

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ KULLANILARAK YOLÖREN  
MAHALLESİ (EDREMİT-BALIKESİR) YERLEŞİM ALANINDAKİ  
ZEMİNLERİN JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KÜBRA ÇAKIR**

**BALIKESİR, OCAK - 2020**

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ KULLANILARAK YOLÖREN  
MAHALLESİ (EDREMIT-BALIKESİR) YERLEŞİM ALANINDAKİ  
ZEMİNLERİN JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KÜBRA ÇAKIR**

**Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Şener CERYAN (Tez Danışmanı)**  
**Prof. Dr. Fazlı ÇOBAN**  
**Doç. Dr. Hakan ELÇİ**

**BALIKESİR, OCAK - 2020**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

**Kübra ÇAKIR** tarafından hazırlanan “**COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ KULLANILARAK YOLÖREN MAHALLESİ (EDREMİT-BALIKESİR) YERLEŞİM ALANINDAKİ ZEMİNLERİN JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 29 Ocak 2020 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

**Danışman**

Prof. Dr. Şener CERYAN

Balıkesir Üniversitesi

**Üye**

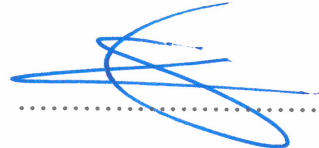

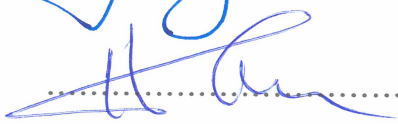
Prof. Dr. Fazlı ÇOBAN

Balıkesir Üniversitesi

**Üye**

Doç. Dr. Hakan ELÇİ

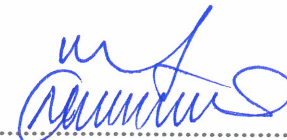
Dokuz Eylül Üniversitesi

  
.....  
  
.....  
  
.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR

  
.....

## ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Yolören Mahallesi (EDREMİT-BALIKESİR) Yerleşim Alanındaki Zeminlerin Jeo-Mühendislik Özelliklerinin Değerlendirilmesi” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçlar bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

**Kübra ÇAKIR**



## ÖZET

**COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ KULLANILARAK YOLÖREN MAHALLESİ  
(EDREMIT-BALIKESİR) YERLEŞİM ALANINDAKİ ZEMİNLERİN JEO-  
MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**KÜBRA ÇAKIR**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ŞENER CERYAN)**  
**BALIKESİR, OCAK - 2020**

Yeni yerleşim alanlarının seçiminde ve mevcut yerleşim alanlarının planlanmasında jeolojik ve jeoteknik çalışmalar ve mikro bölgeleme çalışmaları modern kentleşmenin en temel aşamalarındandır. Kent planlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) etkin rol oynamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde oluşturulan veri tabanlarında farklı sorgulamalar yapılabilmektedir.

Edremit çalışma sahalarındaki söz konusu alanların zemin ve jeo-mühendislik özellikleri Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) sorgulama özelliği kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sırasında Edremit belediye arşivinden elde edilen bilgiler doğrultusunda bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak elde edilen topoğrafik veriler, laboratuvar deney sonuçları, yeraltı suyu seviyelerinin verileri, jeoteknik sondaj sonuçları ve jeofizik veriler için ayrı ayrı veri tabanları oluşturulmuştur. ArcGIS programı kullanılarak mekânsal analizler yapıp bu veriler değerlendirilmiştir. Ve bu değerlendirme sonucunda mühendislik jeolojisi haritaları (sayısal yükseklik modeli, zemin kalınlığı, SPT-N değerleri, yeraltı suyu haritaları, Vp/Vs oranı haritaları ve zemin büyütme haritaları) üretilmiştir. Son olarak ise deprem tehlike analizi yapılmış olup, fay izi uzunluğunu ve çalışma alanına olan uzaklığını esas alan yöntemlerle senaryo deprem oluşturulmuştur. Ve bu senaryo deprem dikkate alınarak SPT-N değerlerine dayanan yöntemle alanın sınırlama potansiyeli haritaları oluşturulmuştur.

**ANAHTAR KELİMELER:** CBS, SPT-N, jeo-mühendislik, zemin, deprem tehlike analizi, sınırlama, mühendislik jeolojisi haritaları, Edremit (Balıkesir)

## ABSTRACT

### THE ASSESSMENT OF GEO-ENGINEERING PROPERTIES OF THE SOIL IN SETTLEMENT AREA OF YOLÖREN NEIGHBORHOOD (EDREMIT- BALIKESİR) USING GEOPHAPHIC INFORMATION SYSTEM

MSC THESIS

KÜBRA ÇAKIR

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

GEOLOGICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. ŞENER CERYAN )

BALIKESİR, JANUARY - 2020

Geological and geotechnical studies are the basic stages of modern urbanisation in choosing new residential areas and planning existing residential areas. Geographical Information Systems play an effective role in urban planning. Various searches can be done within the database built in Geographical Information Systems.

The soil and geo-engineering features of the areas mentioned in Edremit study field are evaluated using search feature of Geographical Information Systems. During the study a database has been created in accordance with the data obtained from Edremit Municipality archive. In this study databases have been built for topographic data, laboratory test results, groundwater level data, geotechnical drilling results and geographical data seperately, which have been obatined using geographical information systems. These data have been evaluated by having done spatial analysis using ArcGIS programme. And as a result of this evaluation engineering geology maps (numerical height model, soil thickness, SPT-N values, groundwater maps, Vp-Vs rate maps and ground magnificaiton maps) are brought out. Lastly earthquake hazard analysis has done and a scenario earthquake has been effectuated with the methods based on fault trace length and distance to work area. And by considering this scenario earthquake, liquefaction potential maps are brought out based on the methods of SPT-N values.

**KEYWORDS:** GIS, SPT-N, geo-engineering, ground, earthquake hazard analysis, liquefaction, engineering geology maps, Edremit (Balıkesir)

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>1</b>
1.1 Çalışmanın Amacı.....	1
1.2 İnceleme Alanının Tanıtılması.....	1
1.2.1 Coğrafi Konumu .....	1
1.2.2 İklim ve Bitki Örtüsü.....	2
1.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri'ne Genel Bakış .....	3
1.3.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri Tanımı ve Tarihçesi .....	3
1.3.2 CBS'nin Bileşenleri.....	5
1.3.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Kullanım Alanları.....	5
1.3 Önceki Çalışmalar.....	6
<b>2. ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ VE BULGULAR</b> .....	<b>9</b>
2.1 Edremit (Balıkesir) İlçesi Çevresinin Jeolojisi .....	9
2.1.1 Sütüven Formasyonu (Cs) .....	9
2.1.2 Alakeçili Milonit Zonu (AMZ) .....	10
2.1.3 Mehmetalan Formasyonu (Trkm) .....	10
2.1.4 Karakaya Formasyonu (Trkk).....	10
2.1.5 Çetmi Melanjı (Kç) .....	11
2.1.6 Üst Oligosen-Alt Miyosen Granitoidleri (Tg).....	11
2.1.7 Hallaçlar Volkaniti (Toh) .....	11
2.1.8 Alüvyon .....	11
2.2 Yapısal Jeoloji ve Depremsellik .....	12
2.2.1 İnceleme Alanını Etkileyen Faylar.....	12
2.2.2 Edremit Fay Zonu (EFZ) .....	13
2.2.3 Yolören Mahallesi (Edremit, Balıkesir) Civarının Deprem Tehlike Analizi .....	14
<b>3. YAPILAN ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>18</b>
3.1 Jeolojik Harita Alımı .....	18
3.2 Sondaj Loglarının Değerlendirilmesi ve Veri Tabanının Oluşturulması.....	18
3.3 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT).....	20
<b>4. YOLÖREN MAHALLESİ (EDREMIT-BALIKESİR) YERLEŞİM ALANININ JEO- MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN CBS İLE DEĞERLENDİRİLMESİ</b> .....	<b>22</b>
4.1 Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) Yerleşim Alanında Yayılım Gösteren Alüvyon Zeminin Jeoteknik Özelliklerinin Mekansal Dağılımı .....	22
4.1.1 Enterpolasyon Yöntemi ve Mekansal Analizler.....	22
4.1.2 Topoğrafya, Sayısal Yükseklik Modeli ve Eğim .....	23
4.1.3 Farklı Derinliklerde Zemin Türünün Mekansal Dağılımı.....	25
4.1.4 Yeraltı Su Seviyesi (YAS) ve Derinliği.....	27
4.1.5 SPT-N Değerinin Değişimi.....	29
4.1.6 Boyuna Dalga Hızı (Vp), Kayma Dalga Hızı (Vs) ve Vp/Vs Oranı .....	35

4.1.7 Zemin Büyütmesi.....	41
4.1.8 Zemin Taşıma Gücü.....	44
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>46</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>49</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>53</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1: Çalışma alanı yer bulduru haritası. ....	2
Şekil 2.1: İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojisi (Duru ve diğ., 2007). ....	9
Şekil 2.2: İnceleme alanını etkileyen faylar ve fay zonları (1: Havran-Balya Fay Zonu, 2: Balıkesir Fayı Gökçeyazı Segmenti, 3: Soma-Kırkağaç Fay Zonu, 4: Bergama Fayı, 5: Zeytindağ Fay Zonu, 6: Evciler Fayı, 7: Bekten Fayı, 8: Yenice Gönen Fayı, 9: Sarıköy Fayı, 10: Biga-Çan Fay Zonu, 11: Pazarköy Fayı, 12: Edremit Fayı Altınoluk Segmenti, 13: Edremit Fayı Zeytinlik Segmenti, 14: Kestanbol Fayı (Ceryan ve Ceryan, 2018). ....	12
Şekil 3.1: Örnek olarak verilmiş sondaj logu (Arık, 2010). ....	19
Şekil 3.2: Laboratuvar deney sonuçlarına bir örnek (Edremit Belediyesi).....	20
Şekil 3.3: SPT deneyinin şematik gösterimi (Bol, 2016). ....	21
Şekil 4.1: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanı topoğrafik haritası. ....	24
Şekil 4.2: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanı sayısal yükseklik modeli... 24	
Şekil 4.3: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanı eğim haritası. ....	25
Şekil 4.4: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında yüzeylenen alüvyon zeminlerde farklı katmanların dane dağılımı. ....	26
Şekil 4.5: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında yüzeylenen alüvyondan zemin türlerinin yüzeyden itibaren 3, 6, 9 ve 12 m derinliklerde mekânsal dağılımı. ....	27
Şekil 4.6: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında YAS derinliği mekansal değişimi. ....	28
Şekil 4.7: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanındaki zeminlerde SPT-N <sub>60</sub> değerinin 3 m derinlikteki değişimi. ....	32
Şekil 4.8: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanındaki zeminlerde SPT-N <sub>60</sub> değerinin 6 m derinlikteki değişimi. ....	32
Şekil 4.9: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanındaki zeminlerde SPT-N <sub>60</sub> değerinin 9 m derinlikteki değişimi. ....	33
Şekil 4.10: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanındaki zeminlerde SPT-N <sub>60</sub> değerinin 12 m derinlikteki değişimi. ....	33
Şekil 4.11: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanındaki zeminlerde SPT-N <sub>60</sub> değerinin 15 m derinlikteki değişimi. ....	34
Şekil 4.12: Elastik dalga hızlarına göre tanımlanan zemin tabakalarının kalınlıklarının mekansal değişimi. ....	36
Şekil 4.13: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında elastik dalga hızlarına göre tanımlanan zemin tabakalarında boyuna dalga hızının (V <sub>p</sub> ) ve 30 m derinlik için ortalama V <sub>p</sub> 'nin mekansal değişimi. ....	37
Şekil 4.14: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında elastik dalga hızlarına göre tanımlanan zemin tabakalarında kayma dalga hızının (V <sub>s</sub> ) ve 30 m derinlik için ortalama V <sub>s</sub> 'nin mekansal değişimi. ....	38
Şekil 4.15: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında V <sub>p(30)</sub> /V <sub>s(30)</sub> oranının mekansal değişimi. ....	41
Şekil 4.16: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında güçlü yer hareketlerine göre zemin büyütmesi. ....	43

<b>Şekil 4.17:</b> Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında zayıf yer hareketlerine göre zemin büyütmesi. ....	43
<b>Şekil 4.18:</b> Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında zeminlerin nihai taşıma gücünün mekansal değişimi. ....	44
<b>Şekil 4.19:</b> Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında zeminlerin emin taşıma gücünün mekansal değişimi. ....	45

# ÇİZELGE LİSTESİ

## Sayfa

<b>Çizelge 1.1:</b> 29 yıllık sıcaklık ortalaması ile 54 yıllık yağış ortalamaları (Edremit Belediyesi).....	3
<b>Çizelge 2.1:</b> Fay segmenti yaklaşımı ile senaryo deprem büyüklüğünü veren eşitlikteki a ve b katsayıları (Wells ve Coppersmith, 1994) .....	15
<b>Çizelge 2.2:</b> İnceleme alanını etkileyecek fayların (ve segmentlerinin) iz uzunluğu (SRL), söz konusu yerleşim alanına uzaklıkları ( $R_e$ ) ve oluşturabilecekleri deprem büyüklükleri ( $M_w$ ) ve en büyük yer nivmesi ( $a_{max}$ ) (Ceryan ve Ceryan, 2018) ...	16
<b>Çizelge 4.1:</b> SPT-N değeri ile kumlarda göreceli sıkılık arasındaki ilişki (Sivrikaya ve Toğrol, 2009).....	29
<b>Çizelge 4.2:</b> SPT-N ile kumun içsel sürtünme açısı arasındaki ilişkiler (Sivrikaya ve Toğrol, 2009).....	30
<b>Çizelge 4.3:</b> SPT-N değeri ile ince taneli zeminlerin drenajsız kayma dayanımı arasındaki ilişki (Sivrikaya ve Toğrol, 2007).....	30
<b>Çizelge 4.4:</b> SPT-N değerine yapılan düzeltme ve düzeltme katsayılarının değerleri (Sönmez, 2011).....	31
<b>Çizelge 4.5:</b> Kaya ve zeminler için sismik dalga hızları (Keçeli, 1990). .....	35
<b>Çizelge 4.6:</b> Kayma dalgası hızına göre zemin sıkılığı (Uyanık vd., 2006). .....	39
<b>Çizelge 4.7:</b> Sıkılık ile dinamik özelliklerin tahmin edilmesinde kullanılabilen değerler (Kurtuluş, 2011).....	40
<b>Çizelge 4.8:</b> Zemin büyütmesinin tahmini için verilen bağıntılar (Ulusay, 2010).....	42

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında tecrübe, bilgi ve fedakârlıklarıyla bana büyük destek veren ve çalışmalarımı yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Şener CERYAN'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmamın her aşamasında görüşleriyle beni destekleyen ve samimiyetini her zaman hissettiren değerli hocam Doç. Dr. Nurcihan CERYAN'a içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca yardımları ve tecrübeleri ile bana destek olan Jeoloji Mühendisliği bölümündeki tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmamda desteklerini ve yardımlarını benden esirgemeyen değerli meslektaşım Osman Samed ÖZKAN'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca hep yanımda olan, tez çalışmalarım sırasında dualarını benden esirgemeyen sevgili anneme, bana moral veren sevgili babama ve kardeşime teşekkürü bir borç bilirim. Hayatımın her alanında yanımda olduğu gibi, tez çalışmamı hazırlarken de yanımda olan ve yardımını benden esirgemeyen sevgili eşime de teşekkürü bir borç bilirim.

**Balıkesir, 2020**

**Kübra ÇAKIR**

# **1. GENEL BİLGİLER**

## **1.1 Çalışmanın Amacı**

Balıkesir Edremit ilçesi yerleşim alanındaki Yolören Mahallesiinde yüzeyleyen zeminlerin jeoteknik özelliklerinin yersel olarak değişimi Coğrafi Bilgi Sistemleri ile değerlendirilmiş olup söz konusu alanda yerleşim alanlarının planlanmasına temel teşkil edecek mühendislik jeolojisi haritaları oluşturulmuştur.

Ayrıca bu çalışmada Balıkesir ili Edremit ilçesi Yolören Mahallesi civarının genel jeolojisi incelenmiş ve deprem tehlike analizleri yapılmıştır.

## **1.2 İnceleme Alanının Tanıtılması**

### **1.2.1 Coğrafi Konumu**

Edremit ilçesi Balıkesir iline bağlı olup Balıkesir'e 80 km uzaklıktadır. Ayrıca yaklaşık 14 km uzaklıktaki Akçay yazlık bölgesinde de Belediyeye ait bir yerleşim alanı bulunmaktadır. Yakın çevresinde bulunan Burhaniye (Balıkesir) ilçesine 9 km, Havran (Balıkesir) ilçesine de 4 km uzaklıktadır. Çalışma alanı Edremit Belediyesi'nin mücavir alanı içinde olup Edremit-Çanakkale yolunun her iki kesimini kapsamaktadır.

İnceleme alanı, 1/25000 ölçekli Ayvalık İ17-c3 no.lu topoğrafik haritanın kuzey bölümünde olup Edremit ilçesinin yaklaşık 3 km batısında yer almaktadır. Edremit-Çanakkale yolu orta kısımdan geçmektedir.



**Şekil 1.1:** Çalışma alanı yer bulduru haritası.

### 1.2.2 İklim ve Bitki Örtüsü

Edremit Körfezi, kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak Akdeniz iklim kuşağında bulunur. Bölgede en yüksek sıcaklık Temmuz ayında, en düşük sıcaklık ise Aralık ayında görülmektedir. Yağış miktarı ise en çok Aralık ayında, en az Ağustos ayında saptanmıştır. Dağların yüksek kesimleri daha fazla yağış alır. Yıllık ortalama yağış miktarı 723,6 mm, ortalama yağmurlu gün sayısı ise 67,7'dir. Kış aylarında kar yağışı çok az görülür.

**Çizelge 1.1:** 29 yıllık sıcaklık ortalaması ile 54 yıllık yağış ortalamaları (Edremit Belediyesi).

	Oc.	Şbt.	Mrt.	Nis.	May.	Hrz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ek.	Kas.	Ara.	Ort.
Sıcaklık t <sup>0</sup> C	7.0	7.8	9.8	14.2	19.4	23.8	26.2	25.8	22.1	16.8	12.2	9.0	16,2
Yağış mm	120.9	90.9	75.2	48.3	33.1	13.9	5.0	4.3	15.6	49.7	119.2	138.1	714.2

### 1.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri'ne Genel Bakış

#### 1.3.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri Tanımı ve Tarihçesi

Coğrafi Bilgi Sistemleri (Geographical Information Systems, GIS); verilerin toplanması, analizi, saklanması ve kullanıcıya anlamlı bir bütün halinde bilgisayar ortamında sunulmasını sağlayan, günümüzde kullanılan bir programdır. Hayatımızı ilgilendiren birçok olayın, konum analizi ile birlikte mevcut kayıtlı bilgileri düzenleyerek çeşitli teknik ve görsel öğelerle kullanıcının daha rahat ve akıllıca hareket etmesini sağlar. Böylelikle kullanıcıya daha boyutlu ve derin bir bakış açısı sağlar (ESRI, 2008).

CBS, mekânsal kökenli bilgilerin (grafik ve öznitelik) bilgisayar ortamında toplanması, girilmesi, saklanması, sorgulanması, mekânsal analizlerinin yapılması ve görüntülenmesini sağlayan çeşitli formatlarda çıktı alınması için oluşturulan bilgi sistemidir (Aranoff, 1991).

CBS, dünya genelinde birçok karmaşık, ekonomik, çevresel, toplumsal olay ve olguların çözümüne dayalı karar verme konusunda çok geniş hacimli coğrafi bilgilerin toplanması, depolanması, yönetimi ve analizi ile ilgili çalışmalarda donanım, yazılım, personel, coğrafi veri ve yöntemler ile bu verilerin işlenerek kullanıcıya sunulması işlevini yerine getiren bir sistemdir (Çabuk, 2011).

Günümüz yapay zeka uygulamalarının da bu sisteme dahil edilecek olduğunu düşünürsek, programın ne denli gelişmiş ve geniş bir veri toplama ve sonuç bildirme kabiliyetinin olduğu anlaşılır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri, yeryüzünde gelişen şekillenmeleri, değişimleri, topoğrafik olayları, harita ve grafiklere dönüştürmek, analiz etmek amaçlı olan bilgisayar destekli bir programdır. Bu sistem aynı zamanda veri tabanlarını birleştirme özelliğine sahiptir. Böylelikle daha geniş bir veri entegrasyonu sağlayarak hem saha alanı açısından hem de veri doğruluğu açısından daha net bilgiler sunmaktadır. Örnek verecek olursak, haritaların sağlamış olduğu görsel analiz ve coğrafik analiz getirilerini sorgulama şeklinde kullanıcıya sunulur. Bu özelliğinden dolayı Coğrafi Bilgi Sistemleri diğer bilgi sistemlerinden farklıdır. Sonuç olarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri kentsel planlamada ve oldukça yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Yomralıoğlu, 2002).

CBS tarihçesi aslında insanoğlunun tematik harita, grafik şemaları gibi görsel öğelere ihtiyaç duyulmasıyla beraber başlamıştır. 1800'lü yıllarda ilk modern istatistiğin tematik temelleri, Fransız Pierre Charles Duplin tarafından siyah beyaz çizim ve tonlamalarla yapılan çizimlerle başlamıştır. Her ne kadar bilgisayar temelli olmasa da bu gereksinimler belli bir yere kadar çizimlerle karşılanmıştır. Günümüzde gelişen bilgisayar teknolojisiyle bu ihtiyaç artık çok daha hızlı karşılanmakta ve geniş alanlarda kendini göstermektedir (Uyguçgil, 2016).

XIX. yüzyılın ortalarında, 1855 yılında İngiltere'de John Snow tarafından üretilen, kolera salgınında yaşanan ölümlerin konumlarını gösteren haritada, CBS'nin ilklerindedir. Snow çalışmasında kolera sonucunda yaşanan ölümleri noktasal harita üzerinde göstermiştir (Uyguçgil, 2016).

Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin temelleri ilk olarak 1958-1961 yılları arasında Washington Üniversitesi, Coğrafya Bölümü'nde atılmıştır. Bilgisayar temelli olan bu çalışma, alanında istenen verilere daha çabuk ulaşmayı amaçlamış ve başarılı olmuştur. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin kurucusu olarak bilinen Roger Tomlinson, 1963 yılında Coğrafi Bilgi Sistemleri'ni Kanada Coğrafi Bilgi Sistemi adı altında kurmuştur. Bilgisayar tabanlı olan bu projenin iki temel kuruluş amacı vardır. Birincisi, Kanada Toprak Envanteri için toplanan verilerin bilgisayar ortamında saklanması ve analiz edilmesi; ikincisi de Arazi Yönetim Planları'nda kullanılması amacıyla istatistiksel verilerin oluşturulmasıdır. Bu proje profesyonel anlamda 1971 yılında çalışmaya başlamıştır. (Uyguçgil, 2016).



Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin bilgisayar teknolojisi ile kullanılmasının, günümüze kadar geçirmiş olduğu süreç ve değişim incelendiğinde, başlarda sadece bireysel bilgisayarlar üzerinde çalışmalarla ve kayıtlarla kendini gösteren bu programlama artık uygulamalar arasında, ülke içerisindeki uygulamalarda hatta uluslararası bilgi paylaşımlarında da entegre olarak kendini gösteren dev sistemler haline gelmiştir (Uyguçgil, 2016).

### **1.3.2 CBS'nin Bileşenleri**

CBS'nin işleyebilmesi ve sağladığı avantajlardan yararlanabilmesi için bazı bileşenlere veya elemanlara ihtiyaç duyulmaktadır.

**Yazılım:** Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin vazgeçilmezlerindedir fakat sistemin işleyebilmesi için yeterli değildir. Verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi için yazılıma ihtiyaç vardır.

**Donanım:** CBS değişik işletim sistemi ortamlarında, değişik platformlarda çalışabilmektedir. Ancak CBS'den iyi performans elde edebilmek için donanımın da yüksek kalitede olması gerekir.

**Veri:** CBS'nin vazgeçilmezlerindedir. Veri olmadan işlem yapmak mümkün değildir.

**Yöntem:** CBS'de projelerin başarıya ulaşabilmesi için bazen genel kullanışlı bazen de ilgili projeye özgü yöntemlerin bilinmesi ve doğru şekilde uygulanması gerekir. Bu yöntemlerin çok iyi şekilde planlanması ve tasarlanması gerekir.

**İnsanlar:** CBS'de diğer vazgeçilmez bileşenler verileri sisteme girerek, sistemi çalıştıracak, çıktıları yorumlayacak insan olmadan bir anlam taşımazlar. Çünkü Coğrafi Bilgi Sistemleri insan odaklıdır.

### **1.3.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Kullanım Alanları**

CBS mekânsal verilerin işlenmesi, analiz edilmesi ve gerekli çıktıların oluşturmasındaki çok güçlü kabiliyetleri nedeniyle kullanımı gittikçe daha fazla yaygınlaşmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin kullanıldığı alanlara örnek verecek olursak; Mühendislik Uygulamaları, Çevre Uygulamaları, Yerbilimleri Uygulamaları, Tarım Uygulamaları,

Ormancılık Uygulamaları, Arkeoloji ve Kamu Uygulamaları olarak sıralayabiliriz. Ancak tüm kaynaklarında yönetiminde karar destek sistemi olarak kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri zaman içinde daha da yaygınlaşmakta ve kullanım alanları genişlemektedir (Uyguçgil, 2016).

### **1.3 Önceki Çalışmalar**

Sözbilir vd. (2016), Edremit, Altıeylül ve Karesi ilçeleri (Balıkesir) civarında yerleşim yerlerinden geçen diri faylarda hendek tabanlı paleosismoloji çalışmaları yaparak, bu fayların geçmişte hangi depremlerden sorumlu oldukları, deprem tekrarlama periyotları, kayma hızı ve son ürettikleri depremler konusunda deprem tehlike analizinde doğrudan kullanılacak somut veriler elde etmişlerdir. Yazarlara göre, Balıkesir ve çevresindeki fay segmentleri ortalama 1000 yıl arayla yüzey faylanmasıyla sonuçlanan depremler üretme potansiyeline sahiptir. Elde edilen verilere göre, Havran-Balıkesir Fay Zonu'na ait Gökçeyazı segmenti üzerinde yakın gelecekte yıkıcı bir deprem beklenmektedir. Bu nedenle, Balıkesir il merkezi ve ilçelerinden geçen diri faylar 1/5000 ölçekli imara esas haritalara geçirilmeli ve bu zonlar yüzey faylanması tehlikesi kuşağı, fay sakinim bandı ve önemli alan hattı oluşturma kriterleri açısından değerlendirilmelidir.

Yalıtırak ve Okay (2004), Edremit Körfezi kuzeyinde Paleotetis birimlerinin jeolojisi çalışmasında Kazdağ Grubu'nun amfibolit-granulit fasiyesinde metamorfik bir istif olduğunu, Kazdağ Grubu'nun güney cephesindeki tektonik dokanağın güneyinde Oligo-Miyosen yaşlı granodiyoridler, alt Miyosen yaşlı riyoitler ve gölsel türbiditler bulunduğunu, batıda ise aynı şekilde Kretase yaşlı Çetmi Ofiyolitik Melanjının, Kazdağ Grubu ile tektonik dokanıklı olduğunu belirtmişlerdir.

Orhan (2005), tarafından Eskişehir yerleşim alanının güneyinde, bölgenin jeomühendislik durumunun belirlenmesi için çalışmalar yapılmıştır. Jeolojik çalışmalar sonucu veriler toplanmış ve bu envanterler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Sonraki çalışmalarda bölgede yapılmış olan sondajlama çalışmalarına ait envanterler CBS ortamında biriktirilerek veri tabanı meydana getirilmiştir. Araştırma bölgesi içinde bulunan belirli bir alanda temel alanlarda jeolojik çalışmaların yapılabilmesi için jeoloji haritaları meydana getirilmiştir.

Gürpınar ve diğ. (2000), İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Döner Sermaye İşletmesi, Altınoluk Belediyesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanının jeolojisi ve mühendislik jeolojisi ile yerleşime uygunluk değerlendirmesi final raporunda Kazdağları'nın Üst Miyosende başlayan yükselmesinin sonucu olarak KD-GB doğrultulu fayların oluştuğu, gerilme tektoniğine bağlı Kazdağ'da yükselmenin Edremit de ise çökmenin devam ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Altınoluk belde yerleşim alanında KD-GB doğrultulu beş adet olası düşey fay, KB-GD doğrultulu yanal atımlı beş fay ve iki bindirme fayı saptamışlardır.

Karavul vd. (2005), tarafından CBS kullanılarak Adapazarı Standart Penetrasyon Testi (SPT) çalışmalarında; şehir merkezinde yapılan sondajlardaki değerlerle bilgisayar veri tabanı oluşturulmuştur. Sonrasında iki farklı yaklaşımla SPT haritaları meydana getirilmiştir.

Şentürk (2005), Kazdağ Masifi Metadümit, Amfibolit, Metagabrolarının Jeolojisi ve Titan İçeriği Açısından Değerlendirilmesi tez çalışması kapsamında, Edremit (Balıkesir), Ayvacık (Çanakkale) ve Bayramiç (Çanakkale) ilçelerindeki Tozlu Formasyonu içerisindeki amfibolitlerin minerolojik-petrografik yöntemlerle incelenmiş, amfibolitlerin gabro kökenli olduğu ve alınan örneklerin kimyasal analizi sonucunda titanyum cevherleşmesi açısından çok zengin olmadığı ortaya konmuştur.

Gürpınar ve diğ. (2000), İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Döner Sermaye İşletmesi, Altınoluk Belediyesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanının jeolojisi ve mühendislik jeolojisi ile yerleşime uygunluk değerlendirmesi final raporu için yapılan jeofizik rezistivite çalışmasında jeolojik yapının ortaya çıkartılması ve yeraltısuyu seviyesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Birimlerin genelde alüvyon ve yamaç molozu olduğu belirlenmiştir. İri moloz ve çakıllardan oluşan birikinti konilerinin çok miktarda yeraltısuyu taşıdığı, alüvyonun yer yer geçirgen kum ve çakıl, yer yer yarı geçirgen killi silt karakterinde olduğu, killi düzeylerin basınçlı akiferleri oluşturduğunu belirlemişlerdir.

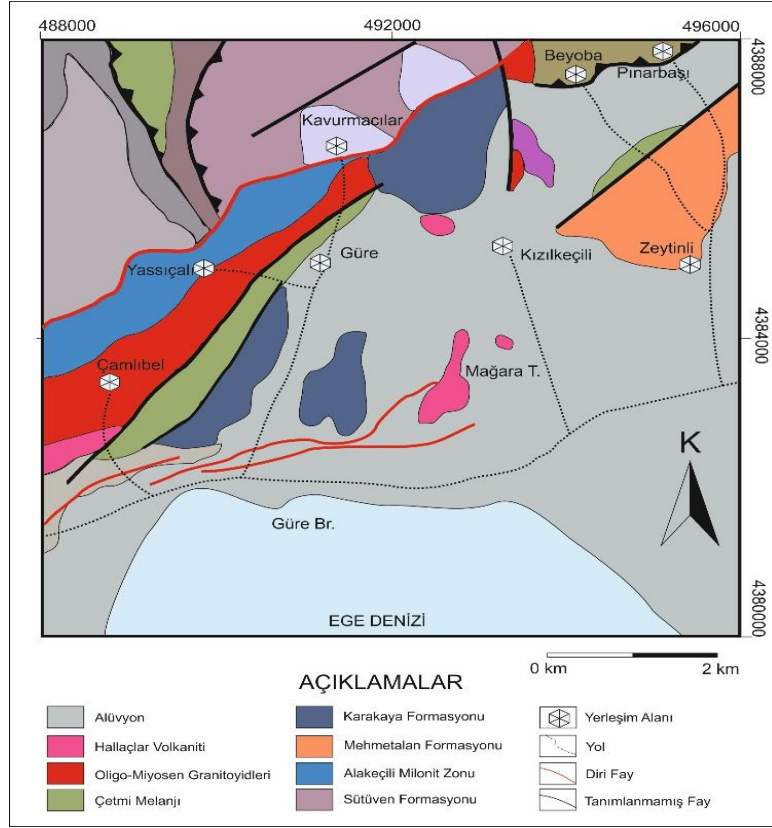
Sarı vd. (2010), Balıkesir kenti ve çevresinin deprem kaynağı olan diri fayların coğrafi konumu, jeolojik, jeomorfolojik ve sismik özellikleri ve bunlara dayalı olarak deprem potansiyellerini ortaya koymak amacıyla yapılan yerbilimsel çalışmaların acilen sonuçlandırılması gerektiğini vurgulamıştır. Yazarlara göre; kentimizde çevre düzeni ve imar planları yapılacağı zaman öncelikle yerel görsel ve yazılı basında yurttaşlarımıza duyurulmalı ve planlar yurttaşlarımızın tartışmasına açılarak katılımları sağlanmalıdır.

Siyako ve diğ. (1989), “Biga ve Gelibolu Yarımadalarının Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları” isimli çalışmasında, Kazdağı silsilesinin Geç Miyosen/Pliyosen’de eş zamanlı hareket eden iki yanal atımlı fay arasında sıkışarak yükselmeye başlamış bir basınç sırtı olduğunu belirtmişlerdir. Biga ve Gelibolu Yarımadalarında kumtaşı ve şeylden oluşan flüvyal sedimanlar ile görsel karbonatların Pliyo-Kuvaterner döneminde çökeldiğini, bu flüvyal birimin Bayramiç formasyonu olduğunu, kara alanlarında 200-300 m olan bu birimin Edremit Körfezinde 1500 metrelere çıktığını ve bu kalın Pliyokuvaterner istifin Kazdağ silsilesinin Pliyokuvaternerde yükseldiğinin kanıtı olduğunu belirtmişlerdir.

Okay ve diğ. (1990), Kazdağ Masifi’nin kuzeyinde Kazdağ Masifi ile Çetmi melanjı arasında iki km kalınlığında şiddetli milonitleşmiş gnays ve serpantinitten oluşan Alakeçili Milonit Zonu tanımlamışlar ve Pliyosen ve Kuvaternerde yerel nehir ve göl sedimentasyonu ve az miktarda alkali bazaltik volkanizma meydana geldiğini belirtmişlerdir.

## 2. ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ VE BULGULAR

### 2.1 Edremit (Balıkesir) İlçesi Çevresinin Jeolojisi



Şekil 2.1: İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojisi (Duru ve diğ., 2007).

#### 2.1.1 Sütüven Formasyonu (Cs)

Kazdağ Grubu'nun en üst seviyesinde bulunan Sütüven formasyonunun çalışma alanındaki yayılı 150 km<sup>2</sup> ve kalınlığı 1000 metredir. İlk kez Duru vd. (2004) tarafından adlandırılan birim ince mermer ve amfibolit mercekleri içeren sillimanit gnays, biyotit gnays, granitik gnays ve yer yer migmatitten oluşan Sütüven Formasyonu, Sarıkız Mermeri ve Fındıklı Formasyonu üzerinde tektonik dokanakla yer alır. Tip veri Zeytinli köyü kuzeyindeki Sütüven Şelalesi mevkiidir. Formasyon Oligo-Miyosen yaşlı granodiyoritler tarafından kesilmiştir. Sütüven Formasyonunun içinde bulunan granitik gnayslar, amfibolit ve mermer mercekleri içermekte, bu amfibolit mercekleri 40-60 m kalınlığında, siyah renkli ve iyi foliasyonludur. Mermer mercekleri ise 100-150 m kalınlığında ve beyaz-gri renkli ve bantlı yapıdadır (Şengün, 2011).

### **2.1.2 Alakeçili Milonit Zonu (AMZ)**

Kazdağ masifi etrafındaki sıyrıлма fay zonlarında gelişen kataklastik kayalardan oluşan Alakeçili Milonit Zonu ilk kez Okay (1987) tarafından adlandırılmıştır. Kazdağ masifi gnayları ile Çetmi melanjı arasında milonitleşmiş gnays ve metaserpantinitlerden oluşan birimin tip lokalitesi Kazdağ masifinin batısında Alakeçili Köyü ile Bayramiç yolu güzergahında yer almaktadır. Ayrıca Kazdağ masifinin güneyinde Narlı, Altınoluk ve Güre köyleri arasında yüzeylemektedir. Ultramilonitlerin içerisinde milonitleşmiş mermerler ve serpantinit mercikleri bulunmaktadır. Milonitik kayalar Kazdağ masifinin yükselimine bağlı olarak Miyosen ve/veya sonrasında gelişmiştir. Bu kayalar eğim atımlı normal fay zonlarında (sıyrıлма fayları) görülmektedir (Duru ve diğ., 2007).

Sıyrıлма fayı boyunca tavan bloktaki temel kayalar ile taban bloкта yer alan Kazdağ metamorfileri arasında kataklastik kayalar ve ultramilonitlerden oluşan Alakeçili milonit zonu yüzeyler görülmektedir (Emre, Doğan ve Yıldırım, 2010).

### **2.1.3 Mehmetalan Formasyonu (Trkm)**

Tip lokalitesi Mehmetalan Köyü civarında yer alan birim masif veya bol kırıklı çatlaklı bazalt, yeşil renkli tuf ve diyabazlardan oluşmaktadır. Karakaya birimleriyle tektonik dokanak oluşturmakta ve yanal devamlılığı fazla değildir. Düşük metamorfizmadan etkilenmiş ve ilksel halini korumuş yeşil renkli bazik kayalardan oluşmuştur. Formasyonun Alt Triyas olabileceği kabul edilmiştir (Duru ve diğ., 2007).

### **2.1.4 Karakaya Formasyonu (Trkk)**

Çalışma alanında tip lokalitesi Zeytinli köyünün kuzeydoğusunda Karakaya mevki olan birimin çalışma alanındaki yayılımı 24 km<sup>2</sup>'dir. İlk kez Bingöl vd. 1973 tarafından tanımlanan Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu feldispatlı kumtaşı, spilitik bazalt, kuvarsit, silttaşı, radyolarit, çamurtaşı, çakıltaşı ve diyabaz karmaşığında oluşmaktadır. Birim içerisindeki litolojiler değişik boyutlardaki kireçtaşı olistolit ve olistostromlarından oluşmaktadır (Duru ve diğ., 2007).

### **2.1.5 Çetmi Melanjı (Kç)**

Kretase-Erken Tersiyer yaşlı Çetmi melanjının çalışma alanındaki yayılımı 8.6 km<sup>2</sup>'dir. İlk kez Okay vd. (1990) tarafından adlandırılan Çetmi ofiyolit melanjı farklı kökendeki kayaların tektonik dilim veya olistostrom şeklinde karışık halde bir arada bulunduğu topluluktur. Çetmi melanjı şeyl-fillat, grovak, radyolarit, mikaşist, eklojit, spilitik bazalt ve serpantin tektonik dilimleri ile kireçtaşları olistolitlerinden oluşmaktadır (Duru ve diğ., 2007).

### **2.1.6 Üst Oligosen-Alt Miyosen Granitoidleri (Tg)**

Kazdağ metamorfileri Oligo-Miyosen yaşlı granitoidler tarafından kesilmişlerdir. Granodiyoritik bileşimli sığ derinlikteki sokulumlar Geç Oligosen-Erken Miyosen zaman aralığında bölgeye yerleşmişlerdir (Duru ve diğ., 2007). Çalışma alanındaki yayılımı 36 km<sup>2</sup>'dir. Altınoluk kıyı çizgisi boyunca D-B uzanım gösterir. Özellikle Altınoluk ve Narlı köylerinde belirgin olarak gözlenmektedir. Altınoluk da gözlemlenen granodiyoritler arazide bol çatlaklı, eklemlili, kısmen ayrılmış ve açık renklindedir.

### **2.1.7 Hallaçlar Volkaniti (Toh)**

Hallaçlar Volkaniti Siyako vd. (1989) tarafından Doyran Volkanitleri olarak isimlendirilmiştir. Dönmez vd. (2005) tarafından altere andezit, bazaltik andezitik lav ve piroklastiklerden oluşan kayalar Hallaçlar Volkaniti olarak tanımlanmıştır. Çoğu mostrası aşırı alterasyona uğramış olan Hallaçlar Volkaniti Biga Yarımadası'ndaki Oligosen volkanitlerini oluşturmuş ve Erken Miyosene kadar etkinliğini sürdürmüştür. İçerisinde plajiyoklas, biyotit, klinopiroksen, alkali feldispat, apatit ve opak mineraller başlıca fenokristalleri oluşturmaktadır (Duru ve diğ., 2007). Çalışma alanındaki yayılımı 4.8 km<sup>2</sup>'dir.

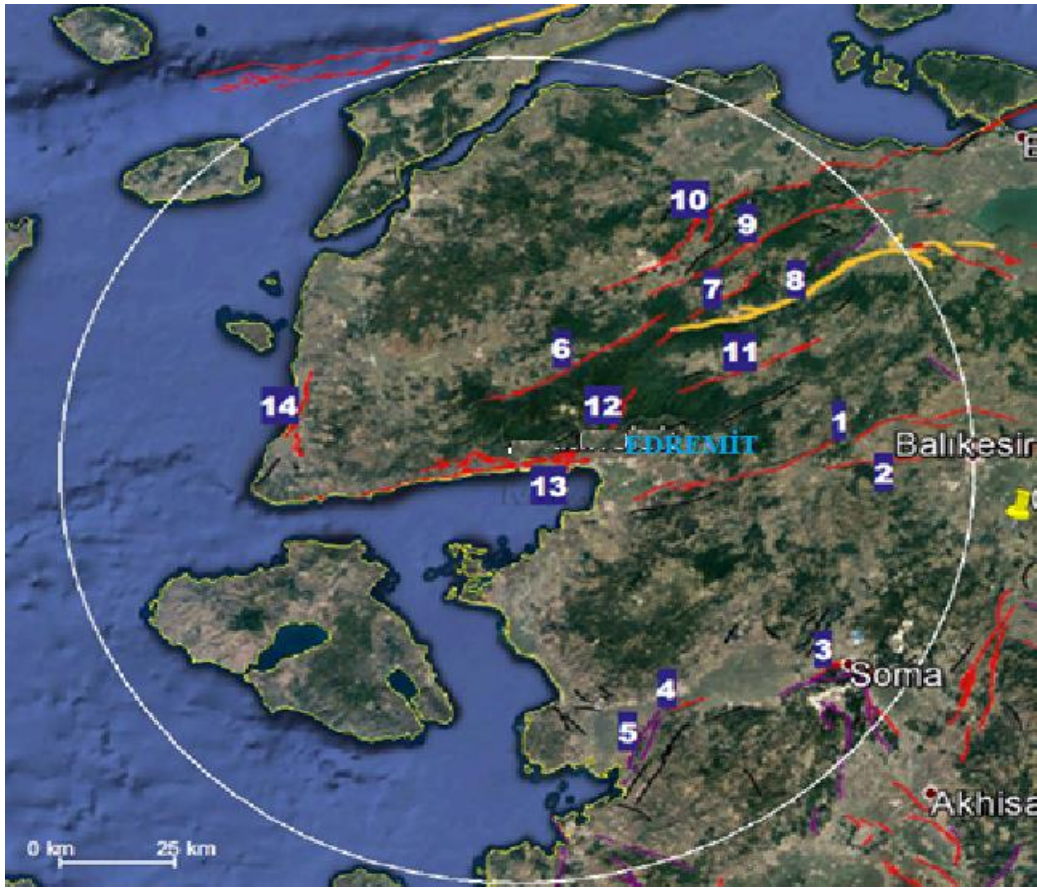
### **2.1.8 Alüvyon**

Tüm birimleri uyumsuzlukla üzerleyen alüvyonlar vadi tabanlarında, akarsu yataklarında ve ovalarda çökelen ayrık tortulardan (değişik oranlarda çakıl, kum, silt ve kil) oluşmaktadır.

## 2.2 Yapısal Jeoloji ve Depremsellik

### 2.2.1 İnceleme Alanını Etkileyen Faylar

İnceleme alanını etkileyecek fay zonları ve fayları belirlemek için inceleme alanına en fazla 100 km uzaklıkta olması esas alınmıştır (Şekil 2.2). Şekil 2.2’de 100 km yarıçaplı daire içinde kalan aktif fayların ve fay zonlarının özellikleri Emre vd. (2012) ve Sözbilir vd. (2015) çalışmalarında ayrıntılı olarak verilmektedir. Bu çalışmada da bu iki çalışma esas alınmıştır.



**Şekil 2.2:** İnceleme alanını etkileyen faylar ve fay zonları (1: Havran-Balya Fay Zonu, 2: Balıkesir Fayı Gökçeyazı Segmenti, 3: Soma-Kırkağaç Fay Zonu, 4: Bergama Fayı, 5: Zeytinadağ Fay Zonu, 6: Evciler Fayı, 7: Bekten Fayı, 8: Yenice Gönen Fayı, 9: Sarıköy Fayı, 10: Biga-Çan Fay Zonu, 11: Pazarköy Fayı, 12: Edremit Fayı Altınoluk Segmenti, 13: Edremit Fayı Zeytinlik Segmenti, 14: Kestanbol Fayı (Ceryan ve Ceryan, 2018).



### 2.2.2 Edremit Fay Zonu (EFZ)

EFZ, Biga Yarımadası'nın güneyinde, Edremit Körfezi ile Kazdağ yükselimi arasında, inceleme alanına 1 km'den daha az mesafede bulunur. Diğer bir adı Kazdağ Sıyrılma Fayı olarak da geçmektedir (Emre vd., 2012). Bu tanımlamada; Kazdağ yükseliminin güneyinde yer alan ve Edremit Körfezi'ni kuzeyden sınırlandıran düşük açılı sıyrılma fayı ve bunun tavan bloğunda yer alan sentetik ve antitetik faylardan oluşan aktif bir fay sistemi olarak tanımlar.

Bu fay zonun su altı ve kara üzerindeki uzunluğu yaklaşık 90 km'dir. 60 km'si karasal, 30 km'si su altındadır. Kara kısmındaki alan, Behramkale-Kalkım arasında uzanır. Su altındaki kısım ise Edremit Körfezi'nin batı ucunda, Bababurnu açıklarına kadar uzandığı tahmin edilmektedir. Edremit Fay Sistemi ana sıyrılma fayı ve tavan bloktaki ikincil faylardan oluşur. Ana fay, tavan bloktaki ve çeşitli türdeki jeolojik birimleri ayırır. Tavan blok, çoğunlukla sentetik yapıdadır. Sıyrılma fayı, körfez boyunca  $K80^{\circ}D$  doğrultusunda kavisli bir yapı sunar. Ancak Güre'den kuzeydoğuya doğru olan fay kuzeye yön değiştirerek  $K30^{\circ}D$  şeklinde bir uzantı oluşturur. Bu değişimle bileşik oblik bir yapı özelliği gösterir (Emre vd., 2012).

Karadaki uzantısı ve değişim özellikleri göz önüne alınırsa Edremit Fay Zonu, Altınoluk ve Zeytinli olarak iki segmente ayrılır. Altınoluk segmenti, düşük açılı ve tavan bloğunda gelişmiş 60 km uzunluğunda, sentetik ve antitetik faylardan oluşurken, Zeytinli segmenti, 15 km uzunluğunda olup KD-GB genel gidişli verev bir fay niteliğindedir (Emre vd., 2012).

Edremit Fay Zonu'nun KD ucunu oluşturan Zeytinli segmenti Aşağıçavuş köyü arasında  $K30^{\circ}D$  doğrultusunda olup 15 km uzunluğundadır. Altınoluk segmentindeki ana sıyrılma fayının devamı niteliğindedir. Fayın düzlem çizgileri güneyden kuzeye doğru birçok bölümde net olarak görülmektedir. Zeytinli segmenti ise masifine ait granit, gnays, mermer, migmatitlerden oluşan Sütüven Formasyonu ve tavan bloğundaki Sazak Formasyonu ile çeşitli oluşumlar arasında net bir ayrışım gösterir.

Edremit Fay Zonu Pliyosen aşınım yüzeylerinin varlığı ve böyle oluşmuş vadiler neotektonik dönem aktivitesinin Geç Pliyosen veya Pliyo-Kuvarterner'de başladığına kanıttır (Emre vd., 2012).

Dönem kayıtları fayın yıkıcı depremleri ürettiğini göstermiştir. 1944 depremi Altınoluk segmenti üzerinde oluşmuştur. Bu depremde yüzey faylanması 40 km uzunluğunda oluşmuştur. Yakın zamanda bu fayın deprem üretmesini olağan kılan herhangi bir bulgu yoktur. Ancak Zeytinli Segmenti'nin yakın zamanda göz önüne alındığında deprem üretmesi beklenmektedir (Emre vd., 2012).

Altınoluk segmenti bazı noktalarda 5 km genişliğe ulaşır. Bahçedere-Beyoba arasında sıyrılma fayı taban bloğundaki masifin metamorfik kayaları ile tavan bloktaki çeşitli yaş ve türdeki kayaları ayırır. Sıyrılma fayının meydana getirdiği fay sarplığı yükselimlerden beslenen derelere ayrılarak kesilmiş üçgen yüzeylere bölünmüştür. Sıyrılma fayı, basık morfolojik fay sarplıklarıyla karakterdir. Bu jeolojik veriler Edremit Fay Zonu'nun Kuvarterner aktivitesini belgeleyen verilerdir (Emre vd., 2012).

Havran-Balıkesir Fay Zonu; İnceleme alanına uzaklığı yaklaşık olarak 10 km olan Havran-Balıkesir Fay Zonu Toplam 65 km uzunluğundadır. Ve sağ yönlü doğrultu atımlı bir aktif faydır. Havran-Balıkesir Fay Zonu'nun yaşı ve toplam atımı hakkında kesin bir bilgi yoktur (Emre vd., 2012).

İnceleme alanını etkileyecek diğer önemli faylar/fay zonları; Çan-Biga Fay Zonu, Yenice-Gönen Fay Zonu, Soma-Kırkağaç Fay Zonu, Bekten Fayı, Sarıköy Fayı, Evciler Fayı ve Kestanbol Fayı'dır. Bu fay ve fay zonları Emre vd. (2012)'de ayrıntılı anlatılmıştır.

### **2.2.3 Yolören Mahallesi (Edremit, Balıkesir) Civarının Deprem Tehlike Analizi**

İnceleme alanını etkileyecek en büyük yer ivmesini elde edebilmek için olası deprem senaryoları öngörülmüştür. Bu amaç için önce MTA'nın en son 2012'de güncellediği Türkiye Diri Fay Haritası'ndan yararlanılarak söz konusu alana uzaklığı en fazla 100 km olan faylar seçilmiştir (Şekil 9). Sonraki adımda ise Wells ve Coppersmith (1994) tarafından önerilen eşitlik (Eşitlik 2.1) yardımıyla söz konusu fayların üretebileceği olası depremlerin Moment büyüklüğü ( $M_w$ ) değerleri hesaplanmıştır.

$$M_w = a + b \log (SRL) \quad (2.1)$$

Yukarıdaki eşitlikte, SRL beklenen yüzey kırığının uzunluğu km olup, a ve b katsayıları fayın türüne bağlıdır ve Çizelge 2.1'den alınmıştır.

**Çizelge 2.1:** Olası deprem büyüklüğünü hesaplamak için gerekli katsayılar (Wells ve Coppersmith, 1994).

Fay Türü	a katsayısı	b katsayısı
Doğrultu atımlı fay	5.16	1.12
Normal fay	4.86	1.32
Ters fay	5.00	1.22
Tüm fay türleri	5.08	1.16

Senaryo depremlerin oluşturacağı en büyük yatay yer ivmesinin belirlenmesinde Ulusay vd. (2004) tarafından önerilmiş ivme azalım ilişkisi kullanılmıştır (Eşitlik 2.2).

$$a_{max} = 2.18e^{0.0218(33.3M_w - R_e + 7.8427S_A + 18.9282S_B)} \quad (2.2)$$

Yukarıdaki eşitlikte  $a_{max}$  en büyük yer ivmesi,  $M_w$  moment büyüklüğü,  $R_e$  depremin merkez üstüne olan uzaklık,  $S_A$  ve  $S_B$  yerle zemin koşullarını tanımlayan sabitlerdir. Kaya olması durumunda  $S_A = S_B = 0$ , zemin koşullarında  $S_A = 1$  ve  $S_B = 0$ , yumuşak zemin koşullarında ise  $S_A = 0$  ve  $S_B = 1$ 'dir (Ulusay vd., 2004).

İnceleme alanına uzaklığı en fazla 100 km olan fayların (Şekil 2.2) üretebileceği depremlerin moment büyüklüğü ( $M_w$ ) ve bu depremlerin oluşturacağı en büyük yatay yer ivmesinin değerleri Çizelge 2.2'de verilmiştir (Ceryan ve Ceryan, 2018).

**Çizelge 2.2:** İnceleme alanını etkileyecek fayların (ve segmentlerinin) iz uzunluğu (SRL), söz konusu yerleşim alanına uzaklıkları ( $R_e$ ) ve oluşturabilecekleri deprem büyüklükleri ( $M_w$ ) ve en büyük yer ivmesi ( $a_{max}$ ) (Ceryan ve Ceryan, 2018).

No	FAY	Segment	SRL (km)	$R_e$ (km)	$M_w$	$a_{max}$ (gal)
1	Havran-Balya Fay Zonu		85,3	26,02	7,3	251,1
2	Balıkesir Fayı	Gökçeyazı	39,2	65,79	6,9	79,4
3	Soma-Kırkağaç Fay Zonu		31,7	79,84	6,8	54,1
4	Bergama Fayı		9,3	66,35	6,2	46,3
5	Zeytindağ Fay Zonu		18,24	65,16	6,5	60,8
6	Evciler Fayı	2	46,4	15,73	7,0	251,5
7	Bekten Fayı	2	16,2	49,77	6,5	81,5
8	Yenice Gönen Fayı		88,1	45,9	7,3	164,7
9	Sarıköy Fayı	2	64,44	47,2	7,1	142,8
10	Biga-Çan Fay Zonu		59,7	41,53	7,1	157,1
11	Pazarköy Fayı	2	33,63	38,18	6,8	137,0
12	<b>Edremit Fayı</b>	<b>Altınoluk</b>	<b>62,8</b>	<b>1,1</b>	<b>7,2</b>	<b>386,5</b>
13	Edremit Fayı	Zeytinli	29,1	3,6	6,78	270,3
14	Kestanbol Fayı		22,1	48,62	6,6	93,3

İnceleme alanına uzaklığı en fazla 100 km olan fayların üretebileceği depremlerin moment büyüklüğü ( $M_w$ ) ve bu depremlerin oluşturacağı en büyük yatay yer ivmesinin değerleri görgül ilişkilerden yararlanılarak bulunmuştur (Ceryan ve Ceryan, 2018). Altınoluk beldesi yerleşim alanı için öngörülen deprem senaryolarına göre en büyük yer ivmesi inceleme alanından geçen Edremit Fayı Altınoluk Segmenti'nde gelişecek olası depremin meydana getireceği  $M_w=7.2$  büyüklüğündeki depreme göre bulunmuştur ve bu değer 0.386 g seviyesindedir (Ceryan ve Ceryan, 2018). Yapılan deterministik deprem tehlike analizine göre; inceleme alanına yaklaşık 4 km uzaklıkta geçen Edremit Fayı Zeytinli Segmentinin kaynaklık edeceği de  $M_w=6.8$  büyüklüğünde deprem üreteceği ve bu depremin inceleme alanında oluşturacağı en büyük yer ivmesi 2.51 g olacağı görülmektedir (Ceryan ve Ceryan, 2018). İnceleme alanının yaklaşık 26 km kuzey doğusunda bulunan Havran-Balya Fay Zonu'nun  $M_w=7.3$  depreme kaynaklık edeceği ve olası bu depremin inceleme

alanında 0.251 g düzeyinde en büyük yer ivmesi oluşturacağı görülmüştür (Ceryan ve Ceryan, 2018).

### **3. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

#### **3.1 Jeolojik Harita Alımı**

İnceleme alanında 1/25000 ölçekli jeoloji haritalarının hazırlanmasının yanı sıra önceki çalışmalardan da yararlanılmıştır.

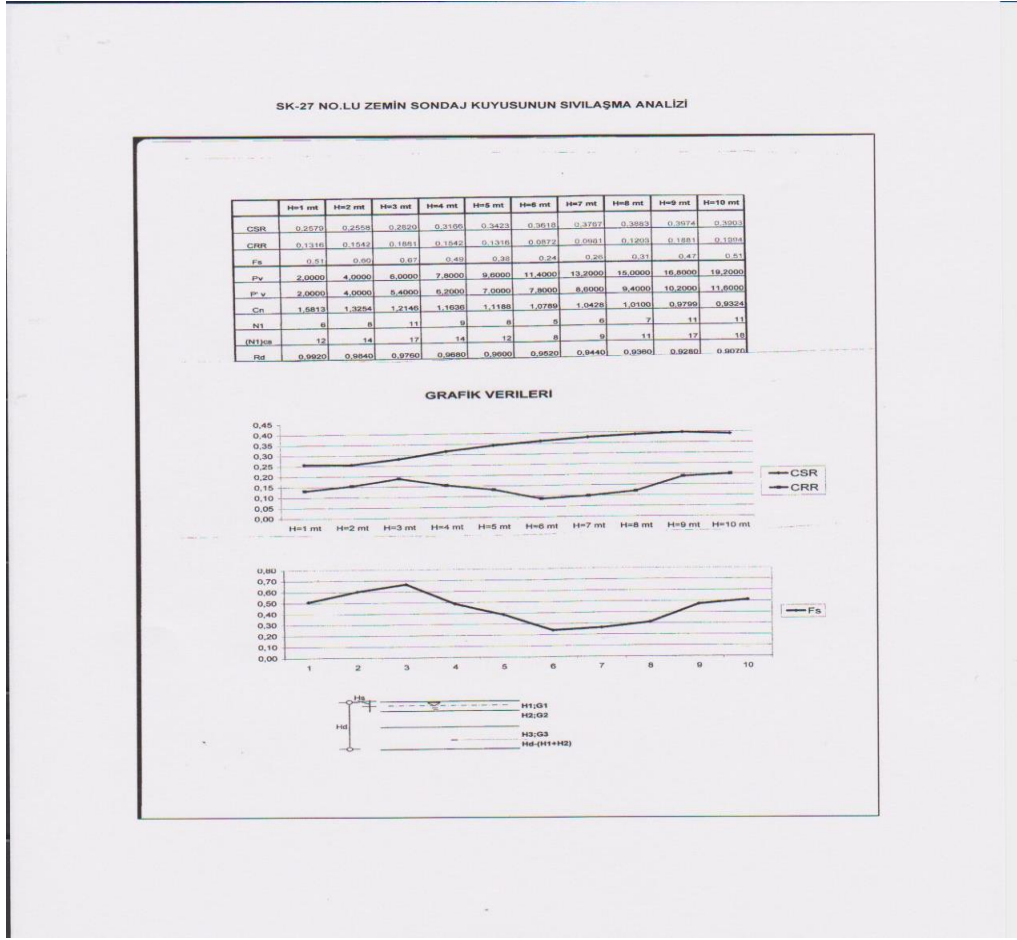
#### **3.2 Sondaj Loglarının Değerlendirilmesi ve Veri Tabanının Oluşturulması**

Bu çalışmada kullanılan sondaj logları ve jeofizik verileri Arık, M. (2010 = Şubat, Arık Zemin Etüt Mühendislik, Bursa) Edremit Belediyesi (Balıkesir) Yolören Köyü-Kuruçay Mevkii Revizyon İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu'ndan alınmıştır.

Bu çalışmada, örnek olarak Şekil 3.1'de sondaj lokasyonları verilmiştir. Şekil 3.2'de ise laboratuvar deneylerine ait bir örnek verilmiştir.

Çalışma alanı ile ilgili raporlardan alınan sondajların jeoteknik logları, laboratuvar deney sonuçları, alüvyon kalınlığı, her zeminin tabakasındaki zemin türü, zeminlerin tane dağılımları, SPT-N darbe sayıları, sismik yöntemlerle elde edilen bilgiler, sismik çalışmalara göre ayırt edilmiş olan tabaka kalınlıkları alınarak önce dosyalar (Excel) oluşturulmuş olup daha sonra CBS ortamında kullanılmak üzere veri tabanı meydana getirilmiştir.





**Şekil 3.2:** Laboratuvar deney sonuçlarına bir örnek (Edremit Belediyesi).

### 3.3 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Standart Penetrasyon Deneyi, zemin incelemelerinde yaygın olarak kullanılan deneylerden biridir. Aynı zamanda yerinde yapılan bir kesme deneyidir (Özçep, 2006). SPT deneyi ile elde edilen veriler yüzeysel temellerin taşıma gücü ve sivilaşma durumunun hesaplamasında kullanılmaktadır (Özcan, 2012).

Standart Penetrasyon Deneyi, kumlu zeminlerde uygulanmaktadır. Deney kil zeminde yapıldığında ise zeminin kıvamı ve drenajsız direnci konusunda bilgi sağlanır ve ayrıca zeminin indeks özelliklerinin belirlenmesine yönelik zeminden örnek alınabilmektedir. (Ulusay, 2010).

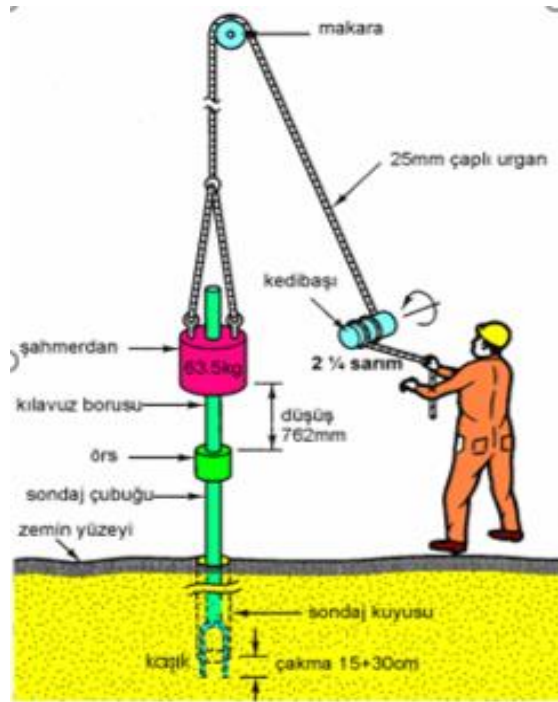
Deney sırasında sondajla istenilen derinliğe ulaşıldıktan sonra kuyunun dibi temizlenip, penetrasyon kaşığı sondaj çubuğuna bağlanır ve kuyuya indirilir. Tek vuruş yapılarak



sistemin çukurun dibine yerleşmesi sağlanır. En üstteki sondaj çubuğu 15'er cm aralıklarla dört çizgi ile kaşığın zemine girişi izlenerek işaretlenir. 63,5 kg ağırlığındaki tokmak 76 cm yüksekten düşürülerek kaşığın her üç 15 cm penetrasyonunu sağlayarak vuruşlar kriterlerden birine varılıncaya kadar devam ettirilir. 15 cm'lik üç penetrasyondan herhangi birinde toplam  $N=50$  vuruşun sayılması veya 30 cm ilerleme için toplamda 100 vuruşun uygulanması veya tokmağın 10 vuruşundan sonra kaşığın fark edilir bir penetrasyon yapmaması ve kaşığın penetrasyonunun engellenmeden zemine öngörülen  $3 \times 15 \text{ cm} = 45 \text{ cm}$  girişi tamamlanmış olmalıdır (Bol, 2016).

Standart Penetrasyon Deneyi sonucunda ilk 15 cm penetrasyon, kaşığın oturması içindir. İkinci ve üçüncü 15 cm'lik penetrasyon toplamı "Standart Penetrasyon Direnci" olarak tanımlanır (Bol, 2016). Standart Penetrasyon Deneyi'nde zeminden alınan örnekler laboratuvarında yapılacak testlerle zeminin karakteristiklerinin belirlenmesi için ağzı kapatılabilen numune kaplarında saklanır. Zemin türüne göre uygun olan karotiyerlerin yardımıyla alınmış olan ve bozulmamış örnekler üzerinde tek veya üç eksenli basınç deneyleri yapılır (Özcan, 2012).

Bu çalışmada yararlanılmış (ve kaynakçada da verilen) çalışma raporlarından alınan SPT deneyinden elde edilen tüm veriler oluşturduğumuz veri tabanına aktarılmıştır.



Şekil 3.3: SPT deneyinin şematik gösterimi (Bol, 2016).

## 4. YOLÖREN MAHALLESİ (EDREMİT-BALIKESİR) YERLEŞİM ALANININ JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN CBS İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

### 4.1 Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) Yerleşim Alanında Yayılım Gösteren Alüvyon Zeminin Jeoteknik Özelliklerinin Mekansal Dağılımı

#### 4.1.1 Enterpolasyon Yöntemi ve Mekansal Analizler

Bu çalışmada Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanındaki yerel zeminin jeo-mühendislik özelliklerinin değişimi arazi planlamasına yönelik olarak incelenmiştir. Bu çalışmada söz konusu alüvyon zeminin sondaj ve jeofizik yöntemle elde edilmiş özellikler coğrafi koordinatlar ile ilişkilendirilmiş bir veri tabanından yararlanılarak oluşturulmuştur. Bu veri tabanı BAUN Mühendislik Fakültesi CBS laboratuvarındaki lisanslı Esri ArcGis 10.2 programının Spatial Analysis (Mekansal Analiz) modülü ile mekânsal coğrafi analizler yapılarak mühendislik jeolojisi haritaları (TIN modeli, sayısal yükseklik modeli, eğim haritası, YAS yüksekliği ve derinliği, SPT-N<sub>60</sub> değerlerinin mekânsal değişimi, elastik dalga hızları (V<sub>p</sub>, V<sub>s</sub>) ve V<sub>p</sub>/V<sub>s</sub> oranı değişimi haritaları, zemin büyütme haritaları ve emniyetli taşıma gücü haritası) üretilmiştir. Bu çalışmada üretilen mühendislik jeolojisi haritalarında enterpolasyon yöntemi olarak “Uzaklığın Ters Yöntemi” (Inverse Distance Weighted, IDW) kullanılmıştır.

IDW enterpolasyon tekniği örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen bir yöntemdir. Bu teknik enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalarda daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır. Farklı IDW yöntemleri vardır ve bunlar arasında en çok kullanılan “Shaperd’s Metodu” dur (Arslanoğlu ve Özçelik, 2005). Bu metodda yüzeydeki dağınık nokta sayısı n, örneklem noktalarını tanımlayan fonksiyon f<sub>i</sub> ve ağırlıklar w<sub>i</sub> olmak üzere “shaperd’s eşitliği” aşağıdaki gibidir (Arslanoğlu ve Özçelik, 2005).

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f_i \quad (4.1)$$

$$w_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^n h_j^{-p}} \quad (4.2)$$

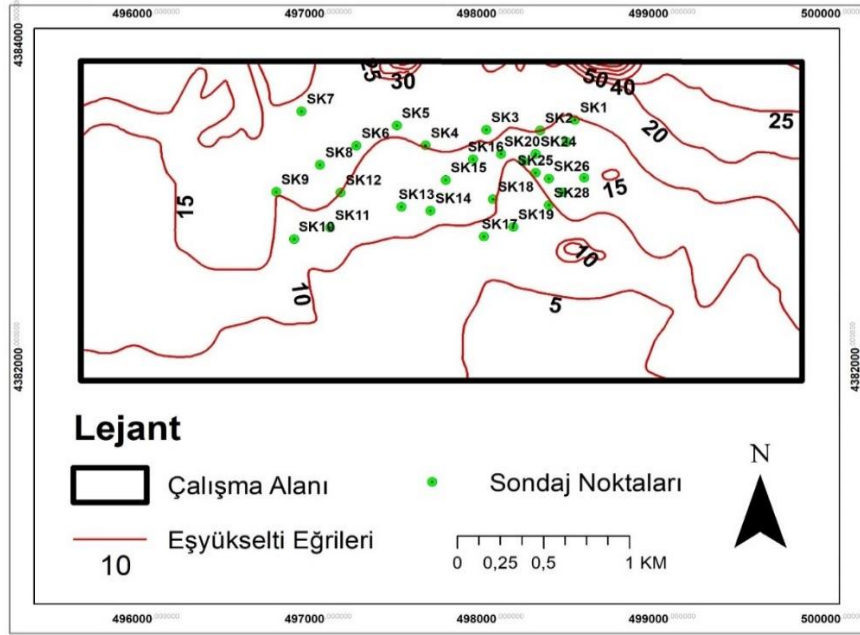
Burada p “üstsel parametre”dir ve genellikle 2 alınan pozitif gerçel bir sayıdır.  $h_i$  ise örneklem noktaları ile enterpole edilecek nokta arasındaki eşitliğindeki üç boyutlu uzaysal mesafeyi tanımlar.

$$h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} \quad (4.3)$$

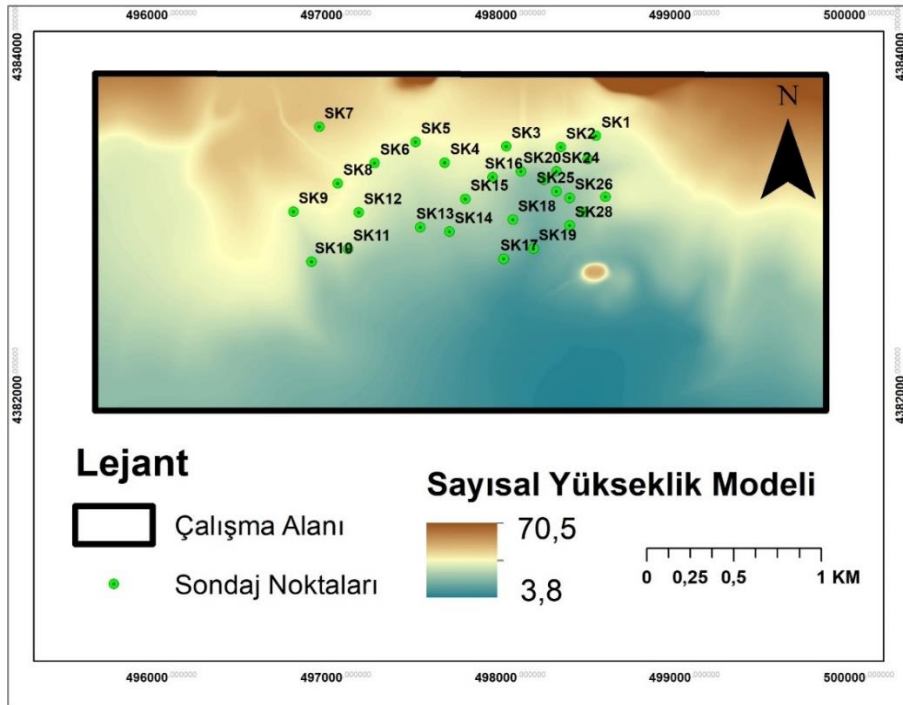
#### 4.1.2 Topoğrafya, Sayısal Yükseklik Modeli ve Eğim

Topoğrafya yer seçimi açısından önemli bir parametredir. Kentsel yerleşim alanında yol, köprü ve tünel gibi mühendislik yapılarının yapıldığı alanın yüksekliği eğimi, eğimli yüzeylerin baktığı yön (bakı) gibi özellikleri söz konusu yapıların güvenliği, ekonomikliği ve işlevlerinin gerektiği süre kadar devam edebilmesinde önemlidir. Topoğrafik özellikler, iklim koşulları, jeolojik ve hidrojeolojik koşullarla birlikte değerlendirildiğinde kütle hareketleri, sıvılaşma gibi afet yaratacak süreçlerin oluşumunu da hayati bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenlerle, topoğrafik özellikler kent planlamasında ilgili sektörel alanlar ve mühendislik yapıları için yer seçimini de belirleyici özellikler konumundadır.

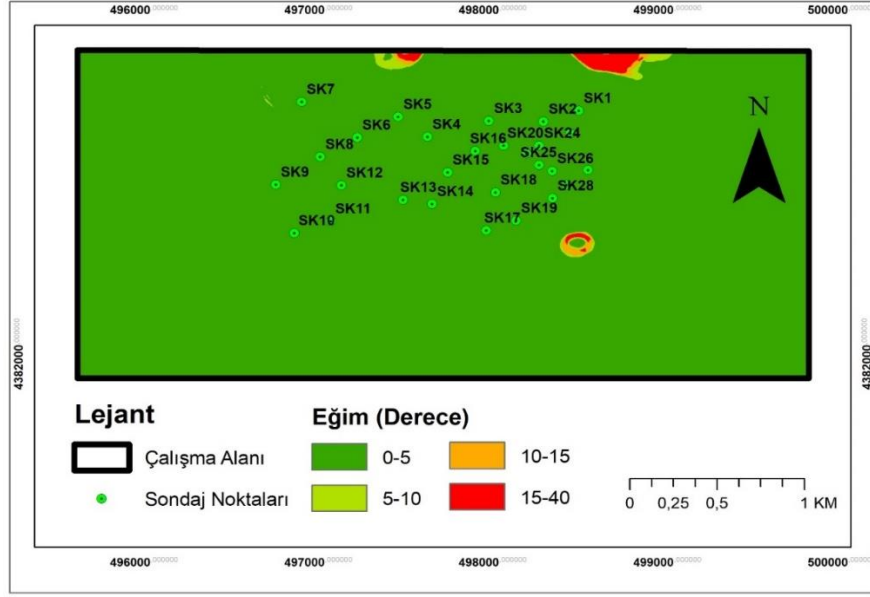
İnceleme alanının topoğrafik haritasından (eş yükselti eğrilerinden) (Şekil 4.1) yararlanılarak söz konusu alanın sayısal yükseklik modeli (Şekil 4.2) oluşturulmuştur. Bu sayısal yükseklik modelinden yararlanılarak inceleme alanının eğim haritası (Şekil 4.3) elde edilmiştir.



Şekil 4.1: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanı topoğrafik haritası.



Şekil 4.2: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanı sayısal yükseklik modeli.



**Şekil 4.3:** Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanı eğim haritası.

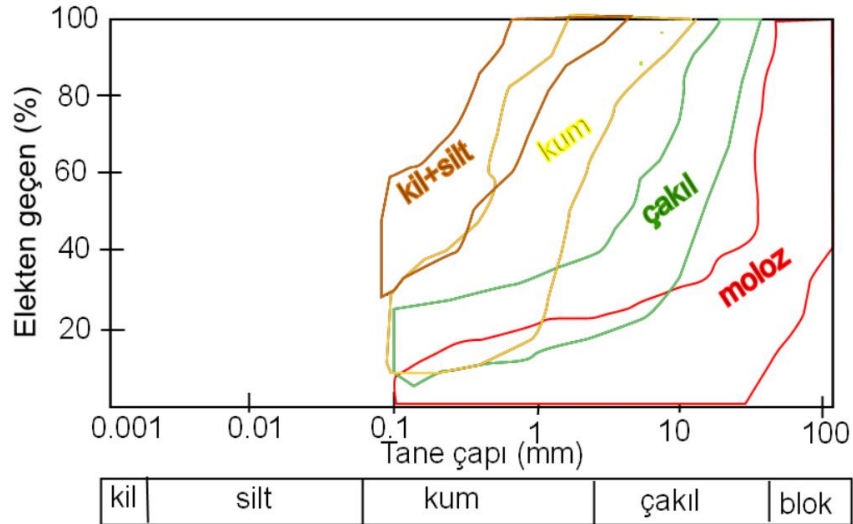
İnceleme alanında topoğrafik yükseklik güneyde 4 m'den başlayarak kuzeyde 20 m'ye doğru artmakta kuzeyde çok küçük alanlarda görülen tepelik kısımlarda ise 70 m'ye erişmektedir (Şekil 4.1 ve 4.2). Söz konusu alanda yükseklikleri 5 ile 10 m, 10 ile 15 m ve 15 ile 20 m arasında bulunan alanların oranı yaklaşık eşittir. İnceleme alanının yaklaşık %98,5'inin eğimi <5 derecedir.

#### 4.1.3 Farklı Derinliklerde Zemin Türünün Mekansal Dağılımı

İnceleme alanında yayılım gösteren alüvyon zemin çoğunlukla farklı türde zemin içeren ve farklı kalınlıkta bulunan belirgin olmayan tabakalar halindedir. Söz konusu alanda yapılan sondajlardan alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen elek analizleri sonucunda başlıca dört farklı zemin türü belirlenmiştir (Şekil 4.4). Bu zemin türleri moloz, daha çok kil+silt (en fazla % 20), daha az kum (en fazla %15) ve yer yer az miktarda blok içeren çakıllar, kil+siltli, çakıllı kumlar ve çakıllı kumlu ince malzemeli (kil+silt) zeminlerdir. Sondaj logları ve laboratuvar elek analizlerinden yararlanılarak söz konusu zemin türlerinin yüzeyden itibaren 3, 6, 9 ve 12 m derinliklerde mekânsal dağılımı incelenmiştir (Şekil 4.5).

Zemin türlerinin yüzeyden itibaren 3 m derinliklerde zemin türlerinin mekânsal dağılımına bakıldığında; genel olarak molozun inceleme alanının çoğunlukla kuzey batısında ve daha

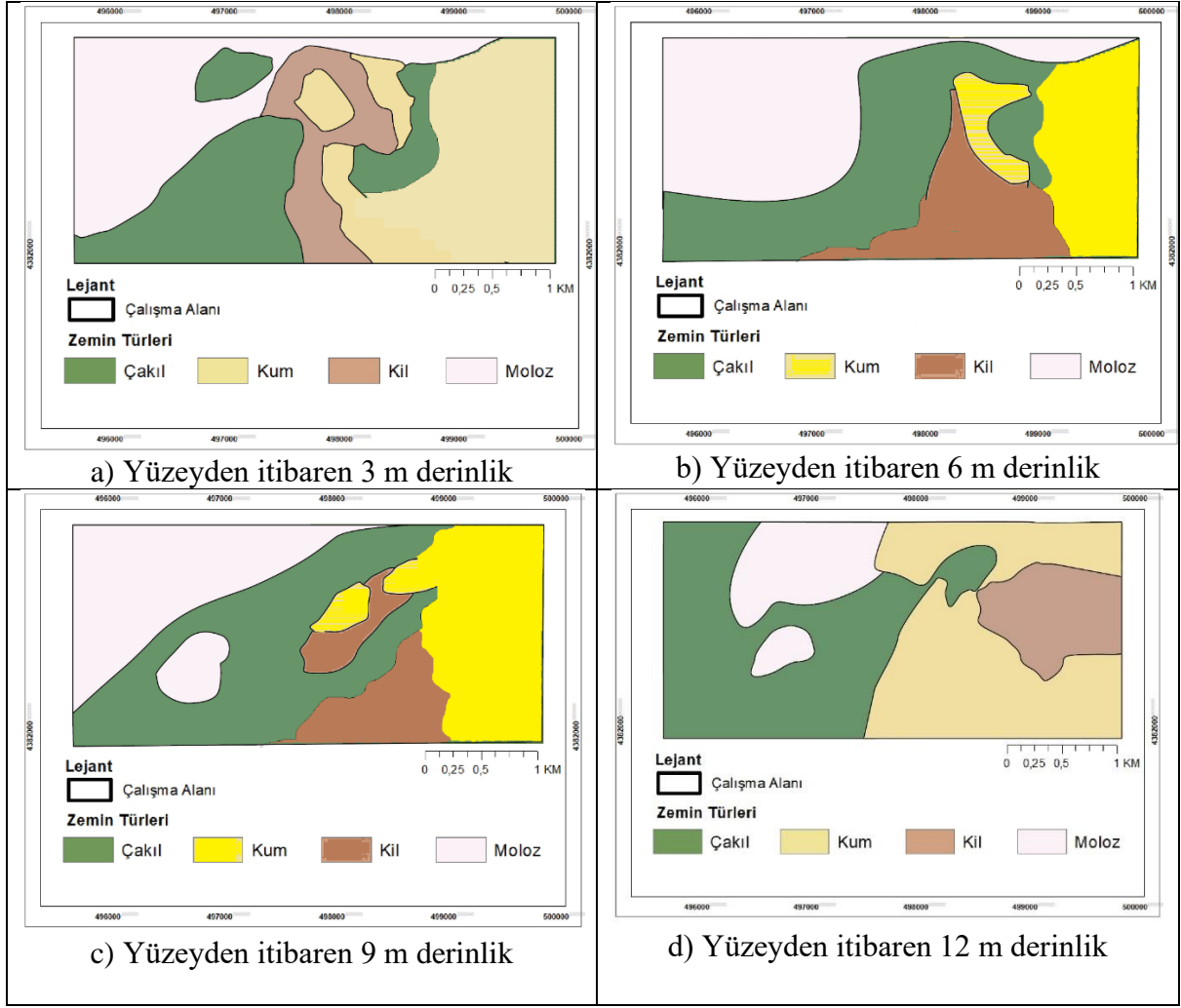
az olarak da kuzeyinde, kumlu zeminlerin inceleme alanının doğusunda, kilin ise inceleme alanının ortasından geçen K-G doğrultulu bir hat şeklinde yayılım gösterdiği, çakıllı zeminin ise esas olarak inceleme alanının GB'sında yer aldığı görülmektedir (Şekil 4.5).



**Şekil 4.4:** Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında yüzeylenen alüvyon zeminlerde farklı katmanların dane dağılımı.

İnceleme alanında yüzeyden itibaren 6 ve 9 m'lerdeki zemin türlerinin dağılımı çok benzerdir. Bu derinliklerde inceleme alanının kuzey batısında moloz, doğusunda kumlu zeminler, ortasından güneyine doğru killi zeminler ve diğer alanlarda da çakıllı zeminler yayılım göstermektedir.

Topoğrafik yüzeyden itibaren 12 m derinliklerde, molozun inceleme alanının KB'sında yaklaşık 1 km<sup>2</sup>'lik alanda, çakıllı zeminin bu alan dışında kalan çalışma sahasının batısındaki tüm alanlarda, ince taneli zeminin inceleme alanının doğusunda yaklaşık 1 km<sup>2</sup>'lik alanda, kumlu zeminin ise bu alan dışında kalan çalışma sahasının batısındaki tüm alanlarda yayılım gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.5).



**Şekil 4.5:** Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında yüzeiylenen alüvyondan zemin türlerinin yüzeiden itibaren 3, 6, 9 ve 12 m derinliklerde mekânsal dağılımı.

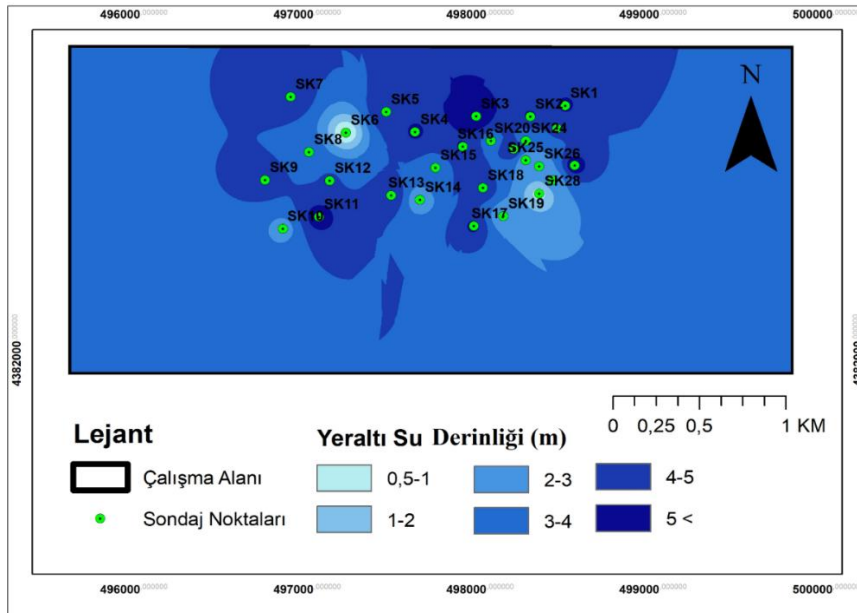
#### 4.1.4 Yeraltı Su Seviyesi (YAS) ve Derinliği

Kentsel yerleşim alanlarının oluşturulmasında, yer seçiminde ve yapılaşmanın güvenli ve ekonomik olarak gerçekleştirilmesinde yeraltı su durumu en önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle kentsel yerleşim alanlarındaki yeraltı su durumunun seviyesinin, mevsimsel değişiminin, derinliğinin, akış yönünün, kimyasal özelliklerinin, kirlenme durumunun ve değişik amaçlarla kullanılabilirlik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Yeraltı su durumu zemin türü ve özellikleri ile birlikte değerlendirilmelidir. Buna ilaveten yeraltı suyunun mühendislik yapısı ile etkileşimi bilinmelidir. Mühendislik yapısının temellerinin YAS seviyesinin su-yapı elemanı/malzemesi etkisiyle yapı elemanlarında çürüme/korozyon meydana gelmekte bu da yapının dayanımını azaltmaktadır. YAS veya

zeminin mühendislik yapı elemanlarını etkileyecek agresif özelliklerinin araştırılması ve bu araştırmaya göre gerekiyorsa yapının uygun bir şekilde korunabilmesi gerekmektedir.

Yeraltı suyuna doymun ve YAS derinliğinin düşük olduğu, siltli-kumlu zeminlerde sınıvlaşma meydana gelebilmektedir. YAS'ın mevcudiyeti durumunda kil zeminlerde şişme/kıvam limitinde değişiklik olabilmekte ve bu da üzerindeki mühendislik yapısına zarar vermektedir. Suda eriyebilen/çözülebilir kayaçlarda erime boşluklarının oluşması ve buna bağlı olarak zeminde çökmelerin meydana geldiği bilinmektedir. Ayrıca boşluklu-çökebilir zeminlerde su içeriğinin artması sonucu çökmede gelişebilmektedir. Bu nedenlerle inceleme alanı için yeraltı su derinliği haritaları (Şekil 4.6) oluşturulmuştur.

İnceleme alanında YAS derinliği 0,5 ile 8,5 m arasında değişmektedir. Söz konusu alanın merkezinden yaklaşık 500 m KB-D yaklaşık 0,6 km<sup>2</sup>'lik alanlarda YAS derinliği 0,5-2 m arasında iken inceleme alanının güneyinde KB-KD YAS seviyesi 2-4 m arasında iken diğer alanlarda YAS derinliği büyük çoğunlukla 4-6 m arasındadır. YAS derinliği söz konusu çalışma alanının %5'inde 0,5-2 m., %18'inde 4-6 m ve %77'sinde 2-4 m arasındadır.



**Şekil 4.6:** Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında YAS derinliği mekansal değişimi.



Özellikle alüvyonun yayılım gösterdiği düzlük alanlarda derinliğinin 4 m'den az olması nedeniyle yeraltı suyu taşıma gücü, yapı-su etkileşimi sonucu korozyon ve sıvılaşma problemlerini oluşturabilir.

#### 4.1.5 SPT-N Değerinin Değişimi

En yaygın arazi deneylerinden biri Standart Penetrasyon Deneyi'dir. SPT yerinde (in-situ) yapılan bir dinamik kesme deneyidir. Bu deney ilk olarak 1920'lerin sonunda geliştirilmiş olup, Kuzey ve Güney Amerika, İngiltere ve Japonya'da çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu deney kum, ince çakıl, kil ve siltler için uygundur (Sivrikaya ve Toğrol, 2007). SPT-N değeri kullanılarak kumların ve kumlu siltlerin sıklığı, içsel sürtünme açısı, birim hacim ağırlığının kestirilmesine yönelik tablo ve korelasyonlar vardır (Çizelge 4.1-4.3). SPT-N değerinden yararlanılarak killerin kıvam limiti ve drenajsız kohezyonu ampirik ilişkilerle tahmin edilebilmektedir (Sivrikaya ve Toğrol, 2007). Ancak killeri için daha çok hata içermesinden dolayı, SPT sonuçları ile killerin mühendislik özellikleri arasındaki korelasyonları kullanırken özellikle dikkatli olmak gerekir. SPT-N değeri özellikle taşıma gücü ve sıvılaşma hesabında da kullanılmaktadır. Ayrıca, SPT sonuçlarındaki çok sayıda belirsizliklerden dolayı bu korelasyonlarda geniş bir hata payı bulunmaktadır.

**Çizelge 4.1:** SPT-N değeri ile kumlarda göreceli sıklık arasındaki ilişki (Sivrikaya ve Toğrol, 2009).

Sınıflama	(Terzaghi ve Peck 1967) (1:N <sub>60</sub> , 2: N <sub>160</sub> )	Göreceli Sıklık D <sub>r</sub> (%)			
	Meyerhof (1956) <sup>1</sup>	Bowles (1968) <sup>1</sup>	Duncan ve Buchinani(1976) <sup>2</sup>	Mitchell ve Katti(1981) <sup>2</sup>	
Çok gevşek	<4	<20	<15	<15	<15
Gevşek	4-10	20-40	15-30	13-35	15-35
Orta sıkı	10-30	40-60	35-65	35-65	35-65
Sıkı	30-50	60-80	65-85	65-85	65-85
Çok sıkı	>50	>80	85-100	85-100	85-100

**Çizelge 4.2:** SPT-N ile kumun içsel sürtünme açısı arasındaki ilişkiler (Sivrikaya ve Toğrol, 2009'dan alınmıştır).

Zemin Cinsi	Efektif sürtünme açısı $\phi'$ (°)	Referans
Köşeli ve iyi derecelenmiş zemin daneleri	$\phi' = (12N_{50}^*)^{0.5} + 25$	Dunham (1954)
Yuvarlak ve iyi derecelenmiş veya köşeli ve üniform derecelenmiş zemin daneleri	$\phi' = (12N_{60})^{0.5} + 20$	Dunham (1954)
Yuvarlak ve üniform derecelenmiş zemin daneleri	$\phi' = (12N_{60})^{0.5} + 15$	Dunham (1954)
Kumlu	$\phi' = (12N_{60})^{0.5} + 15$	Ohsaki vd. (1959)
Kaba Daneli	$\phi' = 3.5(N_{60})^{0.5} + 20$	Muromachi vd. (1974)
Kumlu	$\phi' = (15N_{60})^{0.5} + 15 > 45$ ( $N > 5$ )	Japan Road Association (1990)
Kumlu	$\phi' = (20N_{1/60})^{0.5} + 20$	Hatanaka ve Uchida (1996)

**Çizelge 4.3:** SPT-N değeri ile ince taneli zeminlerin drenajsız kayma dayanımı arasındaki ilişki (Sivrikaya ve Toğrol, 2007).

N	Zeminin Kıvamı	Drenajsız Kayma		
		Mukavemeti $c_u$ (kPa)		
		Tschebotarioff (1973)	Parcher ve Means (1968)	Terzaghi ve Peck (1967)
2	Çok Yumuşak	15	< 12	< 12,5
2-4	Yumuşak	15-30	12-25	12,5-25
4-8	Orta Katı	30-60	25-50	25-50
8-15	Katı	60-120	50-100	50-100
15-30	Çok Katı	120-225	100-200	100-200
>30	Sert	>225	>200	>200

SPT-N değerine 4.12 bağıntısı yardımıyla düzeltme uygulanarak  $(N_1)_{60}$  hesaplanmıştır (Youd vd., 2001).

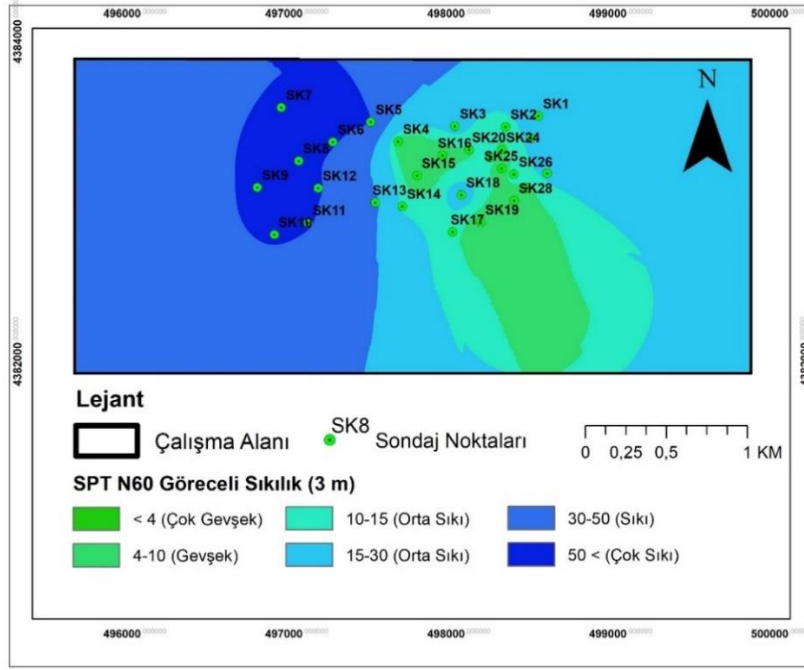
$$(N_1)_{60} = C_N C_E C_B C_R C_S N_m \quad (4.4)$$

Eşitlik 4.4’de verilen düzeltme katsayıları için aşağıdaki çizelge kullanılır.

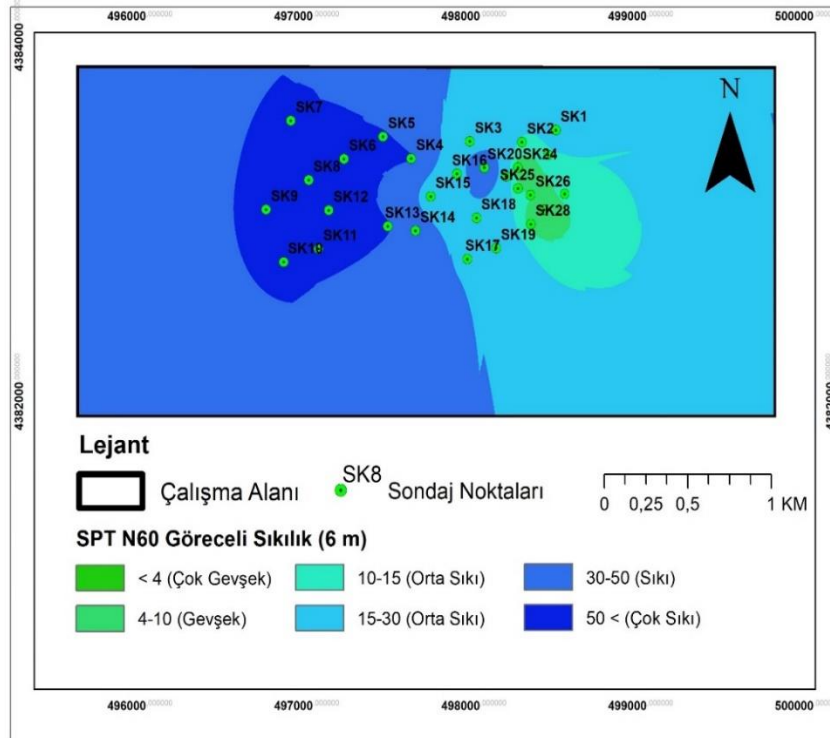
**Çizelge 4.4:** SPT-N değerine yapılan düzeltme ve düzeltme katsayılarının değerleri (Sönmez 2011’den alınmıştır).

Faktör	Ekipman Değişkeni	Sembol	Düzeltilme
Örtü Yüğü Basıncı		$C_N$	$C_N = (P_a / \sigma_v')^{0.5}$ $C_N \leq 2.0$ $P_a = 100 \text{ kPa}$ veya $1 \text{ atm}$
Enerji Oranı	1) Donut türü çekiç	$C_E$	0.5-1.0
	2) Safety türü çekiç		0.7-1.2
	3) Automatic-trip Donut türü çekiç		0.8-1.3
Kuyu Çapı	1) 65 mm ile 115 mm	$C_B$	1.00
	2) 150 mm		1.05
	3) 200 mm		1.15
Tij Uzunluğu	1) 3 m ile 4 m	$C_R$	0.75
	2) 4 m ile 6 m		0.85
	3) 6 m ile 10 m		0.95
	4) 10 m ile 30 m		1.00
	5) >30 m		>1.00
Örnekleme Türü	Standart örnekleyici kullanmadan iç gömlek	$C_S$	1.00 1.1-1.3

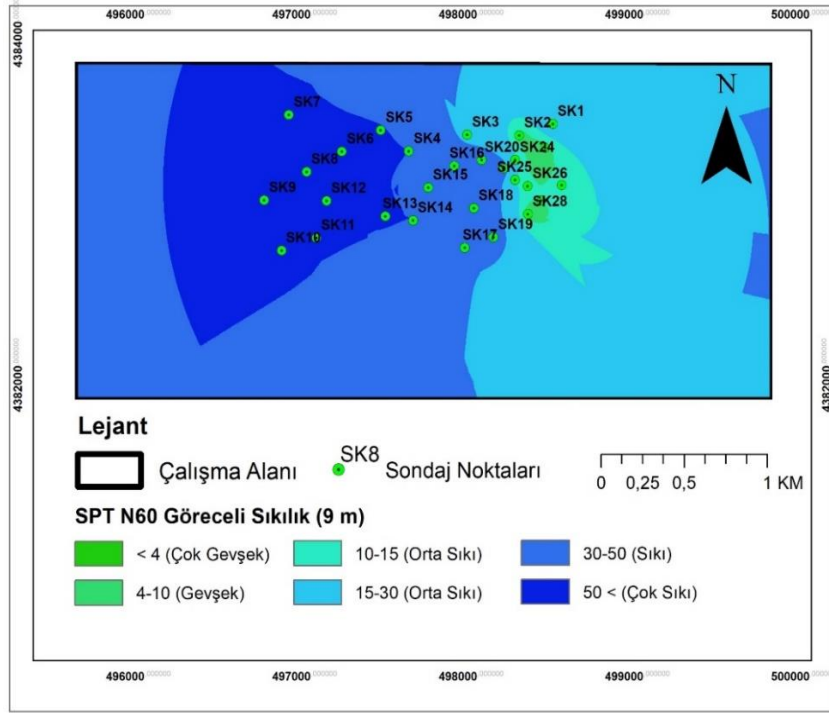
İnceleme alanında yüzeyleyen alüvyon zeminlerde; 3, 6, 9 ve 12 m derinlikte ölçülen SPT- $N_{60}$  değerlerinin mekansal değişimi incelenmiştir (Şekiller 4.7-4.11). Bu haritalar zeminin göreceli sıklığı, sıvılaşma potansiyelinin ön tahmini yanında aynı zamanda taşıma gücünün tahmininde de kullanılabilir.



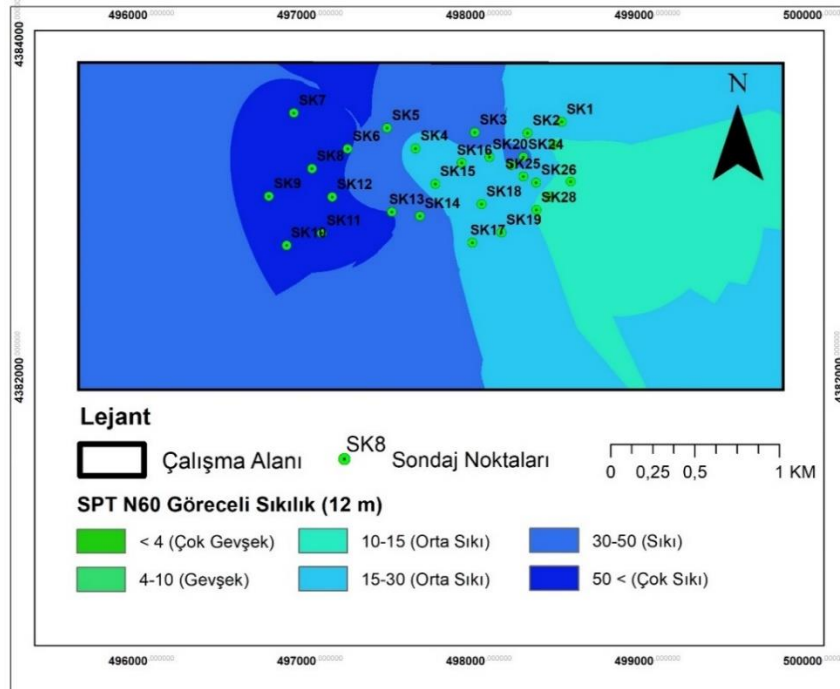
Şekil 4.7: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanındaki zeminlerde SPT-N<sub>60</sub> değerinin 3 m derinlikteki değişimi.



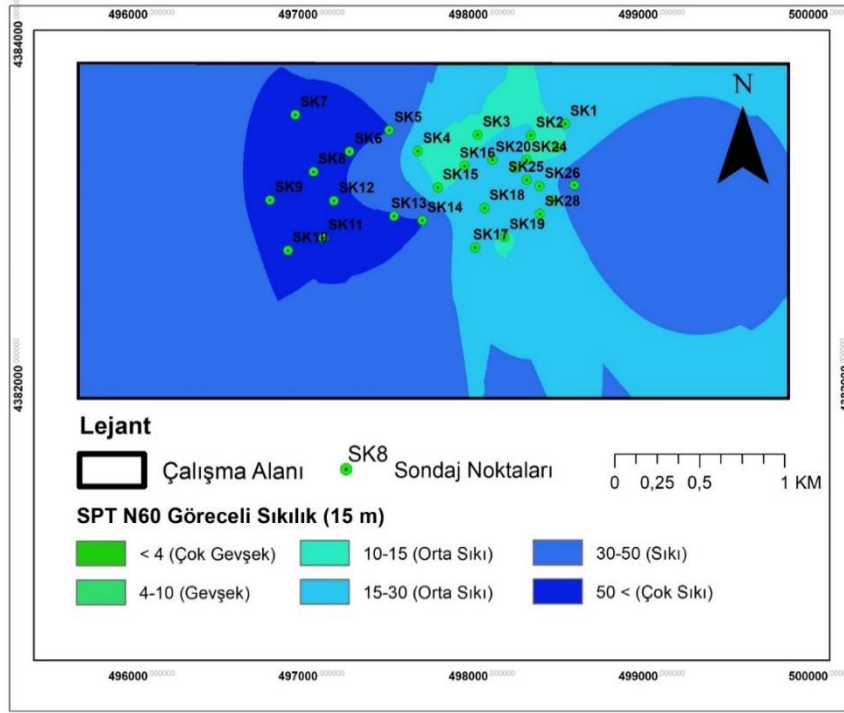
Şekil 4.8: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanındaki zeminlerde SPT-N<sub>60</sub> değerinin 6 m derinlikteki değişimi.



Şekil 4.9: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanındaki zeminlerde SPT-N<sub>60</sub> değerinin 9 m derinlikteki değişimi.



Şekil 4.10: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanındaki zeminlerde SPT-N<sub>60</sub> değerinin 12 m derinlikteki değişimi.



**Şekil 4.11:** Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanındaki zeminlerde SPT-N<sub>60</sub> değerinin 15 m derinlikteki değişimi.

SPT-N<sub>60</sub> değerlerinin farklı derinlikteki mekansal değişimini veren haritalarda ele alınan tüm derinlikler için çalışma sahasının ortasından geçen K-G doğrultulu hattın doğusu ile batısı arasında çok belirgin fark vardır. Söz konusu hattın batısında kalan alanda Zemin “sıkı” veya “çok sıkı” durumda iken doğusunda kalan alanda zemin gevşek veya orta sıkı durumdadır. Sadece 15 m derinlikte, söz konusu hattın doğusunda kalan alanda sıkı durumdaki zemin yayılır.

Yüzeyden itibaren 3 m derinlikte, çalışma alanının %4,7’sinde “gevşek”, %3,5’inde “orta sıkı”, %52,6’sında “sıkı” ve %4,1’inde “çok sıkı” zemin yayılım gösterir. 6 m derinlikte ise çalışma alanının %0,6’sında “gevşek”, %41,1’inde “orta sıkı”, %52,7’sinde “sıkı” ve %5,6’sında “çok sıkı” durumdaki zemin yayılım göstermektedir. 9 m derinlikte “gevşek”, “orta sıkı”, “sıkı” ve “çok sıkı” durumdaki zeminlerin yayılım gösterdiği alanın toplam alana oranı, sırasıyla; %0,35, %36, %52,8 ve %10,9’dur. 12 m derinlik için bu değerler sırasıyla; %0,2, %41,1, %48,5 ve %10,1’dir. Yüzeyden itibaren 15 m derinlikte ise inceleme alanının %1’inde “gevşek”, %1,6’sında “orta sıkı”, %92,2’sinde “sıkı” ve %5,2’sinde “çok sıkı” durumdaki zemin yayılım gösterir.

YAS derinliği, zemin türünün ve SPT-N değerlerinin farklı derinliklerdeki değişimi dikkate alınarak, çalışma sahasının ortasından geçen K-G doğrultulu hattın doğusunda kalan alan için sıvılaşma analizi ve oturma gücü kaybı analizi yapılması gerektiği söylenebilir.

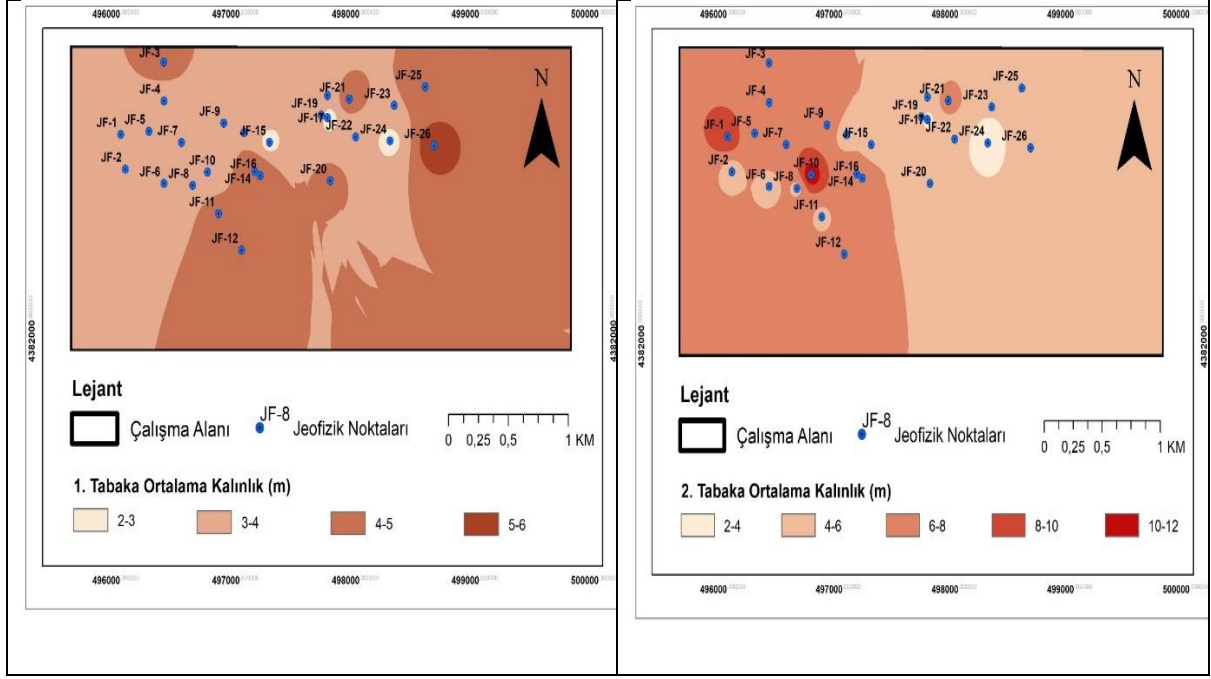
#### 4.1.6 Boyuna Dalga Hızı (Vp), Kayma Dalga Hızı (Vs) ve Vp/Vs Oranı

Mühendislik yapılarının dinamik yüklere göre tasarımında gerekli parametrelerinin kestirilmesinde kullanılan dinamik zemin parametreleri bulmak için yerinde (arazide) gerçekleştirilen jeofizik (sismik) yöntemle zemin ve kayaların elastik dalga hızları (boyuna dalga hızı, enine dalga hızı ve bunların oranı) kullanılmaktadır. İnceleme alanında yapılan sismik deneylerde ölçülen elastik dalga hızlarına göre (ortalama elastik dalga hızlarına sahip) farklı genellekle üç değişik zemin tabakasının olduğu görülmüştür.

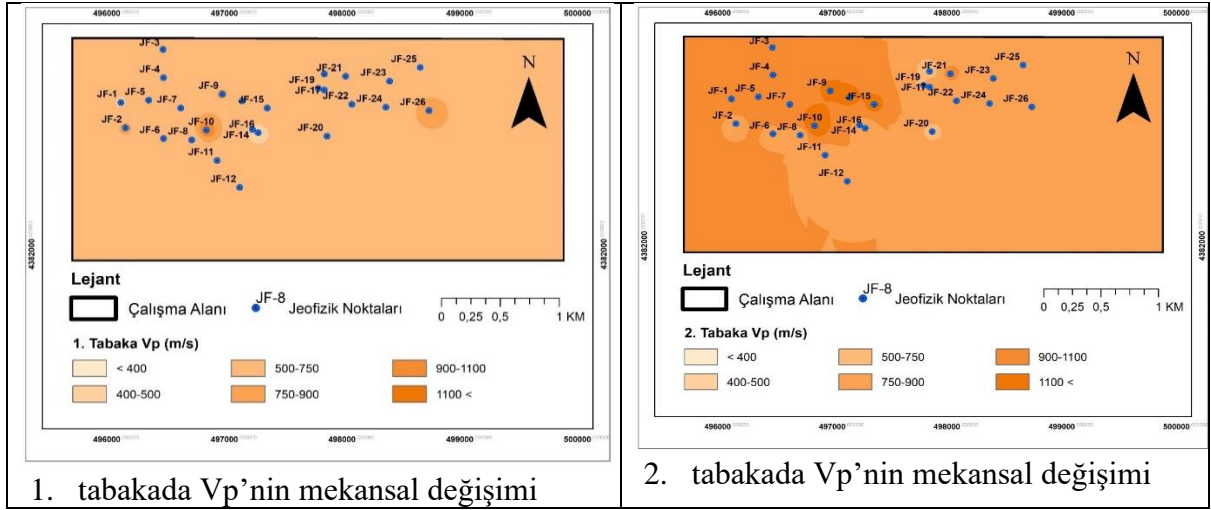
Boyuna dalga hızı P- dalga hızı (Vp) zemin türlerinin tanımlamasında, zemin yoğunluğunun tahmininde, zeminin kayma dayanımı parametrelerinin tahmininde, taşıma gücü ve zemin büyütmesi hesaplarında kullanılmaktadır. İnceleme alanında elastik dalga hızlarına göre tanımlanan söz konusu üç zemin tabakasının kalınlıklarının ve Vp değerlerinin mekansal değişimi Şekiller 4.12-4.13'te verilmiştir. Çizelge 4.5'te zemin türlerine göre elastik dalga hızları inceleme alanındaki zeminlerin tanımlanması ile karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 4.5:** Kaya ve zeminler için sismik dalga hızları (Keçeli, 1990).

Zemin veya kayaç	Boyuna dalga hızı Vp (m/sn) (Gevşek-Sıkı)	Kayma dalgası hızı Vs (m/sn) (Gevşek-Sıkı)
Balçık Zemin	100-600	100-200
Alüvyon Kili	300-600	70-130
Sel Kili	500-1800	100-350
Gevşek Kum	600-1800	150-500
Alüvyon akılı	400-1900	100-430
Sel akılı	900-2200	250-600
akıl, kuru kum	500-1000	250-300
Alüvyon Kumu	-	171



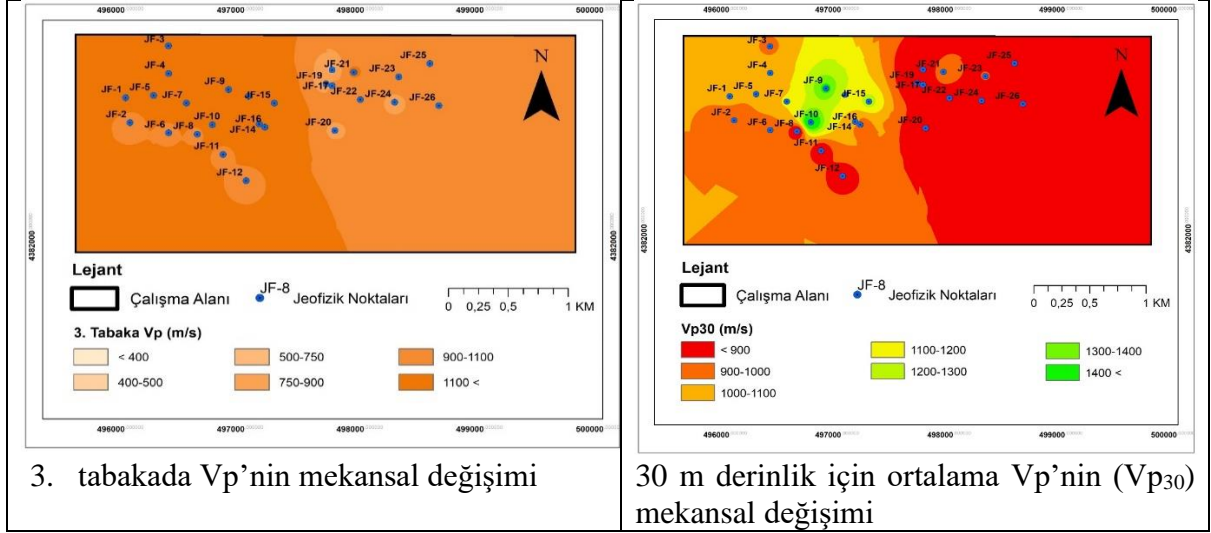
Şekil 4.12: Elastik dalgâ hızlarına göre tanımlanan zemin tabakalarının kalınlıklarının mekansal değışimi.



1. tabakada  $V_p$ 'nin mekansal değışimi

2. tabakada  $V_p$ 'nin mekansal değışimi

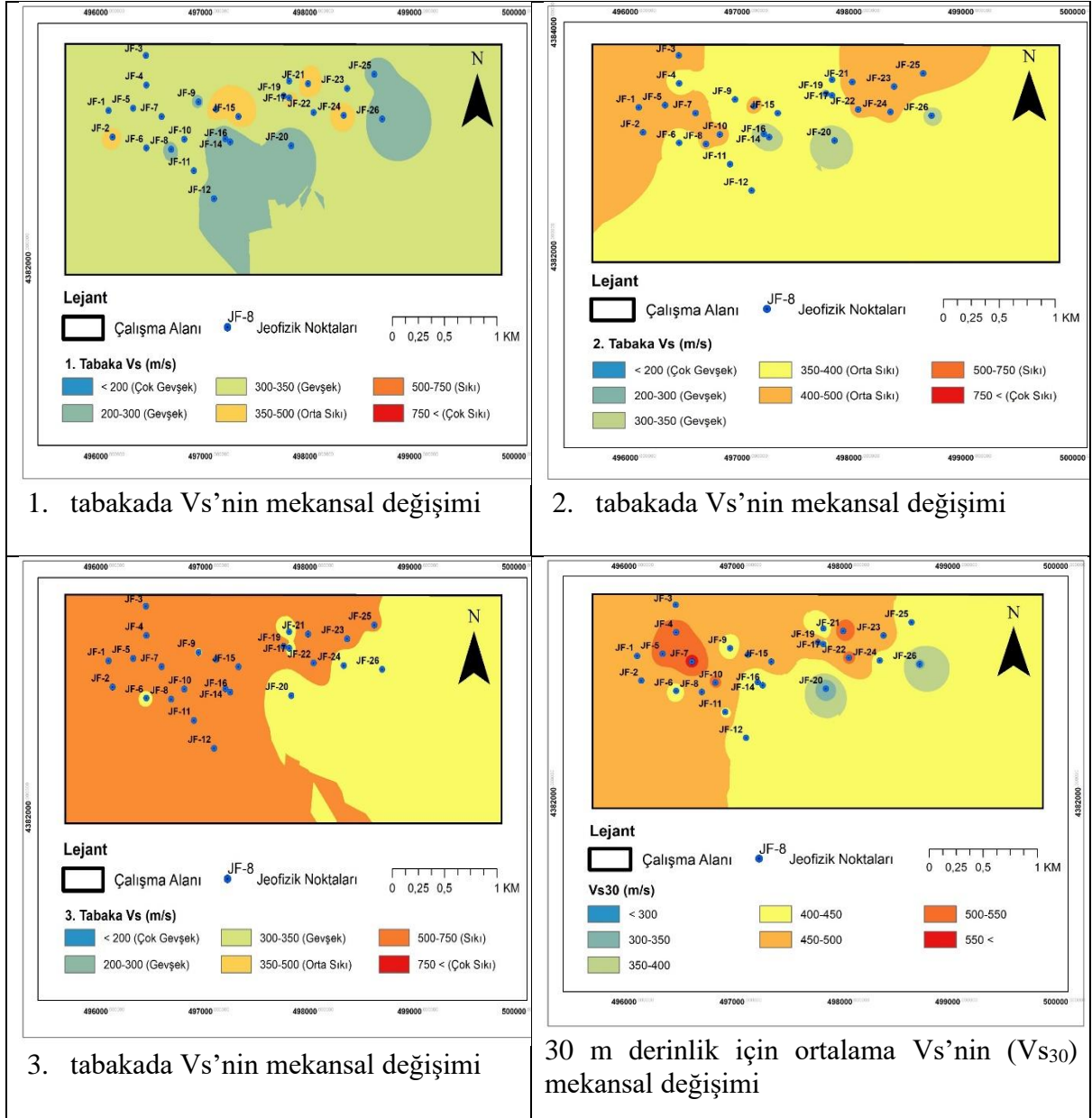




**Şekil 4.13:** Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında elastik dalga hızlarına göre tanımlanan zemin tabakalarında boyuna dalga hızının ( $V_p$ ) ve 30 m derinlik için ortalama  $V_p$ 'nin mekansal değişimi.

Jeofizik yöntemle ölçülen sismik dalga hızlarına göre ayrıtlanan 1. tabakanın kalınlığı inceleme alanının doğusunda ve benzer olarak ortasından güneyine doğru uzanan yaklaşık 1 km genişlikteki alanlarda 2-4 m arasında, diğer alanlarda da 4-6 m arasında değişmektedir. 2. tabakanın kalınlığı da inceleme alanının doğusunda 2-6 m arasında, batısında ise 6-10 m arasında değişmektedir.

İnceleme alanında sismik hızlara göre tanımlanan 1. tabakada  $V_p$  değeri inceleme alanının genelinde 400-500 m/sn arasında değişmektedir (Şekil 4.13). 2. tabakada  $V_p$  değeri ise inceleme alanının doğusunda 400-500 m/sn arasında iken diğer alanlarda 500-900 m/sn arasında değişmektedir. 3. tabakada genel olarak  $V_p$  değeri inceleme alanının doğusunda 400-750 m/sn arasında iken batısında 750-1100 m/sn arasındadır (Şekil 4.13). Yüzeyden 30 m'ye kadar derinlikteki zemin için hesaplanan ortalama  $V_p$  değeri ( $V_{p30}$ ) ise inceleme alanının doğusunda <900 m/sn iken batısında 900-1500 m/sn arasındadır (Şekil 4.13).  $V_{p30}$  değerleri dikkate alındığında inceleme alanındaki zeminin genel olarak yer yer kil içeren kumlu çakıllı alüvyon olduğu görülmektedir. Ayrıca  $V_p$  değerlerinin dağılımına göre; çakıllı zeminlerin inceleme alanının KB ve batısında, kumlu zeminlerinde genel olarak inceleme alanının GD ve KD'sunda ince taneli zeminin de inceleme alanının merkezi civarında yayılım gösterdiği söylenebilir.



**Şekil 4.14:** Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında elastik dalga hızlarına göre tanımlanan zemin tabakalarında kayma dalga hızının ( $V_s$ ) ve 30 m derinlik için ortalama  $V_s$ 'nin mekansal değişimi.

Tekrarlı gerilmeler altında zeminin mühendislik davranışının tahmin edilmesi depreme dayanıklı mühendislik yapılarının tasarlanması açısından hayati derecede önemlidir, zeminin dinamik analizinde daha çok kesme (kayma) dalgası hızı kullanılmaktadır (Başokur, 2005). İnceleme alanında jeofizik yöntemle ölçülen elastik dalga hızları dikkate alınarak tanımlanan her üç zemin tabakası için kayma dalga hızının mekansal değişimini

veren haritalar oluşturulmuştur. Bu haritalar yorumlanırken Çizelge 4.6’da verilen zemin sıklılığının kayma dalga hızlarına tanımlaması dikkate alınmıştır.

**Çizelge 4.6:** Kayma dalgası hızına göre zemin sıklılığı (Uyanık vd., 2006).

V <sub>s</sub> (m/sn)	Zemin Sıklılığı
> 750	Çok sıkı ya da ana kaya
500-750	Sıkı
350-500	Orta sıkı
200-350	Gevşek
< 200 m/s	Çok gevşek

İnceleme alanında sismik hızlara göre tanımlanan 1. tabakada kayma dalga hızı (V<sub>s</sub> değeri) inceleme alanının merkezinin hemen KD ve GB’sında yer alan yaklaşık 1-1,4 km<sup>2</sup>’lik alanda 200 m/sn den küçük iken diğer alanlarda genellikle 200-500 m/sn’dir (Şekil 4.14). 2. tabakada V<sub>s</sub> değeri ise inceleme alanının KB’sındaki yaklaşık 2,6 km<sup>2</sup>’lik alanda ve inceleme alanı merkezinin hemen KD’sunda yer alan yaklaşık 0,6 km<sup>2</sup>’lik alanda 400-500 m/sn arasında iken diğer alanlarda 300-400 m/sn’dir (şekil 4.14) 3. tabakada V<sub>s</sub> değerleri ise inceleme alanının merkezinden geçen K-G doğrultulu hattın batısında 500-750 m/sn iken doğusunda ise 350-500 m/sn arasındadır (Şekil 4.14). Yüzeyden 30 m derinliğe kadar olan zemin tabakalarının ortalama V<sub>s</sub> hızı genel olarak çalışmalarının tümünde 350-500 m/sn arasında olup “zemin tabakaları “orta sıklılıktadır (Şekil 4.14). V<sub>p30</sub> değerlerinin mekansal dağılımını veren haritaya göre (Şekil 4.14), inceleme alanında %0,2’sinde “gevşek, % 98,2’sinde “orta sıkı” ve %1,6’sında “sıkı” durumdaki alüvyon yayılım göstermektedir.

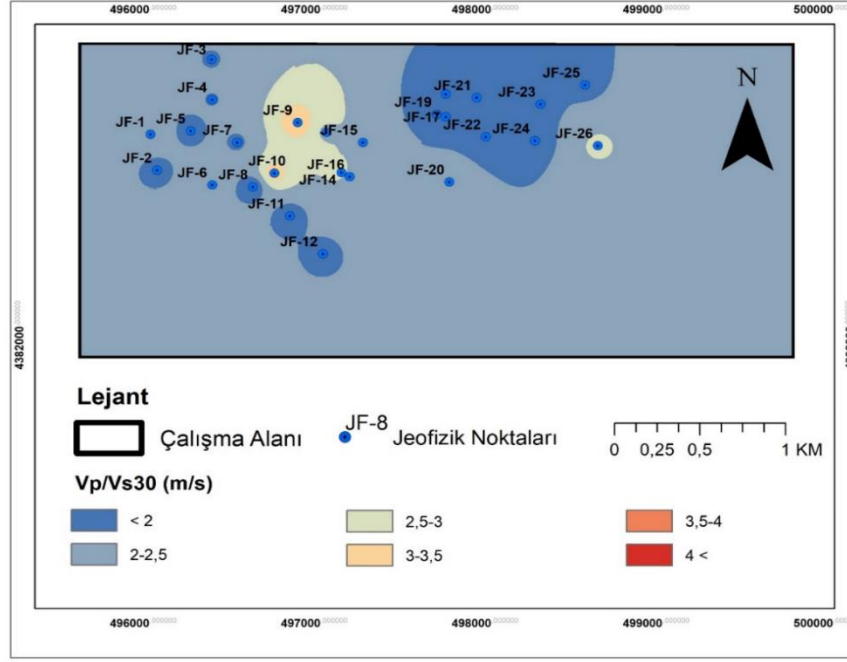
Boyuna dalga hızı/kayma dalga hızı oranı zemin sıvılaşması, taşıma gücü, emniyet katsayısı ve zemin büyütmesi tahmininde kullanılmaktadır. Carvalho vd. (2008) meydana gelecek bir depremin yerel etkilerine göre mikro bölgelendirmede zemin büyütmesinin belirlenmesinde ve zeminin sınıflandırılmasından da V<sub>p</sub>/V<sub>s</sub> oranının çok kullanışlı olduğunu söylemektedir. Boyuna dalga hızı/kayma dalga hızı oranı kullanılmasının sağladığı diğer olanak da kayma dalgası hızının elde edilmesinin titizlik gerektirmesi ve zorluklar taşınmasından kaynaklanmaktadır (Keçeli, 2010). Polaritesi kontrol edilmemiş

sadece Vs elde edilmiş olsa da Vs ölçümlerine Vp'nin karışıp karışmadığı anlaşılabilir. Bu nedenle yalnız Vs kullanılarak hesap yapılması durumunda hatalı sonuç elde edilir. Ayrıca söz konusu oran, tablolarla tanımlanan zeminin türüne uygun olup olmadığının da kontrolünü sağlar (Kurtuluş vd., 2011) (Çizelge 4.7).

**Çizelge 4.7:** Sıklık ile dinamik özelliklerin tahmin edilmesinde kullanılabilen değerler (Kurtuluş, 2011).

Zemin Durumu	Vs (m/sn)	Ta-Tb	Vp/Vs	Gs (kg/cm)	Ed (kg/cm <sup>2</sup> )
Çok Sıkı Zemin	>700	0.10- 0.30	1.5-2.0	>1000	>30000
Sıkı-Katı	400- 700	0.15- 0.40	2.0-2.5	300 0- 100 00	10000- 30000
Orta Sıkı- Bozuşmuş	200- 400	0.15- 0.60	2.5-3.0	600 - 300 0	1700- 10000
Gevrek- Yumuşak	<200	0.20- 0.90	3.0- 10.0	<600	<1700

İnceleme alanında  $V_{p(30)}/V_{s(30)}$  oranının mekansal değişimi Şekil 4.15'de verilmiştir. Bu haritaya göre, inceleme alanının merkezinin hemen K-KD'sında yer alan yaklaşık 0,86 km<sup>2</sup>'lik alanda (toplamda inceleme alanının % 12,2'sinde)  $V_{p(30)}/V_{s(30)}$  oranı <2'dir. Çizelge 3.5'e göre bu alandaki zemin "çok sıkı" olup elastisite modülü <30000 kg/cm<sup>2</sup>'dir. İnceleme alanı merkezin yaklaşık 500 m KD'sunda yaklaşık 0,38 km<sup>2</sup>'lik alanda  $V_{p(30)}/V_{s(30)}$  oranı 2,5-3 arasında olup bu alanlardaki zemin "sıkı" ve "orta sıkı" durumda olup elastisite modülü 10000-1700 kg/cm<sup>2</sup> arasındadır. Çalışma alanının geri kalan kısımlarında (inceleme alanının yaklaşık %85,7'sinde) ise  $V_{p(30)}/V_{s(30)}$  oranı 2-2,5 arasında olup bu alanlardaki zemin "sıkı" durumda olup elastisite modülü 30000-100700 kg/cm<sup>2</sup> arasındadır (Şekil 4.15). Bu değerlere göre inceleme alanının %85,7'sinde zemin "orta sıkı" durumdadır.



**Şekil 4.15:** Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında  $V_{p(30)}/V_{s(30)}$  oranının mekansal değişimi.

#### 4.1.7 Zemin Büyütmesi

Bir deprem meydana geldiğinde, elastik deprem dalgaları depremdeki kırılma kaynağından itibaren yer içinde yayılırlar. Bu elastik (sismik dalgaların) içinden geçtiği zemin tabakaları boyunca geçirdiği değişimlerin tümüne "yerel zemin etkisi" adı verilir (Uyanık, 2012). Zemin büyütmesi, deprem sırasında zeminin ve dolayısıyla yapının, depremi hangi şiddette duyacağını bir ölçüsüdür. Yumuşak boşluklu zemin tabakalarının sismik dalgaları önemli derecede büyütme olup yeryüzünde ve mühendislik yapılarında deprem sırasında oluşan hasarlarda önemli rol oynamaktadır (Uyanık, 2012). Önceki araştırmalarda farklı araştırmacıların önerdiği değişik zemin büyütme faktörü bağıntıları vardır (Çizelge 4.8). Söz konusu tabloda kullanılan bir zemin profili için ortalama S-dalga hızı (4.5), aşağıdaki eşitlikle elde edilmektedir (Ulusay, 2010).

$$V1=30/\sum_i^n (h_i/V_{si}) \quad (4.5)$$

Burada n zemindeki tabaka sayısı,  $h_i$  zemindeki tabakalarının kalınlığı ve  $V_{si}$  zemindeki tabakalarda elde edilen S-dalga hızıdır.

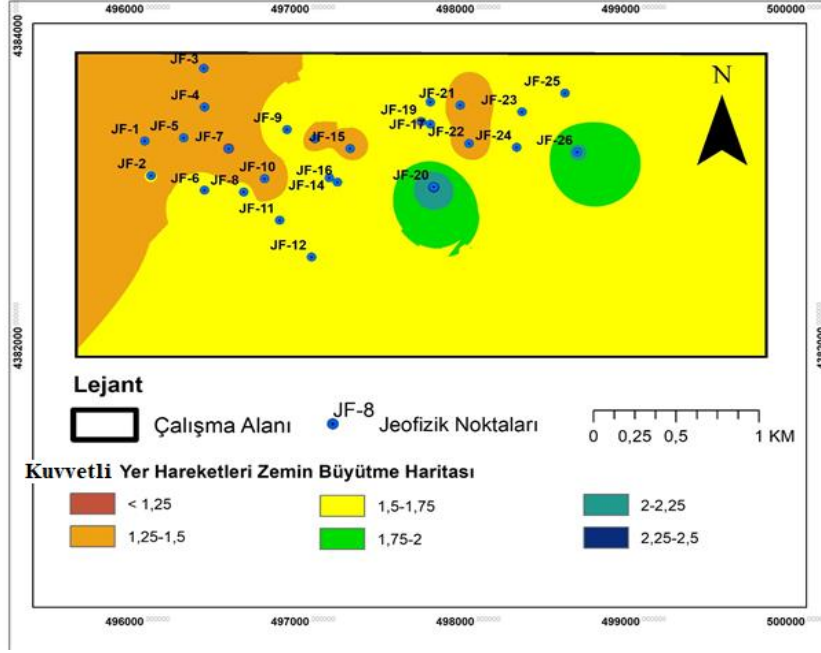
**Çizelge 4.8:** Zemin büyütmesinin tahmini için verilen bağıntılar (Ulusay, 2010).

<b>Araştırmacılar</b>	<b>Eşitlikler</b>	
Midorikawa (1987)	$A=68V_1^{-0.5}$	( $V_1 < 1100$ m/s)
	$A=1.0$	( $V_1 > 1100$ m/s)
Joyner ve Fumal (1984)	$A=68V_2^{-0.45}$	( $V_1 < 1100$ m/s)
Borcherdt vd.(1991)	$AHSA=700/V_1$	(Zayıf yer hareketleri için)
	$AHSA=600/V_1$	(Kuvvetli yer hareketleri için)

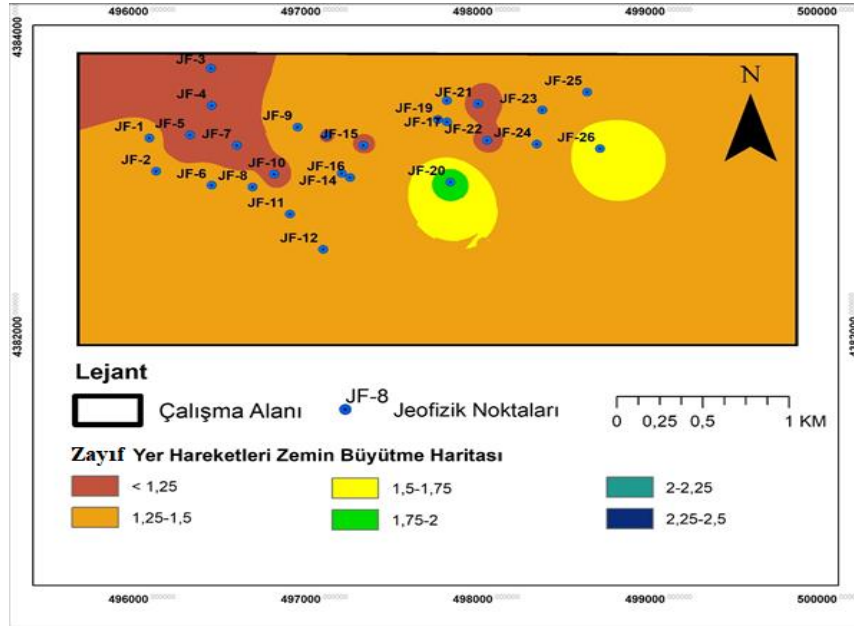
A : Maksimum yer hızı için görelî büyütme faktörü  
AHSA :0.4-0.2 s. periyot aralığı için ortalama yatay spectral büyütme  
 $V_1$  :30 m. derinlik için ortalama S dalgası hızı (m/s)  
 $V_2$  :1 s'deki bird dalga için çeyrek dalga uzunluğundaki derinliğe karşılık gelen ortalama S dalga hızı (m/s)

Çalışma sahasının zayıf yer hareketleri ve kuvvetli yer hareketlerinde oluşacak zemin büyütmesi büyüklüğünü değerlendirebilmek için Borcherdt vd. (1991) tarafından eşitlikler esas alınmıştır (Şekil 4.16 ve Şekil 4.17).

Zemin büyütme değerinin 0-2 arasında olduğu durumlar düşük tehlike, 2-4 arasında olduğu durumlar tehlikeli olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamaya göre kuvvetli yer hareketleri dikkate alındığında inceleme alanının yaklaşık %99,6'lık kısmında zemin büyütmesi açısından “düşük tehlike”, %0,4'lük alanda ise “tehlike” vardır. Zayıf yer hareketlerine göre ise inceleme alanının tümü için “düşük tehlike” vardır.



Şekil 4.16: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında güçlü yer hareketlerine göre zemin büyütmesi.



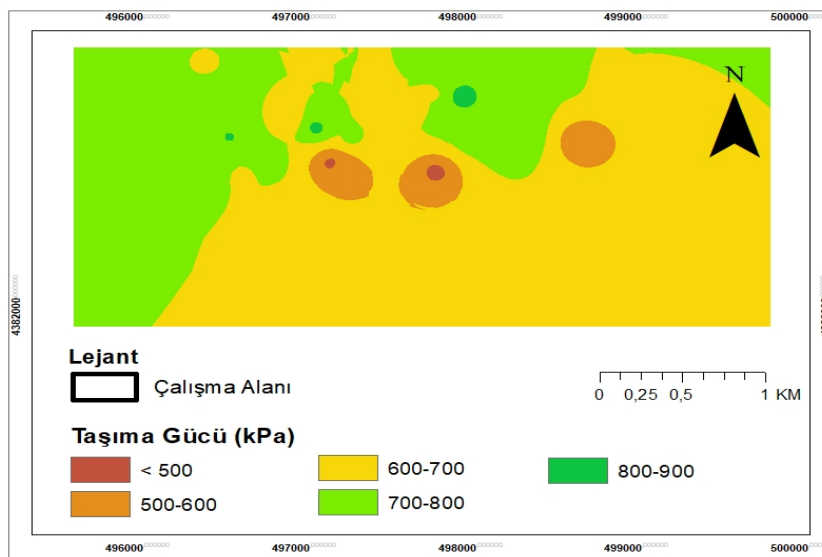
Şekil 4.17: Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında zayıf yer hareketlerine göre zemin büyütmesi.

#### 4.1.8 Zemin Taşıma Gücü

Temel, zeminle doğrudan temas halinde olan ve yapı yüklerini zemine aktaran aracı yapı kısmıdır. Bir başka deyişle, temel, yapı yüklerini ve yükün dağılımını altta taşıyacak zeminin taşıyabileceği şekle dönüştürerek aktaran bir sistemdir. Bu niteliği ile de hem yapıdan hem de zeminden etkilenir. Buna göre, temel tasarımı bir yapı-zemin etkileşimi problemidir. Sağlıklı temel için oluşacak oturma değerleri güvenli sınır içinde kalmalı ve kayma değerine karşı yeterli direnç sağlanabilmelidir. Bu nedenle temel tasarımı, üzerinde bulunan yapının duyarlılığına ve zeminin özelliklerine göre boyutlandırılır (Uyanık ve Gördesli, 2013). Bu kısıtlara uyulması halinde taşıma gücü şartları sağlanmış olur. Yani taşıma gücü, zeminin oturma yapmadan ve göçmeden taşıyabileceği en büyük yüküdür (Uyanık ve Gördesli, 2013). Emniyetli taşıma gücü ise, taşıma gücünün birimsiz bir güvenlik katsayısına bölünmesiyle elde edilir. Son yıllarda klasik yöntemden farklı olarak sismik hızlardan hesaplanan taşıma gücü bağıntıları geliştirilmiştir (Uyanık ve Gördesli, 2013). İnceleme alanındaki zeminlerin emniyetli taşıma kapasitesi Keçeli (2010, 2012) tarafından önerilen ve aşağıda verilen eşitliklerden faydalanılarak belirlenmiş olup, sonuçlar çizelge 4.8’de verilmiştir.

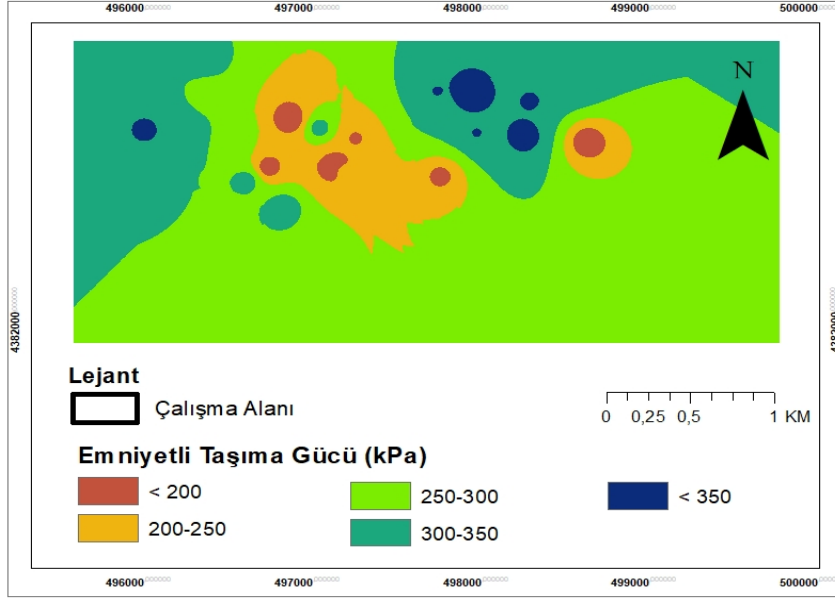
$$q_u = \frac{pV_s}{100} \text{ ve } \frac{pV_s^2}{V_p 100} \quad (4.6)$$

$$\rho = 0.44V_s^{0.25} \quad (4.7)$$



**Şekil 4.18:** Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında zeminlerin nihai taşıma gücünün mekansal değişimi.





**Şekil 4.19:** Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanında zeminlerin emniyetli taşıma gücünün mekansal dağılımı.

Taşıma gücü dağılımının mekansal dağılımını veren haritaya (Şekil 4.18) göre inceleme alanının %0,2'sinde taşıma gücü <500 kPa iken, taşıma gücü değerleri inceleme alanının %4,4'ünde 500-600 kPa, %78,1'inde 600-700 kPa, %12,4'ünde 700-800 kPa ve %4,9'unda 800-900 kPa arasındadır. Emniyetli taşıma gücü değerleri ise inceleme alanının %0,7'sinde <200 kPa, %5,4'ünde 250-300 kPa arasında, %48,4'ünde 300-350 kPa arasında, %43,8'inde 350-400 kPa arasında %1,8'inde ise 400-500 kPa arasındadır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) yerleşim alanındaki yerel zeminin jeo-mühendislik özelliklerinin değişimi arazi planlamasına yönelik olarak incelenmiştir. Bu çalışmada alüvyon zeminin sondaj ve jeofizik yöntemle elde edilmiş özellikler coğrafi koordinatlar ile ilişkilendirilmiş bir veri tabanından yararlanılarak oluşturulmuştur. Yolören Mahaltesinde yüzeylenen zeminlerin jeoteknik özelliklerinin yersel olarak değişimi Coğrafi Bilgi Sistemleri ile değerlendirilmiştir. Bu alan için planlamasına temel teşkil edecek mühendislik jeolojisi haritaları üretildiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve bunlara ilişkin öneriler aşağıda verilmiştir.

- 1) İnceleme alanında topoğrafik yükseklik güneyde 4 m'den başlayarak kuzeyde 20 m'ye doğru artmakta kuzeyde çok küçük alanlarda görülen tepelik kısımlarda ise 70 m'ye erişmektedir. İnceleme alanının yaklaşık %98,5'inin eğimi <5 derecedir.
- 2) İnceleme alanında yayılım gösteren alüvyon zemin çoğunlukla farklı türde zemin içeren ve farklı kalınlıkta bulunan belirgin olmayan tabakalar halindedir. Alanda yapılan sondajlardan alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen elek analizleri sonucunda başlıca dört farklı zemin türü belirlenmiştir. Bu zemin türleri moloz, daha çok kil+silt (en fazla %20), daha az kum (en fazla %15) ve yer yer az miktarda blok içeren çakıllar, kil+siltli, çakıllı kumlar ve çakıllı kumlu ince malzemeli (kil+silt) zeminlerdir. Sondaj logları ve laboratuvar elek analizlerinden yararlanılarak söz konusu zemin türlerinin yüzeyden itibaren 3, 6, 9 ve 12 m derinliklerde mekânsal dağılımı incelenmiştir.
- 3) İnceleme alanında yüzeylenen alüvyon zeminlerde, 3, 6, 9 ve 12 m derinlikte ölçülen SPT-N<sub>60</sub> değerlerinin mekansal değişimi incelenmiştir. Bu haritalar zeminin göreceli sıklığı, sıvılaşma potansiyelinin ön tahmini yanında aynı zamanda taşıma gücünün tahmininde de kullanılabilir.
- 4) İnceleme alanında yüzeyden itibaren 6 ve 9 m'lerdeki zemin türlerinin dağılımı çok benzerdir. Bu derinliklerde inceleme alanının kuzey batısında moloz, doğusunda kumlu zeminler, ortasından güneyine doğru killi zeminler ve diğer alanlarda da çakıllı zeminler yayılım göstermektedir.
- 5) İnceleme alanında YAS derinliği 0,5 ile 8,5 m arasında değişmektedir. Alanın merkezinden yaklaşık 500 m batı ve doğusunda yaklaşık 0,6 km<sup>2</sup>'lik alanlarda YAS derinliği 0,5-2 m arasında iken inceleme alanının güneyinde KB-KD YAS seviyesi 2-4 m

arasında iken diğer alanlarda YAS derinliği büyük çoğunlukla 4-6 m arasındadır. YAS derinliği çalışma alanının %5'inde 0,5-2 m, %18'inde 4-6 m ve %77'sinde 2-4 m arasındadır.

6) İnceleme alanında sismik hızlara göre tanımlanan 1. tabakada  $V_p$  değeri inceleme alanının genelinde 400-500 m/sn arasında değişmektedir. 2. tabakada  $V_p$  değeri ise inceleme alanının doğusunda 400-500 m/sn arasında iken diğer alanlarda 500-900 m/sn arasında değişmektedir. 3. tabakada genel olarak  $V_p$  değeri inceleme alanının doğusunda 400-750 m/sn arasında iken batısında 750-1100 m/sn arasındadır. Yüzeyden 30 m'ye kadar derinlikteki zemin için hesaplanan ortalama  $V_p$  değeri ( $V_{p30}$ ) ise inceleme alanının doğusunda <900 m/sn iken batısında 900-1500 m/sn arasındadır.  $V_{p30}$  değerleri dikkate alındığında inceleme alanındaki zeminin genel olarak yer yer kil içeren kumlu çakıllı alüvyon olduğu görülmektedir. Ayrıca  $V_p$  değerlerinin dağılımına göre; çakıllı zeminlerin inceleme alanının KB-B, kumlu zeminlerinde genel olarak inceleme alanının GD ve KD'sunda ince taneli zeminin de inceleme alanının merkezi civarında yayılım gösterdiği söylenebilir.

7) İnceleme alanında  $V_{p(30)}/V_{s(30)}$  oranının mekânsal değişimlerine göre, inceleme alanının merkezinin hemen K-KD'sında yer alan yaklaşık 0,86 km<sup>2</sup>'lik alanda  $V_{p(30)}/V_{s(30)}$  oranı <2'dir. Bu alandaki zemin "çok sıkı" olup elastisite modülü <30000 kg/cm<sup>2</sup>'dir. İnceleme alanı merkezin yaklaşık 500 m KD'sunda yaklaşık 0,38 km<sup>2</sup>'lik alanda  $V_{p(30)}/V_{s(30)}$  oranı 2,5-3 arasında olup bu alanlardaki zemin "sıkı" ve "orta sıkı" durumda olup elastisite modülü 10000-1700 kg/cm<sup>2</sup> arasındadır. Çalışma alanının geri kalan kısımlarında ise  $V_{p(30)}/V_{s(30)}$  oranı 2-2,5 arasında olup bu alanlardaki zemin "sıkı" durumda olup elastisite modülü 30000-100700 kg/cm<sup>2</sup> arasındadır. Bu değerlere göre inceleme alanının %85,7'sinde zemin "orta sıkı" durumdadır.

8) Zemin büyütme değerinin 0-2 arasında olduğu durumlar düşük tehlike, 2-4 arasında olduğu durumlar tehlikeli olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamaya göre kuvvetli yer hareketleri dikkate alındığında inceleme alanının yaklaşık %99,6'lık kısmında zemin büyütmesi açısından "düşük tehlike", %0,4'lük alanda ise "tehlike" vardır. Zayıf yer hareketlerine göre ise inceleme alanının tümü için "düşük tehlike" vardır.

9) Taşıma gücü dağılımının mekansal dağılımını veren inceleme alanının % 0,2'sinde taşıma gücü <500 kPa iken, taşıma gücü değerleri inceleme alanının %4,4'ünde 500-600 kPa, %78,1'inde 600-700 kPa, %12,4'ünde 700-800 kPa ve % 4,9'unda 800-900 kPa

arasındadır. Emniyetli taşıma gücü değerleri ise inceleme alanının %0,7'sinde <200 kPa, %5,4'ünde 250-300 kPa arasında, %48,4'ünde 300-350 kPa arasında, %43,8'inde 350-400 kPa arasında %1,8'inde ise 400-500 kPa arasındadır.

## 6. KAYNAKLAR

- Aronoff, S. (1991). *Geographic information systems: a management perspective* (No. BOOK). WDL publications.
- Arık, M. (2010). Yolören Köyü-Kuruçay mevki revizyon imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt raporu, Edremit Belediyesi (Balıkesir).
- Arslanoğlu, M. ve Özçelik, M. (2005). Sayısal arazi yükseklik verilerinin iyileştirilmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Başokur, T. A. (2005). Yapı yeri incelemelerinde makaslama dalgası hız kesitinin remi yöntemi ile saptanması. *Deprem Sempozyumu*, 23- 25 Mart 2005, Kocaeli.
- Bingöl, E., Akyürek, B. and Korkmazer, B. (1973). Geology of the Biga Peninsula and some characteristics of the Karakaya Formation. In *Proceedings of the 50th Anniversary of Turkish Republic Earth Science Congress Ankara* (pp. 70-7).
- Borcherdt, R. D., Watworth, C. M., Janssen, A., Fumal, T. and Gibbs, J. F. (1991). Methodology for predictive GIS Mapping of Special Study Zones for strong ground shaking in the San Francisco bay region. *Proc. 4th Inter. Conf. On Seismic Zonation*, 3, 545- 552.
- Ceryan, Ş. ve Ceryan, N. (2018) Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak Edremit ilçesi Altınoluk Beldesi (Balıkesir) yerleşim alanının sınırlama potansiyelinin değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi BAP Projesi Raporu* (Proje No: 1.2015.0018). 57 sayfa, Balıkesir.
- Carvalho, J., Dias R., Pinto C., Leote J. and Mendes V. L. (2009). SPT seismic hazard seismic refraction soil classification and geotechnical data applied to the soil microzoning of Western Algarve, Portugal. *European Journal of Environmental and Engineering Geophysics* 5, 3-14.
- Çabuk, A. (ed.). (2011). Coğrafi bilgi sistemlerine giriş. Anadolu Üniversitesi Yayını, No: 2206, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisleri.
- Dönmez, M., Akçay, A. E., Genç, Ş. C. ve Acar, Ş. (2005). Biga yarımadasında orta-üst eosen volkanizması ve denizel ignimbritler. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 131, 49-61.
- Duru, M., Pehlivan, Ş. and Şentürk, Y. (2004). New results on the lithostratigraphy of the Kazdağ Massif in northwest Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* (Turkish J. Earth Sci.), Vol. 13.

- Duru, M., Pehlivan, Ş., Ilgar, A., Akçay, A. E., Saydam, G., Erdoğan, K. ve Özer, D. (2007). 1: 100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Balıkesir İ18 Paftası No:97, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*.
- Emre, Ö. ve Doğan, A. (2010). 1:250.000 ölçekli Türkiye diri fay haritaları serisi, Balıkesir Ayvalık (NJ 35-2) Paftası, Seri No:2, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Doğan, A., & Yıldırım, C. (2012). Biga Yarımadasının diri fayları ve deprem potansiyeli. *Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi, General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication Series-28*, 163-198.
- ESRI, (2008). *ArcGIS desktop 9.3 kullanım kitabı*. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti. Yayını, Ankara.
- Joyner, W. B. and Fumal, T. E. (1984). Use of measured shear-wave velocity for predicting geologic site effects on strong ground motion. In *Proc. of the 8th World Conf. on Earthquake Engineering* (Vol. 2, pp. 777-783).
- Karavul C., Kurnaz F. T., Bayhan G. ve Kıyak A., (2005). Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak Adapazarı zemin sıklık durumunun haritalanması. *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli.
- Keçeli, A. (1990). Zemin emniyet gerilmesinin sismik metodlar ile tayini. *Jeofizik Dergisi*. 4, 83-92.
- Keçeli, A. (2010). Sismik yöntem ile zemin taşıma kapasitesi ve oturmasının saptanması, *Jeofizik Bülteni*, 22(63), 65-76.
- Keçeli A. (2012). Soil parameters which can be determined with seismic velocities. *Jeofizik* 16(1), 17-29.
- Kurtuluş C., Başoğlu B., Kaya D. G., Yavaş G. ve Şahan Ç. (2011). Jeofizik ve jeoteknik yöntemler kullanılarak İzmit Bölgesi'ndeki kırmızı kumtaşı örneklerinin mühendislik parametrelerinin değerlendirilmesi. *Uygulamalı Yer Bilimleri*, Sayı 1(2) 10-20.
- Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, (2013). Türkiye diri fayları veri tabanı [online]. <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>. Erişim tarihi: 20.05.2015.
- Midorikawa, S. (1987). Prediction of isoseismal map in the Kanto plain due to hypothetical earthquake. *Journal of Structural Engineering*, 33, 43-48.
- Okay, A. I. (1987). Biga Yarımadasının Batı kesiminin jeolojisi ve Tektoniği. *TPAO Report Ny*, 2374.

- Okay, A. I., Siyako, M. ve Bürkan, K. A. (1990). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2(1), 83-121.
- Okay, A.I and Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. Geological Society, London, *Special Publications*. 156; 475-515.
- Orhan, A. (2005). *Eskişehir il merkezi güney bölümü temel zemin birimlerinin jeomühendislik özellikleri ve coğrafi bilgi sisteminin uygulanması* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 198777).
- Özçep, F. (2006). *Zeminlerin statik ve dinamik analizi*. 6, Ankara: TMMOB Jeofizik Mühendisleri Eğitim Yayınları, 520-551.
- Özcan, A. (2012). *Selçuklu (Konya) civarındaki zeminlerin jeoteknik değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 324774).
- Sarı, R., Tufan, E.A. ve Yenigün, K.G. (2010). Kentimizin heyelan, deprem ve taşkın alanları açısından irdelenmesi. *Balıkesir Kent Sempozyumu*, 139- 150.
- Sivrikaya, O. ve Toğrol, E. (2007). Türkiye'de SPT-N değeri ile ince daneli zeminlerin drenajsız kayma mukavemeti arasındaki ilişkiler, *İMO Teknik Dergi*, 4229-4246.
- Sivrikaya, O. ve Toğrol, E. (2009). *Arazi deneyleri ve geoteknik tasarımda kullanımları*. İstanbul, Birsen Yayınevi.
- Siyako, M., Bürkan, K.A., ve Okay, A.I., (1989). Biga ve Gelibolu yarımadalarının tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 1. 183-199.
- Sönmez, H. (2011). *Zemin sıvılaşması*. Ankara: TMMOB JMO Jeoloji Mühendisleri için Jeoteknik Etüt Kursu (Planlamaya Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Notları), 1-33.
- Sözbilir, H. Özkaymak, Ç. Sümer, Ö. ve Uzel, B. (2016). Balıkesir İli'nin depremselliği, *Balıkesir 2. Kent Sempozyumu*, 39-70.
- Şentürk, Y. (2005). *Kazdağ Masifi (Balıkesir) metadümit, amfibolit/metagabrolarının jeolojisi ve titan içeriği açısından değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 170006).
- Şengün, F. (2011). *Biga Yarımadası'ndaki (Kb Anadolu) alpin öncesi metamorfik kayaların petrolojik ve yapısal özellikleri* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 292655).

- Ulusay, R., Tuncay, E., Sonmez, H. and Gokceoglu, C. (2004). An attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey. *Engineering Geology*, 74(3-4), 265-291.
- Ulusay, R. (2010). *Uygulamalı jeoteknik bilgiler*. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 38, Güncelleştirilmiş, Genelleştirilmiş 5. Baskı.
- Uyanık, O. (2006). Sıvılaşır ya da sıvılaşmaz zeminlerin yinelemeli gerilme oranına bir seçenek. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(2), 79-91, İzmir.
- Uyanık, O. (2012). Şehir yapılaşmaları için deprem mastır planlaması ve Alanya için yapılması gerekenler. *Alanya 12. Tarih ve Kültür Sempozyumu*, 152-169.
- Uyanık, O. ve Gördesli, F. (2013). Sismik hızlardan taşıma gücünün incelenmesi. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 5(2), 78-86.
- Uyguçgil, H. (2016). *Coğrafi bilgi sistemlerine giriş*. Anadolu Üniversitesi Yayını, No: 3162, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisleri.
- Wells, D. L. and Coppersmith, K. J. (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bulletin of the seismological Society of America*, 84(4), 974-1002.
- Yaltırak, C. and Okay, A. (2004). Geology of the Palaeo-Tethyan Units on the northern of Edremit Bay, *Bulletin of Engineering of ITU*, 3, 67-79.
- Youd, T. L. and Idriss, I. M. (2001). Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 127(4), 297-313.
- Yomralıoğlu, T. (2000). Coğrafi bilgi sistemleri temel kavramlar ve uygulamalar, *Akademi Kitabevi*, 2. Baskı, 479 sayfa.



# ÖZGEÇMİŞ

## Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Kübra ÇAKIR

Doğum tarihi ve yeri : 12.10.1994 / BALIKESİR

e-posta : kyildirim2905@gmail.com

## Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Yüksek Lisans	Balıkesir Üniversitesi/Jeoloji Mühendisliği	2017
Lisans	Akdeniz Üniversitesi/Jeoloji Mühendisliği	2012
Lise	Savaştepe Lisesi/Balıkesir	2008