded that the plaster mortar additive used in this study could significantly improve the geotechnical parameters of the soil.

**Keywords:** Handere clay, soil stabilization, plaster mortar additive, compaction

### ÖZ

Killi bir zeminin ve sıva harcı katkı (PMA) ile oluşturulan karışımlar ile (ağırlıkça %5, %10 ve %15) plastisite, dayanım, kompaksiyon ve konsolidasyon karakteristikleri gibi jeoteknik özelliklerinin iyileştirebilme olanakları bir dizi zemin mekaniği deneyi ile incelenmiştir. Örnekler üzerinde Atterberg limitleri, hidrometre, özgül ağırlık, kesme kutusu, kompaksiyon, konsolidasyon, serbest basınç dayanım testleri yapılmıştır. Zeminin plastisite değerlerinin sıva harcı katkısı ilavesi ile azaldığı görülmüştür. Karışımlarda en yüksek maksimum kuru birim hacim ağırlık ve en düşük optimum su içeriği değerlerinin %15 sıva harcı katkısı ilavesi ile elde edildiği bulunmuştur. Zeminin dayanım özelliklerinin %15 sıva harcı katkısı ilave edildiğinde maksimum değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Zeminin sıkışma katsayısı ( $m_v$ ) değerlerinin %10 sıva harcı katkısı ilavesi ile en ideal değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan sıva harcı katkısının zeminin jeoteknik parametrelerini önemli ölçüde iyileştirebildiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Handere kili, zemin iyileştirme, sıva harcı katkısı, kompaksiyon

## INTRODUCTION

Cement-based soil stabilization has been a widely employed method in geotechnical engineering for many years. Soil, which serves as the foundation for buildings and human settlements, is an awe-inspiring natural phenomenon. In numerous civil engineering projects, problematic soils are characterized by low bearing capacity that require stabilization. Chemical stabilization is one of several engineering techniques used to enhance the mechanical and durability properties of soils. Naturally, soils exhibit various types, including soft and weak soils with low bearing capacity, moderately stiff soils with satisfactory bearing capacity, and highly stiff soils with high bearing capacity.

During the building of structures, tunnels, and bridges, it is essential to assess the soil quality and its cohesive properties thoroughly. Certain soils possess weak characteristics that render them unable to withstand imposed loads, necessitating the enhancement of their properties to provide adequate support for the structures built upon them. Various materials are employed to improve soils, including lime, cement, tire chips, natural fibers, bitumen, biopolymer, fly ash, waste glass powder, natural rubber latex and chemical substances such as magnesium chloride (Yang et al., 2002; Youwai and Bergado, 2004; Cetin et al., 2006; Tran et al., 2022; Sheob et al., 2023; Agarwal et al., 2023; Aswad et al., 2023; Akbarimehr et al., 2023; Zhou et al., 2023).

Soil stabilization is a geotechnical process to enhance soil quality and improve its engineering properties. It involves various methods such as mechanical interventions, chemical treatments, and other techniques aiming to maintain soil stability, improve engineering characteristics, limit water absorption capacity, and reduce

compressibility (Zada et al., 2023; Sharma et al., 2018; Suresh and Murugaiyan, 2021). In the past several decades, precast concrete with high strength and fast installation has been extensively used for soft-ground improvement (Chen et al., 2019; Ding et al., 2020; Li et al., 2018; Pengjiao et al., 2020; Tong et al., 2022; Wang et al., 2018a; Wang et al., 2018b; Zhuang et al., 2020).

Not all soils in their natural state possess the required properties to support foundations and structures adequately. Soil improvement techniques are frequently employed in countries prone to earthquakes or land scarcity. These countries actively seek to enhance their soils, aiming to reduce risks and improve weak soil conditions. Over the years, soil improvement techniques have evolved through successful and unsuccessful attempts. Cost, technical feasibility, and environmental impacts must be carefully considered when selecting soil improvement methods. Once the area where soil improvement is needed has been identified, one or more techniques are applied to achieve the following objectives: Reduce settlement, reduce swelling and shrinkage, increase shear strength, reduce permeability, reduce compressibility, increase bearing capacity increase safety factor against possible slide, reduce liquefaction risk (seismic areas).

The aim of this study is to investigate possibilities to improve the undesired/problematic plasticity, strength, compaction and consolidation characteristics of a clayey soil known as the Handere Formation of the late Miocene to Pliocene age (Schmidt, 1961), which outcrops throughout the northern parts of Adana city (the fifth largest city in Türkiye), where extensive settlement projects are now underway especially after the devastating Pazarcık Mw=7.8 (USGS) and Elbistan (Kahramanmaraş) Mw

= 7.5 (USGS) so-called twin earthquakes on February 6<sup>th</sup>, 2023 killed more than 60,000 people both in Türkiye and Syria. Grain size (both sieve and hydrometer) and Atterberg limits analysis, direct shear, compaction and consolidation tests were performed on the clayey soil alone and its mixtures (5, 10 and 15% by weight) with plaster mortar additive (PMA). The PMAs are an easily/commercially available, high-performance micro air-entraining mortar admixture originally designed to improve the permeability, workability, and freeze-thaw resistance of plaster mortars. Using the PMA in civil engineering applications such as foundations, embankments and backfills behind retaining structures over weak or high-compressibility soils is advantageous because of its easy application, fast curing and relatively low cost compared to some other soil improvement materials such as fibers and chemical substances.

### Geology of the Adana Basin

The Adana Basin, where the study area is located, comprises marine and terrestrial sediments and limestones spanning from the Oligocene to the recent era. The basin's stratigraphy from bottom to top, consists of the Gildirli formation from the Oligocene age at the very bottom and Quaternary age alluviums of the Seyhan and Ceyhan rivers at the top. Overlying the Gildirli Formation is the Karaisalı Formation, dating back to the Early Miocene, which was deposited in a shelf setting. A detailed geological map is given in Figure 1 and discussed further by Yetiş and Dermikol (1986), Ünlügenç (1993), Yetiş et al. (1995).

The Handere Formation is conventionally known to rest on the marine deposits of the Kuzgun Formation (Gürbüz & Kelling, 1993; Yetiş et al., 1995; Nazik, 2004; Darbaş ve Nazik, 2010. Recent studies show that the Handere formation has an unconformable contact with

the Kuzgun formation (Cosentino et al., 2010a, b; Cipollari et al., 2012). The conventionally accepted stratigraphy of the unit refers to the gypsum member of the Handere formation being located at the top of the formation; recent studies indicate that these gypsum levels are located at the bottom of the unit and have contact with the Kuzgun formation (Cosentino et al., 2010a, b; Cipollari et al., 2012).

The Handere formation is exposed in a large area in the northern part of Adana city, a promising candidate for new settlements, especially after the recent devastating earthquakes. Therefore, the engineering properties of the unit have been investigated in detail. The clayey soils and the gypsum levels within the Handere Formation are not eligible for building structures; because the clayey soils in the Handere Formation have high shrink-swell capacity and collapsing potential due to their gypsum content. However, many buildings and a lot of infrastructure have already been built. The current structures and the following generation buildings and infrastructure were under different types of risk if these clayey soils and gypsum levels would be not treated.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

The clayey soil used in this study was obtained from the Handere formation of the late Miocene to Pliocene age (Schmidt, 1961). This unit is exposed in a large area in the northern part of Adana city, where extensive settlement projects are presently underway. Though it predominantly comprises clay levels, various other sedimentary rock types such as sandstone, gravelly sandstone, siltstone, mudstone and marl are also included especially in the upper levels of this regressive unit. Additionally, problematic gypsum lenses of varying thicknesses can be

Qader, Çetin, Pınarcı

found in certain levels of the unit. Conglomerates exhibit large-scale trough cross-bedding, while fine-grained materials show parallel lamination.

The thickness of the formation falls within the range of 120 to 700 meters, as reported by Yetiş and Demirkol (1986).

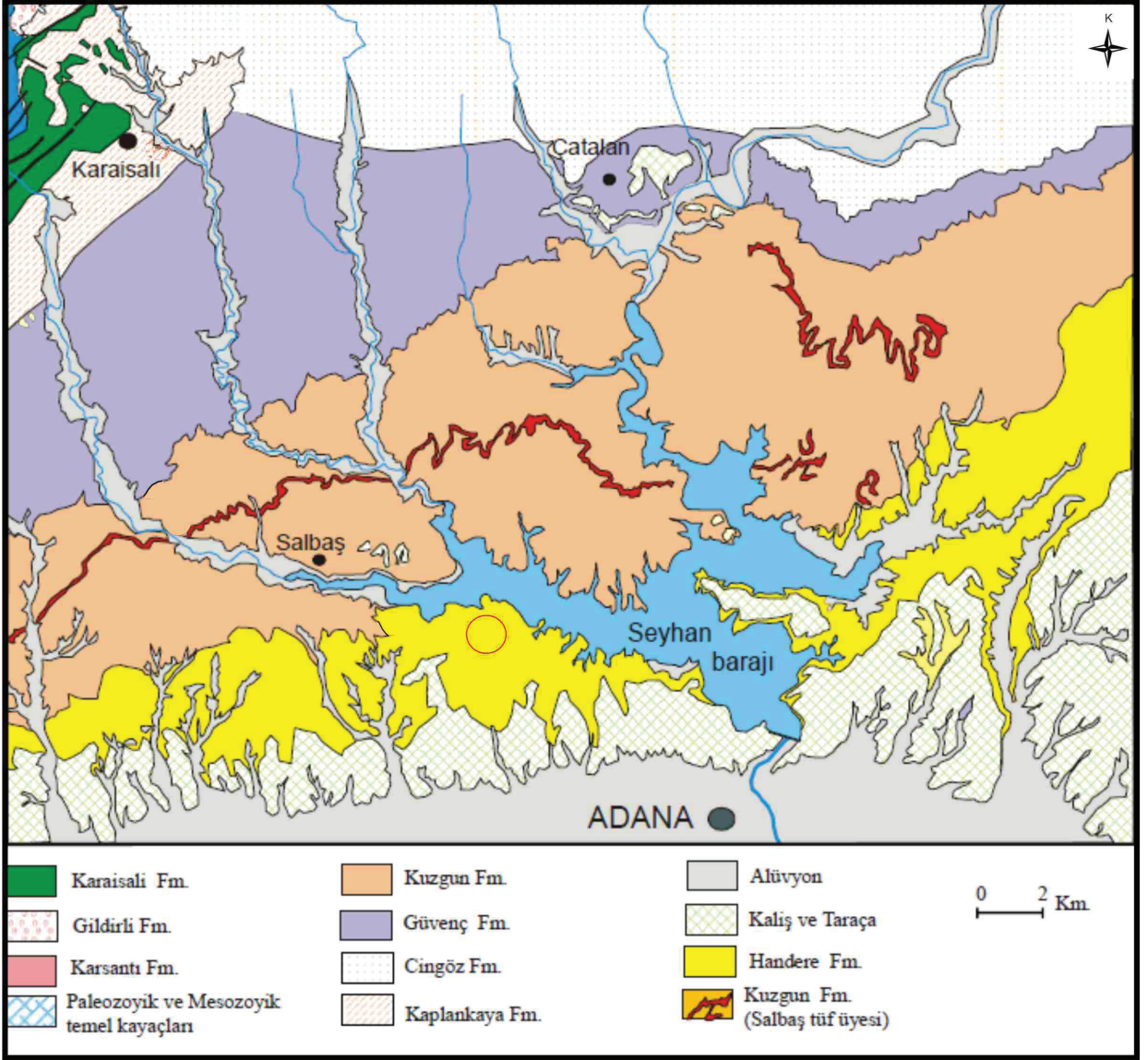


Figure 1. Geological map of the study area [modified from Yetiş and Dermikol (1986), Ünlügenç (1993), and Yetiş et al. (1995), the red circle shows sampling location].

Şekil 1. Adana Baseninin jeolojik haritası [Yetiş ve Dermikol (1986), Ünlügenç (1993), ve Yetiş ve ark.(1995)'den değiştirilerek, kırmızı daire örnek alınan lokasyonu göstermektedir].



### Plaster Mortar Additive (PMA)

This study employed MasterCast 301 high performance plasticizer admixture for plaster mortars as a soil stabilizing agent. MasterCast 301 is a high-performance micro air-entraining mortar admixture designed to improve plaster mortars' permeability, workability, and freeze-thaw resistance. It is composed of a dilute solution of surface-active substances combined with an organic acid with a specific gravity of 1.0-1.1 kg/lt. It has a homogenous air entraining feature, reduces segregation and efflorescence effects on mortars without admixture, enhances neatness and workability features in mortars, enhances strength to freeze-thaw cycle and lowers costs.

The material finds application in various contexts, including indoor and outdoor spaces for vertical applications, in plaster mortars to improve impermeability, and in brick and stone coating mortars to improve workability (<https://mbcc.sika.com/en-tr/products/mastercast/mastercast-301>)

### Methods

After collecting soil samples from the field and transporting them to the laboratory, four different sample cases were prepared: 0% PMA (pure soil) and soil mixed with PMA at 5%, 10%, and 15% by dry weight. Soil mechanical tests were conducted in the laboratory using appropriate equipment to analyze the soil properties and assess the impact of PMA on the soil properties and their potential for improvement. The soil mixtures' optimum water contents ( $\omega_{opt}$ ) and maximum dry unit weights ( $\gamma_{dmax}$ ) were determined through the standard proctor tests. The mixtures were compacted within the proctor mold at the determined optimum water contents. The direct shear and

consolidation tests were subsequently conducted on subsamples obtained from the compacted samples. The soil mechanical tests adhered to the following standards set by the ASTM (American Society for Testing and Materials).

- Standard Proctor test (ASTM D 698, 2009)
- Unconfined compressive strength test (ASTM D 2166, 2009)
- Shear box test (ASTM D 3080, 2003)
- Consolidation test (ASTM D 2435, 2009)

### Standard Proctor Test

In 1933, Proctor developed a laboratory compaction test procedure for calculating the maximum dry unit weight achievable through soil compaction. This value can be utilized as a specification for field compaction activities. The test is conducted following the guidelines outlined in ASTM D698 (2009). This particular test is utilized to determine the optimum moisture content at which the maximum dry density of the soil is achieved. When constructing infrastructure such as airports, highway bridges, and other structures, it is often necessary to compact the soil to improve its strength.

### Unconfined Compressive Strength Test

The test was conducted following the American Society for Testing Materials (ASTM) standard D2166 (2009). This particular test is designed to determine the compressive strength of cohesive soil when subjected to axial load application under strain-controlled conditions. The test can be performed on the soil in its intact, remolded, or reconstituted state. It provides an approximation of the cohesive soil's strength in terms of total stresses.

## Direct Shear Test

The test is conducted according to ASTM D 3080 (2003). The objective of this test is twofold: to quantify the soil's cohesion ( $c$ ) and internal friction angle ( $\phi$ ) and to analyze the shear behavior of the soil sample.

## Consolidation Test

The consolidation test is carried out following the specifications outlined in ASTM D 2435 (2009). The purpose of the consolidation test is to assess the extent and rate at which a laterally confined soil specimen experiences volumetric contraction under different vertical pressures. By subjecting the soil specimen to varying vertical pressures, valuable information regarding the magnitude and rate of volume decrease can be obtained to understand the consolidation characteristics of the soil.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Standard Proctor Test

This test aims to determine the optimum moisture content ( $\omega_{opt}$ ) and maximum dry density ( $\gamma_{dmax}$ ) values before and after adding the PMA. The results obtained from the Standard Proctor tests, as illustrated in Figure 2, depict the variations in optimum water content and maximum dry density observed when different percentages of PMA were added (5%, 10%, and 15%, respectively).

According to the results, the  $\omega_{opt}$  for the 0% PMA was 24.2%, while the dry density was 1.455 g/cm<sup>3</sup>. For the PMA-treated soil, the compaction tests revealed an  $\omega_{opt}$  of 22.5% for soil mixed with 5% PMA, resulting in a  $\gamma_{dmax}$  of 1.465 g/cm<sup>3</sup>. Similarly, a  $\omega_{opt}$  of 21.5% was determined for soil mixed with 10% PMA, resulting in a dry density of 1.5 g/cm<sup>3</sup>. With an increase in the PMA ratio to 15%, the  $\omega_{opt}$  decreased to 21.4%, and the  $\gamma_{dmax}$  increased to 1.56 g/cm<sup>3</sup>.

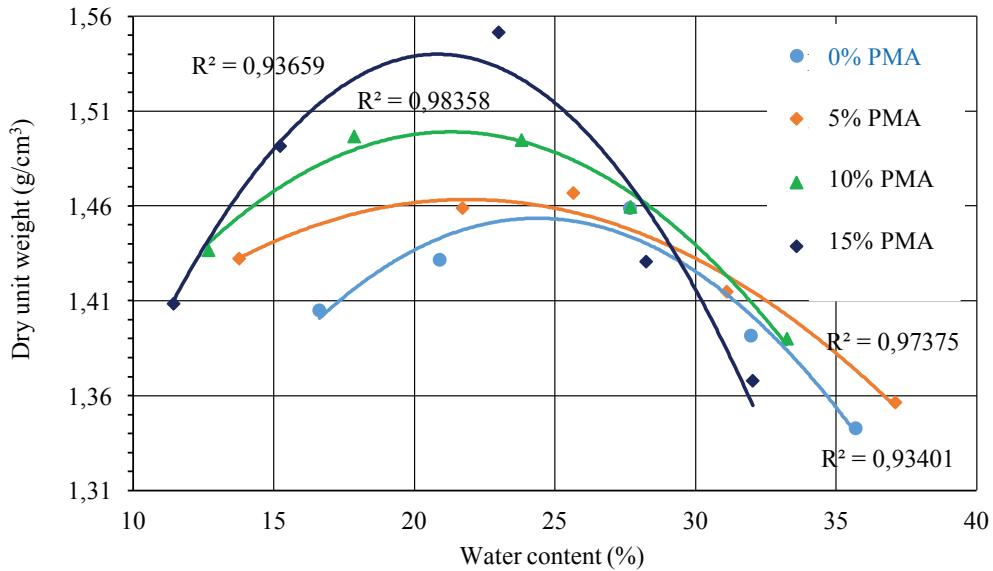


Figure 2. Standard Proctor test results.

Şekil 2. Standart Proctor deney sonuçları.

### Unconfined Compressive Strength

At the outset, the test was conducted on three specimens in the soil's natural state. Subsequently, the test was repeated after the introduction of varying proportions of PMA (5%, 10%, and 15%, respectively). The impact of PMA is presented in Figure 3 for each percent mixture, as well as the pure soil. Adding PMA to the soil yielded discernible variations in the test results. The average unconfined compressive strength exhibited an increase, rising from 1.22 kg/cm<sup>2</sup> for the 0% PMA to 1.64 kg/cm<sup>2</sup> for soil with 5% PMA, 2.43 kg/cm<sup>2</sup> for soil with 10% PMA, and 2.77 kg/cm<sup>2</sup> for soil with 15% PMA.

### Direct Shear Test

The shear strength of the soil was assessed in the laboratory using a shear box test. The test was conducted in two stages. In the first stage, the clay soil was sheared at varying normal stresses (1.94 kg/cm<sup>2</sup>, 2.78 kg/cm<sup>2</sup>, 3.61 kg/cm<sup>2</sup>, and 4.44 kg/cm<sup>2</sup>), simulating possible various overburden or field conditions. In the second stage, the mixture samples were tested under the same loading conditions following the ASTM D3080 (2009) standard. The resulting shear strength-deformation curves are presented in Figure 4.

The shear strength parameters ( $c$  and  $\phi$ ) increased proportionately to the quantity of PMA introduced. The failure envelopes for the soils with different percentages of PMA are depicted in Figure 5.

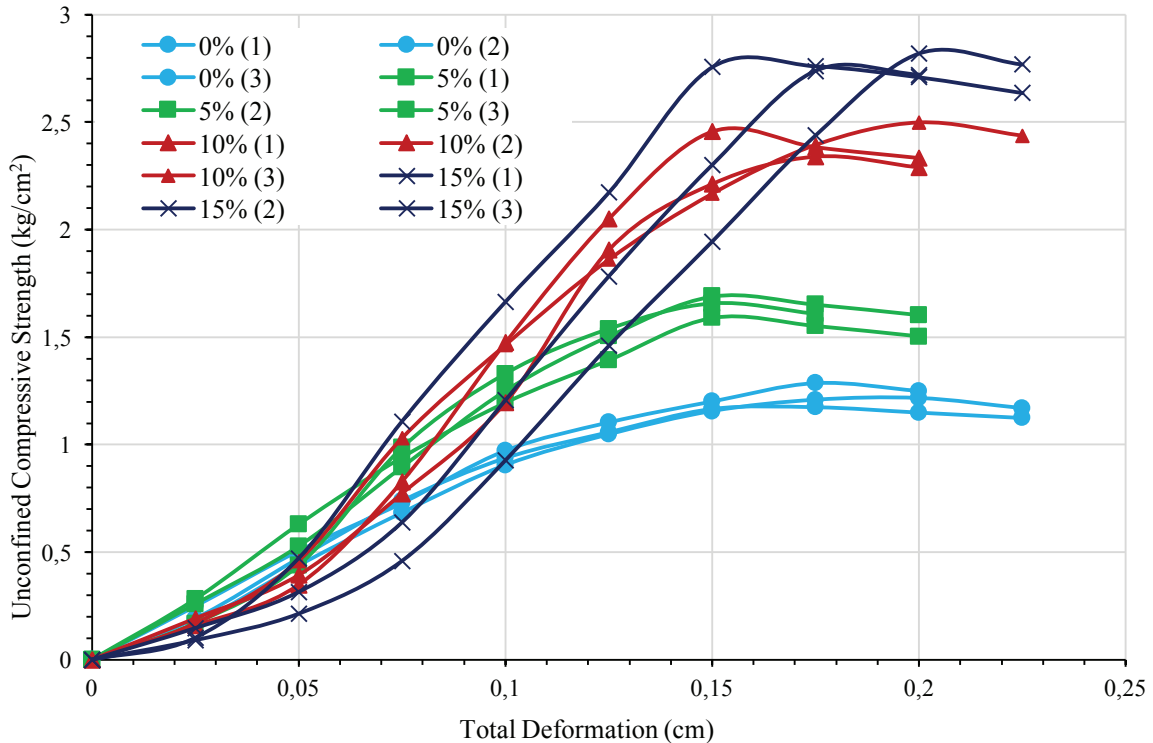


Figure 3. The unconfined compressive strength test results.

Şekil 3. Serbest basınç dayanımı deney sonuçları.

Qader, Çetin, Pınarcı

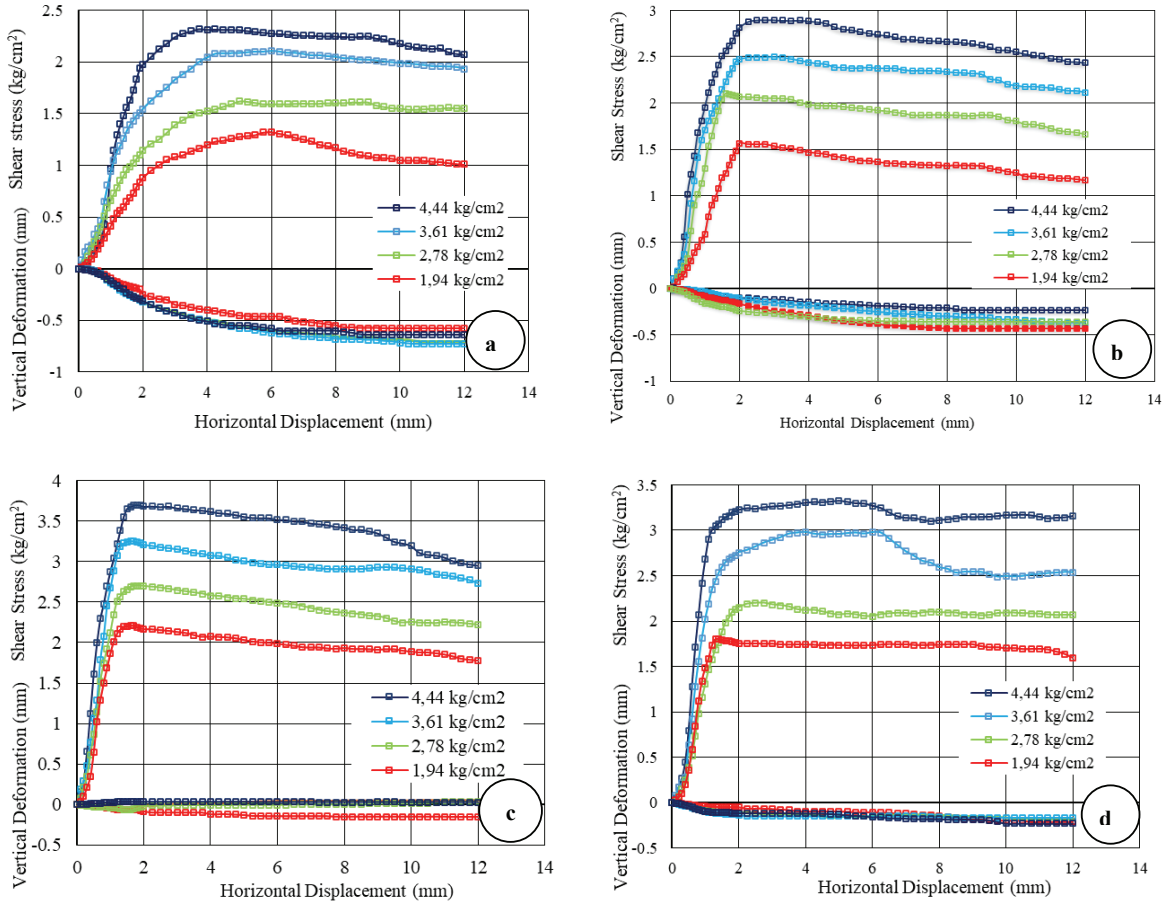


Figure 4. Stress-strain curves for the a) 0% PMA, b) 5% PMA added soil, c) 10% PMA added soil, and d) 15% PMA added soil under different normal stresses.

Şekil 4.a) %0 PMA eklenmiş zeminin, b) % 5 PMA eklenmiş zeminin, c) % 10 PMA eklenmiş zeminin, d) % 15 PMA eklenmiş zeminin farklı normal gerilmeler altında gerilme-deformasyon eğrileri.

Based on the findings from the test results, it was observed that the soil cohesion exhibited a gradual increase as the percentage of PMA increased. This suggests a positive effect of PMA. The internal friction angle similarly increased in direct proportion to the addition of PMA, culminating at approximately 15%. This observation reaffirms the positive influence of PMA on the soil, as depicted in Figure 6.

### Consolidation Test

The standard consolidation tests were conducted both on the clay soil alone and the subsamples obtained from the 5%, 10%, and 15% PMA mixture samples compacted under the determined optimum moisture contents in order to study their compressibility characteristics.

The loading program was chosen as 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0, and 10.0 kg to obtain a more detailed curve with a distinct break.

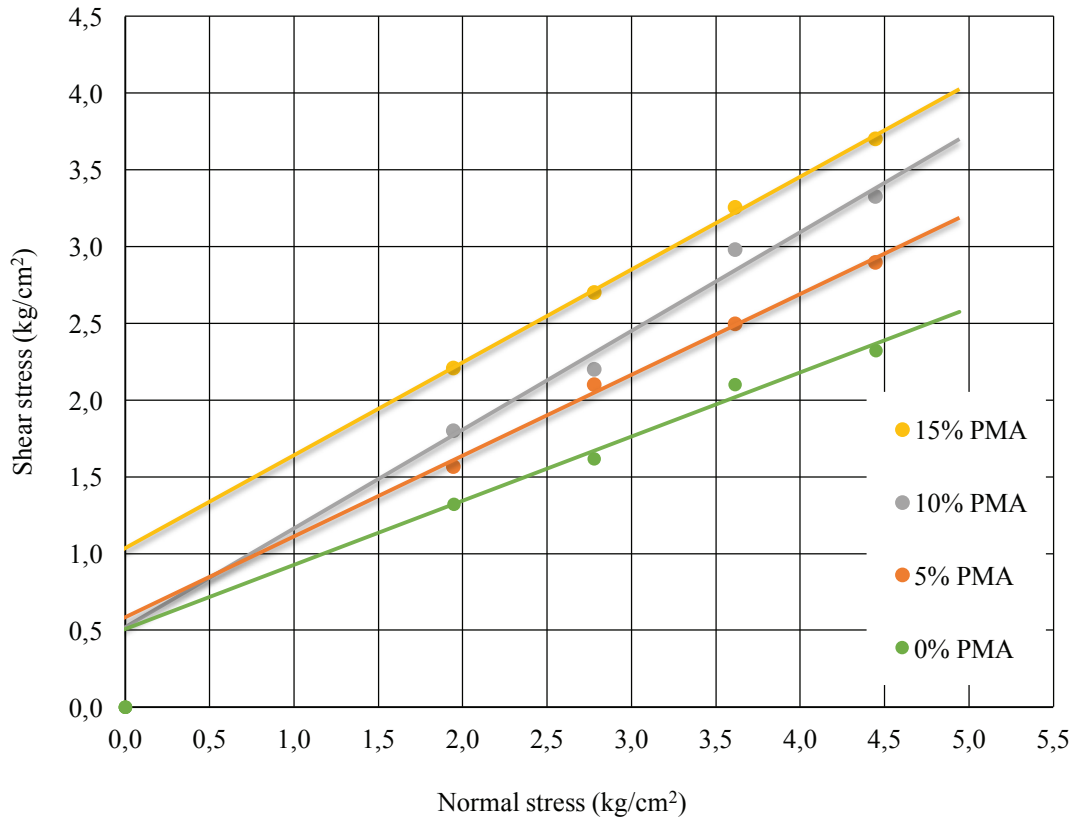


Figure 5. Failure envelopes for the soils before and after adding PMA.

Şekil 5. PMA eklenmiş ve eklenmemiş zeminlerin kırılma zarfı.

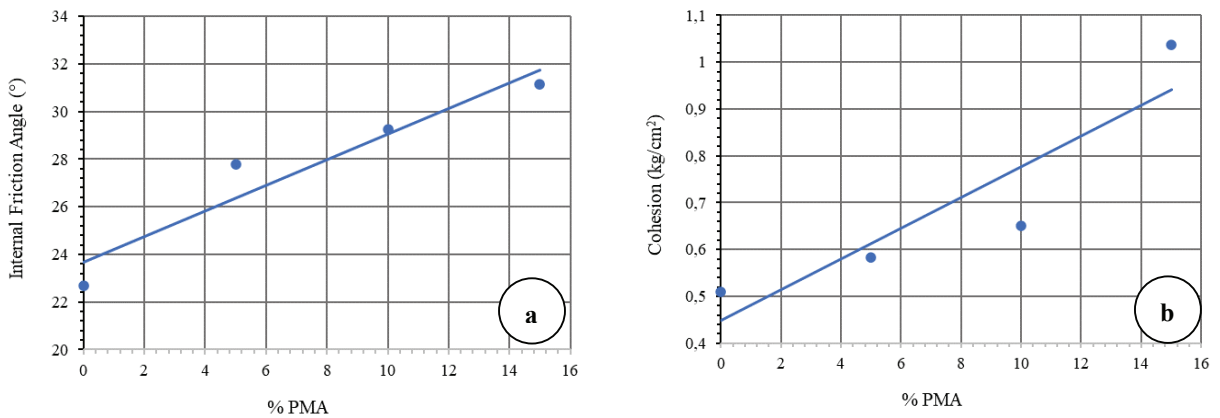


Figure 6. PMA % - a) internal friction angle and b) cohesion relationships.

Figure 6. % PMA ile a) içsel sürtünme açısı ve b) kohezyon arasındaki ilişki.

Qader, Çetin, Pınarcı

The void ratio vs. log of effective stress curves for the tests are shown in Figure 7.

The initial void ratios decreased from 0.8723 in 0% PMA to 0.7695 at 15% PMA.

As can be seen, the coefficient of the volume of compressibility ( $m_v$ ) decreases as shown but with the increase to 10% of PMA (Fig. 8). It gradually decreases in the soil by 5%,  $m_v$  decreases sharply.

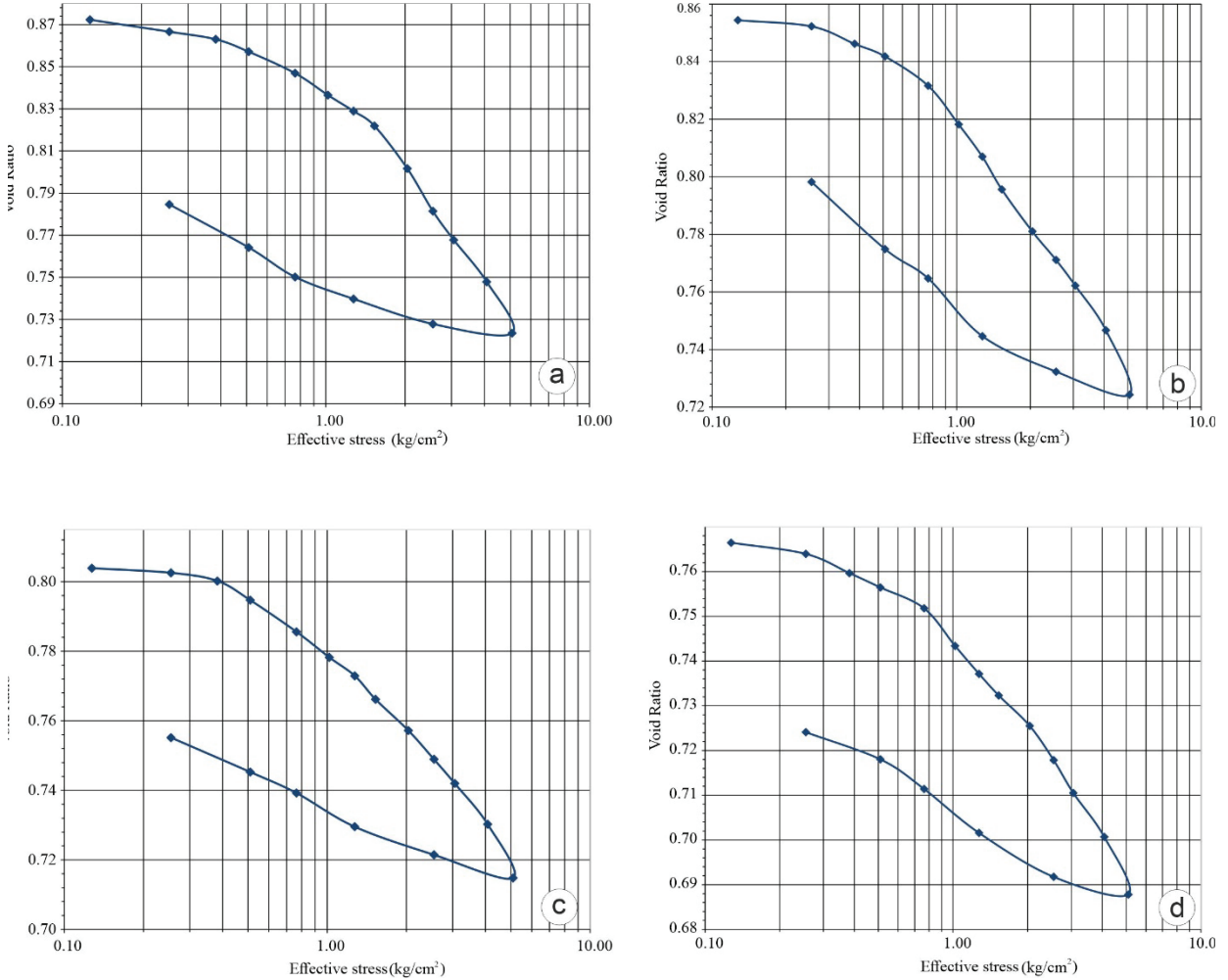


Figure 7. Void ratio versus effective stress curve for the a) 0 % PMA, b) 5% PMA added soil, c) 10% PMA added soil and d) 15% PMA added soil.

Şekil 7. a) %0 PMA eklenmiş zeminin b) %5 PMA eklenmiş zemin c) %10 PMA eklenmiş zemin d) %15 PMA eklenmiş zemin için boşluk-oranı-efektif gerilme eğrileri.

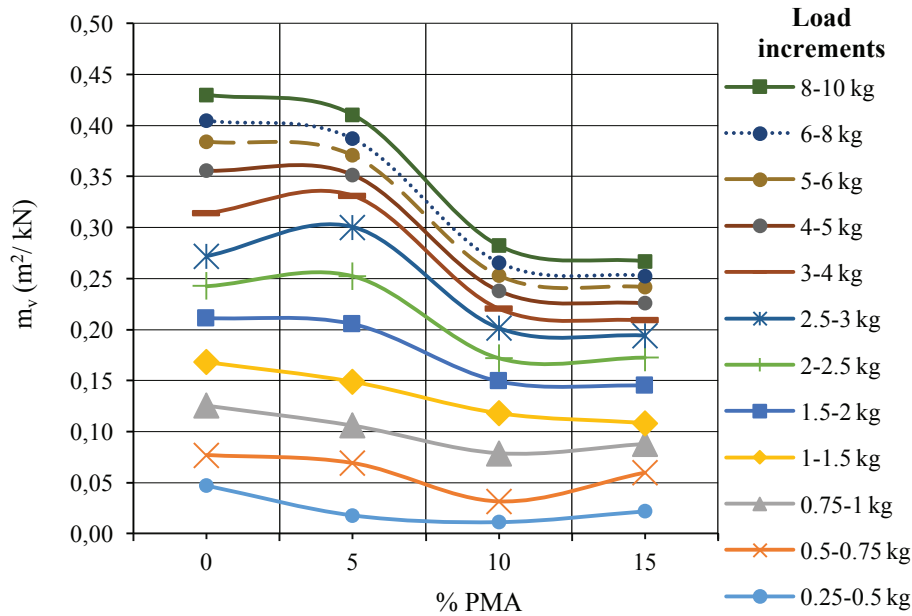


Figure 8. The coefficient of volume of compressibility ( $m_v$ ) changes under different loads with respect to % PMA.

Şekil 8. PMA yüzdelere göre farklı yük kademelerinde hacimsel sıkışma katsayılarının değişim grafiği.

Then, while it stays about the same for higher loading increments (1.5-10 kg, for example), it slightly decreases for the load increment of 1-15 kg and it slightly increases for the load increment of 0.25-1.0 kg. Notably, the  $m_v$  exhibited a decreasing trend. The decrease was gradual for soils with a 5% PMA content but became more pronounced with a 10% PMA content. Subsequently, the  $m_v$  remained relatively constant for higher loading increments (1.5-10 kg), experienced slight decreases for load increments of 1-15 kg, and displayed slight increases for load increments of 0.25-1.0 kg.

## CONCLUSIONS

According to the compaction test results, the optimum water content for the 0% PMA was 24.2% and the dry density was 1.455 g/cm<sup>3</sup>. After 15% PMA treatment, the optimum water content

and the maximum dry density became 21.4% and 1.54 g/cm<sup>3</sup> respectively. The optimum moisture content decreased from 24.2% in 0% PMA to 21.4% at 15% added PMA. The dry soil density increased from 1.46 g/cm<sup>3</sup> in 0% PMA to 1.54 g/cm<sup>3</sup> at 15% added PMA.

According to the consolidation test, the void ratios decreased from 0.8723 in 0% PMA to 0.7695 at 15% PMA added soil. The coefficient of volume of compressibility ( $m_v$ ) decreases as % PMA increases. The decrease is higher in higher load increments than the lower ones. The plasticity values of the soils were reduced by the addition of PMA. Furthermore, it was determined that the highest maximum dry unit weight and the lowest optimum moisture content were obtained by 15% PMA addition. The soil strength properties reached the maximum values for the 15% PMA added mixtures. Likewise, it is determined that the coefficient of volume

compressibility ( $m_v$ ) is ideal when the PMA ratios in the mixtures are 10% and 5%, respectively. The unconfined compressive strength increased from 1.27 kg/cm<sup>2</sup> in 0% PMA to 2.77 kg/cm<sup>2</sup> with 15% PMA addition. The shear strength of 0% PMA increased from 1.09 kg/cm<sup>2</sup> to 3.35 kg/cm<sup>2</sup> (more than 200%) for the 15% PMA added soil. In conclusion, the PMA significantly enhanced the soil properties and can be used as a soil stabilizer.

## REFERENCES

- Akbarimehr, D., & Fakharian, D. (2021). Dynamic shear modulus and damping ratio of clay mixed with waste rubber using cyclic triaxial apparatus. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 106435.
- Agarwal, B. K., Shah, J. & Sachan, A. (2023). Determination of optimum content of additive for stabilization of expansive soil considering its shrinkage, swelling, desiccation cracking, and shear strength response. *Transportation Infrastructure Geotechnology*.
- Ahmed, H. (2023). Two-dimensional study of the inclusions of skirt sand and deep cement piles to improve the load-displacement behavior of circular foundations on soft clay soil. *Heliyon*, e13627.
- ASTM D 2166, (2009). Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil, In: *Annual Book ASTM Standards*, Volume 04.08, West Conshohocken, p 201–206.
- ASTM, D 2435, (2009). Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils, In: *Annual Book of ASTM Standards*, Volume 04.08, West Conshohocken, p 238–247.
- ASTM, D 3080-98, (2003). Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. *Annual Book of ASTM Standards*, pp.347–352. West Conshohocken, PA, 4.08.
- ASTM, D 698-00, (2009). Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort. *Annual Book of ASTM Standards*. American Society for Testing and Materials, 04.08, West Conshohocken, pp. 78–87.
- Aswad M. F., Al-Gharbawi, A. S. A, Fattah, M. Y., Mustafa, R. H. & Hameed, H. R. (2023). Improvement of Clayey Soil Characteristics Using Poly Acrylamide Geopolymer, *Transportation Infrastructure Geotechnology*.
- Cetin, H., Fener, M. & Günaydın, O., 2006. Geotechnical properties of tire-cohesive clayey soil mixtures as a fill material. *Engineering Geology*, Elsevier, Vol. 88, pp. 110-120.
- Chen, Y., Zhao, W., Han, J., & Jia, P. (2019). A cel study of bearing capacity and failure mechanism of strip footing resting on c-φ soils. *Comput. Geotech.* 111, 126–136.
- Cosentino, D., Darbaş, G., Gliozzi, E., Grossi, F., Gürbüz, K. & Nazik, A. (2010a). How did the Messinian salinity crisis impact the Adana Basin? 7<sup>th</sup> International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Adana, Turkey, 18–22 October 2010. *Abstract Book*, 145.
- Cosentino, D., Darbaş, G., & Gürbüz, K. (2010b). The Messinian salinity crisis in the marginal basins of the peri-Mediterranean orogenic systems: examples from the central Apennines (Italy) and the Adana Basin (Turkey). *EGU General Assembly 2010*. 2-7 May, 2010 in Vienna, Austria, p.2462
- Cipollari, P., Cosentino, D., Radeff, G., Schildgen, T. F., Faranda, C., Grossi, F., Gliozzi, E., Smedile, A., Gennari, R., Darbas, G., Dudas, Ö., Gürbüz, K., Nazik, A., & Echtler, H. (2012). Easternmost Mediterranean evidence of the Zanclean flooding event and subsequent surface uplift: Adana Basin, southern Turkey. *Geological Society, London, Special Publications Volume 372 Pages 473 – 494*.
- Darbaş, G. & Nazik, A. (2010). Micropaleontology and paleoecology of the Neogene sediments in the Adana Basin (South of Turkey). *Journal of Asian Earth Sciences* 39, 136–147.



- Ding, X., Qu, L., Yang, J., & Wang, C., (2020). Experimental study on the pile group-soil vibration induced by railway traffic under the inclined bedrock condition. *Acta Geotech.* 15 (12), 3613–3620.
- Faranda, C., Cipollari, P., Cosentino, D., Gliozzi, E. & Pipponzi, G. (2008). Late Miocene ostracod assemblages from eastern Mediterranean coral-reef complexes (central Crete, Greece). *Revue de Micropaléontologie* 51, 287–308.
- Gürbüz, K. & Kelling, G. (1993). The provenance of Miocene submarine fans in the northern Adana Basin, southern Turkey: a test of discriminant function analysis. *Geological Journal* 28, 277–293.
- <https://mbcc.sika.com/en-tr/products/mastercast/mastercast-301>
- Pengjiao, J., Wen, Z., Khoshghalb, A., Pengpeng, N., Baofeng, J., Yang, & C., Shengang, L., (2020). A new model to predict ground surface settlement induced by jacked pipes with flanges. *Tunn. Undergr. Sp. Tech.* 98, 103330.
- Proctor, R. R., (1933). Fundamental principles of soil compaction. *Engineering News-Record*, Vol. 111, Nos. 9, 10, 12, and 13.
- Schmidt, G. C., (1961). Stratigraphic nomenclature for Adana region, Petroleum District VII: Petroleum Administration Bulletin, Ankara, 6. 47- 63.
- Sharma, L., Sirdesai N. N., Sharma K. M., & Singh T. N. (2018). Experimental study to examine the independent roles of lime and cement on the stabilization of a mountain soil: a comparative study, *Appl. Clay Sci.* 152 183–195.
- Sheob. M., Sajid, M., Ansari, A., M., Rais, I., Sadique, M.R., & Ahmad, S. (2023). Using a blend of cement and waste glass powder to improve the properties of clayey soil. *Materials Today: Proceedings*.
- Suresh, R. & Murugaiyan, V. (2021). Influence of chemical admixtures on geotechnical properties of expansive soil, *Int. J. Eng., Trans. A: Basics* 34 (1). 19–25.
- Tong, L., Li, H., Ha, S.I. & Liu, S., (2022). Lateral bearing performance and mechanism of piles in the transition zone due to pit-in-pit excavation. *Acta Geotech* 17 (5), 1935–1948.
- Tran, Q, N., Hoy, M., Suddepong, A., Horpibulsuk, S., K., K. & Arulrajah, A. (2022). Improved mechanical and microstructure of cement-stabilized lateritic soil using recycled materials replacement and natural rubber latex for pavement applications. *Construction and Building Materials*, 347, 128547.
- Ünlügenç, U. C. (1993). Controls on Cenozoic sedimentation, Adana Basin, Southern Turkey. PhD thesis, University of Keele.
- Wang, A., Zhang, D., & Deng, Y., (2018a). Lateral response of single piles in cement-improved soil: numerical and theoretical investigation. *Comput. Geotech.* 102, 164–178.
- Wang, A., Zhang, D., & Deng, Y., (2018b). A simplified approach for axial response of single precast concrete piles in cement-treated soil. *International Journal of Civil Engineering.* 16 (10), 1491–1501.
- Yang, S., Lohnes, R.A., & Kjartanson, B.H. (2002). Mechanical properties of shredded tires. *Geotechnical Testing Journal* 25, 44–52.
- Yetiş, C. & Demirkol, C., (1986). Adana Baseni Batı kesiminin detay etüdü. MTA Rapor No: 8037, 187s. (unreleased, in Turkish).
- Yetiş, C., Kelling, G., Gökçen, S.L. & Baroz, F. (1995). A revised stratigraphic framework for Later Cenozoic sequences in the northeastern Mediterranean region. *Geol. Rundsch.* 84, 794–812.
- Yi, Y. L. Liu, & Gu, S. (2015). Microstructural and mechanical properties of marine soft clay stabilized by lime-activated ground granulated blast furnace slag, *Appl Clay Sci* 103 71–76.
- Youwai, S., & Bergado, D.T., (2004). Numerical analysis of reinforced wall using rubber tire chips-sand mixtures as backfill material. *Computers and Geotechnics* 31, 103–114.

Zada, U., Jamal, A., Iqbal, M., Eldin, S. M., Almoshaogeh, M., Bekkouche, S. R., & Almuaythir, S., (2023). Recent advances in expansive soil stabilization using admixtures: current challenges and opportunities. *Case Studies in Construction Materials*. e01985.

Zhuang, Y., Cui, X., Zhang, S., Dai, G., & Zhao, X. (2020). The load transfer mechanism in reinforced piled embankment under cyclic loading and unloading. *Eur. J. Environ. Civ. En.* 1–15.

Zhou, EQ., Yao, Y., Cui, L. & Wang, L. (2023). Shear strength characteristics of unsaturated rubber silt mixtures. *Rock and Soil Mechanics*, 44 (7): 1949-1958.

Araştırma Makalesi / Research Article

## Ankara Kilinde Örselenme Etkisinin ve Derinliğe Bağlı Zemin Özelliklerinin Jeoteknik Arazi ve Laboratuvar Deneylerine Bağlı Olarak İncelenmesi

*An Investigation of the Disturbance Effect and Depth-Dependent Soil Behavior of Ankara Clay Based on Geotechnical Field and Laboratory Tests*

Gökhan ŞAHİN<sup>\*</sup> , Mustafa Kerem KOÇKAR   
Hacettepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara

Geliş (Received): 13 Kasım (November) 2023 / Düzeltme (Revised): 14 Aralık (December) 2023 / Kabul (Accepted): 19 Aralık (December) 2023

### ÖZ

Ankara Kilinin aşırı konsolide, aktif, yüksek derecede plastisite ve katı kıvamlılığı gibi karakteristik özelliklerinin bir sonucu olarak, örselenmemiş numune alınabilmesinin zor oluşu, laboratuvar uygulamalarında yapılan çalışmaların güvenilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu soruna bağlı olarak, literatürdeki çalışmalar ağırlıklı olarak sığ derinliklerle sınırlı kalmış ve derinliğe bağlı bir değerlendirme yapılmamıştır. Mevcut araştırma kapsamında Ankara'nın batısında yer alan kil birimlerinin farklı derinliklerinden alınmış yaklaşık 5500 numunenin, yerinde arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak derinliğe bağlı zemin karakterizasyonu çalışmaları yapılmış, jeoteknik parametrelerin frekans dağılımları istatistiksel açıdan incelenmiş, parametreler arasında ampirik denklemler geliştirilmiş ve numuneler üzerindeki örselenme etkisi değerlendirilmiştir. Örselenme etkisini sayısal anlamda belirleyebilmek ve zemin parametreleri arasında oluşturulan ilişkilerin doğruluğunu kontrol edebilmek amacıyla laboratuvar deney sonuçları mevcut literatürdeki bulgular ile kıyaslanmıştır. Literatürde benzer yapıya sahip yüksek plastisiteli killer üzerinde yapılan çalışmalar incelenerek örselenmiş-yoğrulmuş ve örselenmemiş numunelerin, drenajsız kayma dayanımı ( $C_u$ ) ve likidite indeksi (LI) değerleri arasındaki hassasiyet (sensitivite) değişimleri saptanmıştır. Bu çalışmalar göz önüne alınarak, örselenmiş numunelerin tespit edilebilmesine ilişkin bir yaklaşım önerilmiştir. Yöntem, benzer zemin özelliklerine sahip killi zeminlerden elde edilmiş laboratuvar deney sonuçları kullanılarak yapılan doğrulama çalışmaları ile test edilmiştir. Önerilen yöntem dahilinde örselenmiş olarak tespit edilen numunelerin veri setinden elenmesi sonucunda, literatürde ve çalışma kapsamında drenajsız kayma dayanımının tahmin edilebilmesine yönelik geliştirilmiş olan ampirik denklemlerin tahmin başarılarında yüksek oranlarda artışlar gözlemlenmiştir. Sonuç olarak mevcut çalışma, Ankara kilinin yapısını derinliğe bağlı olarak detaylı bir şekilde ortaya koymakla kalmayıp, hassas kil örneklerindeki örselenme etkisini değerlendirebilmek adına yeni bir perspektif de sunmuştur. Bu bulgular, özellikle farklı derinliklerdeki zemin davranışının yeraltı yapılarının stabilitesi ve güvenliği için gerekli olduğu inşaat ve jeoteknik mühendisliğinde pratik sonuçlar sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ankara, Ankara Kili, Örselenme etkisi, Sensitivite, Zemin indeks ve mukavemet parametrelerinin derinliğe bağlı değişimi

### ABSTRACT

*As a result of the characteristics of Ankara Clay, such as its overconsolidated, active, highly plastic, and stiff consistency, obtaining undisturbed samples is challenging and adversely affects the reliability of laboratory test*

*results. Due to this problem, studies in the literature have been mainly limited to shallow depths and no depth-related evaluation has been performed. Within the scope of this research, soil characterization studies related to depth have been carried out using approximately 5500 samples obtained from in-situ field and laboratory tests from clay units located in the west of Ankara at different depths. The frequency distributions of geotechnical parameters have been statistically examined, empirical equations have been developed between parameters, and the effect of sample disturbance has been evaluated. To quantify the effect of disturbance and to verify the accuracy of the identified relationships between soil parameters, laboratory test results have been compared with the existing literature, and sensitivity changes between undisturbed-disturbed and remolded samples, in terms of undrained shear strength ( $C_u$ ) and liquidity index (LI) values, have been identified. Considering these studies, an approach for identifying disturbed samples has been proposed. The method was tested with validation studies using laboratory results from clayey soils with similar soil properties. As a result of excluding the samples detected as disturbed within the proposed method from the dataset, high percentages of increases have been observed in the success of predicting undrained shear strength in the empirical equations developed both in the literature and within the scope of the study. In conclusion, the present study has not only provided a detailed depth-dependent characterization of the Ankara Clay, but also a new perspective for evaluating the effects of disturbance on sensitive clay samples. These findings have practical implications, especially in civil and geotechnical engineering where soil behavior at different depths is essential for the stability and design safety of underground structures.*

**Keywords:** *Ankara, Ankara Clay, Effects of sample disturbance, Sensitivity, Depth-related variation of the soil index and shear strength parameters*

## GİRİŞ

Ankara Kili önkonsolide halde, aktif ve yüksek şişme kapasitesine sahip olmasıyla bilinen özel bir kildir. Bu özellikleri sebebiyle günümüze kadar pek çok jeoteknik ve jeolojik çalışmanın konusu olmuştur (örn. Ördemir vd., 1965; Erol, 1973; Sürgel, 1976; Birand, 1978; Kasapoğlu, 1980; Kiper, 1983; Ergüler ve Ulusay, 2003; Koçkar, 2006; Avşar vd., 2009; Çokça ve Tilgen, 2010; Met ve Akgün, 2015; Dağar, 2017; Akgün vd., 2017; Kayabaşı, 2020). Ankara Kili, çökelim ortamları ve jeolojik formasyonlar açısından Üst Pliyosen-Pleistosen flüvyal sedimanlar, taşkın ovalarındaki Kuvaterner teraslar ve yakın dönem alüvyon birimlerden oluşmuştur (Pliyo-Kuvaterner birimler). Genellikle ilk 10-15 metreye kadar uzanan birimler, özellikle ML, CL ve CH tipi zeminler ile yer yer kum ve çakıl bantları içermektedir (Koçkar vd., 2010). Üst Pliyosen birimlerde ise yüksek oranda CH, CL ve MH birimleri bulunmaktadır (Şahin, 2022). Bu sedimanter birimler, bölgenin jeolojik geçmişindeki flüvyal

ve iklim rejimlerine bağlı olarak farklı düzeylerde yüzey kurumasına ve erozyona maruz kalmıştır (Erol, 1973). Bu etkiler, belirli birimlerde 150 ila 180 metre derinlikteki rezidüel zeminlerin karşılığı olan bir önkonsolidasyon basıncının oluşmasına neden olmuştur. Kiper (1983) bunun sebebinin konsolidasyon testi sonuçlarından elde edilen önyüklemeye basınç değerlerinin, yüzey kuruması nedeniyle kapiler kuvvetlerden etkilendiğini bildirmiştir. Ayrıca, Kuvaterner'in başlangıcından bu yana yüzeydeki kuruma etkisiyle ortaya çıkan önyüklemeye süreçleri, yüzeye yakın birimlerde karbonatlı mercerlerin (konkresyonların) oluşmasına sebep olmuştur (Kasapoğlu, 1980). Başka bir görüşe göre ise önyüklemeye etkisi, bir birikim ve aşınım dizisi sonucunda, ve dolayısıyla mevcut yüzeyler çökelmiş sedimanlardan oluşmuştur (Lohnes, 1974; Sürgel, 1976).

Bahsedilen erozyon ve çökelim süreçleri sonucunda, Ankara Kilinin önkonsolide (Birand, 1976; Kiper, 1983), yüksek plastisite (Birand, 1977), katı-çok katı kıvam (Yaman, 2007)

veya yüksek aktivite (Akgün vd., 2017) gibi çeşitli zemin özellikleri bulunmaktadır. Birçok araştırmacı tarafından gerçekleştirilen Atterberg deneyi sonuçlarına göre (Mirata, 1976; Ergüler ve Ulusay, 2003; Avşar vd., 2009; Met ve Akgün, 2015; Binal vd., 2016; Akgün vd., 2017; Deliktaş ve Çokça, 2020; Şahin, 2022), plastisite indeksi (PI) değerleri %40-80 aralığında değişmektedir. Yüksek plastisite indeksi, kilin farklı su muhtevası değerlerinde hacim ve kıvamında önemli değişiklikler oluşabileceğini göstermektedir (Birand, 1978; Ördemir vd., 1977). Ankara Kili, su tablası seviyesine bağlı olarak problemlere neden olabilecek bir şişme ve büzülme davranışı için aktiftir (Birand, 1977). Bu özellik, hafif yapıların tasarımıyla ilgili olarak şişme karakteristiği üzerine önemli sayıda araştırma yapılmasına yol açmıştır (örn. Yüncü, 1972; Ağaoğlu, 1974; Ergüler ve Ulusay, 2003; Yılmaz, 2006; Avşar vd., 2009).

Önkonsolide ve yüksek şişme özelliklerine sahip olan Ankara Kili, örselenmemiş numune alıcılar içerisinde bile önemli hacimsel değişikliklere maruz kalabilir. Bu durum, örselenmemiş numunelerin elde edilmesinde zorluklar oluşturmakta, test sonuçlarından elde edilen verilerin hata payı içermesine (Kiper, 1983) ve bu numuneler ile yapılan çalışmaların geçerliliği hakkında soru işaretleri ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Örselenme etkisi ile zeminin doğal durumu değişmekte ve laboratuvar testlerinden elde edilen sonuçların doğruluğu etkilenmektedir (Nhuan, 1981). Ankara Kiline örselenme etkisi, literatürde yeterince araştırma konusu olarak incelenmemiş olsa da, Ankara Kiline benzer mineralojik yapı ve önkonsolidasyon özelliklerine sahip kil birimlerinin (örn. London Kili, Norwegian Marine Kili) örselenmiş-yoğrulmuş ve örselenmemiş davranışlarını araştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Kulhawy

ve Mayne, 1990; Shimobe ve Spagnoli, 2019). Bu çalışmalarda, örselenmiş-yoğrulmuş ve örselenmemiş numunelerin drenajsız kayma dayanımı ( $C_u$ ) parametreleri arasındaki oranın, kısaca hassasiyet (sensitivite) değişim aralıkları incelenmiştir. Bu çalışmalarda yapılmış olan analiz sonuçlarına dayanarak, mevcut çalışmada Ankara Kili için likidite indeksi değerlerine göre drenajsız kayma dayanımı aralıkları ampirik ilişkilerle belirlenmiştir. Böylece araştırma sonuçları ve laboratuvar deneyleri ile elde edilen ve örselenmemiş olarak belirtilen drenajsız kayma dayanımı değerleri arasında karşılaştırmalı bir çalışma yapılabilmesi sağlanmıştır. Bu çalışmaların rehberliğinde, örselenmiş numunelerin drenajsız kayma dayanımı ve likidite indeksi değerlerine bağlı olarak tespit edilebilmesine ilişkin bir yöntem önerisinde bulunulmuştur.

Ankara Kili için literatürde numune kalitesi ve örselenme etkisi hakkında detaylı bir çalışma ihtiyacı bulunmaktadır. Bu durum, çalışma konusunun oluşmasına ve geniş bir veri tabanı toplama sürecinin başlatılmasına yol açmıştır. Bu çalışma, literatürde bahsi geçen önceki değerlendirmelere paralel olarak, jeoteknik zemin karakterizasyonu, zemin parametrelerinin derinliğe bağlı değişimleri ve numune kalitesi üzerinde örselenme etkisi konularına odaklanmıştır. Veri tabanı, bölgede yapılmış önemli projelerden elde edilen jeo-mühendislik çalışmalarından, jeoteknik arazi ve laboratuvar deney sonuçlarını içerecek şekilde derlenmiştir.

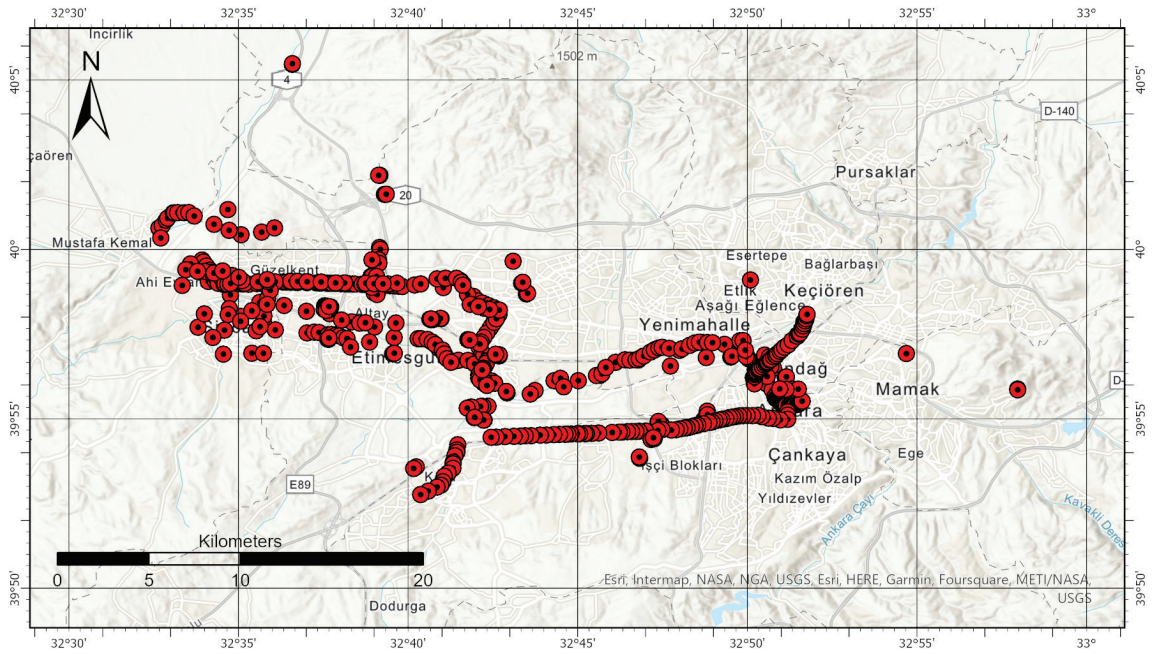
## JEOTEKNİK VERİ TABANI OLUŞTURULMASI VE ZEMİNLERİN KARAKTERİZASYONU

### Veritabanı

Araştırma kapsamında, 26 farklı jeoteknik projeden elde edilen veriler (Ankara Belediyesi,

1993, 1994, 2001, 2002, 2003, 2004; DLH, 1994; DSİ, 1975; Etimesgut Belediyesi, 2005; M.T.A., 1954, 2002; Sincan Belediyesi, 2005) kullanılmış ve Ankara şehir merkezinin batısında yer alan 250 km<sup>2</sup>'lik bir bölgede yürütülmüştür (Şekil 1). Verilerin çoğu, öne çıkan ve büyük ölçekli çeşitli kamu, belediye ve akademik araştırma projeleri kapsamında yapılmış olan yerinde arazi deneyleri ve jeoteknik laboratuvar raporlarından derlenmiştir. Derlenen raporlar, deneylerin ve prosedürlerin nasıl gerçekleştirildiği hakkında her zaman kesin bilgiler vermemektedir. Farklı veri tabanları ile literatürdeki entegrasyonu kolaylaştırmak amacıyla zeminlerin parametre sınıfları uluslararası standartlara göre (örn. ASTM) tanımlanmıştır. Ayrıca jeoteknik raporlardan toplanan sonuçlar aynı birim

sisteminde ya da aynı standartlarda olmadığı durumlarda, raporlar detaylı olarak incelenmiş, birim ve standart dönüşümleri uygulanmış ve kesinlik içermeyen veriler filtrelenmiştir (Şahin, 2022). Ayrıca SPT-N<sub>(arazi)</sub> değerleri yapılması planlanan regresyon analizlerinde kullanılmak üzere, raporlardan elde edilen enerji seviyeleri tanımlamaları kullanılarak SPT-N<sub>(60)</sub> değerlerine dönüştürülmüştür. Tablo 1'de standardizasyon ve filtreleme işlemleri sonrası veri tabanında Ankara Kili olarak tanımlanmış zeminlerin istatistiksel detayları verilmiştir. İstatistiksel çalışmalar sonucunda elde edilen parametrelere ilişkin aralıklar (minimum-maksimum değerler) ve ortalama değerler (std. sap.) incelendiğinde, literatürde yapılan çalışmalar ile büyük ölçüde uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Sondaj kuyusu lokasyonlarının Ankara şehir merkezi içerisindeki mekânsal gösterimi.

Figure 1. Spatial representation of borehole locations within Ankara city center.

Çizelge 1. Ankara Kili'ne dair jeoteknik parametreler ve istatistiksel detayları.

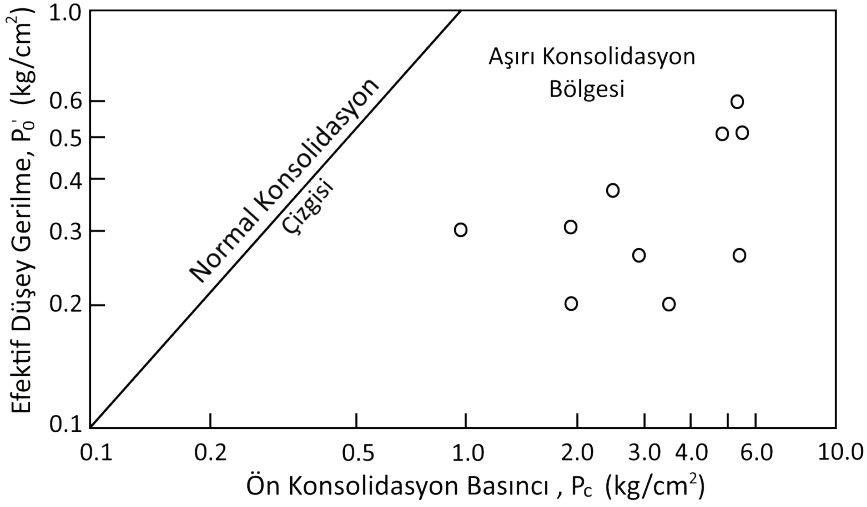
Table 1. Geotechnical parameters and statistical details of Ankara Clay.

Değişken	Adet	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
SPT-N <sub>(arazi)</sub>	2442	2	50+	29.9	15.9
SPT-N <sub>(60)</sub>	2442	2	50+	32.4	16.1
LL	2568	24	126	57.1	16
PL	2570	5	67	22.8	5.4
PI	2568	4.4	88	34.2	13.1
İri dane içeriği (%)	1372	0.1	76	5.2	5.5
IDI (%)	2590	2	100	81.7	13.5
Kil fraksiyonu (%)	198	8	72	34.9	13
w <sub>n</sub> (%)	2655	1.2	72	28.8	7.2
e <sub>0</sub>	266	0.304	1.952	0.893	0.234
G <sub>s</sub>	111	2.59	2.86	2.71	0
m <sub>v</sub> (cm <sup>2</sup> /kg)	201	0.0032	0.0686	0.0181	0.0100
c <sub>v</sub> (cm <sup>2</sup> /sn)	82	0.0008	0.0150	0.0051	0.0023
E <sub>p</sub> (MPa)	19	205.0	522	359.3	89.2
p <sub>L</sub> (MPa)	19	20.3	40.2	32.4	5.5
p <sub>L*</sub> (MPa)	19	17.9	36.1	29.1	4.7
P <sub>c</sub> (kPa)	220	48.8	588.4	204.8	78.9
LI	2571	-1.1	3.5	0.2	0.3
C <sub>u</sub> (kPa)	438	4.9	467.3	107	74.7

(SPT-N<sub>(arazi)</sub>: Ham SPT vuruş sayısı SPT-N<sub>(60)</sub>: %60 enerji seviyesinde göre düzeltilmiş SPT vuruş sayısı, LL: Likit limit, PL: Plastik limit, IDI: İnce dane içeriği (<0.075 mm), w<sub>n</sub>: Doğal su muhtevası, e<sub>0</sub>: Konsolidasyon deneyi başlangıç boşluk oranı, G<sub>s</sub>: Dane özgül ağırlığı, m<sub>v</sub>: Hacimsel sıkışma katsayısı, c<sub>v</sub>: Konsolidasyon katsayısı, E<sub>p</sub>: Presiyometre deformasyon modülü, p<sub>L</sub>: Presiyometre limit basıncı, p<sub>L\*</sub>: Presiyometre net limit basıncı, P<sub>c</sub>: Ön konsolidasyon basıncı)

Jeo-istatistiksel çalışmalar sonucunda elde edilen parametrelere dair aralıklar (minimum-maksimum değerler) ve ortalama değerler literatürde yapılan çalışmalar ile büyük ölçüde uyumludur. Kayma dayanımı (C<sub>u</sub>) değerleri Çolpan (1969), Çokça ve diğ. (2010) ve İspir'in (2011) gözlemleri ile benzerlik göstermektedir. SPT-N<sub>(arazi)</sub> değerleri, Yaman (2007)'nin çalışması ile; Atterberg limit test sonuçları ise (likit limit; LL, plastik limit; PL ve plastisite indeksi; PI), Ördemir vd. (1965), Dağar (2017) ve Koçkar (2006)'in çalışmaları ile örtüşmektedir. Ayrıca Kiper (1983), daha önce konsolidasyon parametreleri üzerine bir karakterizasyon

çalışması yapmak için Ankara Kili örneği kullanmıştır. Mevcut çalışma kapsamında belirlenen sınırlar, Kiper (1983) tarafından belirlenen sınırlar ile benzerlik göstermektedir. Kiper (1983) çalışmasında, c<sub>v</sub> (cm<sup>2</sup>/s) için 0.0023 ile 0.0295, m<sub>v</sub> (cm<sup>2</sup>/kg) için 0.0037 ile 0.0224, P<sub>c</sub> (kPa) için 98.066 ile 490.332, c<sub>c</sub> (cm<sup>2</sup>/s) için 0.1 ile 0.45 ve aşırı konsolidasyon oranı (OCR) için 1 ile 6 arasında değişen değerler belirlemiştir (Şekil 2). Yapılan bu çalışmada ise c<sub>v</sub> (cm<sup>2</sup>/s) için 0.0008 ile 0.015, m<sub>v</sub> için (cm<sup>2</sup>/kg) 0.0032 ile 0.0686 ve P<sub>c</sub> (kPa) için 48.8 ile 588.4 arasında değişen değerler ortaya konulmuştur.



Şekil 2. Üst Pliyosen çökellerinden alınan örselenmemiş 10 adet numunenin  $P_c$ - $P_0$  diyagramındaki dağılımı (Kasapoğlu, 2000).

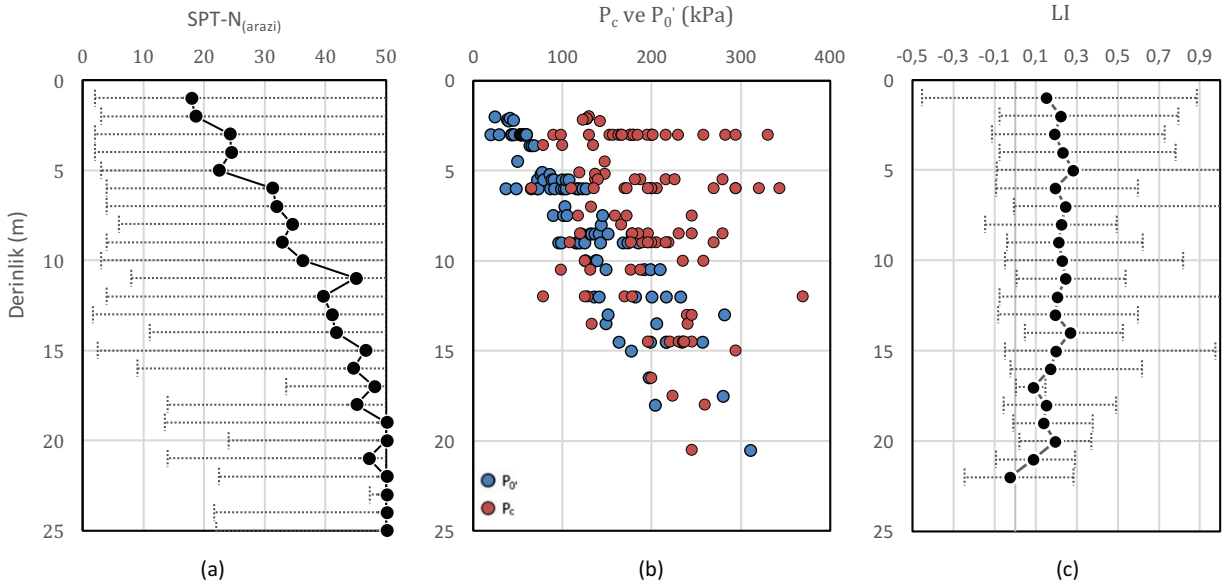
Figure 2. Distribution of 10 undisturbed samples from the Upper Pliocene deposits on the  $P_c$ - $P_0$  diagram (Kasapoğlu, 2000).

### Zemin Parametrelerinin Derinliğe Bağlı Değişimleri

Zemin parametrelerdeki derinliğe bağlı değişimlerin incelenmesi, özellikle konsolidasyon özelliklerinin değerlendirilebilmesi ve zemin parametreleri arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi için büyük önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında yapılan incelemelerde, drenajsız kayma dayanımı ( $C_u$ ) verilerinin genel olarak derinliğe bağlı olarak artış gösterdiği fakat 0-10 m arası derinliklerde yüksek değerlerin mevcut olduğu saptanmıştır. SPT- $N_{(arazi)}$  değerlerinin ise derinlikle birlikte doğrusal olarak artmakta olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 3a). Ancak, yüzeye yakın derinliklerde (0-10 metre arasında) çok sayıda yüksek SPT- $N_{(arazi)}$  değerleri görülmüş ve bu sonuçların, yüzeyde çatlama ve kuruma nedeniyle aşırı konsolide olmuş killerin varlığı sebebiyle elde edildiği sonucuna varılmıştır. Önkonsolidasyon basıncının ( $P_c$ ) derinliğe bağlı

değişimi incelendiğinde, yüzeyden 6-10 metre derinliklere kadar efektif gerilme değerlerinin çok üzerinde yer alan sonuçlara rastlanılmıştır (Şekil 3b). OCR değerlerinin bu derinliklerde 6-7 seviyelerine kadar çıktığı yapılan hesaplar ile ortaya konularak, yüzeydeki aşırı konsolide killerin varlığı doğrulanmıştır. Ayrıca, 6 ila 15 metre arasında gözlemlenen normal konsolide kil birimler, bu derinliklerde yüzeydeki gibi erozyonel etkinin aktif olmadığını ve daha çok bir çökelim süreci sonucunda oluşmuş ve çökelmiş sedimanların varlığını işaret etmektedir. Likidite indeksi değerleri incelendiğinde, yüzeyden 5 metre derinliğe kadar artış göstermekte olduğu ve sonrasında 20 metre derinliklere kadar doğrusal olarak azalış gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 3c). Buna rağmen yüzeyde çok sayıda negatif LI değerine sahip numuneye rastlanılmıştır. Ayrıca, şişme indeksi ( $c_s$ ) değerlerinin derinlikteki artışa bağlı olarak doğrusal olarak azaldığı yapılan değerlendirmeler sonucunda belirlenmiştir.





Şekil 3. Pliyo-Kuvaterner flüvyal sedimanların (Ankara Kili) derinliğe bağlı olarak değişen,  $SPT-N_{(arazi)}$  (a), düşey efektif gerilim ( $P_0'$ ) ve ön-konsolidasyon basıncı ( $P_c$ ) (b) ve likidite indeksi (LI) (c) grafikleri.

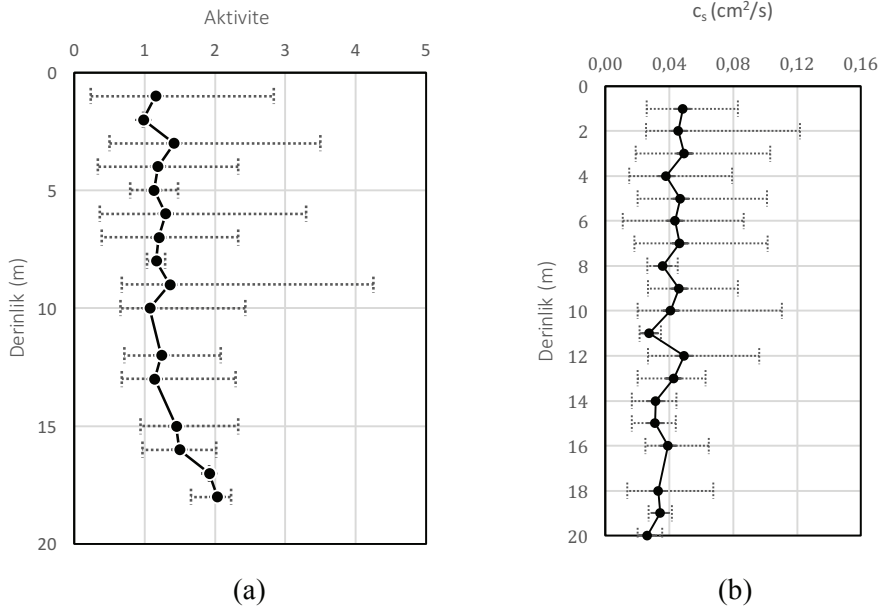
Figure 3. The plots of depth-dependent  $SPT-N_{(field)}$  (a), vertical effective stress and preconsolidation pressure (b) and liquidity index (c) of Plio-Quaternary fluvial sediments (Ankara Clay).

Bu çalışmalar haricinde, aktivite değerinin derinliğin bir fonksiyonu olarak değişimi incelenmiş ve Şekil 4a'da bu ilişki gösterilmiştir. Buna göre kil birimlerde, yüzeyden derine doğru inildikçe aktivite değeri ortalama olarak 1 seviyesinden 1.5 seviyesine yükselmektedir. Ayrıca, yüzeyden 10 metre derinliğe kadar çok yüksek aktivite değerlerine sahip numunelere de rastlanılmıştır ( $A > 4$ ). Bu durum yüzeydeki yüksek şişme potansiyeline sahip birimlerin varlığını yeterince açıklasa da, numuneler derinliğe bağlı olarak incelemeye alındığında, aktivite değerinde gözlemlenen genel artışın, şişme indeksindeki değişimler ile pozitif bir korelasyon göstermediği tespit edilmiştir. Literatürde, belirli bir kil fraksiyonunda, aktivite değerlerinin artmasıyla şişme indeksinin genellikle yükseldiği belirtilir (örn. Seed vd., 1962; Van der Merwe, 1964). Ancak parametrelerdeki değişimler derinlik

kriteri göz önüne alınarak incelendiğinde benzer bir ilişki gözlemlenememiş ve derinliğe bağlı olarak artan düşey efektif gerilmelerin bu ilişkiyi önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu etki, özellikle şişme indeksi parametresi üzerinde belirgin olup, düşey efektif gerilmelerdeki artış ile şişme indeksinin doğrusal bir azalış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4b).

## YÖNTEM

Zemin parametrelerindeki derinliğe bağlı olarak yapılan gözlemler sonucunda, yüzeyden 5 metre derinliğe kadar artan likidite indeksi ve doğrusal olarak azalan şişme indeksi değerlerine karşılık, aşırı konsolide killerin varlığına bağlı olarak yüksek drenajsız kayma dayanımı değerleri mevcuttur.



Şekil 4. Pliyo-Kuvaterner flüvyal sedimanların (Ankara Kili) derinliğe bağlı olarak değişen, aktivite (a) ve şişme indeksi (b) grafikleri.

Figure 4. The plots of depth-dependent activity (a) and swelling index (b) of Plio-Quaternary fluvial sediments (Ankara Clay).

Ancak yüzeyde, düşük likidite indeksi ve yüksek şişme indeksi değerlerine karşılık olarak düşük dreajsız kayma dayanımı değerlerine rastlanılmış olması ve yüzeyden itibaren derinliğe bağlı olarak SPT- $N_{(arazi)}$  değerlerindeki doğrusal artış, yüksek hassasiyet değerlerine sahip killerin varlığını ve buna bağlı olarak numune üzerindeki örselenme etkisinin mevcut olabileceği olasılığının değerlendirilmesini gerektirmiştir. Bu konuda Ankara Kiline benzer killer ile örselenmiş (remolded) ve örselenmemiş numunelerin kayma dayanımları ve likidite indeksi arasındaki ilişkilerin konu alındığı farklı çalışmalar incelenmiştir. İlk olarak Ameratunga ve diğ. (2016) tarafından, Kulhawy ve Mayne'in (1990) örselenmiş numunelerde kayma dayanımı ve likidite indeksi arasındaki ilişkiyi konu alan çalışmalarından yola çıkarak oluşturduğu grafikler kullanılarak, örselenmemiş kayma dayanımı ve LI arasında benzer bir tahmin aralığı

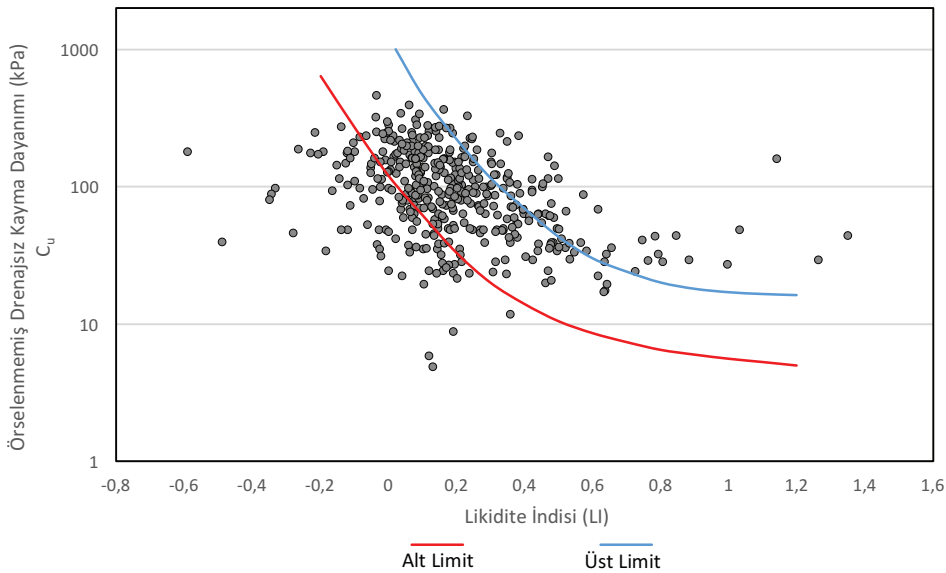
oluşturmuştur (Şekil 5). Bahsedilen yaklaşımın, tüm örselenmiş kil numuneleri için LI- $C_u$  ilişkisinin aynı olduğunu kabul ederek verileri normalize ettiği de belirtilmelidir. Bu nedenle belirli bir likidite indeksine karşılık gelen örselenmemiş kayma dayanımı değeri yerine, araştırmacılar tarafından belirlenmiş tahmin aralığı sınırları tercih edilmiştir. Bu sınırlar kullanılarak, her bir Ankara Kili numunesi için belirli bir LI değerine karşılık gelen minimum ve maksimum muhtemel örselenmemiş kayma dayanımı değerleri tahmin edilmiştir. Minimum aralığın aşağısında kalan numuneler, potansiyel örselenmiş olarak nitelendirilmiştir. İkinci olarak, Shimobe ve Spagnoli (2019) tarafından 20'nin üzerinde farklı kil grubu üzerine yapılan çalışmaların derlendiği ve LI-hassasiyet-dreajsız kayma dayanımı ilişkilerinin konu alındığı araştırmadan faydalanılmıştır. Hem örselenmemiş hem de örselenmiş numunelerin

eş zamanlı olarak kullanıldığı çalışmada, örselenmiş ve örselenmemiş numunelerin büyük çoğunluğunun hassasiyet değerinin “1.5-2” sınırında ayrıştığı gözlemlenmektedir. Bu çalışmadaki gözlemler ve önerilen eşitlik (Eşitlik 1) kullanılarak, tüm numuneler için potansiyel hassasiyet ( $S_t$ ) değerleri hesaplanmıştır. Buna göre düşük hassasiyet değerine sahip olmasına rağmen ( $<2$ ) belirli bir likidite indeksi değerinde ve düşük drenajsız kayma dayanımı değerlerine sahip numuneler belirlenerek örselenmiş olarak nitelendirilmiştir.

$$c_u(kPa) = 98 * S_t * e^{\left\{ \frac{\ln\left(\frac{0.4755}{LI+0.5012(1-LI)}\right)}{0.19} \right\}} \quad (1)$$

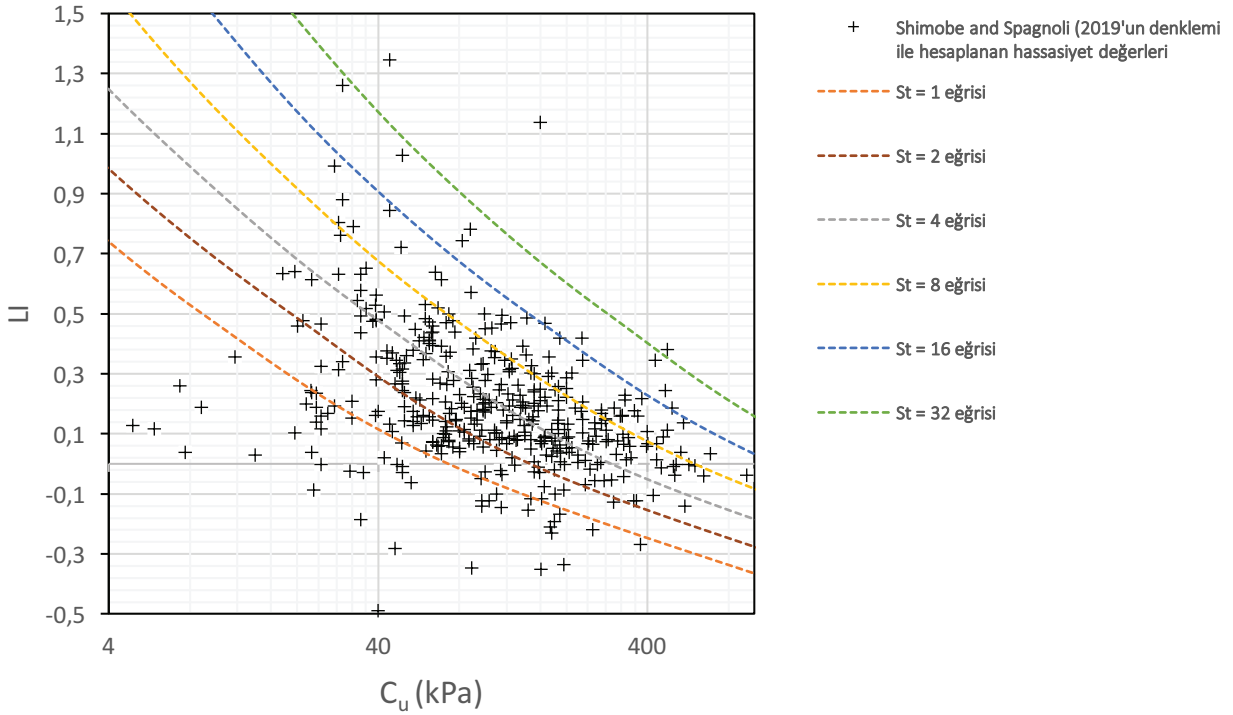
Mevcut 412 adet belirli bir L değerine karşılık gelen drenajsız kayma dayanımı verisi,

Kulhawy ve Mayne (1990) tarafından hazırlanan örselenmemiş numunelerin olası  $C_u$  zarf değeri grafiği kullanılarak analiz edilmiştir. Kullanılan LI vs.  $C_u$  grafiklerine göre, literatürün alt sınırının altındaki 93 veri potansiyel örselenmiş olarak sınıflandırılırken, üzerindeki 319 veri örselenmemiş olarak nitelendirilmiştir. Ayrıca Shimobe ve Spagnoli (2019) tarafından geliştirilen eşitlik (Eşitlik 1) kullanılarak yapılan sorgulamalar sonucunda 278 verinin örselenmemiş, 134 verinin ise potansiyel olarak örselenmiş olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6). Bu yaklaşımdan hareketle, hassasiyet değerlerinin, örselenme ile ilişkilendirildiği sınır değer değiştirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Ancak, iki deney birlikte analiz edileceğinden ve her iki çalışma sonucunda ortak olarak örselenmiş olarak tespit edilen numuneler kullanılacağından, bu araştırma kapsamında böyle bir iyileştirme çalışmasına gerek duyulmamıştır.



Şekil 5. Ankara Kili numuneleri için  $C_u$  - LI değerlerine ile örselenmemiş numunelere ait olası LI zarf sınırları (zarf sınırları Ameratunga vd., 2016'dan değiştirilerek alınmıştır).

Figure 5. The  $C_u$  - LI values of Ankara Clay specimens, with the expected undisturbed LI boundaries (the envelope boundaries modified from Ameratunga et al., 2016).



Şekil 6. Ankara Kili numuneleri için  $C_u$  - LI değerleri ve hassasiyet zarfları (zarf aralıkları Shimobe ve Spagnoli, 2019'dan değiştirilerek alınmıştır).

Figure 6.  $C_u$  - LI values and sensitivity envelopes for Ankara Clay specimens (envelope ranges modified from Shimobe ve Spagnoli, 2019).

İki yaklaşımla ortak olarak tespit edilen toplam potansiyel örselenmiş numune sayısı 91 iken, toplam örselenmemiş numune sayısı 275'tir. İki teknik kullanılarak 46 veri noktasında farklı sonuçlara ulaşıldığı için, bu 46 adet veri analizlere dahil edilmemiştir. Araştırma kapsamında sadece ortak olarak belirlenen 91 veri örselenmiş olarak sınıflandırılmıştır ve istatistiksel analizlere dahil edilmiştir. Bu numunelere ait istatistiksel detaylar Çizelge 2'de paylaşılmıştır. Bu tablo incelendiğinde, beklenildiği üzere örselenmiş olarak nitelendirilen numunelerin LI ve  $C_u$  değerlerinin Çizelge 1'de belirtilen ortalama değerlere göre düşük olduğu gözlemlenmektedir.

## SONUÇLAR ve DOĞRULAMA ÇALIŞMALARI

Potansiyel olarak örselenmiş olarak nitelendirilen verilerin çıkarılması öncesi ve sonrasında drenajsız kayma dayanımı ile belirli zemin parametreleri arasında mevcut korelasyonlar belirlenmiş ve ampirik tahmin denklemleri geliştirilmiştir. Buna göre en yüksek korelasyon  $C_u$  ile SPT- $N_{(60)}$  parametreleri arasında belirlenmiş olup, potansiyel olarak örselenmiş numunelerin veri setinde bulunduğu senaryoda lineer regresyon analizleri sonucunda belirlenen determinasyon katsayısı  $R^2 = 0.265$ 'den potansiyel olarak örselenmiş numunelerin veri setinden çıkarılması

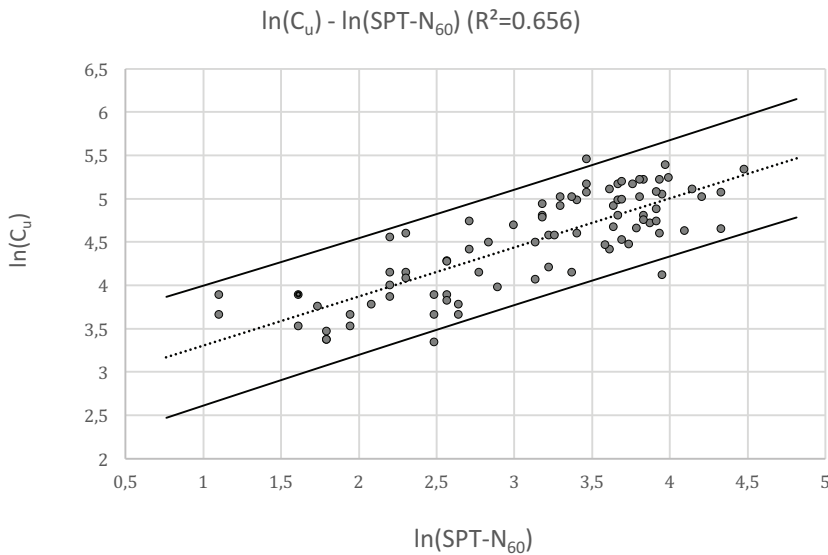
sonucunda (85 veri çifti kullanılarak)  $R^2 = 0.656$ 'ya yükselmiştir. Geliştirilen denklemlerin tahminleme başarısındaki bu artış, önerilen yaklaşımın örselenme etkisini doğru bir şekilde tespit edebildiğini göstermektedir. Potansiyel olarak örselenmiş numunelerin çıkarılması sonucunda elde edilen ampirik denklem, Eşitlik 2'de verilmiştir. Şekil 7 ise normal bir dağılım gösteren  $C_u$  ve  $SPT-N_{(60)}$  parametreleri arasında gerçekleştirilen doğrusal regresyon analizinin sonuçlarını, %95 güven aralığı eğrileri ile birlikte göstermektedir.

$$C_u(kPa) = 15.425 * N_{60}^{0.567} \quad (2)$$

Çizelge 2. Potansiyel örselenmiş olarak nitelendirilen numunelerin (her iki yöntemden ortak olarak elde edilen)  $LI$  ve  $C_u$  parametrelerinin tanımlayıcı istatistiksel bilgileri.

Table 2. Descriptive statistics of  $LI$  and  $C_u$  parameters (obtained jointly from both methods) of specimens considered as potentially disturbed.

İstatistik	$LI$	$C_u$
Gözlem Sayısı	91	91
Minimum	-0.592	4.903
Maksimum	0.357	275.000
Aralık	0.950	270.097
1. Çeyrek	-0.114	34.814
Medyan	0.000	60.000
3. Çeyrek	0.110	106.485
Ortalama	-0.013	79.674
Varyans (n)	0.026	3657.306
Standart sapma (n)	0.162	60.476
Varyasyon katsayısı (n)	-12.195	0.759



Şekil 7.  $C_u$  ve  $SPT-N_{(60)}$  parametreleri arasında uygulanan doğrusal regresyon analizi sonuçları.

Figure 7. Results of linear regression analysis between  $C_u$  and  $SPT-N_{(60)}$  parameters.

Bu çalışmaların yanında hem drenajsız kayma dayanımının tahmin edilmesine yönelik geliştirilen ampirik eşitliğin (2) tahmin başarısının test edilebilmesi, hem de örselenmiş numunelerin tespit edilmesine yönelik önerilen yöntemin kontrol edilebilmesi amacıyla doğrulama çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla, çalışma kapsamında geliştirilen Eşitlik 2 haricinde, SPT- $N_{(arazi)}$  değerlerine bağlı olarak literatürde Hara et al. (1974) tarafından kil birimlerinin drenajsız kayma dayanımının tahmin edilmesine yönelik geliştirilmiş olan Eşitlik 3 ve Ankara Kili'nin drenajsız kayma dayanımının tahminine yönelik olarak Yılmaz (2000) tarafından geliştirilmiş Eşitlik 4 kullanılmıştır. Doğrulama çalışmalarında veri seti olarak Ankara çevresinden ve Ankara Kiline benzer nitelik gösteren farklı bir çalışmadan derlenmiş deney sonuçları kullanılmıştır. 67 veriden oluşan bu veri setinin ortalama SPT- $N_{(arazi)}$  değeri 12, ortalama LI değeri 0.41 ve zemin sınıflandırması CH ile CL birimlerden oluşmaktadır. Bu değerler Ankara Kili için belirtilen minimum-maksimum aralıklar içerisinde olup doğrulama çalışmaları için uygun nitelik göstermektedir. Bu çalışmalarda, üç eksenli (UU) ve serbest basınç deneylerinden drenajsız kayma mukavemeti sonuçlarının elde edildiği belirtilmiştir.

$$\frac{c_u}{p_a} = 0.29 * N^{0.72} \quad (3)$$

$$c_u(kPa) = e^{(0.026 - 1.21 * LI)} \quad (4)$$

Çalışma kapsamında öncelikle, veri seti üzerinde herhangi bir işlem yapılmaksızın üç farklı eşitlik kullanılarak drenajsız kayma dayanımı parametresi, SPT-N ve LI değişkenlerine bağlı olarak tahmin edilmiştir. Ardından, potansiyel olarak örselenmiş

numunelerin tespit edilebilmesi için önerilen yaklaşım veri seti üzerinde uygulanmış ve 24 adet potansiyel örselenmiş numune verisi belirlenmiştir. Bu verilerin çıkarılması sonucunda, örselenmemiş olarak nitelendirilen 43 veri kullanılarak analizler tekrarlanmıştır. Korelasyon ve doğrusal regresyon analizleri sonucunda denklemlerden elde edilen korelasyon katsayıları (R), determinasyon katsayısı (R<sup>2</sup>) hesaplanan ortalama kare hataları (MSE) ve ortalama kare hatalarının karekökü (RMSE), verilerin çıkarılması öncesi ve sonrasında Çizelge 3'te paylaşılmıştır.

Potansiyel olarak örselenmiş olduğu tahmin edilen numunelere ait verilerin çıkarılması sonucunda tüm denklemlerin tahmin kabiliyetinde önemli düzeyde artışlar tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar hem korelasyon katsayılarındaki artış, hem de ortalama kare hatalardaki düşüş ile desteklenmektedir. Bu değişimler sırasıyla Eşitlik 2 için korelasyon katsayısında yaklaşık olarak 0.29, Eşitlik 3 için 0.32 ve Eşitlik 4 için 0.24 seviyesinde gözlemlenmiştir. Ayrıca ortalama kare hatalarında yaklaşık olarak Eşitlik 2 için %302, Eşitlik 3 için %183 ve Eşitlik 4 için %273'lük bir azalış söz konusudur.

## ÖNERİLER

Bu araştırmada, Ankara'nın batısında yer alan Pliyo-Kuvaterner kil birimlerinin (Ankara Kili) çökme ve/veya erozyon karakteristikleri ile ilgili süreçler, çökme özellikleri ve zemin davranışını belirlemek amacıyla gerçekleştirilen jeoteknik laboratuvar ve saha deneyleri verileri detaylı bir şekilde analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları, özellikle yüzeyden ilk 6 metre derinliklerde erozyonel etkinin varlığını, yüksek OCR (>2), negatif LI (<0) ve yüksek aktivite değerleri (1.5-4) ile açıkça göstermektedir.

Çizelge 3. Farklı bir çalışma sahasından elde edilen numunelere ait veriler kullanılarak yapılan tahminlerin korelasyon (R) ve determinasyon ( $R^2$ ) katsayıları, ortalama kare hataları (MSE) ile ortalama kare hatalarının karekökü (RMSE), potansiyel örselenmiş verilerin çıkarılması öncesi (sol kolon) ve sonrasında (sağ kolon).

Table 3. Correlation (R) and determination ( $R^2$ ) coefficients, mean squared errors (MSE), and root mean squared errors squared (RMSE) of predictions performed using data from samples obtained from a different research site, before (left column) and after (right column) the removal of the potentially disturbed samples.

Değişken	Orijinal Veriseti ile Yapılan Analizler			Potansiyel Örselenmiş Olarak Tespit Edilen Numunelerin Çıkarılması Sonrası Yapılan Analizler		
	$C_u$ (Eşitlik 2)	$C_u$ (Eşitlik 3)	$C_u$ (Eşitlik 4)	$C_u$ (Eşitlik 2)	$C_u$ (Eşitlik 3)	$C_u$ (Eşitlik 4)
R	0.612	0.587	0.544	0.902	0.912	0.783
$R^2$	0.375	0.345	0.296	0.814	0.832	0.613
MSE	1486.32	30952.90	1647.63	491.28	16828.30	603.72
RMSE	38.55	175.93	40.59	22.16	129.72	24.57

Bu durum, yeraltı suyunun sığ olduğu koşullarda Ankara Kilinde olası hacimsel değişimlerden kaynaklanan oturma ve stabilite sorunlarını işaret etmektedir. Ankara Kilinde özellikle hafif ve az katlı yapılar, sığ yeraltı yapıları ile inşaat dolgularında şişme problemi meydana getireceğinden, bu yapılar için zemine bağlı olarak ortaya çıkacak problemlerin daha fazla olduğu aşıkardır. Daha derin katmanlarda ise (yüzeyden 6 metre derinlik sonrasında), ön konsolidasyon basıncının ve efektif gerilmeler ile benzer değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir, bu da kilin normal konsolide olduğunu ve doğal çökelim ortam ve süreçlerinin bu derinlerde etkin olduğuna işaret etmektedir.

Çalışma kapsamında, Ankara bölgesinde yıllar içerisinde gerçekleştirilen önemli proje çalışmaları kapsamında elde edilen 5500'den fazla zemin laboratuvar örneği ve yaklaşık 500 adet farklı derinliklerden elde edilen jeoteknik arazi deneyi verisi, çeşitli analizler, sınıflandırmalar ve karşılaştırmalar için kullanılmıştır. Elde edilen tüm sonuçlarının, zemin parametrelerinin karakterizasyonu ile derinliğe bağlı veriler ışığında, Ankara Kilinin jeomühendislik

parametrelerinin tanımlanmasına önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir. Ayrıca, örselenmiş numunelerin belirlenmesine yönelik yeni bir perspektif sunulmuş ve doğrulama çalışmaları ile başarısı değerlendirilmiştir. İlerleyen dönemlerde, bu yaklaşımın farklı veri setleri ile daha ayrıntılı olarak değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

## KATKI BELİRTME

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü (DLH), AKTÜRK İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş., TOKER Sondaj ve İnşaat Müh. Müş. A.Ş., TEKAR Teknik Araştırma Ticaret Ltd. Şti., Yüksel Proje A.Ş., Temelsu Uluslararası Mühendislik Hizmetleri A.Ş., GÜRİŞ İnşaat ve Mühendislik A.Ş. ve ESER Teknik Sondaj ve Ticaret A.Ş. olmak üzere birçok kamu kuruluşu ve özel şirkete bu çalışma için sağladıkları mühendislik jeolojisi raporları, geoteknik raporlar, veri setleri ve desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

**KAYNAKLAR**

- Akgün H., Türkmenoğlu AG., Met İ., Yal GP., Koçkar MK., Karakas ZS. (2017). The use of Ankara clay as a compacted clay liner for landfill sites. *Clay Miner* 52(3):391–412
- Ağaoğlu. S. (1974). Anisotropy in compressibility of M.E.T.U. Campus clay, MSc Thesis, M.E.T.U., Ankara, 79p.
- Ameratunga, J., Sivakugan, N., & Das, B. M. (2016). Correlations of soil and rock properties in geotechnical engineering. Springer India.
- Ankara Belediyesi, EGO Genel Müdürlüğü (1993). Ankara Metrosu 2. Etap Raylı Sistem Çalışmaları, Kızılay-Çayyolu Geoteknik Raporu, TEKAR Teknik Araştırma Limited Şirketi, Ankara.
- Ankara Belediyesi, EGO Genel Müdürlüğü (1994). Ankara Hafif Raylı Sistem Geçiş Sistemi İşleri, Dikimevi-ASTI Sondaj Çalışmaları, Yüksel Proje İnş., Ankara.
- Ankara Belediyesi, EGO Genel Müdürlüğü (2001). Ankara Raylı Ulaşım Sistemi 3. Aşama Çalışmaları, Batıkent-Sincan O.I.D. Zemin Etüt Raporu, GÜRİŞ İnşaat ve Mühendislik A.Ş., Ankara.
- Ankara Belediyesi, EGO Genel Müdürlüğü (2002). Ankara Hafif Demiryolu Transit Sistem Çalışmaları, Ankaray 3. Etap 1. Tur (Ana İstasyonlar) Sondajı Çalışmaları, Yüksel Proje Int., Ankara.
- Ankara Belediyesi, EGO Genel Müdürlüğü, (2003). Ankara Metrosu 2. Etap İşleri, Söğütözü İstasyonu, Jeoteknik Rapor, TOKER Sondaj ve İnşaat A.Ş., Ankara.
- Ankara Belediyesi, EGO Genel Müdürlüğü, (2004). Ankara Raylı Ulaşım Sistemi M2 Hattı Ümitköy-Çayyolu Kesimi, Zemin Etüdü Çalışması, TOKER Sondajı ve İnşaat A.Ş., Ankara.
- Ankara Belediyesi, EGO Genel Müdürlüğü, (2004). Ankara Raylı Ulaşım Sistemi M2 Hattı Ümitköy-Çayyolu Kesimi, Jeoteknik Değerlendirme Raporu, AKTÜRK İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş., Ankara.
- Avşar, E., Ulusay, R., & Sonmez, H. (2009). Assessments of swelling anisotropy of Ankara Clay, *Engineering Geology*, 105(1-2), 24-31.
- Binal, A., Bas, B., & Karamut, O. R. (2016). Improvement of the strength of Ankara Clay with self-cementing high alkaline fly ash, *Procedia Engineering*, 161, 374-379.
- Birand, A.A. (1976). Presentation of a Case of Damage to an Airfield Pavement, M.E.T.U. *Journal of Pure and Applied Sciences*, Vol.9, No.1, pp.99-111.
- Birand, A.A. (1977). Ankara yöresi zeminlerde ön yüklem isotropisi. 4. Tubitak Teknik Kongresi, Altinyunus, İzmir, pp.277-287.
- Birand, A.A. (1978). Ankara Yöresi Zeminleri ve Jeoteknik Sorunlar, Yerbilimleri Açısından Ankara'nın Sorunları Sempozyumu, Türkiye Jeoloji Kurumu, pp. 55-60.
- Çokça, E., & Tilgen, H. P. (2010). Shear strength-suction relationship of compacted Ankara clay. *Applied Clay Science*, 49(4), 400-404.
- Çolpan, M. (1969). Correlation between laboratory and field vane shear strength, MSc Thesis, M.E.T.U., Ankara.
- Dağar, V. (2017). A study on the tensile strength of compacted Ankara clay and kaolin clay (MSc Thesis). Middle East Technical University.
- Deliktaş, C., & Çokça, E. (2020). Influence of swell on undrained shear strength of expansive Ankara Clay, *Arabian Journal of Geosciences*, 13(18), 1-9.
- Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü (DLH) (1994), Sincan-Yenikent-Eryaman-Batıkent-Etimesgut Banliyö Tren Güzergahı, Geoteknik Laboratuvar Raporu Ek I-II, Doğan Mühendislik ve Haritacılık Ltd. A.Ş., Ankara.
- D.S.İ. (1975). Ankara güneyi hidrojeoloji etüd raporu, D.S.İ. Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı Yayını, 40-46p.
- Erol O. (1973). Geomorphological outlines of the Ankara area (Summary), Map 1:100.000.



- Ankara University, D.T.C.F. Publication, No:16, Geomorphology Maps, Ankara, No.1, 29 pages.
- Ergüler, Z. A., & Ulusay, R. (2003). A simple test and predictive models for assessing swell potential of Ankara (Turkey) Clay. *Engineering Geology*, 67(3-4), 331-352.
- Etimesgut Belediyesi (2005). Çeşitli Mühendislik Jeoloji ve Bayındırlık İşleri için Geoteknik Sondaj Çalışmaları, Ankara.
- Hara, A., Ohta, T., Niwa, M., Tanaka, S., and Banno, T. (1974). Shear Modulus and Shear Strength of Cohesive Soils, *Soils and Foundations*, Vol.14, No.3, pp.1-12.
- İspir, M. E. (2011). A laboratory study of anisotropy in engineering properties of Ankara Clay, MSc Thesis, M.E.T.U., Ankara.
- Kasapoğlu, K.E. (1980). Geo-engineering properties of the city of Ankara foundation soils. (Associate Professorship Thesis). Hacettepe University, Geological Engineering Department, Beytepe, Ankara.
- Kayabaşı, A. (2020). Geotechnical properties of fine-grained soils in Ankara/Turkey: an assessment of the existing empirical equations, *Environmental Earth Sciences*, 79, 1-27.
- Kiper, O.B. (1983). Etimesgut-Batıkent yöresindeki üst Pliosen çökellerinin jeomühendislik özellikleri ve konsolidasyonu (Ph. D. Dissertation). Hacettepe University, Ankara.
- Koçkar, M.K. (2006). Engineering geological and geotechnical site characterization and determination of the seismic hazards of Upper Pliocene and Quaternary deposits situated towards the west of Ankara (Ph. D. Dissertation). METU, Geological Eng. Dept., Ankara.
- Koçkar, M. K., Akgün, H., & Rathje, E. M. (2010). Evaluation of site conditions for the Ankara Basin of Turkey based on seismic site characterization of near-surface geologic materials. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30(1-2), 8-20.
- Kulhawy, F. H., & Mayne, P. W. (1990). Manual on estimating soil properties for foundation design (No. EPRI-EL-6800). Electric Power Research Inst., Palo Alto, CA (USA); Cornell Univ., Ithaca, NY (USA).
- Lohnes, R. (1974). Geological report on Ankara Clay, M.E.T.U. Department of Civil Engineering, Ankara (Unpublished).
- Met, I., & Akgün, H. (2015). Geotechnical evaluation of Ankara clay as a compacted clay liner. *Environmental Earth Sciences*, 74(4), 2991-3006.
- Mirata, T. (1976). Short term stability of slopes in Ankara clay. Ph.D. thesis. University of London.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (M.T.A.) (1954), ODTÜ Kampüs Alanında Yürütülen Jeolojik Sondaj Çalışmaları.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (M.T.A.) (2002), ODTÜ Kampüs Alanında Yürütülen Jeolojik ve Hidrojeolojik Sondaj Çalışmaları.
- Nhuan, B. D. (1981). Effect of sample disturbance on the geotechnical properties of soft clay.
- Ördemir, T and Alyanak, I. (1965). Reports of soil studies of Stad Hotel, Kocatepe Mosque, Ziraat Bankasi, and Emlak Kredi Bankasi, Ankara (Unpublished work).
- Ördemir, I., Soydemir, C., Birand, A. (1977). Swelling problems of Ankara clays. 9th International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokyo, 1, 243-247.
- Seed, H., Woodward, R.J. and Lundgren, R. (1962). Prediction of swelling potential of compacted clay. *Journal of Soil Mechanic and Foundation Division, A.S.C.E.*, 88 (3), 53-87.
- Shimobe, S., & Spagnoli, G. (2019). Some relations among fall cone penetration, liquidity index, and undrained shear strength of clays considering the sensitivity ratio. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 78(7), 5029-5038.
- Sincan Belediyesi (2005). Çeşitli Mühendislik Jeoloji ve Geoteknik Bayındırlık İşleri için Sondaj Çalışmaları, Ankara.
- Stroud, M. A. (1974). The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks, In *Proceedings*

- of the 1st European Symposium on Penetration Testing, Stockholm, Sweden, Vol. 2, No. 2, pp. 367-375.
- Sürgele, A. (1976). A Survey of the Geotechnical Properties of Ankara Soils, MSc Thesis, M.E.T.U. Civil Engineering Department, 96 Pages.
- Şahin, G. (2022). Investigation of Soil Behavior of Ankara Clay Based on Geotechnical Field and Laboratory Experiments. (MSc Thesis). Hacettepe University, Ankara.
- Van der Merwe, D.H. (1964). Prediction of Heave from the Plasticity Index and Percentage of Clay Fraction of Soils. Transactions of the South African Institution of Civil Engineers, 6, 103-107.
- Yaman, G. (2007). Prediction of geotechnical properties of cohesive soils from in-situ test: an evaluation of a local database (MSc Thesis). Middle East Technical University.
- Yılmaz, I. (2000). Evaluation of shear strength of clayey soils by using their liquidity index, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 59(3), 227-229.
- Yılmaz, U. (2006). Ankara kilinin (Çankaya-Ankara) sıkışma-kabarma özelliklerinin incelenmesi, S.D.U., MSc Thesis.
- Yüncü, H. (1972). An Investigation of Volume Change of Ankara Clay, MSc Thesis, M.E.T.U., Civil Eng. Dept., 52 pages.



Derleme / Review

## Acil Durum ve Afet Yönetimi Planlarının Tarihsel Gelişimi *The Historical Development of Emergency and Disaster Management Plans*

Bülent ÖZMEN 

Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06570 Ankara

Geliş (Received): 7 Ağustos (August) 2023 / Düzeltme (Revised): 16 Eylül (September) 2023 / Kabul (Accepted): 19 Eylül (September) 2023

### ÖZ

6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen ve asrın felaketi diye isimlendirilen Kahramanmaraş merkezli depremler elli binden fazla vatandaşımızın hayatını yitirmesine ve 100 milyar doların üzerinde ekonomik kaybın doğmasına neden olarak ülkemizi çok ciddi şekilde etkilemiş ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine önemli bir sekte vurmuştur. Türkiye, depremin yanı sıra başta sel ve orman yangınları olmak üzere farklı tür birçok afete maruz kalmakta her yıl çok sayıda vatandaşımız hayatını yitirmekte, ekonomik kayıplar meydana gelmekte ve psikososyal olarak tüm toplum afetlerden önemli derecede etkilenmektedir. Bu veriler bize afetlerle istenilen düzeyde mücadele edecek politikaların henüz geliştirilemediğini göstermektedir. Olası afetlerin etkilerini en aza indirebilmek için olaya bütüncül bakarak farklı konu ve alanlarda çok sayıda çalışma yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar arasında acil durum ve afet yönetimi planları önemli bir yer tutmaktadır. 1945’li yıllardan itibaren değişik tarihlerde yayınlanan birçok yasa ve yönetmelikte bu planların hazırlanması ile ilgili çok sayıda düzenleme yapılmıştır. Makalenin amacı afet ve acil durum yönetimi planlarının tarihsel süreç içinde nasıl geliştiğini kronolojik olarak ortaya koymak, 2014 ve 2022 tarihli Türkiye Afet Müdahale planı hakkında bilgiler vermek, planların hazırlanması hususunda yol gösterici olmak, etkin bir şekilde uygulanmasını sağlamaya katkı vermek, konunun önemine ve gereğine dikkat çekmektir.

**Anahtar Kelimeler:** Acil Durum, Afet, Afet Yönetimi, Afete Müdahale, Plan

### ABSTRACT

*The Kahramanmaraş-centered earthquakes, which occurred on February 6, 2023 and have been the disaster of the century, caused the death of more than fifty thousand of our citizens and an economic loss of over 100 billion dollars, affecting Türkiye very seriously and severely disrupting the sustainable development goals. In addition to the earthquakes, Türkiye is exposed to many different types of disasters, especially floods and forest fires. Many of our citizens lose their lives every year, economic losses occur and the whole society is affected by disasters psychologically. This data shows us that policies that will combat disasters at the desired level have not yet been developed. In order to minimize the effects of possible disasters, many studies need to be carried out on different subjects and areas by looking at the event holistically. Among these studies, emergency and disaster management plans have an important place. Many regulations regarding the preparation of these plans have been made in many laws and regulations published at different times since 1945. The aim of this article is to reveal chronologically how disaster and emergency management plans have developed in the historical process, to provide information about Türkiye’s Disaster Response plan dated 2014 and 2022, to guide the preparation of the plans, to contribute to their effective implementation, and to draw attention to the importance and necessity of the issue..*

**Keywords:** Emergency, Disaster, Disaster Management, Disaster Response, Plan

## GİRİŞ

Geçmişten günümüze afetlerle ilgili yapılan çalışmalara ve afet istatistiklerine baktığımız zaman Türkiye'nin, başta depremler olmak üzere doğa ve teknolojik kaynaklı afetlere çok sık olarak maruz kaldığı görülmektedir. Türkiye'de son yıllarda deprem, orman yangınları ve sel gibi çok sayıda afet meydana gelmiştir. Bu afetlerin en önemlisi kuşkusuz 6 Şubat 2023 tarihinde saat 04:17'de Pazarcık (Kahramanmaraş) ve yine aynı gün saat 13:24'de Elbistan'da (Kahramanmaraş) meydana gelen depremlerdir (AFAD, 2023). Bu depremler nedeniyle elli binden fazla kişi hayatını yitirmiş, yüz binden fazla insan yaralanmış ve 100 milyar doların üzerinde ekonomik kayıp meydana gelmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı, 2023). 2021 yılında, 28 Temmuz - 10 Ağustos günleri arasında Cumhuriyet tarihinin en büyük orman yangınları meydana gelmiştir. Yine aynı yıl orman yangınlarının hemen sonrasında 11 Ağustos'ta meydana gelen ve 82 kişinin hayatını kaybetmesine, 228 kişinin yaralanmasına, 16 kişinin kayıp olmasına neden olan sel afeti yaşanmıştır. Kastamonu, Sinop ve Bartın illerinde etkili olan sellerden en fazla etkilenen yerleşim birimi Kastamonu ilinin Bozkurt ilçesi olmuştur. Sadece birkaç yıl içinde meydana gelen bu afetleri bile göz önüne aldığımızda Türkiye'nin, afet sonucu doğurabilecek olaylarla karşılaşma olasılığının ne kadar yüksek olduğu, kayıpların ne kadar fazla olabileceği açıklıkla görülmektedir. Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi Türkiye'nin de afet risklerini en aza indirebilmek, yerleşim yerlerini afetlere dirençli hale getirebilmek için yapmaya çalıştığı birçok çalışmanın yanı sıra afet ve acil durum planlarının hazırlanması ve etkin bir şekilde uygulanmasına önem vermesi gerekmektedir. Doğa ve teknolojik kaynaklı tehlikelere karşı önceden önleyici, risk azaltıcı önlemler almayan ülkelerin/şehirlerin/

toplumların olaylarla karşılaştığında olayı en az kayıpla atlama ve afete hızlı ve etkili olarak müdahale etme şansı bulunmamaktadır. Bu gerçeğe rağmen Türkiye'de maalesef bu konuya yeterince önem verilmemiştir. Bu çalışmada afet ve acil durum yönetimi planlarındaki değişiklikler, yasal mevzuat taranarak değerlendirilmiştir. Böylece hem planların hem de planlarla ilgili mevzuatların zamana ve ülke ihtiyaçlarına bağlı olarak nasıl geliştiği ortaya konmuş ve önemi vurgulanmıştır.

## AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ PLANLARI MEVZUATININ TARİHÇESİ

Afet ve acil durum yönetimi planlarının tarihsel gelişimini incelemeye öncesinde herhangi bir bulguya rastlanmaması nedeniyle ilk olarak 22 Temmuz 1944 gün ve 5763 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmış olan 4623 sayılı "Yersarsıntısından Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun" dan başlanmıştır. Bu Kanun'un ikinci maddesinde "*Kurtarma, yaralıları tedavi, barındırma, ölüleri gömme, yangınları söndürme, yıkıntıları temizleme ve felaketzedeleri iâşe (bakıp besleme, yedirip içirme) gibi hususlarda kullanmak üzere vazife ve vazifelileri tayin, içtima (toplanma) mahallerini tesbit eden bir program tanzim ve icabeden vasıtalar ihzar (hazır) ve muhafaza olunur. Bu program Dahiliye (İçişleri), Nafia (Bayındırlık), Sıhhat ve İctimai Muavenet (Sağlık ve Sosyal Yardım) Vekaletlerince (Bakanlıklarınca) müştereken tespit edilecek esaslar dahilinde yapılır*" denmesine rağmen bu konu ile ilgili bir yönetmelik ve/veya program hazırlanmamıştır. Aslında bu Kanun'da afet ve acil durum planlarının ve yardım faaliyetlerinin önemi kavranarak bununla ilgili bir program hazırlanması ve programın esaslarının Dahiliye,

Nafia, Sıhhat ve İctimai Muavenet Vekaletlerince müşterek tespit edilmesi istenmesine rağmen bu konuda bir çalışma yapılmamıştır.

Daha sonra çalışmaya cumhuriyet döneminde çıkarılan afetle ilgili tüm kanunları bir araya getiren, afet öncesi, sırası ve afet sonrasında yapılması gereken çalışmaları düzenleyen ve 25 Mayıs 1959 tarihli Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren 7269 sayılı “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun” un incelenmesiyle devam edilmiştir. 7269 sayılı Kanun’u inceleyince, dördüncü maddesinin doğrudan afet ve acil durum yönetimi planları ile ilgili olduğu görülmektedir. 7269 sayılı Kanun’un dördüncü maddesi aşağıdaki gibidir.

*Madde 4 — Dahiliye (İçişleri), İmar ve İskân, Nafia (Millî Eğitim), Sıhhat ve İctimai Muavenet (Sağlık ve Sosyal Yardım) ve Ziraat Vekâletlerince (Bakanlıklarınca) âcil yardım teşkilâtı ve programları hakkında umumi esasları ihtiva eden bir talimatname yapılır. Bu talimatname esasları dairesinde âfetin vukuunu müteakip yapılacak kurtarma, yaralıları tedavi, barındırma, ölüleri gömme, yangınları söndürme, yıkıntıları temizleme ve felâketzedeleri iaşe gibi hususlarda tatbik edilmek üzere vazife ve vazifelerini tâyin, içtima mahallerini tesbit eden bir program valiliklerce tanzim ve icabeden vasıtalar ihzar (hazır) ve muhafaza olunur. Bu programların tatbiki valiliklerce kurulacak kurtarma ve yardım komiteleri marifetiyle sağlanır. Kaza, nahiye ve köylerde tafsilâtli çalışma muhtıraları ve tatbik programları, musaddak (doğruluğu tasdik edilmiş) vilâyet muhtıra ve programlarındaki esaslar dairesinde kazalarda kaymakamlar, nahiye ve köylerde nahiye müdürleri tarafından düzenlenir. Vilâyet kurtarma ve yardım komitesinin tetkikinden sonra valilerin tasdiki ile kesinleşir.*

Türkiye’de afet ve acil durum yönetimi planları ile ilgili çalışmalara 7269 sayılı Kanun’un dördüncü maddesi ile başlanmıştır. 7269 sayılı Kanun’un yukarıda verilen dördüncü maddesi esas alınarak acil durum ve afet yönetimi planları (başlangıçta/önceleri program denilmiş) ile ilgili; geçmişte meydana gelen afetlerden edinilen dersler, görülen eksiklik ve aksaklıklar, dünyada ve Türkiye’de bu planlarla ilgili yapılan çalışma ve gelişmelere bağlı olarak farklı tarihlerde birçok yönetmelik hazırlanmıştır. Bu yönetmelikler kronolojik sırayla Şekil 1’de verilmiştir.

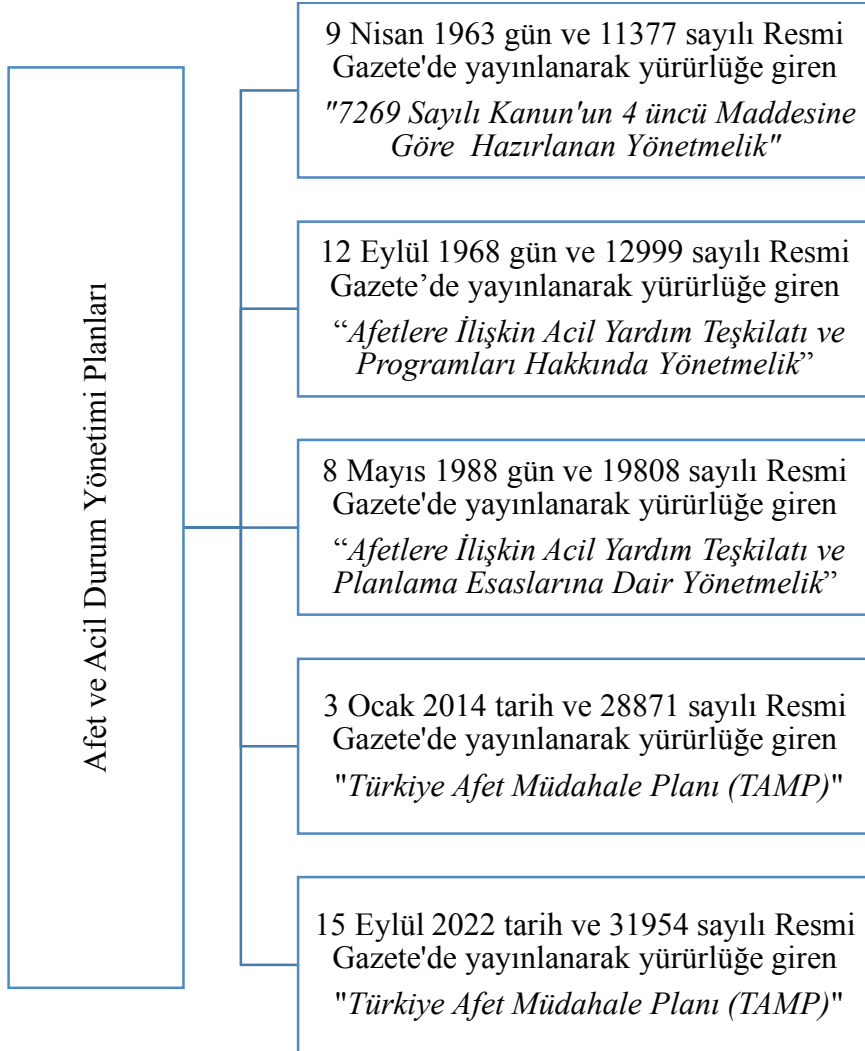
Şekil 1’de afet ve acil durum yönetimi planlarının hazırlanması ile ilgili 9 Nisan 1963 tarihinde çıkan “7269 sayılı Kanun’un 4 üncü Maddesine Göre Hazırlanan Yönetmelik” den; 15 Eylül 2022 tarihinde yayınlanan ve hali hazırda en güncel plan olan “Türkiye Afet Müdahale Planına” kadar birbirinin yerini alan yönetmelikler kronolojik bir sıra içinde verilmiştir. Şekil 1’de görüldüğü gibi planlarla ilgili ilk yönetmelik 7269 sayılı Kanun’un dördüncü maddesi gereğince 9 Nisan 1963 tarihinde yayınlanmıştır.

## AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ PLANLARININ GELİŞİMİ

Afet ve acil durum yönetimi planları, ilk olarak 1959 yılında yürürlüğe girmiş olan 7269 sayılı “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun” un dördüncü maddesi gereğince hazırlanmaya başlamıştır. Aşağıda kronolojik sırası ile 1963, 1968 ve 1988 tarihlerinde hazırlanmış ve uygulama alanı bulmuş olan yönetmelikler hakkında bilgiler verilmiştir. Ardından 2013 yılında yürürlüğe giren Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği ve bu yönetmelik gereğince

hazırlanmış olan 3 Ocak 2014 tarihli Türkiye Afet Müdahale Planı ve 24 Şubat 2022 tarihinde yürürlüğe giren yenilenmiş Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği ve bu

yönetmeliğin hukuki dayanağı ile hazırlanmış olan 15 Eylül 2022 tarihli yenilenmiş Türkiye Afet Müdahale planları hakkında bilgiler verilmiştir.



Şekil 1. Afet ve Acil Durum Yönetimi Planlarının Hazırlanması ile ilgili yasal düzenlemeler.

Figure 1. Legal regulations on the Preparation of Disaster and Emergency Plans.

### 9 Nisan 1963 Gün ve 11377 Sayılı Resmi Gazete’de Yayınlanarak Yürürlüğe Giren 7269 Sayılı Kanun’un 4’üncü Maddesine Göre Hazırlanan Yönetmelik

9 Nisan 1963 gün ve 11377 sayılı Resmi Gazete’de “7269 Sayılı Kanun’un 4 üncü Maddesine Göre Hazırlanan Yönetmelik” başlığı ile afetlerde acil yardım teşkilatının ve programlarının nasıl olması gerektiği ile ilgili esasları belirleyen ve sekiz maddeden oluşan bir yönetmelik yayınlanmıştır. Yönetmeliğin kapsamı, 7269 sayılı Kanun’da belirtildiği gibi afetlerde acil yardım teşkilatı ve programların esaslarının düzenlenmesi olarak açıklanmıştır. Yönetmelikte il kurtarma ve yardım komitesinin teşkili, komitenin görevleri, il, ilçe ve bucaklarda hazırlanacak programların nasıl olması gerektiği, yardım taleplerinin nasıl yapılacağı ve nasıl karşılanacağı gibi hususlar yer almıştır.

Yönetmeliğin ikinci maddesinde il kurtarma ve yardım komitesinin illerde valinin veya görevlendireceği bir şahsın başkanlığında Bayındırlık, Sağlık ve Sosyal Yardım, Tarım, Orman, Sivil Savunma, Toprak ve İskân Müdür veya memurlarıyla belediye başkanlarından oluşacak şekilde kurulması gerektiği belirtilmiştir. 7269 sayılı Kanun’un dördüncü maddesinde adı geçen kurtarma ve yardım komitesi böylece ilk olarak bu yönetmelik ile uygulamaya alınmıştır. Bu komiteye valinin gerekli göreceği diğer daire müdür veya memurlarıyla tecrübe ve bilgisinden istifade edilebilecek kimselerde çağrılacaktır.

Yönetmeliğin üçüncü maddesinde de İl Kurtarma ve Yardım Komitesinin görevleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- a) “İhtiyaç nispetinde kurtarma ve yardım ekiplerinin sayı ve kadrolarıyla bu kadrolarda çalıştırılacak kimseleri yedekleriyle beraber mükellefler

arasından ismen tesbit etmek ve bunların yetiştirilmesini sağlamak.

- b) Kurtarma ve yardım işlerinde derhal istifade edilebilecek resmi ve hususi binaların, istiap ((içine) alma, (içine) sığdırma) kabiliyetlerini ve hangi gaye ile kullanılacağını tesbit etmek.
- c) Ekipler ve felâketzedeler içine kurtarma ve yardım işlerinde ihtiyaç görülen her türlü malzeme vasıta, ilaç, giyecek ve yiyecek gibi maddelerin nerelerden, ne suretle sağlanacağını tesbit etmek.
- d) Kaymakamlar ve bucak müdürleri tarafından hazırlanan ilçe, bucak ve köylere ait tafsilatlı çalışma muhtıraları (bir konuda uyarmak için yazılan yazı) ve uygulama programlarını inceleme ve valilerin onayına sunmak.
- e) Afet meydana geldiğinde gereken bütün sıhhi tedbirleri tesbit, çapulculuğu önleyici ve afetin giderilmesini veya hafifletilmesini sağlayacak her türlü tedbirlerle beraber vali tarafından bu gayelerle verilen diğer işleri inceleme ve mütalâa (inceleme yapmak, fikir ortaya koymak).”

Yönetmeliğin dördüncü maddesinde de il, ilçe, bucak ve köylerde vukuu muhtemel afetin türü, kapsamı ve ehemmiyetine göre aşağıdaki ekiplerin kurulması kararlaştırılmıştır.

- 1- Kurtarma ekibi,
- 2- Yangın söndürme ekibi,
- 3- Sıhhi yardım ekibi,
- 4- Ölüler gömme ekibi,
- 5- Barındırma ekibi,
- 6- İnşa ekibi,
- 7- Yıkıntıları temizleme ekibi.

Ayrıca bu ekiplerin bir ekip başının idaresinde lüzumu kadar ihtisas kollarına ayrılabilceği belirtilmiştir.

7269 sayılı Kanun'da programın İçişleri, İmar ve İskân, Bayındırlık, Sağlık ve Sosyal Yardım ve Tarım Bakanlıklarının mutabığı ile hazırlanması gerektiği belirtilmiştir. Bu sekiz maddelik program Kanun'da belirtilen bakanlıkların temsilcileri tarafından 24 Temmuz 1959 tarihinde hazırlanmıştır. Fakat ancak 9 Nisan 1963 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Yayımlamak için niye bu kadar süre beklendiğine dair herhangi bir bilgiye rastlanılmamıştır.

#### **12 Eylül 1968 Gün ve 12999 Sayılı Resmi Gazete'de Yayınlanarak Yürürlüğe Giren "Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Programları Hakkında Yönetmelik"**

7269 sayılı Kanun'un afet ve acil durum yönetimi planları ile ilgili dördüncü maddesi, kabul tarihi 2 Temmuz olan ve 17 Temmuz 1968 tarihli Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiş olan 1051 sayılı Kanun'la aşağıdaki gibi değiştirilmiştir.

**Madde 4 – (Değişik: 2/7/1968-1051/1 md.):** İçişleri, İmar ve İskan, Bayındırlık, Sağlık ve Sosyal Yardım ve Tarım Bakanlıklarınca acil yardım teşkilatı ve programları hakkında genel esasları kapsıyan bir yönetmelik yapılır.

*Bu yönetmelik esasları dairesinde afetin meydana gelmesinden sonra yapılacak kurtarma, yaralıları tedavi, barındırma, ölüleri gömme, yangınları söndürme, yıkıntıları temizleme ve felaketedeleri iâşe gibi hususlarda uygulanmak üzere görev ve görevlileri tayin, toplanma yerlerini tespit eden bir program valiliklerce düzenlenir ve gereken vasıtalar hazırlanarak muhafaza olunur.*

*Bu programların uygulanması, valiliklerce kurulacak kurtarma ve yardım komitelerince sağlanır.*

*Ancak 7126 sayılı Sivil Müdafaa Kanunu'na göre teşkilat kurulan yerlerde acil kurtarma ve yardım işleri, yukarıda belirtilen komite ile sözü geçen sivil savunma teşkilatı tarafından müştereken yürütülür.*

İlçe, bucak ve köylerde tafsilâtlı çalışma muhtıraları ve uygulama programları tasdikli il muhtıra ve programlarındaki esaslar dairesinde ilçelerde kaymakamlar, bucak ve köylerde bucak müdürleri tarafından düzenlenir; il kurtarma ve yardım komitesinin incelemesinden sonra valilerin onayı ile kesinleşir.

Bu değişiklikten yaklaşık 40 gün sonra 12 Eylül 1968 gün ve 12999 sayılı Resmi Gazete'de 76 madde ve 8 ekten oluşan "Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Programları Hakkında Yönetmelik" başlığı ile bir önceki yönetmeliğin yerine yeni bir yönetmelik yayınlanmıştır. Bu yönetmeliğin yayımı tarihinde 1963 tarihli olan yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır. Artık acil yardım teşkilatı bu yönetmeliğe göre kurulmaya ve program bu yeni yönetmeliğe göre hazırlanmaya başlamıştır. Yönetmeliğin birinci maddesinde kapsamı "Genel hayata etkili afetler dolayısıyla alınacak tedbirlerle yapılacak yardımlara dair 7269 sayılı Kanun'un 2/7/1968 gün ve 1051 sayılı Kanunla değiştirilen 4 üncü maddesinde öngörülen acil yardım teşkilat ve programları bu Yönetmelik esasları dahilinde yerine getirilir" şeklinde belirlenmiştir. Acil kurtarma ve yardım işlerinin komite ve sivil savunma teşkilatı tarafından müştereken yürütülmesi istenmiştir.

7269 sayılı Kanun'un birinci maddesinde 2 Temmuz 1968 tarihinde 1051 sayılı Kanun'la değişiklik yapılana kadar afetlerin genel hayata etkili olup olmadığına İmar ve İskân



Bakanlığı'nın teklifi üzerine bakanlar kurulunca karar verilmekte idi. Fakat 1968 tarihinde 7269 sayılı Kanun'da yapılan değişiklikle afetin genel hayata etkililiğine ilişkin temel kuralların İçişleri ve Maliye bakanlıklarının görüşü alınarak İmar ve İskan Bakanlığınca hazırlanacak bir yönetmelikle belirlenmesi istenmiştir. Afetlerin meydana gelmesinde veya muhtemel olması halinde zararın o yerin genel hayatına etkili olup olmadığına, yönetmelik esasları gereğince, İmar ve İskân Bakanlığı tarafından karar verilmesi gerektiği hüküm altına alınmıştır. (Bu yönetmelik yukarıda sıralanan birimler tarafından hazırlanmış ve 21 Eylül 1968 tarihli Resmi Gazete'de "Afetlerin Genel Hayata Etkililiğine İlişkin Temel Kurallar Hakkında Yönetmelik" başlığı ile yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.)

Bu yönetmeliğin beşinci maddesine göre il kurtarma ve yardım komiteleri; Valilerin Başkanlığı altında, Savunma Sekreteri, Jandarma Alay Komutanı, Emniyet, Sağlık, Bayındırlık, Veteriner ve İl İmar Müdürlüklerinden oluşmaktadır. Valilerce lüzum görülmesi halinde, Afet bölgelerinin kaymakamları da Komite'ye iştirak ettirilerek görüşleri alınabilecektir. Bu yönetmelik esaslarına göre ilçelerde kaymakamlar, bucak ve köylerde bucak müdürleri tarafından hazırlanacak programların uygulanması ve incelenmesi İl Kurtarma ve Yardım Komitesince yapılmaktadır.

Ayrıca yönetmelikte afetlerle ilgili bilgi toplanması konusunda bir başlık açılmış ve afetlerle ilgili bilgilerin madde madde nasıl toplanacağı konusu ile ilgili oldukça detay açıklamalar yapılmıştır. Planlama hizmetleri başlığı altında da bir afetin olması halinde emir ve komuta kademelerinde kimlerin olacakları, nasıl hareket edileceği, plan gereğince kendisine görev verilenler ve kendisinden yardım beklenenlerin

yapılan planlardan haberdar edilmesi, planda belirtilmesi gerekli görülen belli başlı hususların neler olduğu detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Haber alma, ulaşım hizmetleri, nakil hizmetleri, envanter ve acil hizmet planlamalarında dikkat edilecek belli başlı hususlarda maddeler halinde sıralanmıştır. Sağlık hizmetlerinin planlanması için de ayrı bir başlık açılmış ve bu başlık altında sağlık hizmetleri kapsamında yapılması gereken çalışmalar maddeler halinde verilmiştir.

Acil yardım hizmetlerini yürütmek için;

- 1- Ön hasar tespit çalışmalarını düzenleme komisyonu,
- 2- Afetzedeleri barındırma komisyonu,
- 3- Resmi müesseseleri yerleştirme komisyonu,
- 4- Fondan yapılacak ödemeler komisyonu,
- 5- Aynı yardımları alım ve muhafaza komisyonu,
- 6- Nakdi yardımlar komisyonu,
- 7- Çadır tevzi komisyonu,
- 8- Gıda maddeleri tevzi komisyonu,
- 9- Diğer maddeleri tevzi komisyonu,
- 10- Kurtarma ve enkaz kaldırma komisyonu,
- 11- Makine ve araç temin ve sevk komisyonu,
- 12- Amme tesisler komisyonu,
- 13- Sağlık işleri komisyonu,
- 14- Askerlik işlerini düzenleme komisyonu,
- 15- Afet bölgelerinde 7269 sayılı Kanun'un 13 ve 14 üncü maddelerine göre yapılacak teknik işler komisyonu,
- 16- Hasar tespit çalışmalarını düzenleme komisyonunun kurulması hüküm altına alınmıştır. Valiler gördükleri lüzum ve ihtiyaca göre başka komisyonlarda kurulabilir denilerek başka komisyonların kurulabilmesine de imkân tanınmıştır.

Yönetmeliğin üçüncü bölümünde de afet sonrası hizmetler; “ilk hizmetler” ve “ön hasar tespit çalışmalarını düzenleme komisyonu ve hizmetleri” başlıkları altında madde madde açıklanmıştır.

Ekler bölümünde

- Afet türlerini ve mahiyetlerini belirtmek için kullanılacak işaretler (Ek-1),
- Bina durumunu gösterir çizelge (Ek-2),
- Ön tespitler için çalışacak ekip (Ek-3),
- Bu yere ulaşmak için mevsimlere göre kullanılacak yollar (Ek-4-5-6),
- Tabii afetten zarar gören resmi yapılara ait hasar tesbit raporu (Ek-7),
- Tabii afetten zarar gören resmi yapılara ait hasar tesbit raporu icmalı (Ek-8)

için tablo ve çizelge formatları sunulmuş ve bunlara göre hazırlanarak eklere konulması istenmiştir.

### **8 Mayıs 1988 Gün ve 19808 Sayılı Resmi Gazete’de Yayınlanarak Yürürlüğe Giren 88/12777 Sayı ile Anılan “Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama Esaslarına Dair Yönetmelik”**

8 Mayıs 1988 gün ve 19808 sayılı Resmi Gazete’de “Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama Esaslarına Dair Yönetmelik” yayınlanmıştır. Bu yönetmeliğin yayınlanması ile yirmi yıldır uygulamada olan 1968 tarihli olan yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır. En kötü afet senaryosuna göre önceden planlama yapılarak olası bir afet anında afetzede vatandaşlara en etkin ilk ve acil yardım yapılmasını sağlamak için çıkarılan bu yeni yönetmeliğin amacı, “devletin tüm güç ve kaynaklarını afetten önce planlayarak, afetin meydana gelmesi halinde devlet güçlerinin afet bölgesine en hızlı bir şekilde ulaşması ile afetzede vatandaşlara en

etkin ilk ve acil yardım yapılmasını sağlamak için acil yardım teşkilatlarının kuruluş ve görevlerini düzenlemektir” şeklinde belirlenmiştir.

Bakanlar Kurulu’nun 88/12777 sayılı kararı ile ve 8/5/1988 gün ve 19808 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiş olan ve acil yardım planlamasının genel esaslarını ülke, il ve ilçe düzeyinde veren bu yönetmelik en uzun süre (26 yıl) yürürlükte kalan yönetmelik olmuştur.

Önceki yönetmeliklere göre oldukça kapsamlı olarak hazırlanmış olan bu yönetmelik, 8 bölüm, 76 madde ve 24 ekten oluşmaktadır (Özmen, 2018). Yönetmeliğin kapsamı “acil yardım hizmetlerini yürütmekle görevli, vali ve kaymakamlar, bakanlık, bağlı ve ilgili kuruluşlar, diğer kamu kurum ve kuruluşları ile askeri birlikler ve Kızılay’ın afetten önce yapmaları gerekli acil yardım planlarının ve afet sırasında yapacakları acil yardım hizmet ve faaliyetlerinin gerektirdiği görevleri, işbirliğini, koordinasyonu ve karşılıklı yardımlaşma esaslarını kapsar” şeklinde tanımlanmıştır. Diğer önceki iki yönetmelikle kıyasladığımızda kapsamın çok daha detaylı bir şekilde açıklandığı görülmüştür. Ayrıca artık program yerine “acil yardım planı” kavramı da gündeme girmiştir. Acil yardım planı gibi hizmet grubu, servis, ekip, il afet bürosu gibi birçok yeni kavramda bu yönetmelik ile uygulamaya ve literatüre kazandırılmıştır.

Acil yardım hizmetlerini yürütmek üzere, illerde valinin başkanlığında il kurtarma ve yardım komitesi, ilçelerde kaymakamın başkanlığında ilçe kurtarma ve yardım komitesi kurulması kararlaştırılmıştır.

Yönetmelik;

- Birinci Kısım (Genel Esaslar),
- İkinci Kısım (Olağanüstü Yetkiler ve Yükümlülükler),

- Üçüncü Kısım (Acil Yardım Planlaması Genel Esasları),
- Dördüncü Kısım (İl ve İlçe Acil Yardım Teşkilatı ve Görevleri),
- Beşinci Kısım (Yardım İsteme),
- Altıncı Kısım (Merkezi Planlama ve Koordinasyon),
- Yedinci Kısım (Afetler Nedeniyle Başbakanlık, Genelkurmay Başkanlığı ile Afetler Merkez Koordinasyon Kurulu Üyesi Bakanlıkların ve Kızılay'ın Görevleri) ve
- Sekizinci Kısım (Çeşitli Hükümler) olmak üzere sekiz kısım (bölüm) dan ve 24 Ek'den oluşmaktadır.

Eklerin başlıkları sırasıyla şöyledir:

- EK-1: İl Afetler Acil Yardım Plan Örneği,
- EK-2: ..... Müdürlüğüne Ait Mevcut ve Acil Yardım Hizmet Gruplarında Görevlendirilebilecek Personel İcmal Cetveli,
- EK-3: Acil Yardım Hizmet Gruplarında Görevlendirilecek Personele Ait Cetvel,
- EK-4: ..... Müdürlüğüne Ait Mevcut ve Acil Yardım Hizmet Gruplarında Görevlendirilecek Araç ve Gereç Cetveli,
- EK-5: ..... Hizmet Grubuna Tahsisli Personel İsim ve Nitelik Cetveli,
- EK-6: ..... Hizmet Grubuna Tahsisli Araç ve Gereç Cetveli,
- EK-7: ..... Hizmet Grubu ..... Servisine Tahsisli Personel İsim ve Nitelik Cetveli,

- EK-8: ..... Hizmet Grubunda Görevli Araç ve Gereç Cetveli,
- EK-9: Yerleşim Yerleri Genel Bilgi Formu,
- EK-10: İl ve İlçe İmar Planlarına İşlenerek Belirtilecek Resmi Bina ve Tesisler Bilgi Formu,
- EK-11: Kamu ve Özel Sektördeki Haberleşme Teçhizat Durum Cetveli,
- EK-12: Hastane, Poliklinik, Laboratuvar ve Benzeri Tesislere Ait Cetvel (Kamu ve Özel Sektöre Ait),
- EK-13: Gerektiğinde Hastane Olarak Kullanılabilecek Bina ve Tesisler Listesi (Kamu ve Özel Sektöre Ait),
- EK-14: İl Kurtarma ve Yardım Komitesi Kuruluşlar Temsilcileri Listesi,
- EK-15: ..... Grubunda Görev Alan Kuruluş Temsilcilerine Ait Liste,
- EK-16: Ön Tespit Formu,
- EK-17: Ön Hasar Tespit İcmal Formu,
- EK-18: Arazi Arsa Bina ve Tesis Teslim Alma Belgesi,
- EK-19: Araç Teslim Alma Belgesi,
- EK-20: Kiralanan-El Konulan Mala Ait İade Belgesi,
- EK-21: Zaruri İhtiyaç Maddeleri İle İlgili Ticarethane Kurum ve İşletmelerin Listesi,
- EK-22: ..... İli Satın Alma-Kiralama ve El Koyma Personeli Görev ve Yetki Belgesi,
- EK-23: Malzeme Teslim ve Tesellüm Belgeleri Köyü/Mahallesi,
- EK-24: Askeri Birliklerden Yardım İsteme Formu

Yönetmelikte önceki yönetmeliklerden ayrı olarak Valilere ve/veya Valiliklere verilen görev ve sorumlulukların yanısıra Başbakanlık, Genelkurmay Başkanlığı ile Afetler Merkez Koordinasyon Kurulu Üyesi Bakanlıkların ve Kızılay'ın Görevleri ayrı ayrı tanımlanmıştır. Böylece plana afetlerde çok paydaşlı bir yönetim anlayışı hakim kılınmaya çalışılmıştır. 1963 ve 1968 tarihli yönetmeliklerde olduğu gibi bu yönetmelikte de illerde valinin başkanlığında il kurtarma ve yardım komitesi oluşturulması korunmuştur. Ayrıca ilçelerde de kaymakamların başkanlığında ilçe kurtarma ve yardım komitelerinin kurulması gerektiği hüküm altına alınmıştır. Yönetmelikte ayrıca il kurtarma ve yardım komitesinin görevlerinin önceki yönetmeliklere kıyasla daha ayrıntılı bir şekilde ele alındığı görülmektedir.

Acil yardım hizmetlerini yürütmekten sorumlu komitenin hizmetlerini

- 1- Haberleşme Hizmetleri Grubu,
- 2- Ulaşım Hizmetleri Grubu,
- 3- Kurtarma ve Yıkıntıları Kaldırma Hizmetleri Grubu,
- 4- İlk Yardım ve Sağlık Hizmetleri Grubu,
- 5- Ön Hasar Tespit ve Geçici İskân Hizmetleri Grubu,
- 6- Güvenlik Hizmetleri Grubu,
- 7- Satın Alma, Kiralama, El Koyma ve Dağıtım Hizmetleri Grubu,
- 8- Tarım Hizmetleri Grubu ve
- 9- Elektrik, Su ve Kanalizasyon Hizmetleri Grubu ile yürütmesi kararlaştırılmıştır.

Her bir grubun hangi kurumlardan oluşacağı, yapacağı veya sorumlu olduğu görevler detaylı bir şekilde belirlenerek yönetmelikte açıklanmıştır.

Yönetmeliğin altıncı bölümünde genel hayatı geniş ölçüde etkileyen afetlerde

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Müsteşar'ının Başkanlığında Afetler Merkez Koordinasyon Kurulu'nun kuruluşu, görevleri ve çalışma esasları belirlenmiştir. Genel hayatı geniş ölçüde etkileyen afetlerde Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Müsteşar'ının Başkanlığında; Milli Savunma Bakanlığı, Dışişleri Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı, Maliye ve Gümrük Bakanlığı, Milli Eğitim Gençlik ve Spor Bakanlığı, Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı, Ulaştırma Bakanlığı, Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı müsteşarları ile Türkiye Kızılay Derneği Genel Başkanı veya Genel Müdüründen oluşan "Afetler Merkez Koordinasyon Kurulu" kurulmuştur. Bu kurul ile genel hayatı geniş ölçüde etkileyen afetlerin merkezi düzeyde koordine bir şekilde ve ilgili diğer bakanlıklarla beraber yürütülmesi amaçlanmıştır.

### **3 Ocak 2014 Tarih ve 28871 Sayılı Resmi Gazete'de Yayınlanarak Yürürlüğe Giren Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)**

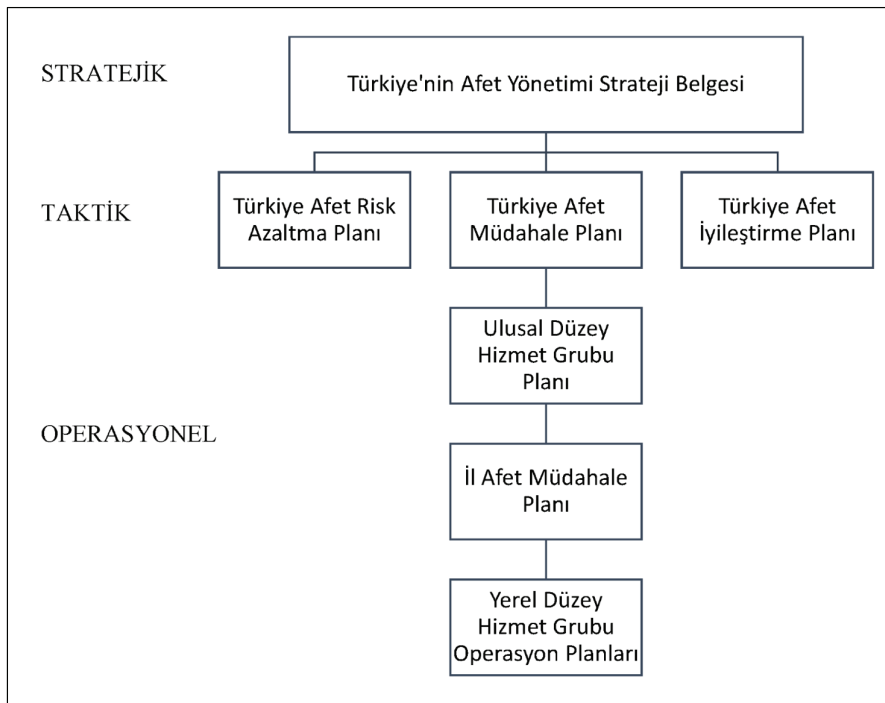
18 Aralık 2013 tarih ve 28855 sayılı Resmi Gazetede "Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği" yayınlanmış ve 1988 tarihli "Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama Esaslarına Dair Yönetmelik" yürürlükten kaldırılmıştır. Ayrıca hazırlanması istenilen müdahale planının amacı, kapsamı ve genel çerçevesi belirlenmiştir. Bu yönetmeliği hukuki dayanak olarak alan TAMP, Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulunun kararı ile 3 Ocak 2014 tarih ve 28871 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. TAMP'a göre genel olarak planlar stratejik, taktik ve operasyonel yaklaşımla hazırlanmakta ve stratejik planların, kurum ve kuruluşların orta ve uzun vadeli amaçlarını, temel ilke ve politikalarını, hedef ve önceliklerini, performans ölçütlerini, hedeflerine

ulaşabilmek için izlenecek eylem ve yöntemler ile kaynak dağılımını, taktik planlarında; rolleri, sorumlulukları, görevleri tanımlaması ve hizmet gruplarının yapacakları çalışmalar ile eylemleri ifade etmesi gerekmektedir (Şekil 2). Operasyonel planlarda ise personel, ekipman ve kaynak yönetimi gibi detayların yer alması gerekmektedir. TAMP, taktik yaklaşımla hazırlanmış olup afet ve acil durumlara ilişkin müdahale çalışmalarında görev alacak, hizmet grupları ve koordinasyon birimlerine ait rolleri ve sorumlulukları tanımlamaktadır.

18 Aralık 2013 tarihli Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliğinde; Türkiye Afet Müdahale Planının Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından bakanlık, kurum ve kuruluşların katılımıyla afet ve acil durumlara ilişkin müdahale çalışmalarında görev alacak hizmet grupları ve koordinasyon birimlerine ait

görev ve sorumlulukları tanımlamak amacıyla afet öncesi, sırası ve afet sonrasında ait müdahale planlamasının temel prensiplerini içerecek şekilde hazırlanması istenmiştir. Bu yönetmelik çerçevesinde hazırlanması gereken planların, Yönetmeliğin yürürlük tarihinden itibaren sekiz ay içinde hazırlanması gerekmektedir. Hazırlanan yeni planlar yürürlüğe girinceye kadar mevcut planların uygulanmasına devam edilmiştir.

Türkiye’de yaşanabilecek her tür ve ölçekte, afet ve acil durumlara müdahalede görev alacak, bakanlık, kurum kuruluşlar, özel kuruluşlar, Sivil Toplum Kuruluşları (STK), gerçek kişileri kapsayan, her birinin afete müdahale sırasında neler yapması gerektiğini yani görev ve sorumluluklarını tanımlayan TAMP’ın amacı planda aşağıdaki gibi belirlenmiştir (TAMP, 2014).



Şekil 2. Plan Türleri (TAMP, 2014).

Figure 2. Plan Types (TAMP, 2014).

Türkiye Afet Müdahale Planının (TAMP) amacı; afet ve acil durumlara ilişkin müdahale çalışmalarında görev alacak hizmet grupları ve koordinasyon birimlerine ait rolleri ve sorumlulukları tanımlamak, afet öncesi, sırası ve sonrasındaki müdahale planlamasının temel prensiplerini belirlemektir.

Bu plan ile merkezi ve yerel düzeyde afete nasıl ve hangi organizasyon yapısı ile müdahale edileceği merkezi düzey, yerel düzey ve hizmet grupları için ayrı ayrı olacak şekilde belirlenmiştir. Merkezi düzeydeki organizasyon yapısı Bakanlardan oluşan Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulu, Bakanlık müsteşarlarından oluşan Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi, 4 servis ve çeşitli bakanlıkların temsilcilerinden oluşan 28 hizmet grubundan oluşturulmuştur. TAMP'ta tanımlanmış olan ulusal ve yerel düzeydeki hizmet grubu planlarının eğitim ve tatbikatları planlarında belirtilen sayıda yapılması gerekmektedir. Tekli yıllarda ise Ulusal Afet Tatbikatı düzenlenmesi gerekmektedir.

Ulusal düzey hizmet grubu planları birbiri arasındaki uyum ve standartların sağlanabilmesi için Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) bünyesinde oluşturulan bir birim tarafından incelenerek onay aşamasına getirilmekte ve Başbakan veya AFAD'ın bağlı olduğu Başbakan yardımcısının onayı ile yürürlüğe girmektedir (Özmen, 2017).

### **15 Eylül 2022 Tarih ve 31954 Sayılı Resmi Gazete'de Yayınlanarak Yürürlüğe Giren Türkiye Afet Müdahale Planı**

Cumhurbaşkanlığı Hükümet Sisteminin 16 Nisan 2017 tarihindeki referandum ile kabul edilmesi ve 9 Temmuz 2018 tarihinden itibaren uygulanmaya başlanması nedeniyle 9,

10 ve 15 Temmuz 2018 tarihlerinde yayınlanan Cumhurbaşkanlığı Kararnameleri ile Türkiye'de afet yönetiminin en üst kurulu olarak işlev gören Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulu, Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu ve Deprem Danışma Kurulu kapatılmış, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı İçişleri Bakanlığına bağlanmış, AFAD'ın görevleri yeniden düzenlenmiş ve birçok bakanlığın görevleri ve isimleri değiştirilmiştir. TAMP'ın organizasyon yapısında önemli bir yer teşkil eden Afet ve Acil Durum Yüksek Kurul'unun, Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurul'unun ve Deprem Danışma Kurul'unun kaldırılması, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının İçişleri Bakanlığına bağlanması, birçok bakanlığın ve kamu kurumunun yapısında değişiklikler olması ve geçmiş afetlerden elde edilen derslerin mevzuata yansıtılması amacıyla 2013 tarihli Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği ve 3 Ocak 2014 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Afet Müdahale Planının güncellenmesi ihtiyacı, hatta zorunluluğu hasıl olmuştur.

Ortaya çıkan bu ihtiyaçların karşılanabilmesi için öncelikle 24 Şubat 2022 tarihinde Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği yenilenmiştir. Sonrasında yenilenmiş Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliğine uygun olacak şekilde Türkiye Afet Müdahale Planının da gerekli değişiklikler yapılmış ve yenilenmiş TAMP, 15 Eylül 2022 tarih ve 31954 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Artık Türkiye'de ülke ve il düzeyindeki planlar buna göre yapılmaya başlanmıştır.

Güncellenmiş bu plan ile merkezi ve yerel düzeyde afete nasıl ve hangi organizasyon yapısı ile müdahale edileceği merkezi ve yerel düzeyde organizasyonun nasıl olacağı ve her bir çalışma grubunun kimlerden oluşacağı ve hangi görevlerden sorumlu oldukları belirlenmiştir.

Merkezi düzeydeki organizasyon yapısı Afet ve Acil Durum Kurulu, Başkanlık AFAD Merkezi, Bakanlıklar Afet Yönetim Merkezleri, İl AFAD Merkezleri, 4 servis ve çeşitli bakanlıkların temsilcilerinden oluşan 25 çalışma grubundan oluşturulmuştur. Yani afetlerle ilgili çalışmaları daha etkin bir şekilde yerine getirmek amacıyla bazı çalışma (hizmet) grupları birleştirilmiş, bazılarının ise isimleri değiştirilmiştir. Örneğin medya ve halkla ilişkilerin sağlıklı yürütülmesini sağlamak amacıyla Afet İletişim Grubu isimli yeni bir çalışma grubu kurulmuştur. Bir önceki yönetmelik ve planda servislerin altında yer alan ve hizmet grubu diye isimlendirilen grupların adı çalışma grubu olarak değiştirilmiştir. Organizasyon şemasında da eskiden ismi Haberleşme Hizmet Grubu denilen grubun adı Afet Haberleşme Grubu şeklinde değişmiştir. Benzer değişiklik benzer şekilde bütün diğer gruplar içinde yapılmıştır.

İl Afet ve Acil Durum Koordinasyon kurulunun yapısında da biraz değişiklik yapılarak kurulda mülki idari amirliğince belirlenecek bir muhtar ile sivil toplum kuruluşu temsilcisinin yer alması sağlanmıştır. Ayrıca bir önceki sürümde vali/vali yardımcısının başkanlığında toplanan kurul, artık sadece valinin başkanlığında toplanabilecektir.

Yeni yönetmelik ile “AFAD Başkanlığı Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezinin” adı “Başkanlık AFAD Merkezi”; “İl Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezinin” adı “İl AFAD Merkezi” ve Bakanlıklarda kurulmuş olan “Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezlerinin” adı ise “Bakanlık Afet Yönetim Merkezi” olarak değiştirilmiştir.

2022 tarihli yeni yönetmelik ve planda, toplanma alanları konusunda yerel yönetimlere önemli görevler verilmiştir. Belediyeler tarafından toplanma alanları belirlenirken

AFAD Başkanlığı koordinesinde Afet Tahliye ve Yerleştirme Planlama Grubunca oluşturulan kriterlerin dikkate alınması gerekmektedir. Geçici Barınma konusu içinde benzer durum geçerlidir. Yeni yönetmelik ve plan kapsamında hem yerel yönetimlere hem de Büyükşehirlerdeki Yatırım İzleme ve Koordinasyon Başkanlıklarına önemli görev ve sorumluklar verilmiştir. Büyükşehir Belediyeleri, Belediyeler, Yatırım İzleme ve Koordinasyon Başkanlıkları ile İl Özel İdarelerine yeterli büyüklükte geçici barınma alanlarını belirlemeleri ve bu yerlerin alt yapısını hazır hale getirmeleri görevi verilmiştir. Geçici barınma alanı olarak belirlenen yerlerin hiçbir şekilde başka amaçla kullanılmayacağı yönetmelikte açıkça ifade edilmiştir. Geçici barınma alanları belirlenirken, afet barınma grubunca oluşturulan kriterlerin ve afet ve acil durum tehlikelerinin dikkate alınması gerekmektedir.

Sorumluluk alanlarına göre büyükşehir belediyeleri, belediyeler, yatırım izleme ve koordinasyon başkanlıkları ve il özel idareleri tarafından; afet ve acil durumlar göz önünde bulundurularak ihtiyaç duyulabilecek yapı stoğu envanteri, güncel cadde ve sokak isimleri, toplu kullanım alanları gibi her türlü verinin, Başkanlığın (AFAD'ın) kullanımına açık olacak şekilde düzenlenebilir ortamda güncel hali ile tutulması gerekmektedir.

## PLANLARIN GENEL BİR DEĞERLENDİRMESİ

1968 tarihli yönetmeliğin üçüncü maddesi ile bir afetin meydana gelmesi halinde uygulama safhasına geçirilmesine İmar ve İskân Bakanlığınca verilecek genel hayata etkililik kararı beklenmeksizin afetin meydana geldiği bölgenin valisi yetkili kılınmıştır.

1988 tarihli Yönetmelik ile genel hayati geniş ölçüde etkileyen afetlerde merkezi düzeyde Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Müsteşarının başkanlığında Afetler Merkez Koordinasyon Kurulunun kurulması önemli bir gelişme ve yenilik olmuştur (Bozkurt ve Çiçekdağı, 2023). Acil yardım konusu önceden yerel düzeyde valiliklerin sorumluluğu altında ele alınıp planlanırken artık merkezi düzeyde bu konuda ilgili tüm Bakanlık ve kamu kurumlarının aktif bir şekilde görev alması anlayışı egemen kılınmaya çalışılmıştır.

2014 yılına kadar acil yardım çalışmaları “İl Kurtarma ve Yardım Komitelerince” yerine getirilmeye çalışılmıştır. Hatta bu komiteler 1988 tarihli yönetmelikten sonra ilçelerde de kurulmuştur. 18 Aralık 2013 tarih ve 28855 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiş olan “Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği” ve bu yönetmelik esas alınarak hazırlanmış ve 3 Ocak 2014 tarihinde 28871 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiş olan Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) ile müdahale organizasyonunda ve acil yardım çalışmalarının ne şekilde ve kimler tarafından yapılacağı konusunda önemli değişiklikler yapılmıştır. Türkiye Afet Müdahale Planının yürürlüğe girmesi ile merkezi düzeyde ulusal müdahale organizasyonu; Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulu (Bakanlar), Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu (Müsteşarlar), Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı ve Operasyon Servisi, Lojistik ve Bakım Servisi, Bilgi ve Planlama Servisi ve Finans ve İdari İşler Servisi ve dört servisin altında yer alan 28 hizmet grubu eliyle yürütülecek şekilde oluşturulmuştur. Ayrıca bu yapı içinde Danışma Kurulları, Bakanlıklar Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezleri, İl Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezleri ve Basın Müşavirliği, Hukuk

Müşavirliği, İrtibat Sorumlusu ve Güvenlik Sorumlularına da yer verilmiştir.

Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP, 2014) afet ve acil durumlara müdahalede ihtiyaç duyulabilecek kapasiteyi yerel ve ulusal seviyede planlamak, bu kapasitenin olay bölgesine etkin ve hızlı bir şekilde ulaştırılmasını ve kullanılmasını sağlamak, müdahale hizmetlerini ve bu hizmetlerin koordinasyonundan sorumlu destek ve ana çözüm ortaklarının ve yerel düzeyde sorumlu birimlerin, görev ve sorumlulukları ile planlama esaslarını belirlemeyi amaçlamaktadır. TAMP, taktik yaklaşımla hazırlanmış olup afet ve acil durumlara ilişkin müdahale çalışmalarında görev alacak, hizmet grupları ve koordinasyon birimlerine ait roller ve sorumluluklar tanımlanmıştır.

Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP, 2014) afet risklerinin azaltılmasına yönelik hedefleri ortaya koyan, ilk kapsamlı bir stratejik belge olması açısından önemlidir. Hazırlanan bu planlar afet ve acil durumlara müdahalede ihtiyaç duyulabilecek kapasiteyi yerel ve ulusal seviyede planlamak, bu kapasitenin olay bölgesine etkin ve hızlı bir şekilde ulaştırılmasını ve kullanılmasını sağlamak, müdahale hizmetlerini ve bu hizmetlerin koordinasyonundan sorumlu destek ve ana çözüm ortaklarının ve yerel düzeyde sorumlu birimlerin, görev ve sorumlulukları ile planlama esaslarını belirlemeyi amaçlamaktadır.

TAMP’ta ayrıca Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulu’na hangi olay türlerine yönelik ulusal düzeyde plan hazırlanacağına karar verme yetkisi verilmiştir. Böylece sadece deprem için değil, Su baskını, Baraj patlaması, Orman yangını, Sanayi yangınları, Toplu nüfus hareketleri, Siber saldırı, Kimyasal, Biyolojik afetler ve salgın hastalıklar, radyolojik ve nükleer kazalar, Kuraklık ve Ulaşım kazaları gibi olay türleri içinde planlar hazırlanmaya başlanmıştır. Şimdiye kadar hep



deprem için hazırlanmakta olan planların artık farklı afet türleri içinde hazırlanacak olması önemli bir gelişme olmuştur. İlgili kurumlar kararın tebliğinden itibaren altı ay içinde planları hazırlamak zorundadırlar.

Bir başka önemli yenilikte müdahale seviyeleri konusunda yapılmıştır. Artık müdahale organizasyonu afetin etki derecesine göre değişiklik göstermektedir. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), afet ve acil durum olayı sonrası İl Afet ve Acil Durum Yönetimi Merkezinden aldığı bilgiler doğrultusunda afetin seviyesini belirlemektedir. Afetin etki derecesine göre koordinasyon ve organizasyon belirlenmekte ve herhangi bir talimat beklemeksizin ilgili kurumlar uygulamaya geçmektedir.

TAMP'ın yürürlüğe girmesi İl Kurtarma ve Yardım Komitelerinin yerine İl Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulları oluşturulmuştur. İller için hazırlanan planlar bu kurul tarafından onaylanmaktadır.

TAMP'ın planlar hiyerarşisi açısından yapılan analizleri, hem stratejik seviyede, hem risk ve zarar azaltma aşamasında hem de iyileştirme aşamasında yapılan çalışmaların henüz tamamlanmadığını, bu bağlamda da TAMP'ın kendi öncülü olması gereken plan ve stratejilerden yoksun bir şekilde hazırlandığını ortaya çıkarmaktadır (Şahin, 2020).

9, 10 ve 15 Temmuz 2018 tarihlerinde yayımlanan Cumhurbaşkanlığı Kararnameleri ile Türkiye'de afet yönetiminin en üst kurulu olarak işlev gören Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulu ve Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu kapatılmış, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı İçişleri Bakanlığına bağlanmış, AFAD'ın görevleri yeniden düzenlenmiş ve birçok bakanlığının görevleri ve isimleri değiştirilmiştir. Bu

değişiklikler aslında TAMP planının yapısını ve müdahale organizasyonu tamamen etkileyen değişikliklerdir (Özmen ve Tün, 2022). Tüm bunlara rağmen yukarıda sıralanan değişikliklerle uyumlu olacak bir planın hazırlanması oldukça gecikmiştir. Türkiye'nin afet yönetimi sistemi ile ilgili yukarıda sıralanan değişiklikleri içerecek şekilde Türkiye Afet Müdahale Planında, merkezi ve yerel düzey afet müdahale organizasyon yapısında uzun bir süre herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Bu değişikliğin hemen yapılmamış olması başarılı bir afet müdahalesinin koordinasyonunda ve uygulanmasında problem yaşanmasına ve bazı karışıklıkların olmasına neden olmuştur. TAMP'ın son yasal ve kurumsal değişiklikleri içerecek şekilde yeniden düzenlenmesi için dört yıl kadar zaman geçmiştir. 22 Şubat 2022 yılında yenilenmiş Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliğinin yayınlanmasını takiben yeni sürüm TAMP ancak 15 Eylül 2022 tarihinde yayınlanabilmiştir.

Afetin etkin ve yerinde müdahalesi bakımından temel olarak güçlü koordineyi amaçlayan TAMP Belgesi'nde, afet yönetişiminin birçok temel noktasına rastlanmakta ve bu bağlamda 2022 yılında yayımlanan yeni Plan'ın, içerik itibarıyla bir önceki Plan'dan farklı olarak afet yönetişimi anlayışına yönelik önemli unsurları da bünyesine dahil ettiği görülmektedir (Bozkurt, 2023).

2022 tarihli en güncel yönetmelikle belediyelere toplanma alanları ve geçici barınma alanlarının belirlenmesi ile ilgili önemli görevler verilmiştir. Geçici barınma alanlarının hiçbir şekilde başka amaçla kullanılmayacağını yönetmelikte açıkça ifade edilmesi olumlu bir gelişme olmuştur.

Yine yıllardır eksikliği duyulan ve bir türlü hazırlanamayan yapı stoğu envanteri, güncel

cadde ve sokak isimleri, toplu kullanım alanları gibi her türlü verinin güncel hali ile tutulması görevinin büyükşehir belediyeleri, belediyeler, Yatırım İzleme ve Koordinasyon Başkanlıkları ve il özel idarelerine verilmesi de özellikle yapı envanteri bilgisine en doğru ve en güncel hali ile ulaşılmalarının sağlanması açısından önemlidir. Bütün yönetmeliklerde Valiler birinci derece sorumlu kılınmıştır.

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Afet ve acil durum müdahale planları bağlamında yürürlüğe giren yönetmeliklerin incelenmesi ile konunun ilk olarak 22 Temmuz 1944 gün ve 5763 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanmış olan 4623 sayılı “Yersarsıntısından Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun” ile gündeme geldiği ortaya çıkarılmıştır.

Afet ve acil durum müdahale planları ile ilgili ilk yönetmeliğin 9 Nisan 1963 gün ve 11377 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren “7269 Sayılı Kanun’un 4 üncü Maddesine Göre Hazırlanan Yönetmelik» başlığı ile yayımlandığı ve geçmişten günümüze birbirinin yerini alacak şekilde *şimdiye kadar beş kez değişikliğe* uğradığı belirlenmiştir.

7126 sayılı “Sivil Savunma Kanunu” gereğince “Sivil Savunma İle İlgili Şahsi Mükellefiyet, Tahliye ve Seyrekleştirme, Planlama ve Diğer Hizmetler Tüzüğü”, “Sivil Savunma İle İlgili Teşkil ve Tedbirler Tüzüğü” ve “Daire ve Müesseseler İçin Sivil Savunma İşleri Kılavuzu” hazırlanmıştır. Bu tüzük ve kılavuz gereğince de afet ve acil durum planlarına benzer planların hazırlanması gerekmektedir. Aynı amaca hizmet eden ve “Sivil Savunma Kanunu” gereğince hazırlanması zorunlu olan bu planların yeni bir yönetmelik ile veya Türkiye Afet Müdahale Planında yapılacak değişiklik

ile yasal olarak hazırlanma zorunluluğunun kaldırılması ve afet ve acil durum müdahale konusu ile ilgili tek bir planın *hazırlatılması* yönünde düzenlemelerin yapılması *önerilir*.

Afet ve acil durum yönetimi planları ile ilgili gelişmelerin ve değişikliklerin kronolojik bir sıra ile verilmesinin konu ile ilgili çalışma yapan, planları uygulayan ve ileriye yönelik mevzuat değişiklik çalışmalarında yer alacak kişiler için yol gösterici olması beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

- 7269 Sayılı Kanun’un 4 üncü Maddesine Göre Hazırlanan Yönetmelik. (1963, 9 Nisan). Resmi Gazete (Sayı: 11377). <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/11377.pdf>
- AFAD. (2023). 06 Şubat 2023 Pazarcık-Elbistan Kahramanmaraş (Mw: 7.7 – Mw: 7.6) Depremleri Raporu. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği. (2013, 18 Aralık). Resmi Gazete (Sayı: 28855). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/12/20131218-13.htm>
- Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği. (2022, 24 Şubat). Resmi Gazete (Sayı: 31760). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/02/20220224-31.pdf>
- Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Programları Hakkında Yönetmelik. (1968, 12 Eylül). Resmi Gazete (Sayı: 12999). <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/12999.pdf>
- Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama Esaslarına Dair Yönetmelik. (1988, 8 Mayıs). Resmi Gazete (Sayı: 19808). <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/19808.pdf>

- Bozkurt, Ö. Çiçekdağı, H.İ. (2023). Afetlere müdahale mevzuatının tarihi gelişimi. N. Varol ve T. Gültekin (Ed.ler), Disiplinlerarası Bakışla Afet Risk Yönetimi 1, (ss. 237-262). Nobel Yayınları.
- Bozkurt, Ö. (2023). Türkiye afet müdahale planı'nda (TAMP) afet yönetişiminin izleri. N. Varol ve Ö. Bozkurt (Ed.ler). Afet Yönetişimi, (ss 27-50). Ankara Üniversitesi.
- Özmen, B. (2017). Türkiye'de afet ve acil durum yönetim planlarının mevcut durumu ve mevzuat karmaşası. Afet ve Acil Durum Yönetiminde Kurumlararası İşbirliği ve Yönetişimi Çalıştayı Bildiriler Kitabı, (s.205-214).
- Özmen, B. 2018, Acil durum ve afet yönetimi planları mevzuatı. S. Pampal (Ed.), Acil Durum ve Afet Yönetimi Planları, (s.22-41). Anadolu Üniversitesi.
- Özmen, B. Tün, M. (2022). Türkiye afet müdahale planına ilişkin tespit ve öneriler. 4. Uluslararası Afet ve Dirençlilik Kongresi Bildiri Özleri Kitabı, (s.21-22).
- Şahin, A.U. (2020). Afet yönetimi ve planlaması perspektifinden Türkiye afet müdahale planının değerlendirilmesi. Dirençlilik Dergisi, 4(1), 129-158. <https://doi.org/10.32569/resilience.638838>
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu. Strateji ve Bütçe Başkanlığı.
- Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP). (2014, 3 Ocak). Resmi Gazete (Sayı: 28871). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/01/20140103-12.htm>
- Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP). (2022, 15 Eylül). Resmi Gazete (Sayı: 31954). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/09/20220915-28.pdf>
- Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun. (1959, 25 Mayıs). Resmi Gazete (Sayı: 10213). <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/10213.pdf>
- Yersarsıntısından Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun. (1944, 22 Temmuz). Resmi Gazete (Sayı: 5763). <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/5763.pdf>



# YAYIN AMAÇLARI VE KURALLARI, YAYINA KABUL İLKELERİ

## AMAC ve KAPSAM:

### **JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ**

- İnsan ile Yerküre arasındaki etkileşimlere ilişkin bilgi ve deneyimleri doğal çevreyi de gözetererek daha güvenli ve sağlıklı bir yaşam ortamı sağlamak amacı ile insanlığın hizmetine sunmayı hedefleyen Jeoloji Mühendisliği mesleğinin, günlük yaşamdaki yerini ve önemini daha etkin bir şekilde yansıtmak,
- Bu alanda ulusal ve uluslararası gelişmeleri Jeoloji Mühendislerinin bilgisine sunmak,
- Konu ile doğrudan veya dolaylı etkinliklerde bulunan bilim insanları, araştırmacılar, mühendisler ve diğer uygulayıcılar arasındaki bilgi ve deneyim paylaşımını güçlendirecek ve hızlandıracak, kolay erişilebilen, geniş katımlı bir tartışma ortamı sağlamak ve bunları yayma olanağı yaratmak,
- Uluslararası Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri doğrultusunda, doğal kaynakların etkili yönetimi, mühendislik yapıları, mekansal planlamalar, insan ve doğayı yeryüzü dinamiklerini gözetererek, jeolojik tehlikeler göz önünde bulundurularak dirençli ortamların tasarımına katkıda bulunmak ve Jeoloji Mühendisliğine ilişkin diğer sorunların daha etkin bir şekilde çözüme kavuşturulması ve geliştirilmesini sağlamak,
- Disiplinler arası araştırmaların ve birlikte çalışabilirlik ilkelerinin geliştirilmesine katkıda bulunma,

amaçlarına sahiptir.

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ**, mühendislik jeolojisi, jeoteknik, su kaynakları yönetimi ve hidrojeoloji, çevre jeolojisi ve atık yönetimi, jeotermal, sondaj tekniği ve uygulamaları, doğal olası tehlikeler, doğa kaynaklı afetler ve afet yönetimi gibi uygulamalı jeoloji mühendisliği hizmetleri konularının yanı sıra, uygulamaya yönelik yerbilim verilerinin de içinde bulunduğu inşaat, maden, jeofizik, petrol, çevre ve şehir bölge planlama gibi disiplinler arası ulusal ve uluslararası araştırmaların yayımlandığı bir dergidir.

Bu kapsamda;

- Mühendislik yapıları için uygun yer seçimi araştırmaları ve arazi kullanım planlamaları,
- Jeoteknik saha araştırmaları, sondaj çalışmaları, arazi ve laboratuvar deneyleri,
- Jeoteknik çalışmalarda kullanılan jeofizik yöntemler,
- Kaya ve zeminlerin jeomekanik özellikleri,
- Şev duraylılığı değerlendirmeleri ve izleme teknikleri,
- İnsan ve doğayı olumsuz etkileyen dinamik jeolojik süreçlere dirençli mekansal planlama çalışmaları,
- Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojilerinin jeoloji mühendisliği alanında uygulamaları,
- Doğal olası tehlike ve risk (Deprem, sıvılaşma, heyelan, obruk, tıbbi jeoloji, taşkın, çığ vb.) değerlendirmeleri,
- Doğa kaynaklı afetler ve afet yönetimi çalışmaları,

- Çevre jeolojisi araştırmaları, atık yönetimi ve yer seçimi çalışmaları,
- Yüze ve yeraltı su kaynaklarının yönetimi, hidrojeolojik sorunlar ve çözümlere yönelik yaklaşımlar,
- Jeolojik kaynakların yönetimi uygulamaları, sorunları, çözüm önerileri ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi,
- Jeotermal, maden ve mineral kaynaklarının araştırma ve geliştirilmesi, yeraltı jeolojisi modelleme çalışmaları,
- Kirleticiler ve ekosisteme etkileri,
- Doğal yapı malzemeleri ve zemin iyileştirme çalışmaları,
- Tarihi yapıların ve jeolojik anıtların korunmasında mühendislik jeolojisi,
- Kaynak arama ve üretim süreçlerindeki sondaj uygulamaları, sondaj teknolojilerindeki gelişmeler,
- Yapı üretim ve denetim süreçlerinde jeoloji mühendisliği alanına giren konulardaki araştırma, geliştirme ve proje çalışmaları,
- Jeoloji Mühendisliği eğitimi ve eğitimin geliştirilmesi,

konuları öncelikli olmak üzere, yukarıdaki konularla ilişkili tüm kuramsal ve uygulamalı çalışmaları kapsayan araştırmalar Jeoloji Mühendisliği Dergisinde yayımlanır. Çalışmanın daha önce yayımlanmamış olması gerekmektedir. Jeoloji Mühendisliği Dergisinde, dört yazı türü yayımlanmaktadır:

- 1- ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article):** Özgün bir çalışmanın sunulduğu yazıdır. Kuramsal temel, yeterli miktar ve nitelikte veriye dayalı bulgu ve sonuçların ayrıntılarıyla değerlendirildiği bölümleri içermelidir. Yazının toplam uzunluğu 9000 sözcük eşdeğerini (15 JMD sayfası) aşmamalıdır. Makale, alanında uzman en az iki hakem tarafından incelendikten sonra yayımlanır.
- 2- DERLEME (Review):** Editörün daveti üzerine veya bilgisi dahilinde hazırlanan, Jeoloji Mühendisliği'nin herhangi bir alanında halen kullanılmakta olan teknik, yöntem ve yaklaşımları günümüz teknolojik gelişmeleri ve kendi deneyimleri ışığında inceleyen, bu açıdan öneriler getiren ve geliştiren yazıdır. Yazı uzunluğu konuya bağlı olarak değişebilir. Yayın Kurulu incelemesi zorunluluğu yoktur.
- 3- TEKNİK NOT (Technical Note):** Teknik not makalesi, önceki yayınlara kıyasla gerçekten yeni olan bir teknik, ekipman, araştırma yöntemi veya bir değerlendirme yöntemini kapsayan çalışmalardır. Makalede değerlendirme veya ölçüm yöntemlerinin, nasıl doğrulandığı belirtilmelidir. Bir teknik not 4000 kelimedenden uzun olmamalıdır (6 JMD sayfası). Makaleler en az iki yayın kurulu üyesi tarafından incelenecektir.
- 4- DÜZELTME (Erratum):** Makalenin son düzenleme sırasında yazarlar veya yayın kurulu tarafından yanlışlıkla oluşturulan yayımlanmış bir makaledeki hataları düzeltmek için bir hata bildirimini yayımlanır. JMD, yayımlanan makalenin yazarları veya okuyucular tarafından hatalara karşı uyarılabilir. Yazarlar yayın kurulunu uyardıysa, mümkün olan en kısa sürede bir düzeltme (erratum) yayımlanır. Bir okuyucu yayın kurulunu uyardıysa, bir yazım hatası bildiriminin uygun olup olmadığını görmek için yazarla iletişime geçilir. Okuyucular, Editör ile iletişime geçebilirler. Editöre Mektup

alınmışsa ve yazım düzeltmesi gerekliyse, orijinal makalenin yazarlarından, yayınlanan Editöre Mektup'a yanıt vermeleri ve düzeltme yazısı yazmaları istenir.

## ETİK İLKELER VE YAYIN POLİTİKASI

### 1. Etik İlkeler ve Yayın Politikası

Jeoloji Mühendisliği Dergisi (JMD) yayıncı ve kullanıcıları (Editör ve teknik editör, yazarlar, hakemler, okuyucular vb.) Yayın Etiği Komitesi (Committee on Publication Ethics-COPE, <https://publicationethics.org/>) tarafından belirlenen etik kurallar ve sorumluluklara uyar.

Jeoloji Mühendisliği Dergisi hakemli bir dergidir. Basılı ve elektronik ortamda çevrimiçi yayın yapmakta olup, açık erişim sistemine sahiptir. Dergi sayıları Aralık ve Haziran aylarında yılda iki kez yayınlanır. Yayın süreçlerinde, bilimsel yöntemle özgürce ve yansız biçimde üretilen bilginin paylaşılması gözetilir. Makale değerlendirme sürecinde kör hakemlik sistemi uygulanır. JMD'nin 1977 yılından itibaren yayınlanan tüm sayıları gerek yayıncı kuruluş olan TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) tarafından basılı ve elektronik versiyonları, TÜBİTAK ULAKBİM- DergiPark tarafından ise elektronik versiyonları arşivlenmektedir.

#### 1.1 Etik İlkeler

##### Editörlerin Etik Görev ve Sorumlulukları

Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nde görev alan Editörler, Yayın Etiği Komitesi (Committee on Publication Ethics -COPE) tarafından "Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors" başlığı altında yayınlanan kılavuz kapsamında hazırlanan etik görev ve sorumluluklara sahiptir.

Editörler, derginin gelişimi ve yayınlanan çalışmaların kalitesini geliştirmeye yönelik süreçleri takip etmekle sorumludurlar.

JMD'ne sunulan makale ilk olarak, Editörler tarafından dergi amaç ve kapsamına uygunluğu açısından gözden geçirilir. Gönderilen makale, derginin amaç ve kapsamına uymuyorsa en geç 15 gün içerisinde reddedilir ve yazara bilgi verilir. Amaç ve kapsamı uygun bulunan makale, yapılan hakem değerlendirmesi öncesi yazım kuralları, dil ve anlatım ile çalışmanın planlanması açısından incelenir. Bu konularda eksiklikleri bulunan makalelerin yazar tarafından düzeltilmesi istenir.

Editörler, makalelerin tüm bölüm içeriklerini inceleyip, uygun bulunduğu makaleler hakem değerlendirmesine alınırlar. Ancak, herhangi bir nedenle hakem değerlendirmesine uygun bulunmayan makaleler, editörün değerlendirme raporuyla birlikte reddedilir. Yazara en geç 15 gün içerisinde bilgi verilir.

Hakem değerlendirmesinde makaleler, editör tarafından içerik ve uzmanlık alanlarına göre dergi hakem havuzundan ve/veya havuz dışından olmak üzere, en az üç hakeme gönderilir. Makale hakemlerinin belirlenmesinde, çıkar çatışması/çakışması hususlarına özen gösterilir.

Hakem görüşleri doğrultusunda, düzeltilmesi istenen makalelerin düzeltilmiş kopyası, geçerli bir neden olmaksızın yazarlar

tarafından 30 gün içerisinde tekrar editöre gönderilmediği takdirde, editörün makaleyi reddetme hakkı vardır. Yeniden düzenleme sonrası, düzeltilmiş makale editör tarafından gerekirse yeniden hakem değerlendirmesine gönderilir veya editör tarafından doğrudan kabul veya reddedilir.

Değerlendirme sonucu, hakemlerden gelen görüşler, editör tarafından en geç 15 gün içerisinde incelenir. İnceleme sonucunda, editör makaleye ilişkin nihai kararını vererek yazara iletir. Ret kararı verilen makaleler arşivlenir.

Editörler; olası suistimal ve görevi kötüye kullanma işlemlerine karşı önlem almakla yükümlüdür. Bu duruma yönelik şikayetlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi konusunda titiz ve nesnel bir soruşturma yapmanın yanı sıra, konuyla ilgili bulguların paylaşılması, editörün sorumlulukları arasında yer almaktadır. Suistimal şüphesi veya tartışmalı yazarlık durumlarında COPE akış şemaları (<https://publicationethics.org/resources/translated-resources/turkish-all-flowcharts>) dikkate alınarak gerekli aşamalar izlenir.

Editörler; yazar, hakem veya okuyuculardan gelen şikayetleri dikkatlice inceleyerek aydınlatıcı ve açıklayıcı bir şekilde yanıt vermekle yükümlüdür.

Dergi sahibi, yayıncı ve diğer hiçbir politik ve ticari unsur, editörlerin bağımsız karar almalarını etkilemez.

Editörler; yazar(lar), hakemler ve diğer editörler arasındaki çıkar çatışmalarını göz önünde bulundurarak, çalışmaların yayın sürecinin bağımsız ve tarafsız bir şekilde tamamlanmasını garanti eder.

##### Hakemlerin Etik Görev ve Sorumlulukları

Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nde görev alan Hakemler, Yayın Etiği Komitesi (Committee on Publication Ethics -COPE) tarafından "COPE-Ethical Guidelines for Peer Reviewers" başlığı altında yayınlanan kılavuz kapsamında hazırlanan etik görev ve sorumluluklara sahiptir.

- JMD'de tüm bilimsel yayınların objektif değerlendirilmesini sağlamak amacıyla kör hakemlik sistemi uygulanmaktadır. Makaleye hakem atama aşamasında hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir çıkar çatışması/çakışması bulunmamasına özen gösterilmektedir. Bu amaçla hakem ve yazar(lar) arasında bilhassa;
  - Tez danışmanı/öğrenci ilişkisi olmaması,
  - Yazar(lar) ve hakem arasında yakın geçmişte (son 2 yıl) ortak araştırma ve yayın yapılmamış olması,
  - Aynı kurumda görev yapıyor olmaması,
  - Dergiye sunulan yazıya biçim ya da içerik yönünden katkı yapmamış olması,
  - Yazar(lar) ve hakem arasında yargıya ya da etik kurullara intikal eden ihtilafların olmaması,
  - Hakem ve yazar(lar) arasında akrabalık ilişkisinin olmaması,
  - Hakemin yazar(lar) hakkında kamuoyuna intikal etmiş önyargılarının bulunmaması,

- o Hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir ticari ilişkisinin olmaması,

gibi durumlar dikkate alınır. Yukarıda belirtilen ve dergi editörlüğünün gözünden kaçan durumların olması ihtimaline karşı hakemler editörü uyarır ve gerekli bilgiyi verir.

Ayrıca;

- Hakemler, sadece uzmanlık alanlarına giren makaleleri değerlendirir.
- Hakemler değerlendirmelerini tarafsız, objektif ve gizlilik içinde yapmakla yükümlüdürler.
- Değerlendirmede milliyet, cinsiyet, dini inanç, siyasi düşünce, ticari kaygılar vb. nedenlerle tarafsızlıklarını kaybetmemelidirler.
- Görüş ve önerilerini akademik görgü kuralları içinde, yapıcı ve akademik bir dille yapmaları, kişisel polemiğe yaratacak üsluptan kaçınmaları gerekmektedir.
- Yayın sürecini sebepsiz uzatacak şekilde değerlendirmelerini geciktirmemeleri gerekir. Hakem değerlendirme süreci için hakemlere verilen süre 30 gündür. Hakemler veya editörden gelen düzeltme önerilerinin yazarlar tarafından 30 gün içerisinde tamamlanması zorunludur. Hakemler makale için düzeltmelerini inceleyerek uygunluğuna karar verebilir veya gerekliyse birden çok defa düzeltme talep edebilir.

#### **Yazarların Etik Görev ve Sorumlulukları**

JMD’nde uygulanan yayın süreçleri, bilginin tarafsız ve saygın bir şekilde gelişimine ve dağıtımına temel teşkil etmektedir. Bu doğrultuda uygulanan süreçler, yazarların ve yazarları destekleyen kurumların çalışmalarının kalitesine doğrudan yansımaktadır. Hakemli çalışmalar bilimsel yöntemi somutlaştıran ve destekleyen çalışmalardır. Bu noktada sürecin bütün paydaşlarının (yazarlar, okuyucular ve araştırmacılar, yayıncı, hakemler ve editörler) Yayın Etiği Komitesi-COPE ilkelerine uyması önem taşımaktadır.

JMD’ne değerlendirilmek üzere makale gönderecek yazar(lar), öncelikle DergiPark’a üye olmak zorundadır. Sorumlu yazar çalışmalarını (orijinal makale, derleme, vb.) JMD’ne DergiPark sistemi üzerinden göndermelidir.

Makaleden sorumlu yazarın dergiye yeni makale gönderimi için “iThenticate İntihal Tespit Yazılımı” veya “Turnitin” veya eşdeğeri bir intihal programı kullanarak benzerlik raporunun yanı sıra, imzalanan “Telif Hakkı Devri Formu” ve “Etik Bildirim Formu”nu DergiPark sistemine yüklemesi gerekmektedir. Gönderilen makalenin benzerlik endeksi oranı, referans listesi hariç, % 20’nin altında olmalıdır.

Yazarlar çalışmalarını aynı anda birden fazla derginin başvuru sürecinde bulundurmaz. Her bir başvuru önceki başvurunun tamamlanmasını takiben başlatılabilir. Başka bir dergide yayınlanmış çalışma JMD’ne gönderilemez.

Sorumlu yazar, gönderilen bu makalenin başka bir yerde benzer bir formda yayınlanmadığını, makalenin orijinal olduğunu ve yayınlanmak üzere başka bir yere gönderilmeyeceğini garanti etmelidir.

Yazar(lar)ın gönderdikleri çalışmaların özgün olması beklenmektedir. Yazar(lar)ın başka çalışmalardan yararlanmaları veya başka çalışmaları kullanmaları durumunda eksiksiz ve doğru bir biçimde atıfta bulunmaları ve/veya alıntı yapmaları gerekmektedir.

Yazar(lar)dan değerlendirme süreçleri çerçevesinde makalelerine ilişkin ham veri talep edilebilir; böyle bir durumda yazar(lar) beklenen veri ve bilgileri yayın kuruluna sunmaya hazır olmalıdır.

Yazar(lar), kullanılan verilerin kullanım haklarına, araştırma/analizlerle ilgili gerekli izinlere sahip olduklarını gösteren belgeye sahip olmalıdır.

Makale yazarlarının her biri makaleye önemli bilimsel katkıda bulunmuş olması gerektiğinden her yazarın eşit etik sorumluluk taşıdığı kabul edilir. Yazar(lar)ın yayınlanmış, erken görünüm veya değerlendirme aşamasındaki çalışmasıyla ilgili bir yanlış ya da hatayı fark etmesi durumunda, dergi editörünü veya yayıncıyı bilgilendirme, düzeltme veya geri çekme işlemlerinde editörle iş birliği yapma yükümlülüğü bulunmaktadır.

Değerlendirme aşamasındaki makalesini geri çekme isteğinde bulunan yazar(lar)ın, konuyu içeren ıslak imzalı dilekçeyi dergi e-posta adresi [jmd@jmo.org.tr](mailto:jmd@jmo.org.tr) üzerinden yayın kuruluna iletmesi gerekir. Yayın Kurulu, geri çekme dilekçesini inceleyerek en geç 15 gün içerisinde cevap verir. Yayın Kurulu tarafından dilekçesi onaylanmayan bir makalenin yazar(lar)ı, makalelerini başka bir dergiye gönderemezler.

Yayınlanmak üzere gönderilen tüm çalışmaların varsa çıkar çatışması teşkil edebilecek durumları ve ilişkileri açıklanmalıdır.

Değerlendirme süreci başlamış bir çalışmanın yazar sorumluluklarının değiştirilmesi (Yazar ekleme, yazar sırası değiştirme, yazar çıkartma gibi) teklif edilemez.

Değerlendirme sürecinde yazarlar; editör ve hakemlerin görüş, öneri ve eleştirilerine cevap vermekle yükümlüdürler. Yazarlar, hakem görüşlerini dikkate alarak sorulan soruları cevaplamak, görüş ve önerileri değerlendirmek, eleştirilere karşı olumlu ya da olumsuz karşılık vererek bunlara dair kanıtlarını ayrıntılı bir mektupla editöre bildirmek zorundadır. Bu karşı mektupta akademik üslup kullanılmalı, kişisel tartışmalardan kaçınılmalıdır.

#### **1.2 Yayın Politikası**

JMO ve/veya JMD yayınlanacak makalelerin telif haklarının alınması için yazarlardan yazılı onay alır. İlgili yazar, dergiye sunulan makalenin yazarı/sahibi olduğunu ve kendisi ve diğer yazar(lar) adına telif hakkını JMO ve/veya JMD’ne devreder. Telif Hakkı Devri Formunun doldurularak, makale sunumu esnasında dergi sistemine yüklenmesi zorunludur.

Sunulan makalenin tüm yazarları, yazının tüm haklarını ve tüm telif haklarını imzalayarak JMO ve/veya JMD’ne devretmelidir. JMO ve/veya JMD’nin, ilgili makalenin tamamını veya bir kısmını dersler/ders notları, raporlar ve ders kitapları/basılı kitaplar gibi gelecekteki eserlerinde herhangi bir ödeme yapmadan kullanma hakkı ve ilgili makalenin kendi kullanımı için kopyasını alma hakkı vardır. JMO ve/veya JMD; ticari amaçlar dışında patent hakları gibi telif hakkı dışındaki tüm haklarını saklı tutar.

JMD sistemindeki tüm kişisel bilgiler bilimsel amaçlarla kullanılmakta olup, üçüncü taraflarla paylaşılmamaktadır.

Editör, Teknik Editör ve Yayın Kurulu üyeleri, yazarların görüşlerinden ve yazı içeriğinden sorumlu değildir. Yazarlar, yazılarındaki etik özgünlük ve olası hatalardan sorumludur. Son okuma (düzeltme okuması) öncesi ve sayfa düzenleme aşamasında oluşabilecek tüm hatalardan yazarlar sorumludurlar. Son okuma sonrası meydana gelen hatalar dergi yetkililerinin sorumluluğundadır.

## YAZIM KURALLARI

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ**'nin yayım dili Türkçe ve İngilizcedir. Makale hangi dilde hazırlanmışsa Başlık, Öz, Şekil ve Çizelge açıklamalarını takiben diğer dildeki karşılığı yazılmalıdır. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması ve bu konuda makalenin dergiye sunumundan önce gerekli yardımı alamamaları durumunda, Başlık, Öz, Şekil ve Çizelge başlıklarının Türkçeye çevrilmesinde Editörler gerekli yardımı sağlar. Ana dili İngilizce olmayan yazarlara, yazılarını DergiPark sistemine yüklemeye önce, dil bilgisi ve yazım tarzı açısından, ana dili İngilizce olan bir kişiden katkı almaları özellikle önerilir.

Dergiye yayımlanmak üzere gönderilen makaleler, dergi yazım kurallarına göre hazırlanmalıdır.

Dergi yazım kurallarına göre hazırlanmış MS Office Word şablonunu bilgisayarınıza indirmek için lütfen [tıklayınız](#)...

Dergiye yayımlanmak üzere gönderilen makaleler, Etik İlkeler ve Yayın Politikası dikkate alınarak hazırlanmış olmalıdır.

Tüm makaleler Jeoloji Mühendisliği Dergisi DergiPark Sistemi üzerinden <https://dergipark.org.tr/tr/journal/1669/submission/step/manuscript/new> adresindeki "Makale Gönder" menüsü aracılığıyla elektronik ortamda gönderilmelidir.

Bunun için önce DergiPark sistemine üye olmalısınız. Makale Gönderim Aşamasında karşınıza çıkan Etik Beyan formu ve Telif Hakkı Devir formlarının düzenlenip, makale dosyalarıyla birlikte sisteme yüklenmesi gerekmektedir.

### Yazılar aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır:

- Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- Yazarların Ad(lar)ı SOYAD(LAR)I koyu olacak şekilde, adresleri (italik ve küçük harfle) ile sorumlu yazarın e-posta adresi
- Öz (Türkçe ve İngilizce)
- Anahtar Kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- Giriş (amaç, kapsam ve yöntemi)
- Ana metin (kullanılan yöntemler, çalışılan malzemeler, tanımlamalar, analizler vd.)
- Tartışma ve Sonuçlar veya Sonuçlar
- Katkı Belirtme
- Kaynaklar

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar farklı şekillerde ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Ana başlıklar büyük harflerle ve koyu yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar alt başlık

olarak değerlendirilmeli ve birinci ve ikinci derece alt başlıklar küçük harfle (birinci derece alt başlıklarda her kelimenin ilk harfi büyük) ve koyu, üçüncü derece alt başlıklar ise italik olmalıdır. Başlıkların önüne numara veya harf konulmamalıdır. Yazılar (öz, metin, sponsor, katkı belirtme, kaynaklar, ekler ve şekiller dizini) A4 (29.7 cmX21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en az 2.5 cm boşluk bırakılarak, 1,5 satır aralığında ve 12 puntoyla (Times New Roman) yazılmalı, ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

### Başlıklar şu şekilde olmalıdır:

#### ÖZ

#### ABSTRACT

#### GİRİŞ

#### ANA BAŞLIK

##### Birinci Derece Alt Başlık

##### İkinci derece alt başlık

##### Üçüncü derece alt başlık

#### SONUÇLAR ve TARTIŞMA

#### KATKI BELİRTME

#### ORCID

#### KAYNAKLAR

#### Başlık ve Yazarlar

Yazının başlığı, çalışmanın içeriğini anlaşılır şekilde yansıtmalıdır. Eğer yazı Türkçe hazırlanmışsa, Türkçe başlığı (koyu ve kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde) İngilizce başlık (italik ve kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kurallarına göre verilmelidir.

Makaledeki yazarlar, eğer henüz yoksa <http://orcid.org> web adresinden edinecekleri ORCID (ORCID, Open Researcher ve Contributor ID'nin kısaltmasıdır. ORCID, Uluslararası Standart Ad Tanımlayıcı (ISNI) olarak da bilinen ISO Standardı (ISO 27729) ile uyumlu 16 haneli bir numaralı URL'dir.) bilgilerini de makale ile birlikte sunmalıdır.

### Yazarlara ilişkin bilgi ise aşağıdaki örneklere uygun olarak verilmelidir.

Tolga ÇAN

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01250 Adana

e-posta: [tolgacan@cu.edu.tr](mailto:tolgacan@cu.edu.tr)

ORCID Numarası: 0000-0001-9940-2832



## ÖZ

Çalışma hakkında bilgi verici bir içerikle (çalışmanın amacı, elde edilen başlıca sonuçlar) ve 200 kelimeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Özde kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Makalelerde hem Türkçe hem de İngilizce Öz bulunmalıdır. Türkçe yazılarda ilk önce Öz, daha sonra “Abstract” (İtalik), İngilizce yazılarda ise önce Abstract daha sonra Türkçe Öz (italik) olacak şekilde hazırlanmalıdır.

## Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract'ın altında sırasıyla Türkçe ve İngilizce olarak en az 3-6 kelimeyi aşmayacak şekilde ve yazının konusunu yansıtan anahtar kelimeler verilmelidir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla, birinci anahtar kelimenin ilk harfi büyük, diğerleri ise küçük harflerle yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik Not türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

## KATKI BELİRTME

Katkı belirtme, kısa olmalı ve teşekkür edilecek olanlar çalışmaya en önemli katkıyı sağlayan kişilerin ve/veya kuruluşların adlarıyla sınırlandırılmalıdır. Teşekkür edilecek kişilerin açık adları ünvanları belirtilmeksizin verilmeli, ayrıca bu kişilerin görevli oldukları kurum ve kuruluşların adları da eklenmelidir.

Hibe, proje fon desteği vb. teşekkürleri bu başlık altında ayrı bir paragraf olarak belirtilmelidir. Finansman sağlayan kuruluşların isimleri tam olarak yazılmalıdır.

Araştırma sırasında yardım sağlayan kişiler burada listelenmelidir (örneğin, İngilizce tercüme desteği sağlamak, yazım yardımı veya makalenin Türkçe ve İngilizce düzeltilmesini yapmak vb.).

## DEĞİNİLECEK BELGELER

### Metin İçinde Atıfların Yazılması

#### A. Yayında tek yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa: (Yazar1, Tarih) Ör: (Sönmez, 1996)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa: Yazar1 (Tarih) Ör: Sönmez (1996)

#### B. Yayında 2 yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa: (Yazar1 ve Yazar2, Tarih) Ör: (Merriman ve Frey, 1999)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa: Yazar1 ve Yazar2 (Tarih) Ör: Merriman ve Frey (1999)

#### C. Yayında 2'den fazla yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa: (Yazar1 vd., 1987) Ör: (Pettijohn vd., 1987)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa: Yazar1 vd. (1987) Ör: Pettijohn vd. (1987)

## D. Arka arkaya birden fazla atıfta bulunulacaksa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa: (Merriman ve Frey, 1999; Pettijohn vd., 1987; Sönmez, 1996)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa: Merriman ve Frey (1999), Pettijohn vd. (1987), Sönmez (1996)

## . Aynı yazarların aynı yıl içinde birden fazla yayınına atıfta bulunulduysa

Bu durumda Kaynaklar bölümünde makalelerin tarihlerinden sonra a, b, c gibi harfler verilir, metin içindeki atıflarda da tarihlerden sonraki harfler kullanılır.

## Kaynakçada:

Ahmetoğlu, A. ve Hüsnuoğlu, H. (2022a). Makale Adı 1. Süreli yayının/derginin adı (kısaltılmamış), Cilt No(Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Ahmetoğlu, A. ve Hüsnuoğlu, H. (2022b). Makale Adı 2. Süreli yayının/derginin adı (kısaltılmamış), Cilt No(Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Metin içindeki atıflarda:

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa: (Ahmetoğlu ve Hüsnuoğlu, 2022a)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa: Ahmetoğlu ve Hüsnuoğlu (2022a)

## Kaynaklar Bölümü

Aşağıdaki örnekler ile kesinlikle uyumlu olmalıdır

- JMD'de Türkçe yayınlanacak makalelerde: Kaynak çok isimli bir çalışma ise: Son isimden önce “ve” gelmelidir eğer kaynak İngilizce ise “&” kullanılmalıdır.
- Editörün belirtilmesi gereken çalışmalarda: Tek isim ise (Ed.) çoklu editör ise: Son isimden sonra (Ed.ler) eğer kaynak İngilizce ise (Eds.) yazılmalıdır.

## A. Süreli yayınlar:

A.1. Süreli yayınların gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Makalenin başlığı. Süreli yayının/derginin adı (kısaltılmamış), Cilt No(Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Hoek, E. & David, M. (1990). Estimating Mohr – Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. International Journal of Rock Mechanics, 27(3), 220-229. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(90\)94333-O](https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)94333-O)

A.2. Özel durumlar:

A.2.1. Eğer makale serbest erişimli bir internet sayfasından alındıysa:

Ketin, İ. (1949). Son on yılda Türkiye'de vukua gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında. Türkiye Jeoloji Bülteni, 2(1), 1-13. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/50279/650044>

A.2.2. Eğer makalenin makale numarası varsa:

Açlan, M., Oyan, V. & Köse, O. (2020). Petrogenesis and the evolution of Pliocene Timar basalts in the east of Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey: A consequence of the partial melting of a metasomatized spinel-rich lithospheric mantle source. Journal of African Earth Sciences, 168, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103844>

## B. Bildiriler:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Bildirinin başlığı. Editör(ler), Sempozyum veya Kongrenin Adı, (bildirinin sayfa aralığı). Yayınevi. Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Şanlıyüksel Yücel, D., İleri, B. (2019). Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. H. Sözbilir, Ç. Özkaymak, B. Uzel, Ö. Sümer, M. Softa, Ç. Tepe, S. Eski (Ed.ler), 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri ve Tam Metin Bildiriler Kitabı, (s.63-64). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. [https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893\\_ek.pdf](https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf)

## C. Kitaplar:

C.1. Kitapların gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Kitabın Adı (ilk harfleri Büyük). Yayınevi. Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1987). Sand and Sandstones (2nd ed.). Springer-Verlag New York. <https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>

Ketin, İ. (2016). Genel Jeoloji, Yerbilimlerine Giriş (9. Baskı). İTÜ Vakfı Yayınları.

C.2. Çeviri Kitapların Gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Kitabın Çeviri Adı (Çevirenlerin adları). Yayınevi. (Orijinal yayın tarihi). Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Komatina, M. M. (2011). Tıbbi Jeoloji: Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri (Çev: Y. Örgün ve D. Bayrak). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (Orijinal yayın tarihi: 2001).

## D. Kitapta Bölüm ise:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Bölüm Adı. Editör(ler) Kitap adı (Bölümün sayfa aralığı). Yayınevi.

Merriman, R. J. & Frey, M. (1999). Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In M. Frey & D. Robinson (Eds.), Low Grade Metamorphism, (pp. 61-107). Blackwell Sciences Ltd.

## E. Raporlar ve Tezler:

E.1. Raporlar:

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Raporun başlığı (Varsa rapor no). Kurum adı (Yayımlanma durumu).

Kellogg, H. E. (1960). Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey (Rapor no: 1367). TPAO (yayımlanmamış).

E.2. Tezler:

Yazar adı, (Tarih). Tezin başlığı [Yayımlanma durumu ve derecesi]. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı.

Sönmez, H. (1996). TKİ ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

## F. Kişisel Görüşme:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

## G. İnternette İndirilen Bilgiler:

Kurumun veya internet sayfasının adı, (Erişim tarihi). Web adresi.

KRDAE, (2020, 02 Ocak). Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. Deprem Bilgileri, Büyük Depremler. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>

## H. Kaynak olarak kullanılan haritalar:

Konak, N. ve Ercan, T., 2002. 1/500.000 Türkiye Jeoloji Haritası Van Paftası, (Şenel, M., (Ed.)). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır.

## EŞİTLİKLER

Matematiksel sembolleri ve formülleri resim olarak değil, lütfen düzenlenebilir metin olarak gönderin. Denklemler için denklem düzenleyicisini veya MathType'ı kullanın. Eşitliklerde, yaygın olarak kullanılan uluslararası simgelere yer verilmesine özen gösterilmelidir. Her eşitliğe sırayla numara verilmeli, numaralar parantez içinde eşitliğin hizasında ve sayfanın sağ kenarında belirtilmelidir. Prensipler olarak, değişkenler italik olarak sunulmalıdır. "e" nin kuvvetleri "(exp)" ile gösterilmelidir. Eşitliklerde kullanılacak alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterlerle yazılmalıdır (Id, x2 gibi). Eşitliklerdeki sembollerin açıklamaları eşitliğin hemen altındaki ilk paragrafta verilmelidir. Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis

olarak 0.5 kullanılmalıdır ( $\sigma_{mass} = \sigma_{0.5}$  gibi). Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine “/” simgesi kullanılmalıdır. Çarpma işareti olarak genellikle herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak zorunlu hallerde “\*” işareti tercih edilmelidir ( $y=5 * 10^{-3}$  gibi). Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla  $Ca^{++}$  veya  $CO_2$  - gibi ifadeler yerine  $Ca^{+2}$  ve  $CO_3^{-2}$  kullanılmalıdır. Metinde eşitliklere “eşitlikler (1, 2, vb.)” şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Eşitlik verildikten sonra ilgili parametreler açıklanmalıdır.

## ÇİZELGE VE ŞEKİLLER

Çizelge ve şekiller metin içerisinde yer almalıdır. Çalışmanın sonunda ayrıca verilmemelidir. Çizelge ve şekillerde genel şablonun dışında 10 punto Times New Roman yazı karakteri kullanılır. Paragraf sekmesinde girintiler bölümünde; önce ve sonra alanı 0, satır aralığı tek olmalıdır. Tablo ve şekiller sola dayalı olmalı ve metin kaydırma özelliği kapalı olmalıdır. Çizelge ve şekiller Dergi'nin tek (7.5 cm-Genişlik) veya çift (16 cm-Genişlik) kolonuna sığacak şekilde düzenlenmelidir.

### Çizelgeler

Çizelgeler, başlıklarıyla birlikte, Dergi'nin sayfalarındaki baskı alanını (16 x 22cm) aşmayacak şekilde hazırlanmalı ve birbirini izleyen sıra numaralarıyla verilmelidir. Çizelgelerin üst kısımlarında hem Türkçe hem de İngilizce başlıkları bulunmalıdır. Makalenin Türkçe yazılması halinde İngilizce başlık italik harflerle Türkçe başlığın altında yer almalı, İngilizce makalelerde ise, italik yazılmış Türkçe başlık İngilizce başlıktan sonra verilmelidir. Çizelgeler, “Çizelge 1” vb. şeklinde sunulmalıdır. Metinde çizelgelere Çizelge 1 veya Çizelge 1 ve 2 (eğer birden fazla sayıda çizelgeye atıfta bulunulacaksa) şeklinde değinilmelidir. Çizelgeler içindeki karakterler 10 punto (duruma göre daha küçük) yazılmalıdır. Çizelgelerde düşey çizgiler kullanılmamalı, yatay çizgiler ise sadece çizelgenin alt ve üstünde, ayrıca çizelgedeki başlıklar ile bunların altında listelenen rakamları ayırmak için kullanılmalıdır (Bunun için Dergi'nin önceki sayılarına bakılması önerilir). Çizelgelerde makalenin diğer kısımlarında verilen bilgi veya sonuçların (örneğin grafikler vb.) tekrar verilmemesine özen gösterilmelidir. Çizelgelerle ilgili varsa verilmesi gereken açıklamaları daha küçük karakterlerle çizelgenin altında belirtebilirsiniz.

### Şekiller

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak “Şekil” başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Çizim, grafik ve fotoğraf formatlarında aşağıda önerilen kurallar dikkate alınmalıdır.

Kullanılan uygulama ne olursa olsun, elektronik fotoğraf/grafik sonlandırıldığında, ‘farklı kaydet’ seçeneğini kullanarak görüntüleri aşağıdaki biçimlerden birine dönüştürün (çizgi çizimler, yarı tonlar ve çizgi/yarı ton kombinasyonları için aşağıda verilen çözünürlük gereksinimlerine dikkat edin):

EPS (veya PDF): Vektör çizimleri. Yazı tipini yerleştirilmeli veya metin ‘grafik’ olarak kaydedilmeli.

TIFF (veya JPG): Renkli veya gri tonlamalı fotoğraflar (yarı tonlar) için en az 300 dpi kullanılmalı.

TIFF (veya JPG): Çizgi grafikler için en az 1000 dpi kullanılmalı.

TIFF (veya JPG): Çizgi grafikler /yarım ton (renkli veya gri tonlamalı) kombinasyonlarda minimum 500 dpi kullanılması gereklidir.

Şekil başlıkları; şekillerin altına yazılmalı ve çizelgeler için yukarıda belirtilen yazım kurallarına benzer şekilde, şekil başlıkları hem Türkçe hem de İngilizce hazırlanmalıdır. Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 16 cm (genişlik) x 22 cm (uzunluk) olmalıdır. Özellikle haritalar, arazi ile ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25000 vb.) kullanılmamalı, metrik sisteme uygun çizgisel ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun koordinat sistemi (enlem/boylam veya izdüşüm koordinat sistemi) değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları (lejang); şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yer almalıdır. Şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Bu tür sunumlarda örneğin; Şekil 1a, b’de, veya (Şekil 1c, d) a, b, c, d vb. şeklinde toplu olarak sunulan bir şekil, ayrı sayfalarda basılması yerine, gruplandırılarak aynı sayfada sunulmalıdır.

## JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ EDITÖRLÜĞÜ

### T.M.M.O.B. Jeoloji Mühendisleri Odası

Hatay Sokak No: 21 Kocatepe/Ankara

Tel : (312) 432 30 85 / (312) 434 36 01

Faks : (312) 434 23 88

E-posta : jmd@jmo.org.tr

## AIM & SCOPE

**Journal of Geological Engineering** has the following purposes;

- To more effectively reflect the place and importance of the geological engineering profession in daily life. The field of geological engineering studies the interactions between humans and the earth, then shares this knowledge and experience to provide humanity with safer and healthier living conditions that also consider the environment.
- To share national and international developments in the field with geological engineers.
- To provide an easily accessible and active discussion platform that strengthens and accelerates the sharing of knowledge and experience among scientists, researchers, engineers and other practitioners who are directly or indirectly involved in this field.
- To contribute to the design of resilient environments and solve problems in line with the International Sustainable Development Goals, which include the effective management of natural resources, and the consideration of humans and nature, as well as geological hazards when engineering structures and carrying out spatial planning.
- To contribute to the development of interdisciplinary research and interoperability principles.

The **Journal of Geological Engineering** covers national and international research in applied geological engineering domains such as engineering geology, geotechnics, water resources management and hydrogeology, environmental geology and waste management, geothermal energy, drilling techniques and applications, natural hazards, natural disasters and disaster management. The journal also accepts interdisciplinary work that uses geoscientific data from fields including civil engineering, mining, geophysics, petroleum engineering, environmental engineering, city and regional planning.

We are interested in papers on the following topics:

- Suitable site selection for engineering structures and land use planning
- Geotechnical site investigations, drilling studies, in-situ and laboratory tests
- Geophysical methods used in geotechnical studies
- Geomechanical properties of rocks and soils
- Slope stability assessments and monitoring techniques
- Spatial planning studies resistant to dynamic geological processes that adversely affect humans and nature
- Geographic Information Systems and Remote Sensing applications in the field of geological engineering
- Natural hazard and risk assessments (earthquakes, liquefaction, landslides, sinkholes, medical geology, floods and avalanches, etc.)
- Natural disasters and disaster management studies
- Environmental geology, waste management and site selection studies

- Management of surface and underground water resources, hydrogeological problems and practical solutions
- Geological resources management practices, problems, solutions and economic evaluations
- The research and development of geothermal, mineral and mineral resources and subsurface geological modeling
- Pollutants and their effects on the ecosystem
- Natural building materials and ground improvement works
- Engineering geology in the protection of historical structures and geological monuments
- Drilling applications in resource exploration and production processes, developments in drilling technologies
- Research, development and project studies in the field of geological engineering in building production and inspection processes
- Geological Engineering education and development

Theoretical and applied studies related to the above topics are also published in the *Journal of Geological Engineering*.

We only accept previously unpublished work. Four types of paper are published in the *Journal of Geological Engineering*:

**1- Research Articles:** Articles in which an original study is presented. The theoretical basis should include sections in which findings and conclusions based on sufficient quantitative and qualitative data are evaluated in detail. The total length of the manuscript should not exceed 9000 words (15 JMD pages). Articles will be subject to review by at least two experts in the field.

**2- Reviews:** Articles prepared upon the invitation of the Editor or with their knowledge, examining the techniques, methods and approaches still used in any field of Geological Engineering in light of today's technological developments and the writer's own experiences. The article should also make and develop suggestions in this regard. The length of the article may vary depending on the subject. There is no obligation of editorial review.

**3- Technical Notes:** A technical note article presents a technique, instrumentation, exploration method, or an assessment method that is truly new compared to earlier publications. An evaluation or measurement method should specify how it was validated. A technical note should be no longer than 4000 words (6 JMD pages). Articles will be subjected to review by at least two members of the editorial board.

**4- Erratum:** A notice to correct errors in a published article that were mistakenly created by the authors or editorial board during the final editing of the article. JMD may be warned of errors by the authors or readers of the published article. If the authors have alerted the editorial board, an erratum is published as soon as possible. If a reader has alerted the editorial board, the author will be contacted to see if a typo report is appropriate. Readers can contact the Editor. If a Letter to the Editor has been received and a spelling correction is required, the authors of the original article

are requested to respond and write a correction to the published Letter to the Editor.

## **Ethical Principles and Publication Policy**

### **1. Ethical Principles and Publication Policy**

Journal of Geological Engineering (JMD) publishers and users (Editor and technical editor, authors, reviewers, readers, etc.) comply with the ethical rules and responsibilities determined by the Committee on Publication Ethics - COPE, <https://publicationethics.org/>.

Journal of Geological Engineering is a peer-reviewed journal. It publishes online in print and electronic media and has an open access system. Journal issues are published twice a year in January and June. In the publication processes, sharing of the information produced freely and impartially taking in account the scientific methods. Blind refereeing system is applied in the manuscript evaluation process. All issues of JMD published since 1977 are archived both in printed and electronic versions by the publishing company, TMMOB Chamber of Geological Engineers (JMO), and electronic versions by TUBITAK ULAKBİM- DergiPark.

#### **1.1 Ethical Principles**

##### **Ethical Duties and Responsibilities of Editors**

The editors of the Journal of Geological Engineering, the ethical task prepared by the Committee on Publication Ethics (COPE) within the scope of the guidelines published under the headings of “Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors” has responsibilities.

Editors are responsible for following the processes for the development of the journal and improving the quality of published studies.

The manuscript submitted to JMD is first reviewed by the Editors for compliance with the journal’s purpose and scope. If the submitted manuscript does not comply with the purpose and scope of the journal, it is rejected within 15 days at the latest and the author is informed. The manuscripts found appropriate according to the journal’s aims and scope, is examined in terms of writing rules, language and expression and planning of the study before the reviewer’s evaluation. Manuscripts with deficiencies in these subjects are requested to be corrected by the author.

When the editors examine all the section contents of the manuscripts and find it appropriate, the manuscripts are evaluated by the reviewer. However, manuscripts that are not suitable for reviewer evaluation for any reason are rejected together with the editor’s evaluation report. The author is informed within 15 days at the latest.

In peer review, manuscripts are sent by the editor to at least three reviewers, from the journal’s reviewer pool and/or outside the pool, according to their content and areas of expertise. In the determination of the manuscript reviewers, attention is paid to the issues of conflict of interest.

In line with the opinions of the reviewers, if the corrected copy of the manuscripts requested to be corrected is not sent back to the

editor within 30 days by the authors without a valid reason, the editor has the right to reject the manuscript. After the re-editing, if necessary, the corrected manuscript is sent to the reviewers or directly accepted or rejected by the editor.

As a result of the evaluation, the opinions of the reviewers are reviewed by the editor within 15 days at the latest. As a result of the review, the editor gives his final decision on the manuscript and conveys it to the author. Rejected manuscripts are archived.

Editors are responsible to take precautions against possible abuse and misconduct. It is among the editor’s responsibilities to share the relevant findings, as well as to conduct a rigorous and objective investigation regarding the determination and evaluation of the complaints regarding this situation. In cases of suspected fraud or controversial authorship, necessary steps are followed by considering the COPE flowcharts (<https://publicationethics.org/resources/translated-resources/turkish-all-flowcharts>).

Editors; The author is obliged to carefully examine the complaints from the reviewers or readers and respond in an enlightening and explanatory manner.

The journal owner, publisher and no other political or commercial factors affect the editors’ independent decision making.

Editors; considers the conflicts of interest between the author(s), reviewers and other editors, and ensures that the publication process of the studies is completed independently and impartially.

##### **Ethical Duties and Responsibilities of Reviewers**

Reviewers in the Journal of Geological Engineering have ethical duties and responsibilities within the scope of the guidelines published under the title of “COPE-Ethical Guidelines for Peer Reviewers” by the Committee on Publication Ethics (COPE).

- Blind peer-review system is applied in order to ensure objective evaluation of all scientific publications at JMD. At the stage of assigning a reviewer to the manuscript, care is taken to ensure that there is no conflict of interest between the reviewer and the author(s). For this purpose, between the reviewer and the author(s), in particular;
  - o No thesis advisor/student relationship,
  - o No joint research or publication in the recent past (last 2 years) between the author(s) and the reviewer,
  - o Not working in the same institution,
  - o Not contributing to the manuscript submitted to the journal in terms of format or content,
  - o There are no disputes between the author(s) and the reviewer, which are submitted to the judiciary or ethical committees,
  - o There is no kinship relationship between the reviewer and the author(s),
  - o The reviewer has no prejudices about the author(s) that have been disclosed to the public,
  - o The absence of any commercial relationship between the reviewer and the author(s),

situations are considered. The reviewers warn the editor and give the necessary information in case of the above-mentioned situations that are overlooked by the journal editor.

Moreover;

- Reviewers only evaluate manuscripts that fall within their area of expertise.
- Reviewer are obliged to make their evaluations impartially, objectively and confidentially.
- Nationality, gender, religious belief, political opinion, commercial concerns, etc. they should not lose their impartiality for any reason.
- They should make their opinions and suggestions within academic etiquette, in a constructive and academic language, and avoid a style that will create personal polemics.
- They should not delay their evaluation in such a way as to prolong the publication process for no reason. The time given to the reviewers for the review processes is 30 days. The authors must complete the correction suggestions from the reviewers or the editor within 30 days. Reviewers can review their corrections for the manuscript and decide whether it is appropriate or request more than one correction if necessary.

### **Ethical Duties and Responsibilities of Authors**

The publication processes implemented at JMD are the basis for the development and distribution of information in an impartial and respectful manner. The processes implemented in this direction are directly reflected in the quality of the authors' work and the institutions that support the authors. Peer-reviewed studies are studies that embody and support the scientific method. At this point, it is important that all stakeholders of the process (authors, readers and researchers, publisher, reviewers and editors) comply with the Principles of the Publication Ethics Committee-COPE.

The author(s) who will send a manuscript to JMD for evaluation must first become a member of DergiPark . Corresponding authors should submit their work (original article, review, etc.) to JMD through the DergiPark system.

The author responsible for the manuscript must upload the signed "Copyright Transfer Form" and "Ethics Notification Form" to the DergiPark system, in addition to the similarity report, by using the " iThenticate Plagiarism Detection Software" or " Turnitin " or an equivalent plagiarism program to submit a new manuscript to the journal. The similarity index rate of the submitted manuscript should be below 20%, excluding the reference list.

Authors cannot have their work in the application process of more than one journal at the same time. Each application can be started following the completion of the previous application. Work published in another journal cannot be submitted to JMD.

The corresponding author must ensure that this submitted manuscript has not been published in a similar form elsewhere and that the manuscript is original and will not be sent elsewhere for publication.

The works submitted by the author(s) are expected to be original. If the author(s) benefit from or use other works, they are required to cite and/or cite completely and accurately.

Raw data regarding their manuscripts can be requested from the author(s) within the framework of the evaluation processes; In such a case, the author(s) should be ready to present the expected data and information to the editorial board.

The author(s) must have a document showing that they have the right to use the data used and the necessary permissions for the research/analysis.

Each author is considered to have an equal ethical responsibility, as each of the authors must have made a significant scientific contribution to the manuscript. In the event that the author(s) notices an error or error in their published, pre-published or evaluation phase, they have an obligation to cooperate with the editor in informing, correcting or withdrawing the journal editor or publisher.

Author(s) who want to withdraw their manuscript under evaluation should forward the petition with a wet signature containing the subject to the editorial board via the journal's e-mail address [jmd@jmo.org.tr](mailto:jmd@jmo.org.tr). The Editorial Board reviews the withdrawal petition and responds within 15 days. The author(s) of a manuscript whose petition is not approved by the Editorial Board cannot send their manuscript to another journal.

All studies submitted for publication should be disclosed, if any, and their relationships that may constitute a conflict of interest.

Changing the author responsibilities of a work whose evaluation process has begun (such as adding an author, changing the order of authors, or removing an author) cannot be proposed.

In the evaluation process, the authors are obliged to respond to the opinions, suggestions and criticisms of the editors and reviewers. The authors are obliged to answer the questions asked by considering the opinions of the reviewers, to evaluate the opinions and suggestions, to respond positively or negatively to the criticisms and to report their evidence to the editor in a detailed letter. Academic style should be used in this counter letter, and personal discussions should be avoided.

### **1. 2 Publication Policy**

JMO and/or JMD obtain written consent from the authors for the copyright of the manuscripts to be published. The related author is the author/owner of the manuscript submitted to the journal and transfers the copyright to JMO and/or JMD on behalf of himself and other author(s). It is obligatory to fill in the Copyright Transfer Form and upload it to the journal system during the submission of the manuscript.

All authors of the submitted manuscript must sign and transfer all rights and copyrights of the manuscript to JMO and/or JMD. JMO and/or JMD have the right to use all or part of the relevant manuscript in their future works such as lectures/lecture notes, reports and textbooks/printed books without any payment and the right to obtain a copy of the relevant manuscript for their own

use. JMO and/or JMD; reserves all its rights other than copyright, such as patent rights, for commercial purposes.

All personal information in the JMD system is used for scientific purposes and is not shared with third parties.

Editor, Technical Editor and Editorial Board members are not responsible for the opinions of the authors and the content of the manuscript. Authors are responsible for ethical originality and possible errors in their manuscripts. Authors are responsible for all errors that may occur before the last reading (revision reading) and during page editing. Errors that occur after the last reading are the responsibility of the journal authorities.

### Author Guidelines

Both Turkish and English manuscripts are accepted by the Journal of Geological Engineering. According to the language chosen in the article; following the title, abstract, figure, and table captions, the equivalents in other languages should also be written. Editors provide the necessary assistance in translating the Title, Abstract, Figure, and Table captions into Turkish for the manuscripts prepared in English by the foreign author(s) (in case they cannot get the relevant Turkish language assistance before their submission). Authors whose native language is not English are strongly advised to seek support from a native English speaker in terms of grammar and style of the manuscript before submission.

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture, or an academic thesis) and that it is not under consideration for publication elsewhere.

Please click to [download](#) the MS Office Word template prepared according to the journal's manuscript writing format. Please check the relevant section in this Author's Guidelines for more details.

Manuscripts sent to the journal for publication should be prepared by considering the Ethical Principles and Publication Policy.

DergiPark online submission system for the Journal of Geological Engineering guides you stepwise through the process of entering your article details, and uploading your manuscript file together with Ethics Statement and Copyright Transfer forms. For this, you must first sign in to the DergiPark system.

Please submit your manuscript via <https://dergipark.org.tr/en/journal/1669/submission/step/manuscript/new>

Manuscripts should generally be structured as follows:

- (a) Title (English and Turkish)
- (b) Author Name(s) SURNAME(S) (bold), their affiliations (italic and lowercase), and the name and e-mail address of the corresponding author.
- (c) Abstract (English and Turkish)
- (d) Keywords (English and Turkish)

- (e) Introduction (aim, content, and methodology)
- (f) Main text (methods, material studied, descriptions, analyses, etc.)
- (g) Results and Discussion or Conclusions and Recommendations
- (i) Acknowledgements (if necessary)
- (j) References

The various levels of headings used in the manuscript should be clearly differentiated. All headings should be left-aligned. Major headings should be in bold capitals. Secondary headings should be considered sub-headings. Primary- and secondary subheadings should be given in lower-case and tertiary headings in italics. Headings should not be preceded by numerals or letters. Manuscripts (abstract, main text, acknowledgments, references, appendices and figure captions) should be typed on A4 page size (29.7 cm x 21 cm) with wide margins (at least 2.5 cm) and 1.5 line-spaced throughout, at a font size of 12 points (Times New Roman) and with all pages numbered.

### Examples of headings:

#### ABSTRACT

#### INTRODUCTION

#### PRIMARY HEADING

##### Primary Sub-Heading

##### Secondary sub-heading

##### Tertiary sub-heading

#### CONCLUSIONS & DISCUSSION

#### ACKNOWLEDGEMENTS

#### REFERENCES

### Title and Authors

The title of the manuscript should be concise and informative. If the paper is written in Turkish, the Turkish title (in boldface type and the first letter of the words capitalized) should be followed by the English title (italic and first letter of the words capitalized). If the paper is in English, the English title should appear before the Turkish title in the style mentioned above.

ORCID stands for Open Researcher and Contributor ID. ORCID is a 16-digit numbered URL that complies with the ISO Standard (ISO 27729), also known as the International Standard Name Identifier (ISNI). Please create free registration for individual ORCID at <http://orcid.org> ORCID information is requested from the authors during submission.

### The information related to the authors should be given as follow:

Tolga ÇAN

Çukurova University, Engineering Faculty, Geological Engineering Department, 01250 Adana Türkiye

e-mail: [tolgacan@cu.edu.tr](mailto:tolgacan@cu.edu.tr)

ORCID Number: 0000-0001-9940-2832

## ABSTRACT

The abstract not exceeding 300 words should be informative (the aim of the study and main conclusive remarks). It should not contain references. The Abstract should be given in both Turkish and English. If the paper is written in Turkish, an English abstract (in italics) should follow the Turkish abstract, while a Turkish abstract (in italics) should appear after the English abstract in papers written in English.

## Keywords

The abstract should include a minimum of 3, and not more than 6 keywords that reflect the entries the authors would like to see in an index. Keywords should be given in both Turkish and English. Keywords should be written in lower-case letters, separated by commas, and given in alphabetical order. No need to give keywords for Technical Note-type articles.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Acknowledgments should be brief and confined to persons and organizations that have made significant contributions. Please use full names without titles and indicate the name(s) of the organization(s) of the person(s) acknowledged.

Acknowledgments of grants, funds, etc. should be placed as a separate paragraph under this heading. The names of funding organizations should be written in full.

List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proofreading the article, etc.).

## CITATIONS and REFERENCES

### Citation in the text

#### A. If the article has one author

Parenthetical citations: (Author, Year) e.g.: (Sönmez, 1996)

Narrative citations: Author (Year) e.g.: Sönmez (1996)

#### B. If the article has two authors

Parenthetical citations: (Author1 & Author2, Year) e.g.: (Merriman & Frey, 1999)

Narrative citations: Author1 and Author2 (Year) e.g.: Merriman and Frey (1999)

#### C. If the article has more than two authors

Parenthetical citations: (Author1 et al., Year) e.g.: (Pettijohn et al., 1987)

Narrative citations: Author1 et al. (Year) e.g.: Pettijohn et al., (1987)

#### D. Citing Multiple Works

Parenthetical citations: (Merriman & Frey, 1999; Pettijohn et al., 1987; Sönmez, 1996)

Narrative citations: Merriman and Frey (1999), Pettijohn et al. (1987), Sönmez (1996)

#### E. If more than one publication of the same authors published in the same year is cited

In this case, letters such as a, b, and c are given after the years of the articles in the References section. In the same way, these letters are used in the citations in the text.

In References:

Ahmetoğlu, A. & Hüsnuoğlu, H. (2022a). Article 1. Full Name of Journal, Vol. (No), pages. DOI number (if available)

Ahmetoğlu, A. & Hüsnuoğlu, H. (2022b). Article 2. Full Name of Journal, Vol. (No), pages. DOI number (if available)

Citations in the text:

Parenthetical citations: (Ahmetoğlu & Hüsnuoğlu, 2022a)

Narrative citations: Ahmetoğlu & Hüsnuoğlu (2022a)

## References

All references cited in the text, and in captions of figures and tables should be presented in a list of references under the heading of "REFERENCES" following the text of the manuscript.

### A. Journals

A.1. Citing the periodicals:

Author(s), (Date). Title of paper. Full Name of Journal, Vol. (No), pages. DOI number (if available)

Hoek, E. & David, M. (1990). Estimating Mohr–Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. *International Journal of Rock Mechanics*, 27(3), 220-229. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(90\)94333-O](https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)94333-O)

A.2. Special cases:

A.2.1. If the article was taken from an open (free) access website:

Ketin, İ. (1949). Son on yılda Türkiye'de vukua gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 2(1), 1-13. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/50279/650044>

A.2.2. If the article has an article number:

Açlan, M., Oyan, V. & Köse, O. (2020). Petrogenesis and the evolution of Pliocene Timar basalts in the east of Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey: A consequence of the partial melting of a metasomatized spinel-rich lithospheric mantle source. *Journal of African Earth Sciences*, 168, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103844>.

### B. Proceedings and Abstracts:

Author(s), (Date). Title of paper. Name of Editor(s), Title of Symposium or Congress, (pages). Name of Publisher. DOI number & internet address (If available).



Şanlıyüksel Yücel, D., İleri, B. (2019). Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. In H. Sözbilir, Ç. Özkaymak, B. Uzel, Ö. Sümer, M. Softa, Ç. Tepe, S. Eski (Eds.), 72nd Geological Congress of Turkey The Proceedings and Abstracts Book, (s.63-64). Chamber of Geological Engineers of Turkey Publications No: 140. [https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893\\_ek.pdf](https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf)

### C. Books:

#### C.1. Citing of books:

Author(s), (Date). Name of the Book. Name of the Publisher. DOI number & internet address (if available).

Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1987). Sand and Sandstones (2nd ed.). Springer-Verlag New York. <https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>

Ketin, İ. (2016). Genel Jeoloji, Yerbilimlerine Giriş (9. Baskı). İTÜ Vakfı Yayınları.

#### C.2. Citing of translated books:

Author(s), (Date). Name of the Translated Book. Name of the Publisher. (Original publishing date). DOI number & internet address (If available).

Komatina, M. M. (2011). Tıbbi Jeoloji: Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri (Translator: Y. Örgün ve D. Bayrak). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (Original publication date: 2001).

### D. Chapter in a book:

Author(s), (Date). Chapter Name. Name of Editors, Name of Book (Page numbers of the chapter). Name of Publisher.

Merriman, R. J. & Frey, M. (1999). Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In M. Frey & D. Robinson (Eds.), Low-Grade Metamorphism, (pp. 61-107). Blackwell Sciences Ltd.

### E. Reports and Thesis:

#### E.1. Reports:

Author(s), (Date). Title of report (If any report no). Name of the Organization or Institution, (published or unpublished).

Kellogg, H. E. (1960). Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey (Rapor no: 1367). TPAO (unpublished).

#### E.2. Thesis:

Author, (Date). Title of Thesis [published or unpublished & Ph.D. or MSc Thesis]. Name of the Institution or University.

Sönmez, H. (1996). TKİ ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin durayılığının değerlendirilmesi [Unpublished Msc Thesis]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

### F. Personal Communications:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

#### G. Information Downloaded from the Internet

Name of the Organization, (Date). The web address, and date of access to the website.

KRDAE, (2020, 02, January). Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Regional Earthquake-Tsunami Monitoring Center, <http://www.gov.tr>.

Turkish references can also be given directly in Turkish. For such references please use Turkish characters.

### Equations

Please submit mathematical symbols and formulae as editable text and not as images. Use the equation editor or MathType for equations. Equation numbers should appear in parentheses at the right-hand side of the equations and be numbered consecutively. For Greek or other non-Roman letters, identify the symbol in words in the left-hand margin just below the equation the first time it is used. In addition, the meaning of symbols used in equations should be given below the equations. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of “e” should be denoted by “(exp)”. Subscripts and superscripts should be given clearly and written in smaller characters (e.g.  $I_d$ ,  $x_2$ ). Instead of a square-root symbol, indices of 0.5 should be used (i.e.,  $\sigma_{cmass} = \sigma_{c0.5}$ ). For the multiplication sign do not use any symbol, however, if necessary, the symbol “\*” can be preferred (i.e.,  $y = 5 * 10^{-3}$ ). Please use “/” for division instead of a horizontal line between the numerator and denominator. In the expression of chemical reactions, ions should be given as  $Ca^{2+}$  and  $CO_3^{2-}$  instead of  $Ca^{++}$  and  $CO_3^{--}$ . In the text, equations should be referred to as equations (1, 2, etc.).

### TABLE and FIGURES

Tables and figures should be embedded in the text, with their captions. For tables and figures, use Times New Roman, font size 10. Under the Paragraph tab, ensure that the indentation is as follows; before and after 0 nk and spacing single. Tables and figures should be left aligned, and the text wrapping feature should be turned off. Tables and figures should be arranged to fit in a single (7.5 cm-width) or double (16 cm-width) column of the Journal.

### Tables

Tables with their captions should not exceed the printed area of the page (16 x 22 cm) and be numbered consecutively. Both Turkish and English captions should appear at the top of a table (do not print table captions on a separate sheet). If the manuscript is written in Turkish, the English title in italics should follow the Turkish title. For manuscripts in English, a Turkish title should

appear below the English title in italics. They should begin with “Table 1.” etc. Tables should be referred to as Table 1 or Tables 1 and 2 (if more than one table is referred to). Tables can be written in a font size smaller than that of the text (9 or 10 points). Tables should be arranged to fit a single column (7.5 cm wide) or a double column (16 cm wide). No vertical rules should be used. Horizontal rules should only be used at the top and bottom of the tables, and to separate headings and numbers listed in the tables (Please check the previous issues of the Journal). Tables should not duplicate results presented elsewhere in the manuscript (e.g. in graphs). Place any table notes below the table body.

## **Figures**

All figures such as drawings, graphics, and photographs should be given in high-quality printed form under the title of “Figure” and numbered in the order in which they are mentioned in the text. The rules suggested below should be taken into account in drawing, graphic and photographic formats.

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please ‘save as’ or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as ‘graphics’.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi. TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Figure captions should be written under the figures, and figure captions should be prepared in both Turkish and English, similar to the format stated above for tables. The largest size for figures should be 16 cm (width) x 22 cm (length), including the figure title. In particular, maps, drawings, and photographs related to the area should not be used with a numerical scale (1:25000, etc.), and should be given in a linear scale suitable for the metric system. A north arrow should be shown on maps. Regional maps may include National Grid or latitude/longitude numbers where appropriate. Map legend should be given on the figure, not in the figure caption. Photographs, line drawings, or combinations may be grouped as figure parts (a), (b), etc. It is preferred that these are mounted.