

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



**AKÇAY MAHALLESİ (BALIKESİR, TÜRKİYE) YERLEŞİM  
ALANININ BATISINDAKİ ZEMİNLERİN JEO-MÜHENDİSLİK  
ÖZELLİKLERİNİN CBS KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

**CEREN NERGİZLİOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jüri Üyeleri :**      **Prof. Dr. Şener CERYAN(Tez Danışmanı)**  
                         **Doç. Dr. Hakan ELÇİ**  
                         **Dr. Öğr. Üyesi Gökhan BÜYÜKKAHRAMAN**

**BALIKESİR, TEMMUZ - 2021**

## **ETİK BEYAN**

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Akçay Mahallesi (Balıkesir,Türkiye) Yerleşim Alanının Batısındaki Zeminlerin Geo-Mühendislik Özelliklerinin CBS Kullanılarak Değerlendirilmesi**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları 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.

**Ceren NERGİZLİOĞLU**

(imza)

## ÖZET

# AKÇAY MAHALLESİ (BALIKESİR, TÜRKİYE) YERLEŞİM ALANININ BATISINDAKİ ZEMİNLERİN JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN CBS KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
CEREN NERGİZLİOĞLU  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ŞENER CERYAN)

BALIKESİR, TEMMUZ - 2021

Bu tezde, Akçay mahallesinin batısında yer alan yerleşim alanındaki toprağın jeo-mühendislik özellikleri Coğrafi Bilgi Sistemi aracılığıyla değerlendirilmiştir. Çalışma sırasında Balıkesir Büyükşehir Belediyesi'nden alınan raporlar ışığında bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanı kullanılarak çalışma alanının topografik haritası sayesinde sayısal yükseklik modeli, eğim haritası, yeraltı suyu derinlik haritası, zemi tipi haritalar, SPT-n değerleri ArcGIS mekansal analiz kullanılarak üretilmiştir.

Çalışma alanında topoğrafyanın geneli yumuşak olup ve eğimler büyük oranda 3 dereceden küçüktür. Yeraltı suyu derinliği ise 1.5-8 metre aralığında değişmektedir. Alınan verilere göre alanda 30 metreye kadar zeminlerdeki birimler gözlemlenmiştir. Konu alınan alandaki zeminlerin %64,1'i "ZD" sınıfı zemin, %35,9'unda "ZC" sınıfı zemin grubuna girmektedir. Ve bu alan "Zayıf şiddette zemin büyütmesine" sahiptir. İnceleme alanındaki zeminlerin nihai taşıma gücü ve izin verilebilir taşıma gücü değerlerinin mekânsal dağılımları elastik dalga hızına bağlı olarak incelenmiştir. Nihai Taşıma Gücü değerleri inceleme alanının büyük bir kısmında 400 kPa ile 700 kPa arasında değişirken izin verilebilir taşıma gücü değerleri de 200 kPa ile 350 kPa arasında değişim göstermektedir. Ayrıca inceleme alanı ve civarında olası bir depremin neden olabileceği zemin deformasyonlarından kaynaklanabilecek olası tehlikelere değinilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** CBS, Akçay, SPT-N, nihai taşıma gücü, zemin.

Bilim Kod / Kodları: 80503, 91132, 91132, 92011.

Sayfa Sayısı: 47

## **ABSTRACT**

### **ASSESSMENT OF GEO-ENGINEERING PROPERTIES OF SOILS IN THE WEST OF THE RESIDENTIAL AREA IN AKÇAY DISTRICT (BALIKESİR, TURKEY) USING GIS**

**MASTER'S THESIS**

**CEREN NERGİZLİOĞLU**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**GEOLOGICAL ENGINEERING DEPARTMENT**

**(SUPERVISOR:PROF. DR. ŞENER CERYAN)**

**BALIKESİR, JULY - 2021**

In this thesis, the geo-engineering properties of soil in the residential area in the west of the Akçay neighborhood were evaluated through Geographic Information System. During the study, a database was created in the light of reports from the Balıkesir Metropolitan Municipality. Using this database, thanks to the topographic map of the study area, digital elevation model, slope map, groundwater depth map, zemi type maps, SPT-n values were manufactured by using ArcGIS spatial analysis .

The topography in the study area is generally soft and the slopes are mostly less than 3 degrees. The groundwater depth varies in the range of 1.5-8 meters. According to the data received, units on the ground up to 30 meters were observed in the area. 64.1% of the soils in the subject area are in the “ZD” class soil, and 35.9% are in the “ZC” class soil group. and this area has “Weak soil amplification”. The spatial distributions of the ultimate bearing capacity and allowable bearing capacity values of the soils in the study area were examined depending on the elastic wave velocity. While Final Bearing Capacity values vary between 400 kPa and 700 kPa in most of the study area, allowable bearing capacity values vary between 200 kPa and 350 kPa. In addition, the possible dangers that may arise from the ground deformations that may be caused by a possible earthquake in the study area and its vicinity are mentioned.

**KEYWORDS:**GIS, Akçay, SPT-N, ultimate bearing capacity, soil.

Science Code / Codes: 80503, 91132, 91132, 92011.

Page Number : 47

# 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>iv</b>  |
| <b>TABLO LİSTESİ</b> .....  | <b>v</b>   |
| <b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....   | <b>vi</b>  |
| <b>ÖNSÖZ</b> .....  | <b>vii</b> |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....   | <b>1</b>   |
| 1.1 Çalışmanın Amacı.....   | 1          |
| 1.2 İnceleme Alanının Tanıtımı .....  | 1          |
| 1.2.1 Coğrafi Konumu .....  | 1          |
| 1.2.2 Morfoloji, İklim, Bitki Örtüsü ve Akarsu .....                                  | 2          |
| 1.3 Önceki Çalışmalar.....  | 2          |
| <b>2. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....  | <b>4</b>   |
| 2.1 Sismik Yöntemler .....  | 4          |
| 2.1.1 Sismik Kırılma Yöntemi .....  | 4          |
| 2.1.2 Sismik Yansıma Yöntemi .....  | 5          |
| 2.2 Jeofizik verilerin Değerlendirilmesi ve Veri tabanının Oluşturulması .....        | 6          |
| 2.3 Mekansal Analizler ve Enterpolasyon Yöntemi .....                                 | 7          |
| <b>3. BULGULAR</b> .....  | <b>9</b>   |
| 3.1 Akçay Mahallesi (Edremit, Balıkesir) Çevresinin Jeolojisi.....                    | 9          |
| 3.1.1 Karakaya Formasyonu (Trkk) .....  | 9          |
| 3.1.2 Çetmi Melanjı .....   | 10         |
| 3.1.3 Üst Oligosen-Alt Miyosen Granitoidleri (Tg).....                                | 10         |
| 3.1.4 Hallaçlar Volkaniti (Toh).....  | 10         |
| 3.1.5 Alüvyon (Qal) .....   | 10         |
| 3.2 Akçay Mahallesi Batı Kısmınının Topoğrafya, Eğim ve Yeraltı Su Derinliği.....     | 11         |
| 3.3 Akçay Mahallesi Batı Kısmındaki Zeminin Jeoteknik Özellikleri .....               | 14         |
| 3.3.1 Yerel zemin Türü ve Zemin Sınıfı .....  | 14         |
| 3.3.2 Göreceli Sıklık .....   | 18         |
| 3.3.3 Boyuna Dalga Hızı (Vp), Kayma Dalga Hızı (Vs) ve Vp/Vs Oranı .....              | 23         |
| 3.3.4 Zemin tabakalarının Young Modülü ve Kayma Modülü.....                           | 28         |
| 3.3.5 Zemin Profilinin Ortalama Boyuna Dalga Hızı, Kayma dalga Hızı ve Hız Oranı .... | 32         |
| 3.3.6 Zemin Büyütmesi .....   | 34         |
| 3.3.7 Nihai Taşıma Gücü ve Emin Taşıma Gücü .....                                     | 36         |
| <b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....   | <b>40</b>  |
| <b>5. KAYNAKLAR</b> .....   | <b>44</b>  |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....   | <b>47</b>  |

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

|   |    |
|---|----|
| Şekil 1.1: Akçay mahallesi yer bulduru haritası. ....   | 1  |
| Şekil 2.1: Sismik yöntem çalışma yönteminin basit şeması. ....  | 4  |
| Şekil 2.2: Sismik kırılma yönteminin uygulanışı. ....   | 5  |
| Şekil 2.3: Sismik yansıma yönteminin uygulanışı. ....   | 6  |
| Şekil 3.1: İnceleme alanı ve yakın çevre jeolojisi. ....  | 9  |
| Şekil 3.2: Akçay Mahallesi batı kısmının topoğrafik haritası. ....  | 12 |
| Şekil 3.3: Akçay Mahallesi batı kısmının sayısal yükseklik modeli. ....   | 13 |
| Şekil 3.4: Akçay Mahallesi batı kısmının eğim haritası. ....  | 13 |
| Şekil 3.5: Akçay Mahallesi batı kısmında yeraltısuyu derinliğinin mekânsal değişim. ....  | 14 |
| Şekil 3.6: Akçay Mahallesi batı kısmında farklı derinliklerde zemin türünün mekansal dağılımı. ....                                   | 15 |
| Şekil 3.7: Akçay Mahallesi batı kısmında farklı derinliklerde zemin türünün mekansal dağılımı. ....                                   | 16 |
| Şekil 3.8: Akçay Mahallesi batı kısmında yerel zemin sınıfları. ....  | 18 |
| Şekil 3.9: Akçay Mahallesi batı kısmında farklı derinliklerde düzeltilmiş SPT N değerlerinin dağılımı. ....                           | 21 |
| Şekil 3.10: Elastik dalga hızına göre ayırtlanan 1. ve 2. Zemin tabakalarının kalınlıkları ve 3. Tabakanın derinliği. ....            | 24 |
| Şekil 3.11: Sismik ölçümle ayırtlanan 1., 2. 3. Tabakada boyuna dalga hızı değerlerinin dağılımı. ....                                | 26 |
| Şekil 3.12: Sismik ölçümle ayırtlanan 1., 2. 3. Tabakada kayma dalga hızı değerlerinin dağılımı. ....                                 | 27 |
| Şekil 3.13: Sismik ölçümle ayırtlanan 1., 2. 3. Tabakada Young Modülü değerlerinin dağılımı. ....                                     | 30 |
| Şekil 3.14: Sismik ölçümle ayırtlanan 1., 2. 3. Tabakada Kayma Modülü değerlerinin dağılımı. ....                                     | 31 |
| Şekil 3.15: 30 m. derinliğe kadar ortalama boyuna dalga hızı ((VP)30), kayma dalga hızı ((VS)30) ve (Vp)30/(VS)30oranı dağılımı. .... | 33 |
| Şekil 3.16: Akçay Mahallesi Batı kısmının kuvvetliyer hareketlerine göre zemin büyütmesi. ....  | 35 |
| Şekil 3.17: Akçay Mahallesi Batı kısmının zayıf yer hareketlerine göre zemin büyütmesi. ....  | 36 |
| Şekil 3.18: Yük-oturma eğrisinde nihai taşıma gücünün tanımlanması. ....  | 36 |
| Şekil 3.19: Akçay Mahallesi Batı kısmındaki zeminler için hesaplanan Nihai Taşıma Gücü değerlerinin değişimi haritası. ....           | 37 |
| Şekil 3.20: Akçay Mahallesi Batı kısmındaki zeminler için hesaplanan Emin Taşıma Gücü değerlerinin değişimi haritası. ....            | 39 |

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablo 2.1:</b> Akçay Mahallesi Batı kısmı (Edremit, Balıkesir) ile ilgili jeofizik verileri.....                               | 7  |
| <b>Tablo 3.1:</b> Arazinin eğime göre sınıflandırılması.....  | 11 |
| <b>Tablo 3.2:</b> Yerleşimdeki faaliyet türüne göre kullanılabilir kritik eğimler.....  | 11 |
| <b>Tablo 3.3:</b> Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)'n göre zemin sınıflandırma tablosu.                                      | 17 |
| <b>Tablo 3.4:</b> SPT-N değeri ile kumlarda göreceli sıklık arasındaki ilişki. ....   | 19 |
| <b>Tablo 3.5:</b> SPT-N ile kumun içsel sürtünme açısı arasındaki ilişkiler. ....   | 19 |
| <b>Tablo 3.6:</b> $(N)_{60}$ 'ın belirlenmesi için kullanılan düzeltme katsayılarının seçimi.....                                 | 20 |
| <b>Tablo 3.7:</b> Kaya ve zeminler için sismik dalga hızları .....  | 23 |
| <b>Tablo 3.8:</b> Kayma dalgası hızına göre zemin sıklığı . ....  | 26 |
| <b>Tablo 3.9:</b> Young Modülüne göre dayanım sınıflaması. ....   | 28 |
| <b>Tablo 3.10:</b> Kayma Modülüne göre dayanım sınıflaması. ....  | 29 |
| <b>Tablo 3.11:</b> Zemin büyütmesinin tahmini için verilen bağıntılar .....   | 35 |
| <b>Tablo 3.12:</b> Sismik Hızlardan Taşıma Gücü (qf) ve Güvenli Taşıma Gücü (qa) Eşitlikleri<br>(*Suya doymun zeminler için)..... | 38 |

## **SEMBOL LİSTESİ**

**V<sub>p</sub>**: Boyuna Dalga Hızı (m/s)

**V<sub>s</sub>**: Enine Dalga Hızı (m/s)

**M**: metre

**SPT-N**: Düzeltilmiş SPT Değeri



## ÖNSÖZ

Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında bilgisini, tecrübesini, desteğini severek aktaran ve çalışmalarımda bana yol gösteren yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Şener CERYAN'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmamda yardımlarını benden esirgemeyen hocam Samet BERBER'e teşekkür ederim

Üniversite hayatımdaki yardımlaşmamız sonrasında yüksek lisans tez çalışmamdaki yardım ve desteklerini benden esirgemeyen sevgili meslektaşım arkadaşım olan Esra ARIK SAYGI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her anında yanımda olup maddi manevi desteğini dualarını benden esirgemeyen anneme, babama ve abime çok teşekkür ederim. Hayatımın her alanında yanımda olduğu gibi bu yoğun tez çalışmamda da desteğini yardımını benden esirgemeyen sevgili eşime teşekkür ederim

**Balıkesir, 2021**

**Ceren NERGİZLİOĞLU**

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Çalışmanın Amacı

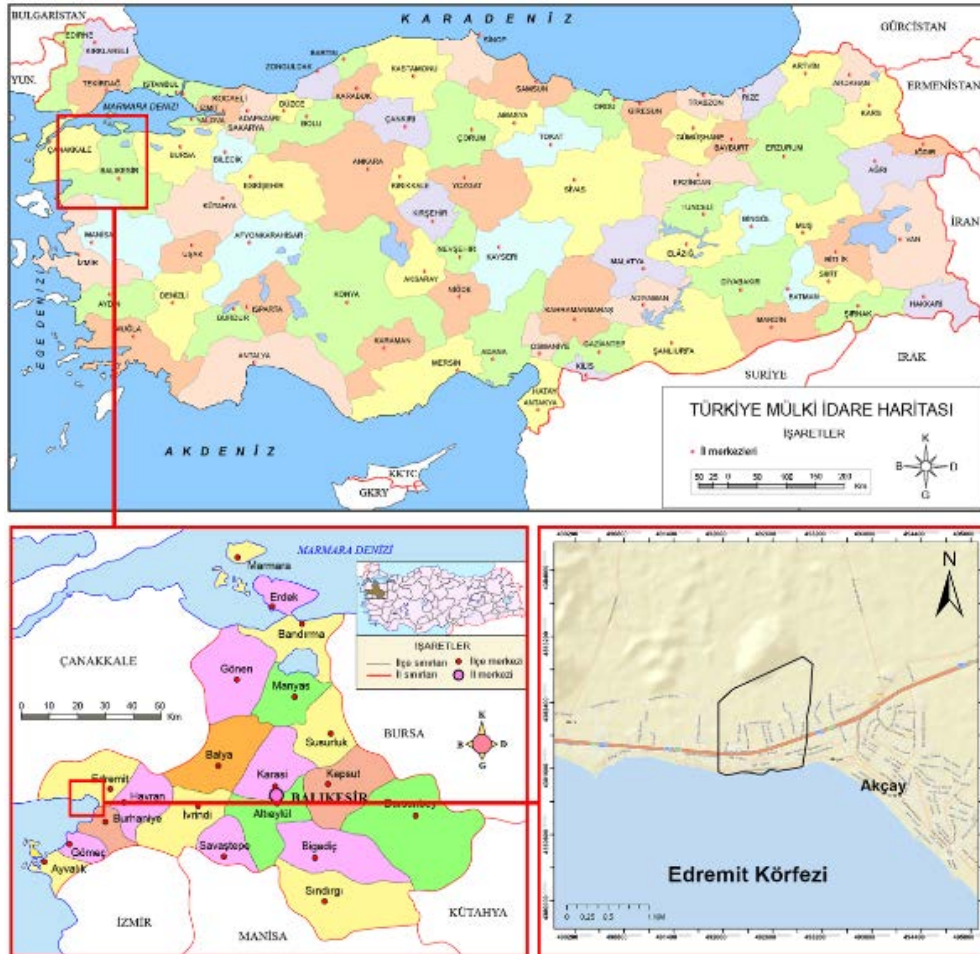
Balıkesir ili Edremit ilçesi Akçay mahallesi yerleşim alanında gözlenen zeminlerin jeoteknik özelliklerinin mekânsal olarak değişimi CBS ile değerlendirilmiştir. Söz konusu inceleme alanında yerleşim yerlerinin planlamasına yön göstermek için mühendislik jeolojisi haritaları oluşturulmuştur.

Bu çalışmada Balıkesir ili Edremit ilçesi Akçay mahallesi ve Akçay mahallesinin batı kısmının genel jeolojisi incelenmiş olup jeofizik çalışmaları değerlendirilmiştir.

## 1.2 İnceleme Alanının Tanıtımı

### 1.2.1 Coğrafi Konumu

Akçay, Edremit'in mahallesi olup Balıkesir iline bağlıdır. Akçay mahallesi Balıkesir'e 95 km uzaklıktadır. Edremit'e ise 14 km uzaklıktadır. Yakınlarındaki yazlık alan olan Burhaniye 23 km, Havran 18 km uzaklıktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Akçay mahallesi yer bulduru haritası.

### **1.2.2 Morfoloji, İklim, Bitki Örtüsü ve Akarsu**

Edremit Körfezi, Marmara bölgesinin güney bölümünde yer almaktadır. Çalışma alanını oluşturan Akçay Mahallesi de Edremit ilçe merkezinin batısında bulunmaktadır. Edremit'in deniz seviyesinden yüksekliği 16-25 metre aralığında değişmektedir. Edremit Körfezi ve Edremit Ovası bir çöküntü sahasıdır ve bölgedeki en yüksek dağ ise 1767 metre ile Kazdağlarıdır.

Edremit körfezi, Akdeniz iklim kuşağında bulunduğundan kış mevsimini ılık ve yağışlı; yaz mevsimini ise sıcak ve kurak olarak geçirmektedir. Bölgedeki en yüksek sıcaklıklar Temmuz ayında görülmekteyken en düşük sıcaklıklar ise Aralık ayında görülmektedir. Bölge en fazla yağışı Aralık ayında alırken en düşük yağış miktarı ise Ağustos ayında saptanmıştır. Edremit körfezi için yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 723 mm olarak hesaplanmıştır ayrıca bölgede kışın nadiren kar yağışı gözlenmektedir.

Edremit körfezi ve civarı Akdeniz iklimi kuşağında bulunduğundan maki bitki örtüsüne sahiptir. İlçe sınırları içerisindeki ormanlık alan yaklaşık 40.000 hektardır. Edremit körfezi az yağış alan bir bölgede bulunduğundan yaz aylarında kurak kış aylarında ise kısmen taşkınlara neden olabilen çay ve dereler bulunmaktadır. Bunlardan bazılarını örnek olarak; Edremit Çayı, Zeytinli Çayı, Kızılkeçili Çayı ve Eybek Deresi gösterilebilir.

### **1.3 Önceki Çalışmalar**

Okay vd. (1990), Kazdağ Masifi'nin kuzeyinde Kazdağ Masifi ile Çetmi melanjı arasında iki km kalınlığında şiddetli milonitleşmiş gnays ve serpantinitten oluşan Alakeçi milonit zonu tanımlamışlar ve Pliyosen ve Kuvaternerde yerel nehir ve göl sedimantasyonu ve az miktarda alkali bazaltik volkanizma meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Keçeli (2012), Sismik hızların, elastisite modüllerinin ve zeminin yapısal özellikleri belirlenmesi projelendirme de yeterli olmadığını belirtmiş, Sismik kayma dalga - empedansı ile yer basıncı ifade edilerek zeminlerin nihai taşıma kapasitesi belirlemiştir. Yazar hız oranı değerlerinin güvenlik faktörü ve yer altı suyu indirgeme faktörü olarak kullanılabilmesi düşünülmüş. Bu çalışmada tekil temel için elde edilen taşıma kapasitesi değerlerinin Brown tarafından verilen değerler ile uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca, Boussinesq denkleminde yararlanılarak yatak katması ve zemin oturması belirlenebilmiş. Sismik hızlarla yapısal jeoloji ve diğer özellikler aydınlatılırken, uygun derecedeki taşıma

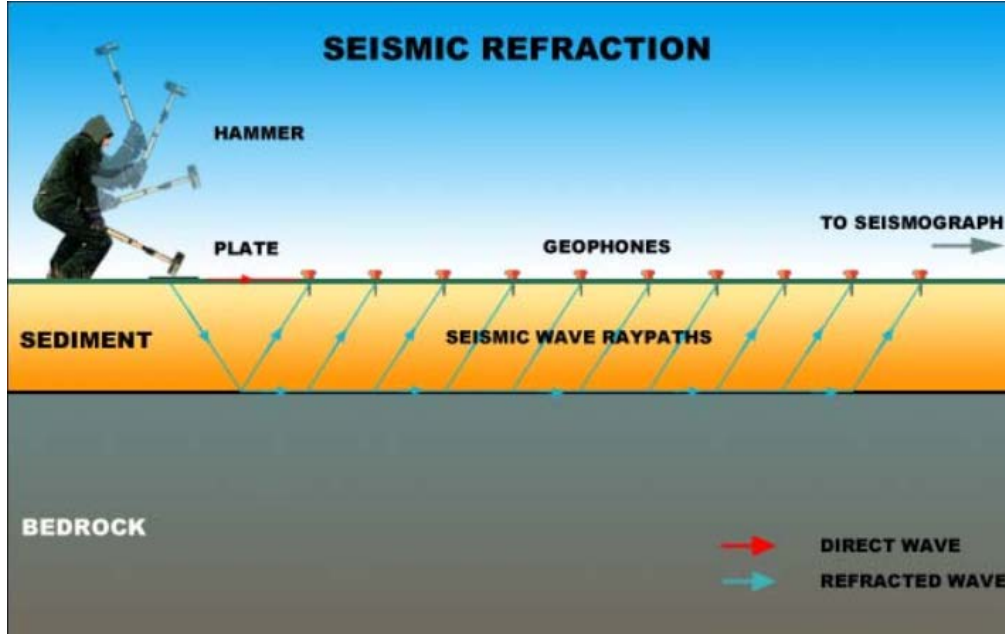
kapasitesi, zemin oturması ve yatak katsayısı değerleri hakkında daha çabuk ve ucuz olarak güvenilir n bilgi elde etmek mümkün olduğu anlaşılmıştır.

Uyanık (2013), yaptığı çalışma klasik taşıma gücü ile sismik hızlar yolundan elde edilen taşıma gücü değerlerini karşılaştırmaktır. Yazar yaptığı karşılaştırmayı pomza ve kil türü zeminlerde uygulayıp pomza türü zeminde taşıma gücü kohezyon ve içsel sürtünme belirlenemediğinden klasik yöntemle hesaplanamayacağını belirtmiştir.

Uyan (2018) Balıkesir ili Karesi ilçesi ve çevresinin genel jeolojisi incelenip deprem tehlike analizini ortaya koymuştur. ona, A, Tufan EA ve Beliceli A tarafından 2000 yılında hazırlanan “Balıkesir Belediyesi 18-02 ve Ayşebacı Mahallesi Jeoloji Jeoteknik Etüd Raporu, Ekim-2000, Balıkesir Üniveritesi, Balıkesir” raporunda verilen sondaj loglarından yararlanan yazar Ayşebacı Mahallesi ve civarındaki zeminlerin mekânsal değişimi değerlendirilip ve sıvılaşma potansiyeli ortaya koymuştur.



Yöntemde, dalgaların alıcılara ulaşması için geçen zaman, jeofonların kaynak ile aralarındaki mesafenin bir fonksiyonu olarak çizilir. Çizilen grafiklerin değerlendirilmesiyle sığ yer altı yapısının özellikleri ortaya konulur.



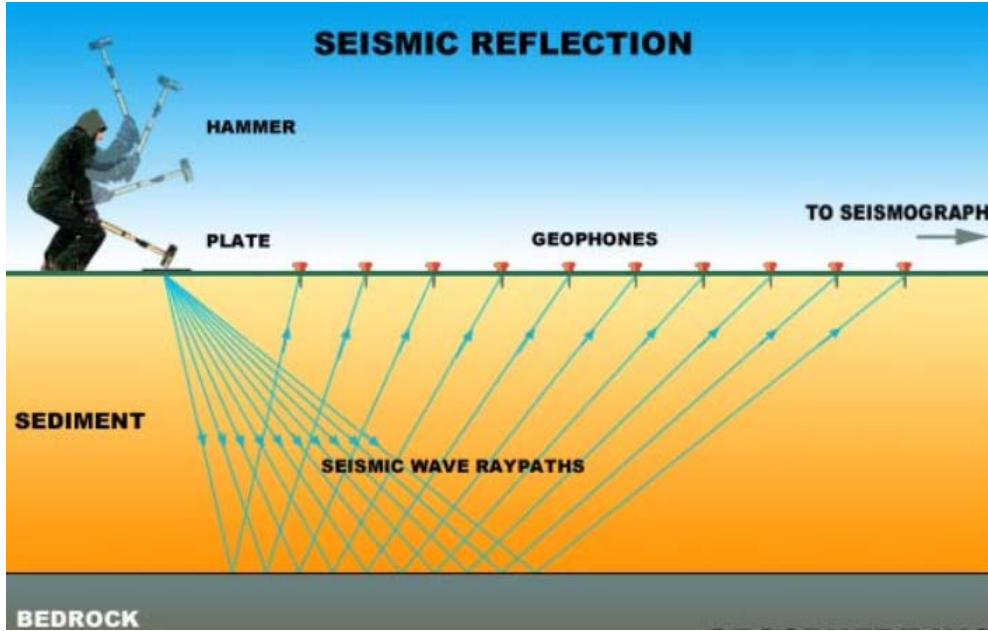
Şekil 2.2: Sismik kırılma yönteminin uygulaması (Telford vd.,1991).

Sismik kırılma yöntemi, temel kaya derinliğinin belirlenmesinde ve yeraltındaki kayaların fiziksel özelliklerinin saptanmasında geniş kapsamda kullanılır. Öte yandan tuz domlarının haritalanmasında da kırılma yönteminin çok yararlı olduğu görülmüştür (Alptekin, 1981; Öztürk, 1993). Pek çok avantajlarına rağmen, kırılma yöntemi petrol aramalarında sismik yansımaya nazaran daha az kullanılır. Bunun en önemli sebebi, büyük ölçekli arazi çalışmaları için büyük oranda patlayıcıya gereksinim duyulması ve yöntemden elde edilebilir yapısal bilgilerin duyarlılığının daha düşük olmasıdır (2002, Şimşek).

### 2.1.2 Sismik Yansıma Yöntemi

Sismik yansıma, ara yüzeylerden yansıyan sismik dalgaların seyahat zamanının ölçülmesini içerir (Şekil 2.3). Yansıyan dalgalar jeofonlarda hiçbir zaman ilk kaydedilen sismik enerji değildir ve üst üste binmiş karmaşık varışlardan ayırt edilmesi gerekir. Veri toplama ve veri analizi sismik kırılma yöntemine göre çok daha uzun sürer ve daha yüksek maliyetlidir. Deniz araştırmalarında kullanımı kırılma sismiğinden daha uygundur. Petrol, doğalgaz, kömür aramalarında, liman, karayolu, baraj gibi büyük yapıların inşası ile ilgili

temel kaya problemlerinin çözümünde, kara ve denizde yerkağu araştırmalarında kullanılmaktadır (Çıvgın, 2019).



Şekil 2.3: Sismik yansıma yönteminin uygulanışı (Telford vd.,1991).

Yansıma sismiğinde gerçek jeolojik kesitlere çok benzeyen sonuçlar elde edilir. Karmaşık görünen sismik kayıt çok çeşitli veri işlem aşamalarından sonra yorumlanır.

## 2.2 Jeofizik verilerin Değerlendirilmesi ve Veri tabanının Oluşturulması

Bu çalışmada kullanılan Akçay Mahallesi (Edremit, Balıkesir) ile ilgili jeofizik verileri (elastik dalga hızı değerleri) ve sondaj logları ile laboratuvar analizleri Balıkesir Büyükşehir Belediyesi tarafından Analiz Mühendislik İnşaat Sondajcılık Madencilik San. Ve Ticaret Ltd. Şirketine yaptırılan ve 2017 yılında tamamlanan “Balıkesir İli Edremit İlçesi 4906.79 Hektarlık Alanın İmar Planına Esas Mikrobölceleme Etüt Raporu”ndan alınmıştır. Balıkesir Üniversitesi Rektörlüğü ve Balıkesir Büyükşehir Belediyesi Başkanlığı tarafında imzalanan protokol gereği bu çalışmada kullanılan veriler söz konusu bu rapordan ücretsiz olarak temin edilmiştir (Tablo 2.1).

**Tablo 2.1:** Akçay Mahallesi Batı kısmı (Edremit, Balıkesir) ile ilgili jeofizik verileri.

| Sismik Serim | Koordinat (m) |         | Tabaka |                |                | Tabaka |                |                | Tabaka |                |                |
|--------------|---------------|---------|--------|----------------|----------------|--------|----------------|----------------|--------|----------------|----------------|
|              | X             | Y       | H      | V <sub>p</sub> | V <sub>s</sub> | H      | V <sub>p</sub> | V <sub>s</sub> | H*     | V <sub>p</sub> | V <sub>s</sub> |
| 1            | 49243         | 4384095 | 3,5    | 398            | 200            | 13     | 735            | 282            | 13,5   | 1807           | 466            |
| 2            | 492356        | 4383650 | 4      | 650            | 226            | 10     | 963            | 274            | 16     | 1177           | 432            |
| 3            | 492289        | 4383383 | 4      | 717            | 278            | 11     | 547            | 239            | 15     | 1745           | 457            |
| 4            | 492747        | 4384336 | 3      | 425            | 215            | 11,5   | 832            | 296            | 15,5   | 1036           | 504            |
| 5            | 492680        | 4384138 | 3      | 366            | 169            | 9,5    | 600            | 235            | 17,5   | 788            | 382            |
| 6            | 492581        | 4383980 | 3      | 614            | 297            | 11     | 850            | 288            | 16     | 967            | 556            |
| 7            | 492629        | 4383657 | 3      | 524            | 236            | 8      | 740            | 302            | 19     | 817            | 434            |
| 8            | 492617        | 4383459 | 2      | 893            | 346            | 5      | 917            | 352            | 23     | 942            | 478            |
| 9            | 492864        | 4384259 | 3      | 523            | 280            | 13     | 818            | 322            | 14     | 966            | 583            |
| 10           | 492806        | 4383994 | 2,5    | 531            | 183            | 5      | 714            | 244            | 22,5   | 754            | 437            |
| 11           | 492776        | 4383683 | 4      | 522            | 289            | 11     | 1070           | 311            | 15     | 1983           | 521            |
| 12           | 492778        | 4383485 | 3,5    | 625            | 355            | 11,5   | 866            | 301            | 15     | 987            | 426            |
| 13           | 493155        | 4384390 | 2      | 603            | 296            | 5,5    | 812            | 310            | 22,5   | 881            | 491            |
| 14           | 492989        | 4384202 | 2,5    | 548            | 280            | 10     | 877            | 293            | 17,5   | 1030           | 478            |

(H: tabaka kalınlığı (m). \*3. Tabaka kalınlığı zemin profili uzunluğu 30 m. olacak şekilde ayarlanmıştır, V<sub>p</sub>: Boyuna dalga hızı m/sn; V<sub>s</sub>: Kayma dalgası hızı m/sn)

### 2.3 Mekansal Analizler ve Enterpolasyon Yöntemi

Bu çalışmada, Akçay Mahallesi Batı kısmı (Edremit, Balıkesir) ile ilgili mühendislik jeolojisi haritaları uygulanırken basit ve temel deterministik enterpolasyon yöntemlerinden biri olan Uzaklığın Tersisi ile Ağırlıklandırma (IDW) yöntemi (Franke and Nielson, 1980), (Isaaks and Srivastava, 1989, Aydın ve Çiçek 2015) uygulanmıştır. Bu yöntemde iki ölçüm noktası arasındaki bağlantının ve benzerliğinin aralarında olan uzaklıkla orantılı olduğu varsayılır. Bu varsayımın sonucu olarak yapılan hesaplamalarda daha fazla etkiye (ağırlığa) sahip olacak ölçüm noktaları bilinmeyen noktalara yakın olan noktalar olacaktır. IDW yönteminde her örnek noktası, değeri tahmin edilecek noktaya olan uzaklığına ters oranda ağırlık değeri almaktadır (Eşitlik 2)

$$Z(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^N W(X_i)Z(X_i)}{\sum_{i=1}^N W(X_i)} \quad (2a)$$

$$W(X_i) = (1/d_i)^P \quad (2b)$$



Bu eşitlikte,  $Z(X_0)$  ölçümün yapılmadığı noktanın tahmin edilen değeri,  $W(X_i)$  i'inci  $Z(X_i)$  konumundaki noktanın ölçüm değeri,  $N$  ölçüm sayısı,  $d$  ölçüm değeri bilinen nokta ile ölçüm değeri tahmin edilmek istenen nokta arasındaki uzaklığı,  $p$  ise üstel güç katsayısını ifade etmektedir. Bu çalışmada  $p=2$  alınmıştır.

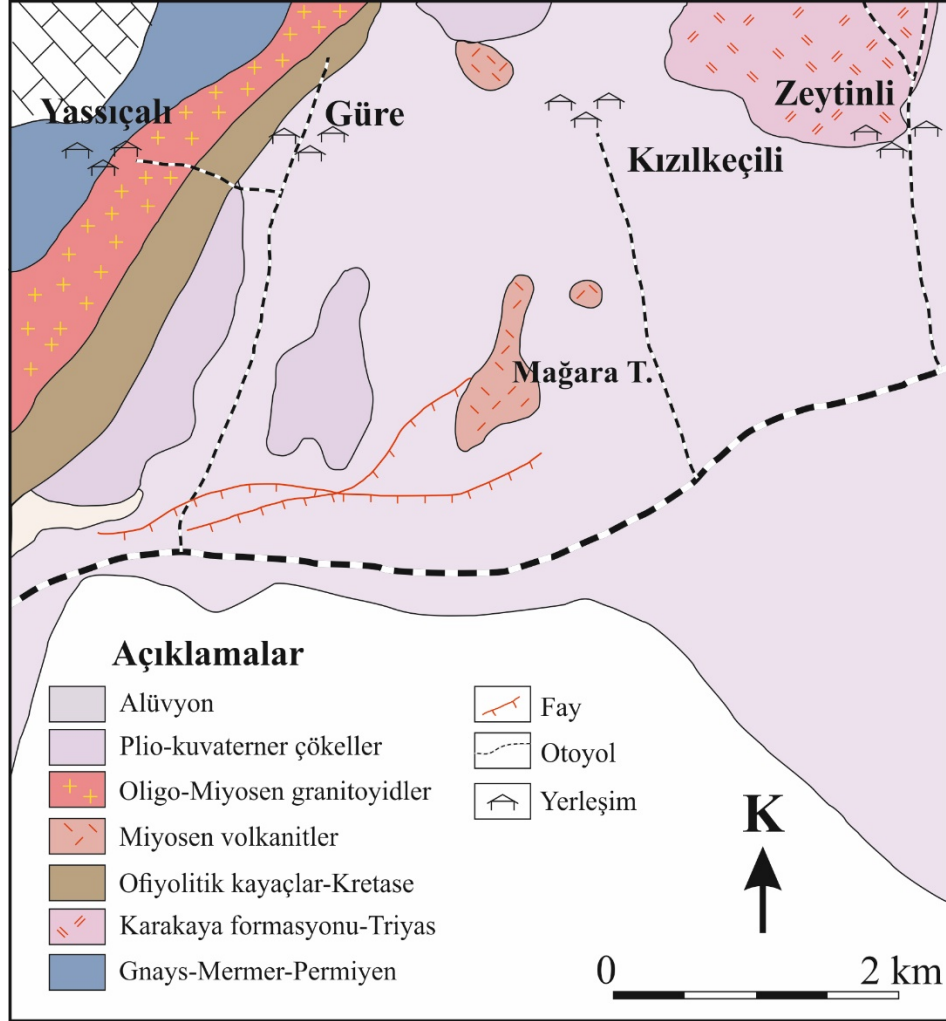
Bu çalışmada veri tabanının oluşturulması, mekansal Analizlerin yapılması ve mühendislik jeolojisi haritalarının üretilmesinde BAUN Mühendislik Fakültesi bilgisayar laboratuvarında lisanslı olarak kurulmuş olan ArcGIS (Ver. 10.2) programından yararlanılmıştır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1 Akçay Mahallesi (Edremit, Balıkesir) Çevresinin Jeolojisi

Çalışma alanında en yaşlıdan gence doğru sırasıyla;

Gnays-Mermer-Permiyen, Karakaya Formasyonu-Triyas, Ofiyolitik Kayaçlar-Kretase, Miyosen Volkanitler, Oligo-Miyosen Granitoyidler, Pliyo-kuvaterner Çökeller, Alüvyon birimleri yüzeylenmektedir.



Şekil 3.1: İnceleme alanı ve yakın çevre jeolojisi (Duru vd.2009).

##### 3.1.1 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 feldspatlı kumtaşı, spilitik bazalt, kuvarsit, silttaşı, radyolarit, çamurtaşı, çakıltası ve diyabaz karmaşığında oluşmaktadır. Birim içerisindeki litolojiler değişik boyutlardaki kireçtaşı olistolit ve olistostromlarından

oluşmaktadır (Duru ve diğ., 2009). Kazdağı formasyonu üzerine tektonik dokanaklı olarak gelmektedir (Şimşek, 2002).

### **3.1.2 Çetmi Melanjı**

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 köklerdeki kayaçların 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 kireçtaşı olistolitlerinden oluşmaktadır (Duru vd. 2009).

### **3.1.3 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 vd. 2009). Çalışma alanındaki yayılımı 36 kilometrekaredir. Altınoluk kıyı çizgisi boyunca doğu-batı uzanım gösterir. Özellikle Altınoluk ve Narlı köylerinde belirgin olarak gözlemlenir. Altınoluk'ta gözlemlenen granodiyoritler arazide bol çatlaklı, eklemlili, kısmen ayrılmış ve açık renklindedir.

### **3.1.4 Hallaçlar Volkaniti (Toh)**

Hallaçlar volkaniti Siyako vd. (1989) tarafından Doyran Volkanitleri olarak isimlendirilmiştir. Dönmez ve diğerleri (2005) tarafından altere andezit, bazaltik andezitik lav ve piroklastiklerden oluşan kayaçlar Hallaçlar Volkaniti olarak tanımlanmıştır. Çoğu mostrası aşırı alterasyona uğramış olan Hallaçlar Volkaniti Biga Yarımadası'ndaki Oligosen volkanitlerini oluşturmuş ve Erken Miyosen'e kadar etkinliğini sürdürmüştür. İçerisinde plajiyoklas, biyotit, klinopiroksen, alkali feldispat, ve opak mineraller başlıca fenokristalleri oluşturmaktadır (Duru ve diğ., 2009).

### **3.1.5 Alüvyon (Qal)**

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

### 3.2 Akçay Mahallesi Batı Kısımının Topoğrafya, Eğim ve Yeraltı Su Derinliği

Yerleşim yerlerinin planlanması, yeniden değerlendirilmesindeki karar süreçlerinde alınan topoğrafik özellikleri (topoğrafik yükseklik, eğim, bakı) en önemli parametrelerden biridir. Örneğin bazı yüksekliği fazla olan binaların düşük kotlara, bazı yüksekliği az olan binalarında yüksek kotlarda yapılması gerekliliği vardır. Öte yandan depremlerde yer sarsıntılarının şiddetinin tepelik alanlardan etkilendiği, sıvılaşmanın düz alanlarda olduğu, yanal yayılmanın az eğimli yamaçlarda gelişebileceği bilinmektedir. Yol yapımı, tünel inşaatı veya köprülü geçit gibi ulaşım yapılarının planlanmasında da topoğrafik özellikler etkilidir. Topoğrafik eğim arazinin jeolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik özellikleri ile birlikte şev duraylılığını kontrol etmekte, taşıma gücü hesaplamalarında da dikkate alınan parametrelerdendir.

Arazinin eğimine göre sınıflandırılmasında bir standart henüz yoktur, ancak Tablo 3.1’de verilen sınıflandırma uygulamada sıklıkla kullanılmaktadır. İmar planlarında, arazinin kullanım şekline karar verilirken kullanılacak kritik yamaç eğimleri için Tablo 3.2 kullanılması önerilmektedir (Cooke ve Doornkamp 1990).

**Tablo 3.1:** Arazinin eğime göre sınıflandırılması (Karakuş, 2009)

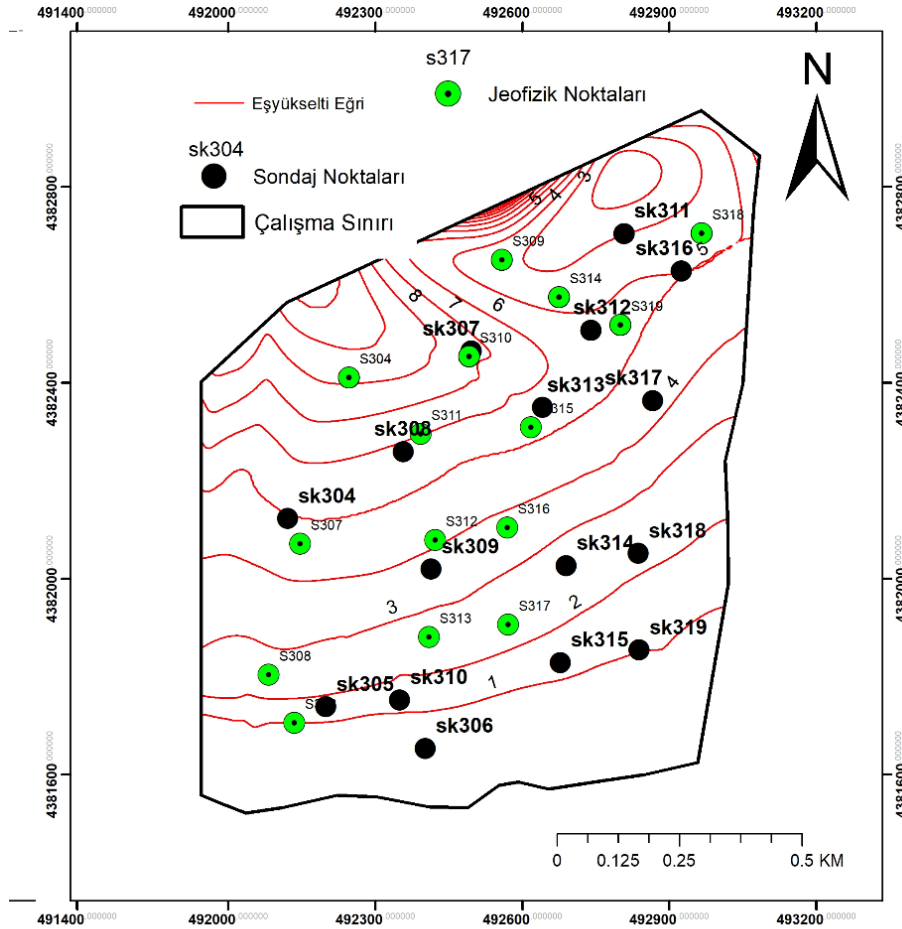
| Eğim (%) | Eğim Kategorisi           |
|----------|---------------------------|
| 1-10     | Diizliik-dalgali diizliik |
| 10-20    | Az egimli-egimli yamac    |
| 20-30    | Dik yamac                 |
| >30      | Cok dik yamac             |

**Tablo 3.2:** Yerleşimdeki faaliyet türüne göre kullanılacak kritik eğimler (Cooke ve Doornkamp 1990).

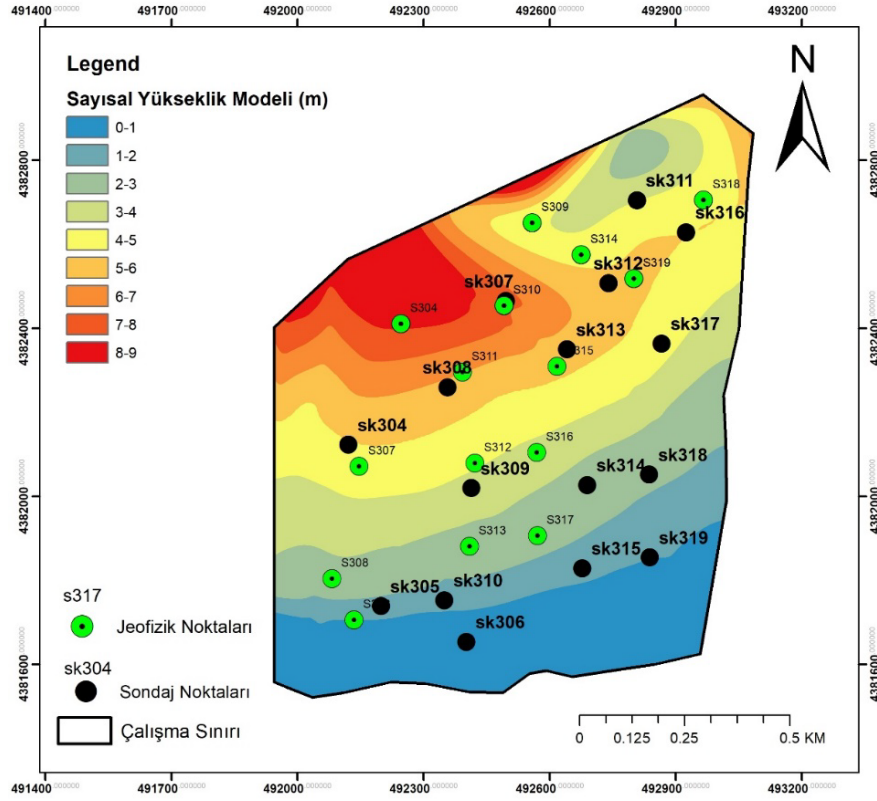
| Eğim | Faaliyet Türü   |
|------|---|
| %1   | Uluslar arasi havaalam  |
| %2   | Ana ulaşım yollari ve demiryollan; luz simrlamali agir araclar, yerel havaalanlan |
| %4   | Shirlerarasi yollar,sehir igi ana yollar  |
| %5   | Tanmsal mekanizasyon (ekme, bi9me), yerlesim alanlan                              |
| %8   | Kentlesme; kentsel yollar,kamp ve piknik alanlan                                  |
| %9   | Demiryolu için azami egim   |
| %10  | Agir tanm makineleri, biyyuk o^ekli endustriyel faaliyetler                       |
| %15  | Standart tekerlekli traktorler  |
| %20  | Toplu konut alanlan   |

Kumlu siltli kumlu zeminlerde zemin sıvılaşması ve zemin oturması olayını en çok etkileyen bir parametrede yeraltısuyunun varlığı olduğu bilinmektedir. Killi zeminlerde yeraltısuyu zeminin kıvamını, hacmini değiştirmekte olup yapıların temellerindeki deformasyonu etkiler. Ayrıca, zeminde bulunan yeraltısuyu seviyesi yüksek olduğuunda mevcut yapıların temelleri ile devamlı temasta bulunması binanın temelinde korozyon vb. etkilerinde oluşturarak hiçbir afet oluşumuna gerek duymadan yapıyı kullanılmaz hale getirebilir.

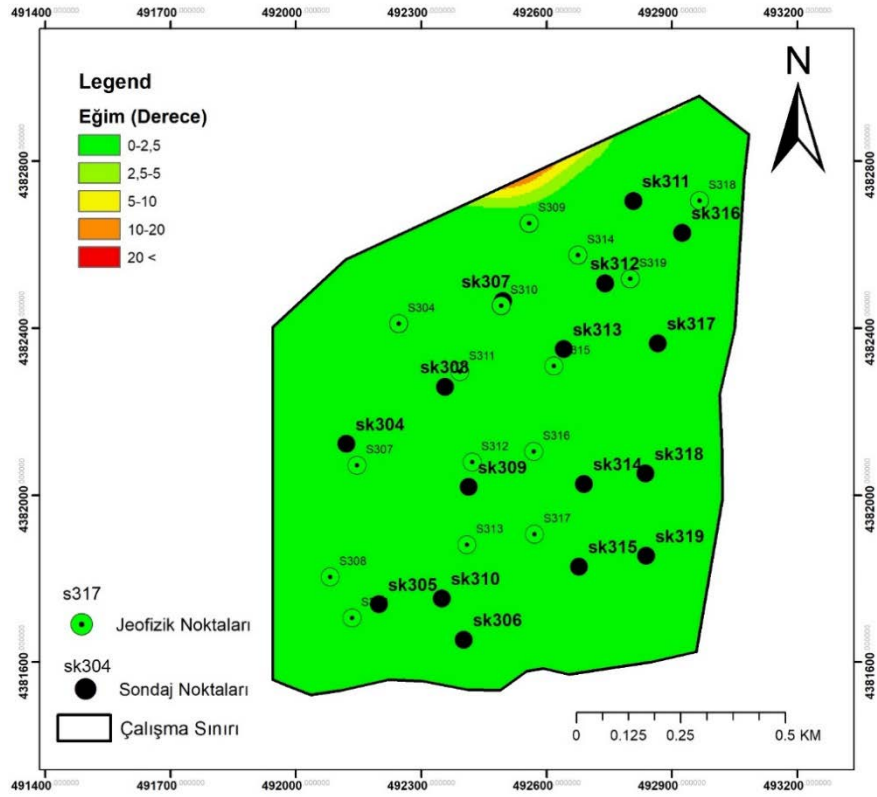
Topoğrafik yükselti, eğim ve yeratisuyunun bahsedilen etkileri dikkate alınarak, Akçay Mahallesi Batı kısmının topoğrafik yükseklik haritası, Sayısal arazi Modeli, eğim haritası ve yeraltı suyu derinliği haritaları oluşturulmuştur (şekiller 3.2-3.5). Çalışma alanında arazi genelde düz olduğundan baki haritasının oluşturulması anlamlı olmayacağı açıktır.



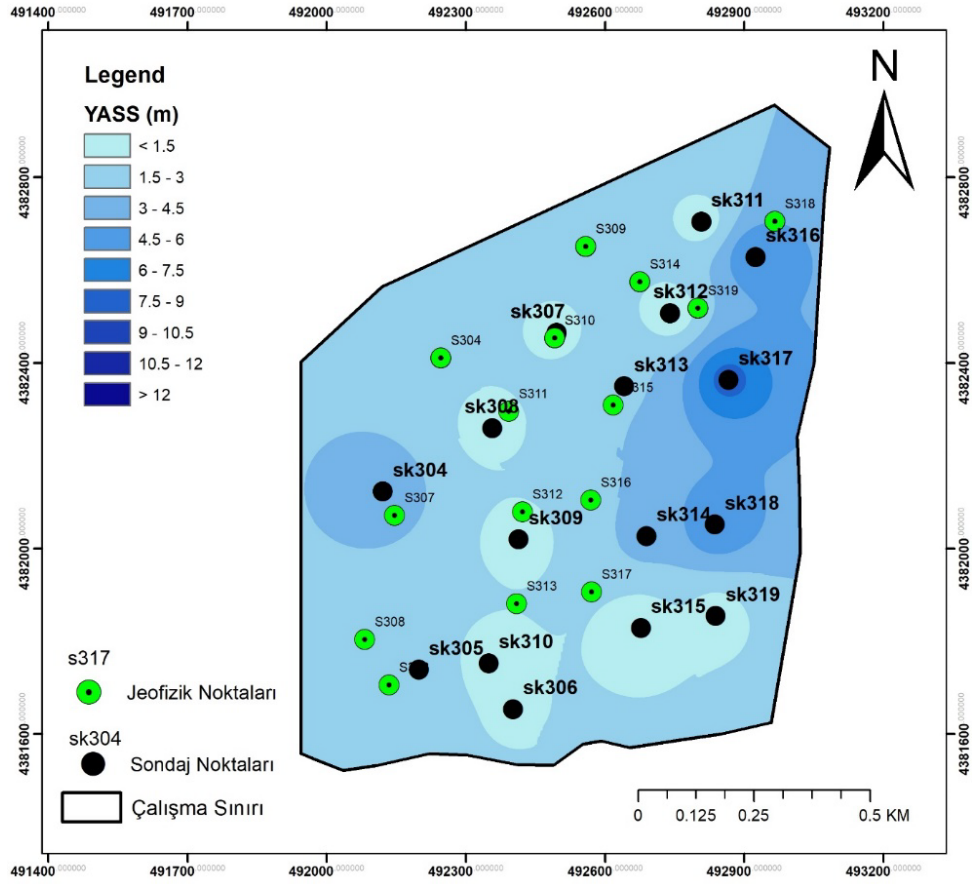
şekil 3.2: Akçay Mahallesi batı kısmının topoğrafik haritası.



Şekil 3.3: Akçay Mahallesi batı kısmının sayısal yükseklik modeli.



Şekil 3.4: Akçay Mahallesi batı kısmının eğim haritası.



**Şekil 3.5:** Akçay Mahallesi batı kısmında yeraltısuyu derinliğinin mekânsal değişim.

Akçay Mahallesi batı kısmında yükseklikler güneyde Edremit Körfezi kıyısından güneye doğru düzenli olarak artmakta ve 11 m'ye erişmektedir. İnceleme alanının yaklaşık %98'inde eğim 3 dereceden küçüktür. Arazinin düz olması nedeniyle bakı haritası yapmak anlamlı görülmemiştir.

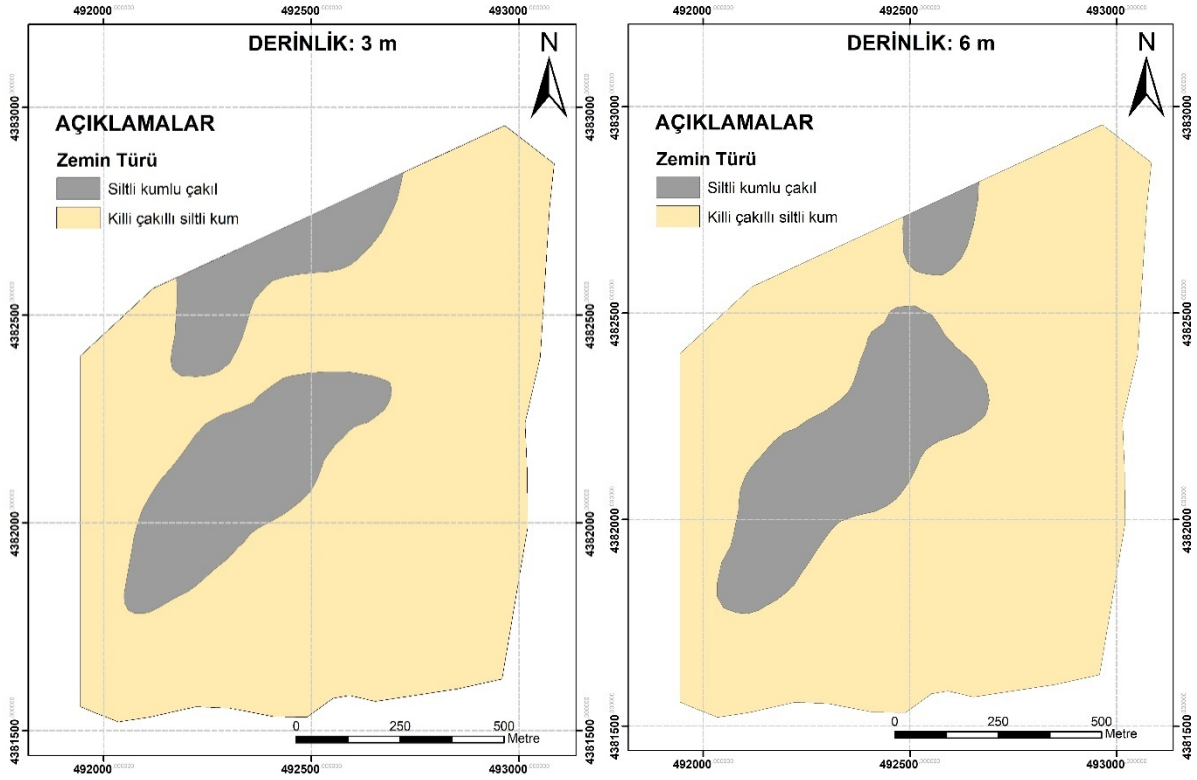
İnceleme alanında yeraltısı derinliği 1.5 m'den 13 m'ye kadar değişmekte olup inceleme alanının doğu-kuzey doğu kısmında yeraltısuyu derinliği 6-12m arasında iken geri kalan alanlarda genellikle 1.5-6 m arasındadır. YAS derinliği inceleme alanının %12'inde 1.5 m den küçük, % 48'inde 1.5-3 m arasında, % 10'unda 3-4.5 m arasında, % 13'inde 4.5-6 m arasında ve % 12'inde 6-9 m arasındadır.

### 3.3 Akçay Mahallesi Batı Kısımındaki Zeminin Jeoteknik Özellikleri

#### 3.3.1 Yerel zemin Türü ve Zemin Sınıfı

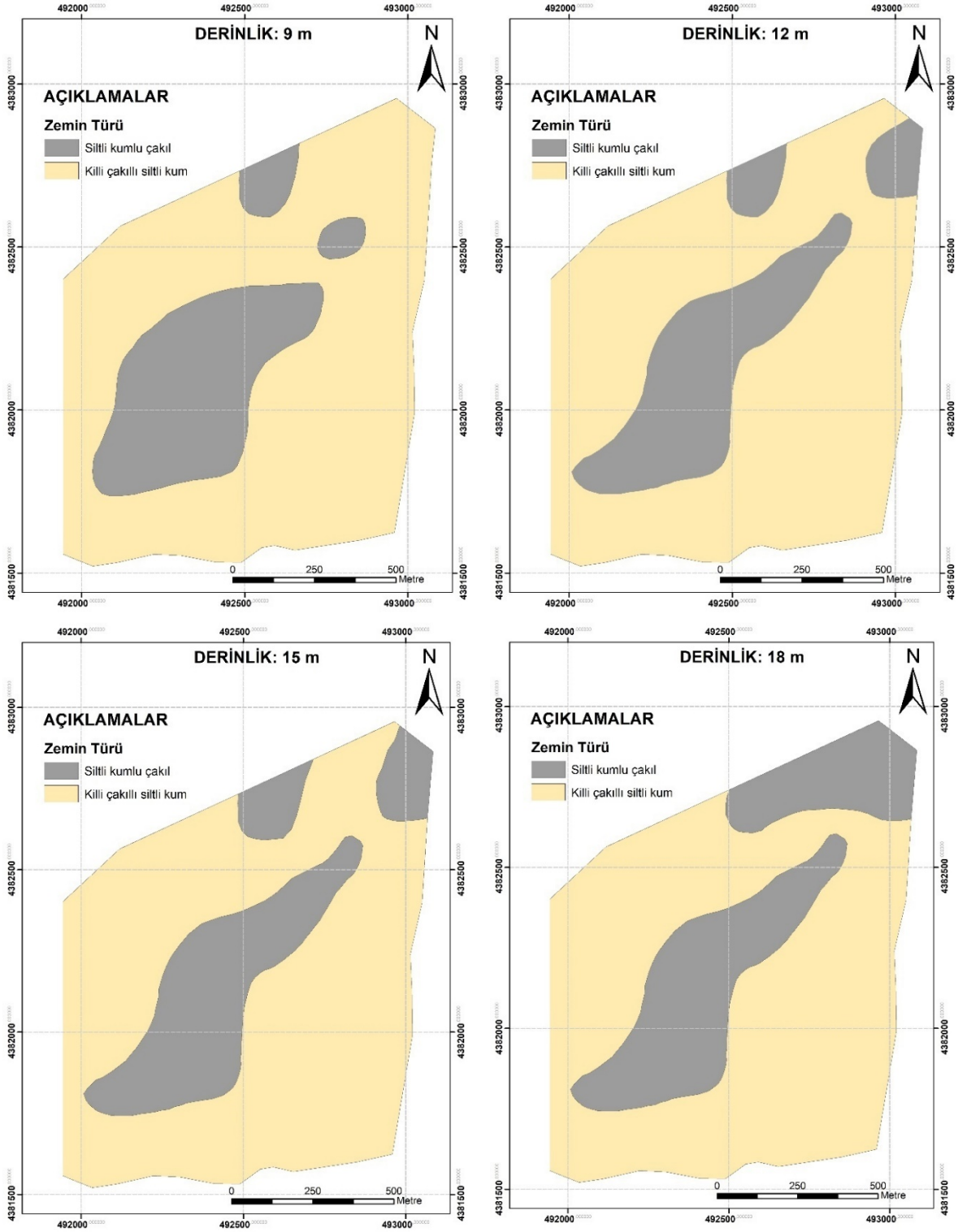
İnceleme alanında açılan sondajlardan alınan örneklerden yapılan elek analizi sonuçlarından yararlanılarak 3, 6, 9, 12, 15 ve 18 metre için yerel zemin türü değişim haritaları üretilmiştir. Bölgede iki tür zemin türü tespit edilmiş olup bunlar siltli kumlu

çakıl türü bir zemin ve killi çakıllı siltli kumlu bir zemindir. Üretilen haritalar incelendiğinde 3 metre derinlikteki zemin türü haritasında bölgenin yaklaşık %79,3'ünü sarı renkle sembolize edilmiş killi çakıllı siltli kum oluştururken geriye kalan %20,7'lik kısmı ise siltli kumlu çakıl türü zemin oluşturmaktadır. 6 metre derinlik için üretilen zemin türü haritasını incelediğimizde; alanın %81,3'ünü killi çakıllı siltli kum oluştururken geriye kalan %18,7'lik kısmı ise siltli kumlu çakıl türü zemin oluşturmaktadır. 9 metre derinlik için oluşturulan zemin türü haritasında toplam alanın %75,4'ünü killi çakıllı siltli kum oluştururken kalan %24,6'sını ise siltli kumlu çakıl kaplamaktadır.



**Şekil 3.6:** Akçay Mahallesi batı kısmında farklı derinliklerde zemin türünün mekansal dağılımı.





**Şekil 3.7:** Akçay Mahallesi batı kısmında farklı derinliklerde zemin türünün mekansal dağılımı.

12 metre ve 15 metre derinlikleri için üretilen zemin türü haritalarında benzer bir durum söz konusudur. Toplam alanın %75,3'ünde killi çakıllı siltli kum gözlenirken %24,7'sinde ise siltli kumlu çakıl türü bir zemin gözlenmektedir. 18 metre derinlik için üretilen zemin

türü haritasında ise siltli kumlu çakıl türü zeminin alan olarak artarak toplam alanın %28,5'ini oluşturduğu, killi çakıllı siltli kum türü zeminin ise kalan %71,5'lik alanı oluşturduğu belirlenmiştir.

01.03.2018 tarihinde yayınlanan ve 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY) zemin sınıflandırma kriterleri ve yerel zemin sınıfları verilmektedir (Tablo 3.3).

**Tablo 3.3:** Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)'n göre zemin sınıflandırma tablosu.

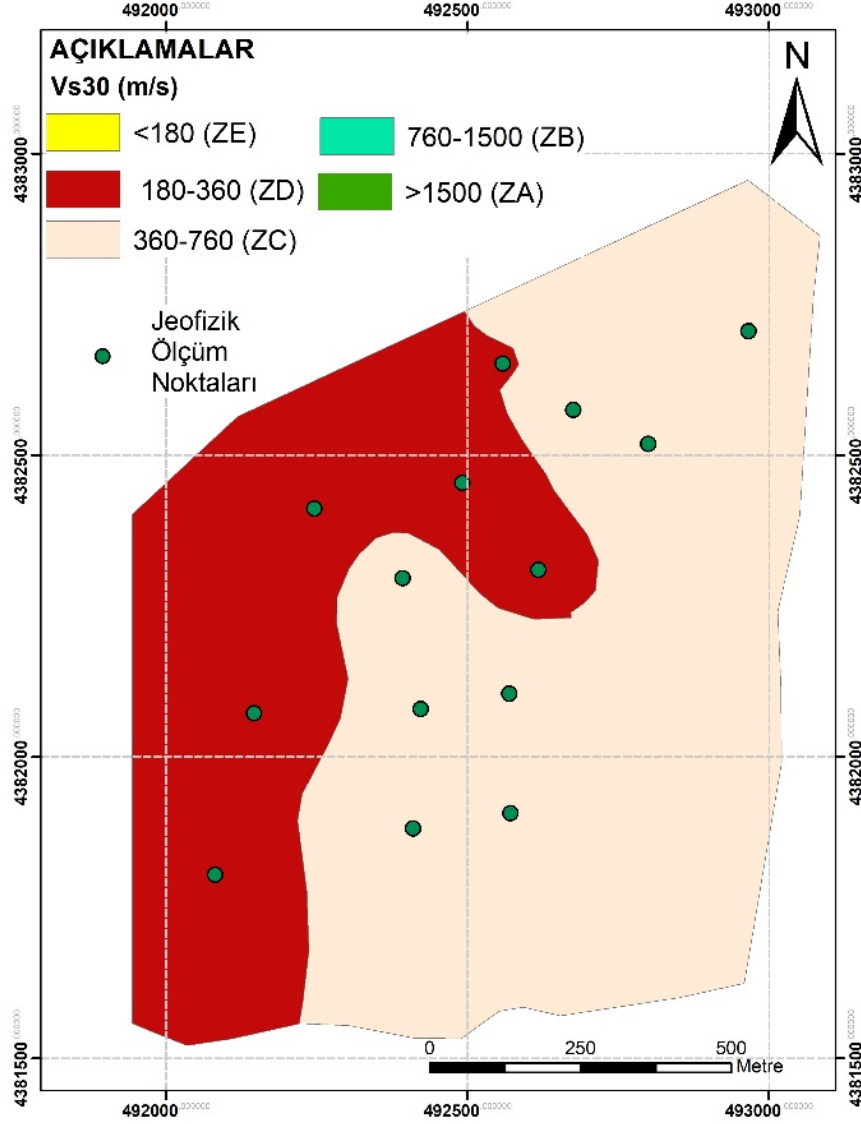
| Yerel Zemin Sınıfı | Zemin Cinsi   | Üst 30 m. ortalama |                 |              |
|--------------------|---|--------------------|-----------------|--------------|
|                    |   | $(V_s)_{30}$       | $(N_{60})_{30}$ | $(C_u)_{30}$ |
| ZA                 | Sağlam, sert kayalar  | > 1500             | -               | -            |
| ZB                 | Az ayrıışmış, orta sağlam kayalar   | 760 – 1500         | -               | -            |
| ZC                 | Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar   | 360 – 760          | > 50            | > 250        |
| ZD                 | Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları  | 180 – 360          | 15 – 50         | 70 – 250     |
| ZE                 | Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller  | < 180              | < 15            | < 70         |
| ZF                 | Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşıabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) killer, 4) Çok kalın ( $> 35$ m) yumuşak veya orta katı killer. |                    |                 |              |

Çalışma alanındaki yerel zemin sınıflarını tanımlarken 30 m. derinliğe kadar zemin profilinin ortalama S-dalga hızı ( $(V_s)_{30}$ ) değeri esas alınmıştır.  $(V_s)_{30}$  değeri aşağıdaki eşitlikten bulunmuştur (Eşitlik 1)

$$(V_s)_{30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}} \quad (1)$$

Eşitlikte,  $V_{si}$ : i'inci tabakada ölçülen S-dalgası hızı,  $h_i$ : i'inci tabakanın kalınlığıdır.

$(V_s)_{30}$  değeri dikkate alarak yapılan tanımlama dikkate alındığında, inceleme alanın %64.1'inde “ZD” sınıfı zeminler (Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları), %35.9'unda “ZC” sınıfı zeminler (Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları) yayılım göstermektedir (Şekil 3.8).



**Şekil 3.8:** Akçay Mahallesi batı kısmında yerel zemin sınıfları.

### 3.3.2 Göreceli Sıklık

Arazi deneyi olarak en sık kullanılan penetrasyon deney yöntemlerinden biri olan Standart Penetrasyon deneyi (SPT), kumlu zeminlerin göreceli sıklığa göre killerde de kıvrımlarına göre sınıflandırmada (Tablo 3.4), kumlu zeminlerine içsel sürtünme açılarının tahmininde, kayma dayanımının belirlenmesi sığ ve derin temellerin taşıma güçlerinin tahmininde, zemin sıvılaşma analizlerinde bir çok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır Terzaghi ve Peck, 1967; Muromachi vde Bieganousky,, 1977; Youd vd.2001). SPT deneyinde ince cidarlı numune alma kaşığı sondaj kuyusunun tabanına, 760 mm yükseklikten serbest düşen 63.5 kg ağırlığında bir tokmak tarafından çakılır. Numune alıcının ilk 15cm'lik penetrasyonu için gerekli (tokmak) vuruş sayısı, örselenme nedeniyle hesaba katılmazken, sonraki 30 cm penetrasyonu için gerekli vuruş sayısı kayıt edilir.

**Tablo 3.4:** SPT-N değeri ile kumlarda göreceli sıklık arasındaki ilişki (Sivrikaya ve Toğrol 2007).

| Sınıflama  | (Terzaghi ve Peck 1967)       | Göreceli Sıklık $D_{tr}$ (%) |                            |  |                                      |
|------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|--|--------------------------------------|
|            | (1: $N_{60}$ , 2: $N_{160}$ ) | 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                               |

**Tablo 3.5:** SPT-N ile kumun içsel sürtünme açısı arasındaki ilişkiler (Sivrikaya ve Toğrol 2007).

| 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   | $\phi' = (15N_{60})^{0.5} + 15 > 45$<br>( $N > 5$ ) | Japan Road                |
| Kumlu   | $\phi' = (20N_{1/60})^{0.5} + 20$                   | Hatanaka ve Uchida (1996) |

İnceleme alanındaki zeminlerde arazide son 30 cm için elde edilen SPT-N değerleri Youd vd. (2001)'de verilen bağıntı ile (Eşitlikler 4 ve 5) düzeltilerek ( $N$ )<sub>60</sub> değeri ve bu değerde üst tabaka yükü düzeltme katsayısı ile düzeltilerek ( $N$ )<sub>160</sub> değerleri hesaplanmıştır. ( $N$ )<sub>60</sub>'ın belirlenmesi için kullanılan düzeltme katsayılarının seçimi Tablo 3.6'da verilmiştir.

$$(N)_{60} = SPT - N(C_E C_B C_R C_S) \quad (2)$$

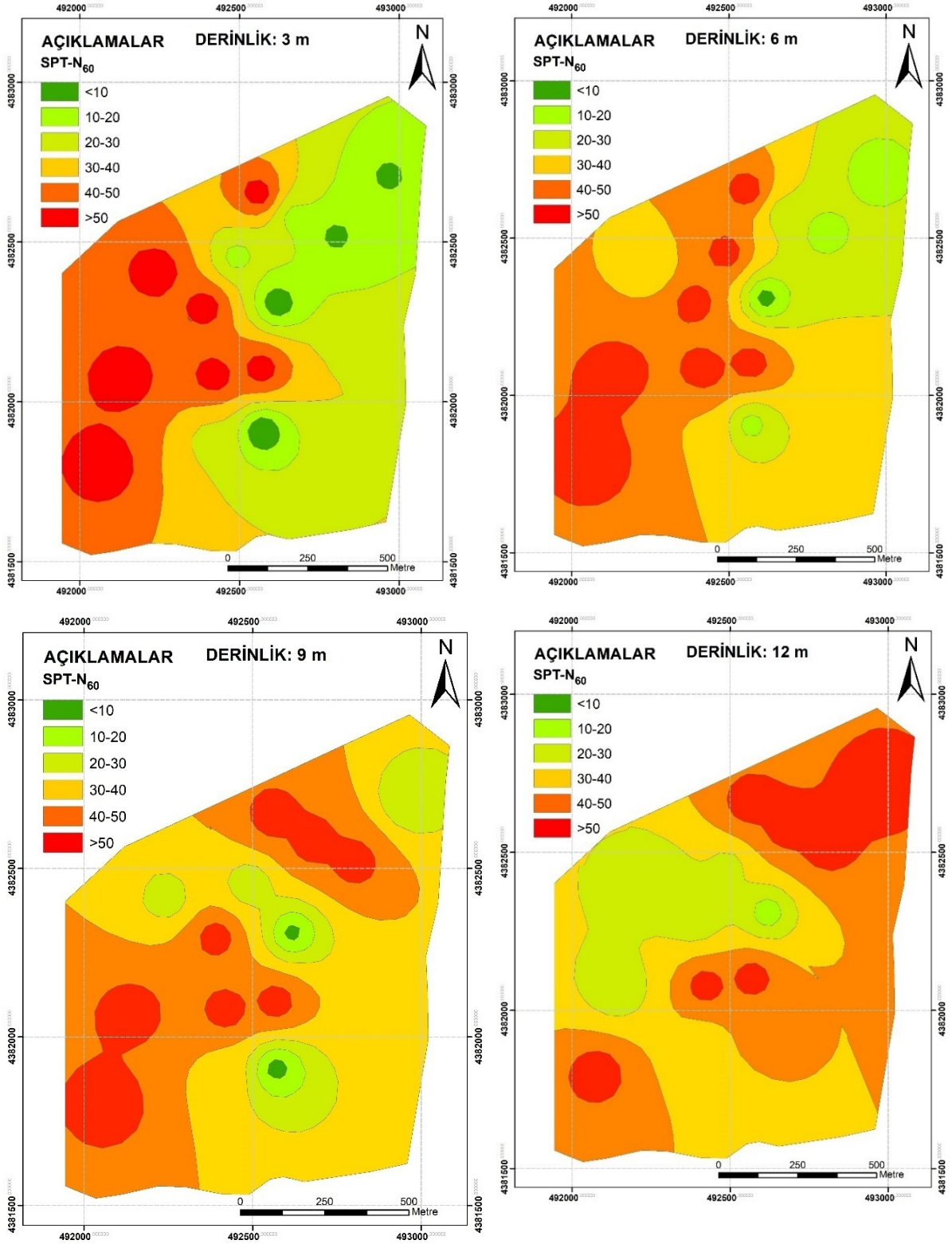
Yukarıdaki eşitliklerde, SPT-N : Son 30 cm SPT değeri,  $C_N$  : yük düzeltme katsayısı,  $C_E$  : Enerji oranı düzeltme sayısı,  $C_B$  : Kuyu çap düzeltme sayısı,  $C_R$  : Tij boyu düzeltme katsayısı ve  $C_S$  : Numune örnekleme düzeltme sayısı.

**Tablo 3.6:** (N)<sub>60</sub>'ın belirlenmesi için kullanılan düzeltme katsayılarının seçimi (Youd vd., 2001).

| Faktör       | Ekipman Değişkeni                 | Sembol         | Düzeltilme       |
|--------------|-----------------------------------|----------------|------------------|
| Enerji Oranı | 1-Donut Türü Çekiç                | C <sub>E</sub> | <u>0.5 - 1.0</u> |
|              | 2-Safety Türü Çekiç               |                | <u>0.7 - 1.2</u> |
|              | 3-Automatic-Trip Donut-Türü Çekiç |                | <u>0.8 - 1.3</u> |
| Kuyu Çapı    | 1-65 mm ile 115 mm                | C <sub>B</sub> | 1.00             |
|              | 2-150 mm                          |                | 1.05             |
|              | 3-200 mm                          |                | 1.15             |
| Tij Uzunluğu | 1-3m ile 4m                       | C <sub>R</sub> | 0.75             |
|              | 2-4m ile 6m                       |                | 0.85             |
|              | 3-6m ile 10m                      |                | 0.95             |
|              | 4-10m ile 30m                     |                | 1.00             |
|              | 5- >30m                           |                | >1.00            |

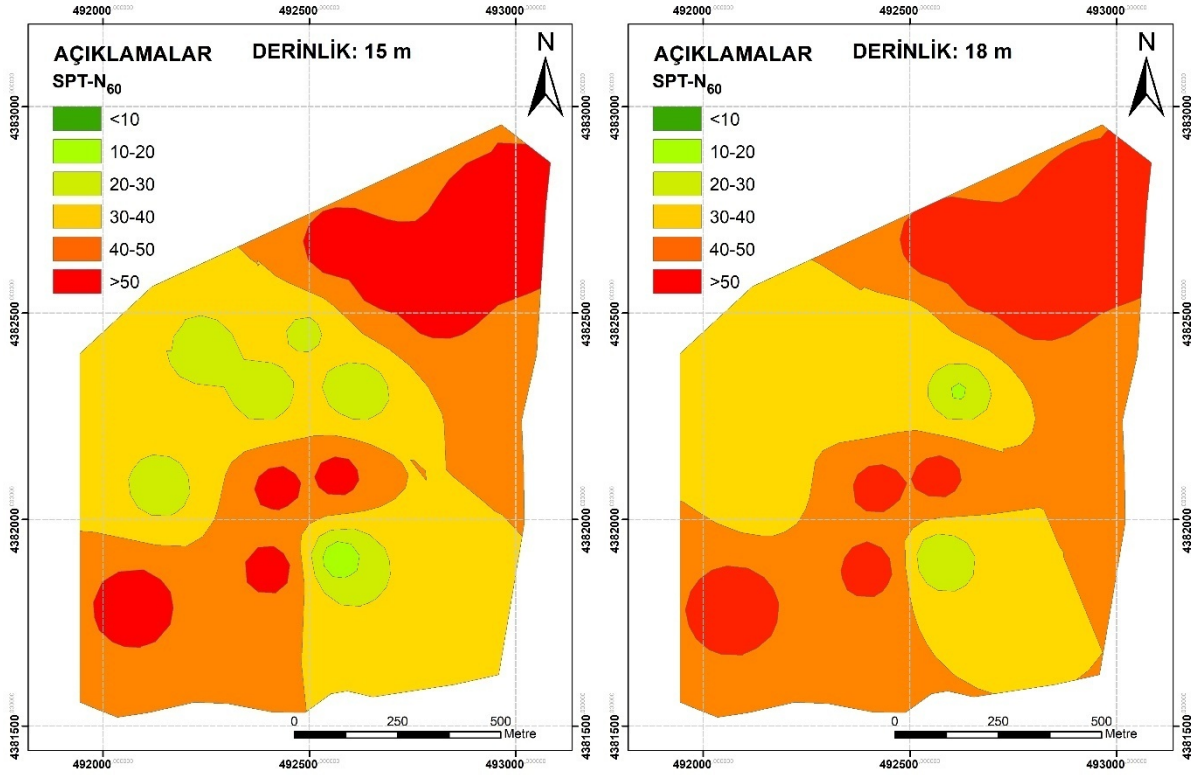
İnceleme alanındaki sondaj kuyularında farklı derinlikte; 3, 6, 9, 12, 15 ve 18 metre derinlikte ölçülen SPT-N<sub>60</sub> değerlerinin değişimi veren haritalar üretilmiştir. Aynı zamanda bu haritalar zeminin göreceli sıklığı yanında taşıma gücü ve sıvılaşma hakkında da tahmin yürütmeyi sağlamaktadır.

SPT-N<sub>60</sub> değerlerinin farklı derinlikteki değişimini veren haritalar incelendiğinde; 3 metre derinlikte yapılan deneylerde çalışma alanının %47'lik bir kısmı için 10-30 aralığındaki SPT-N<sub>60</sub> değerleri hesaplanmıştır bu da Terzaghi ve Peck 1967 sınıflamasına göre orta sıkı zemin tanımına uymaktadır. 30-50 aralığındaki SPT-N<sub>60</sub> değerleri ise sıkı zemin tanımına uymakta ve inceleme alanın yaklaşık %42'sinde gözükmemektedir. 10'dan küçük SPT-N<sub>60</sub> değerine karşılık gelen gevşek zemin ise 3 metre derinlik için çalışma alanının yaklaşık %2'lik bir bölümüne karşılık gelmektedir.



**Şekil 3.9:** Akçay Mahallesi batı kısmında farklı derinliklerde düzeltilmiş SPT N değerlerinin dağılımı.





**Şekil 3.9:** Devam ediyor

6 metre derinlik için üretilen SPT-N<sub>60</sub> haritası incelendiğinde yaklaşık olarak %23'lik bir kısmı için 10-30 aralığındaki SPT-N<sub>60</sub> değerleri hesaplanmıştır bu da orta sıkı zemin tanımına uymaktadır. 30-50 aralığındaki SPT-N<sub>60</sub> değerleri ise sıkı zemin tanımına uymakta ve 6 metre derinlik haritasının %64'ünü oluşturmaktadır. 50'den büyük SPT-N<sub>60</sub> değerine karşılık gelen çok sıkı zemin ise 6 metre derinlik için çalışma alanının yaklaşık %13'lük bir bölümüne karşılık gelmektedir. 9 metre derinlik için SPT-N<sub>60</sub> haritasını değerlendirdiğimizde 10-30 aralığındaki değerlerin yani orta sıkı zeminlerin çalışma alanının yaklaşık %13'üne karşılık geldiği gözükmektedir. 30-50 aralığındaki SPT-N<sub>60</sub> değerleri ise sıkı zemin tanımına uymakta ve 9 metre derinlik haritasının %75'ini oluşturmaktadır. 50'den büyük SPT-N<sub>60</sub> değerine karşılık gelen çok sıkı zemin ise 9 metre derinlik için yaklaşık %12'lik bir bölümüne karşılık gelmektedir. 12 metre derinlik için üretilen SPT-N<sub>60</sub> haritasını değerlendirdiğimizde; %18'lik bir kısmı için 10-30 aralığındaki SPT-N<sub>60</sub> değerleri hesaplanmıştır bu da Terzaghi ve Peck 1967 sınıflamasına göre orta sıkı zemin tanımına uymaktadır. 30-50 aralığındaki SPT-N<sub>60</sub> değerleri ise sıkı zemin tanımına uymakta ve inceleme alanın yaklaşık %67'sinde gözükmektedir. 50'den büyük SPT-N<sub>60</sub> değerine karşılık gelen çok sıkı zeminler ise 12 metre derinlik için çalışma alanının yaklaşık %15'lik bir bölümüne karşılık gelmektedir.

15 metre derinlik için üretilen SPT-N<sub>60</sub> haritası incelendiğinde yaklaşık olarak %9'luk bir kısmı için 10-30 aralığındaki SPT-N<sub>60</sub> değerleri hesaplanmıştır bu da orta sıkı zemin tanımına uymaktadır. 30-50 aralığındaki SPT-N<sub>60</sub> değerleri ise sıkı zemin tanımına uymakta ve 15 metre derinlik haritasının %74'ünü oluşturmaktadır. 50'den büyük SPT-N<sub>60</sub> değerine karşılık gelen çok sıkı zemin ise 15 metre derinlik için çalışma alanının yaklaşık %17,5'lik bir bölümüne karşılık gelmektedir. Son olarak 18 metre derinlik için üretilen SPT-N<sub>60</sub> haritasına baktığımızda 10-30 aralığındaki değerlerin yani orta sıkı zeminlerin çalışma alanının yaklaşık %2,5'ine karşılık geldiği gözükmektedir. 30-50 aralığındaki SPT-N<sub>60</sub> değerleri ise sıkı zemin tanımına uymakta ve 18 metre derinlik için alanın yaklaşık %77'sini oluşturmaktadır. 50'den büyük SPT-N<sub>60</sub> değerine karşılık gelen çok sıkı zemin ise 18 metre derinlik için alanının yaklaşık %21'lik bir bölümüne karşılık gelmektedir.

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

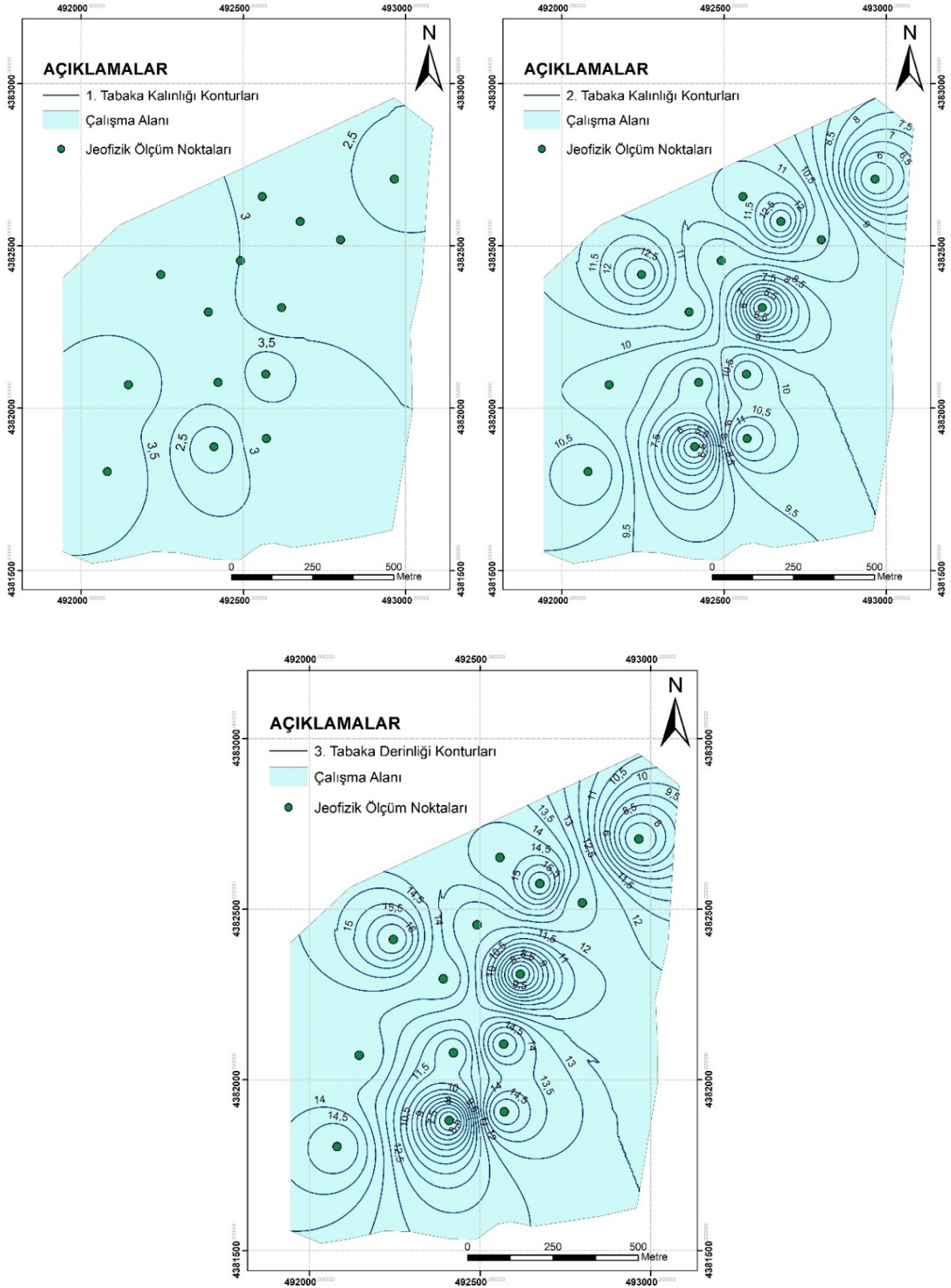
Deprem etkilerinin tahmininde, yerleşim alanlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesinde gerekli olan zemine ait tasarım parametrelerinin bulunmasında gerekli dinamik zemin parametreleri arazide yapılan jeofiziksel yöntemlerle (bu çalışmada ise sismik kırılma yöntemiyle) elde edilen elastik dalga hızları (boyuna dalga hızı ve kayma dalga hızı) ile bu hızların oranlarından yararlanılarak tahmin edilmektedir. Bu çalışmada elde edilen elastik dalga hızlarının farklı zemin türlerine ait elastik dalga hızları ile karşılaştırılması için Tablo 3.7'den yararlanılabilir.

**Tablo 3.7:** Kaya ve zeminler için sismik dalga hızları (Keçeli. 1990).

| Zemin veya kayaç | Boyuna dalga hızı<br>Vp (m/sn) (Gevşek-Sıkı) | Kayma dalgası hızı<br>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 Çakılı   | 400-1900                                     | 100-430                                       |
| Sel Çakılı       | 900-2200                                     | 250-600                                       |
| Çakıl, kuru kum  | 500-1000                                     | 250-300                                       |
| Alüvyon Kumu     | -  | 171   |

Balıkesir Büyükşehir Belediyesi tarafından e Analiz LTD Şirketi'ne yaptırılan 2017'de bitirilen çalışmada verilen Elastik dalga hızları esas alınarak inceleme alanındaki zeminlerde farklı elastik dalga hızlarına sahip üç zemin tabakası tanımlanmıştır.





**Şekil 3.10:** Elastik dalga hızına göre ayrılmış 1. ve 2. Zemin tabakalarının kalınlıkları ve 3. Tabakanın derinliği.

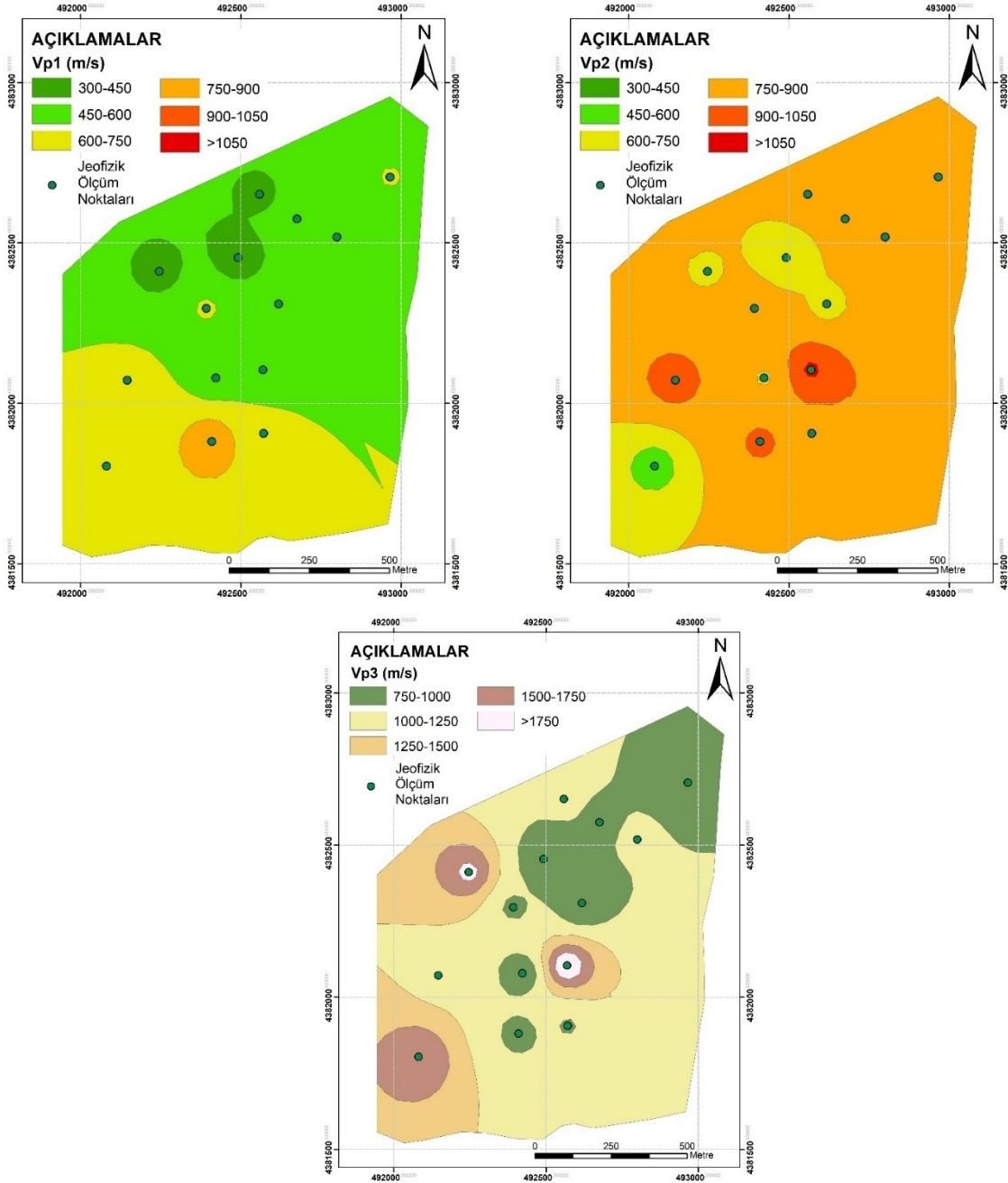
Bu, farklı elastik dalga hızlarına sahip tabakalar yüzeyden derine doğru; en üstteki 1. Tabaka en alttaki 3. Tabaka olarak adlandırılmıştır. Boyuna dalga hızı, genellikle, ( $V_p$ ) 1. Tabakada 450 -600 m/s, 2. Tabakada 650-900 m/s ve 3. Tabakada 950-1500 m/sn arasındadır. Enine (kayma) dalga hızı ise 1. Tabakada 230-325 m/s, 2. Tabakada 275-350 m/sn ve 3. Tabakada 450-550 m/sn arasındadır. Elastik dalga hızına göre tanımlanan farklı 1. Ve 2. Zemin tabakalarının kalınlıkları ve 3. Zemin tabakasının derinliğinin değişimi Şekil 3.10'da verilmiştir. 1. Tabakanın kalınlığı 2-4m, ikinci tabakanın kalınlığı 4-13 m arasında değişmektedir.

Boyuna dalga hızı ( $V_p$ ) değerleri incelendiğinde 1. Tabaka için toplam alanın %57'sinde 450 m/s ile 600 m/s değerleri arasında değiştiği görülmektedir. 600 m/sn ile 750 m/sn aralığındaki değerler ise %36,1'lik bir alan kaplamaktadır (Şekil 3.11). 450 m/sn'den küçük veya 750 m/s'den büyük boyuna dalga hızlarına sahip zeminler çok küçük bir alan kaplamaktadır. 2. Tabaka için Boyuna Dalga Hızı değerlerinin dağılımı için üretilen haritaya göre toplam alanın %81,8'ini 750-900 m/sn aralığındaki değerlere sahip zeminler oluşturmaktadır. %12,4'lük bir alanda ise Boyuna Dalga hızı değerleri 600 m/sn ile 700 m/sn arasında değişmektedir. 2. Tabaka için Boyuna Dalga Hızı değerleri 900 m/sn'den büyük veya 600 m/sn'den küçük olan zemin türleri ise çok küçük bir alan kaplamaktadır (Şekil 3.11). 3. Tabaka için üretilen Boyuna Dalga Hızı haritasına bakıldığında  $V_p$  değerlerinin 1000-1250 m/sn olduğu zemin türlerinin toplam alanın yaklaşık %55'ini oluşturduğu görülmektedir. 750-1000 m/sn'lik  $V_p$  değerlerine sahip zeminler ise toplam alanın %21,2'sine karşılık gelmektedir. 1250 m/sn'den büyük Boyuna Dalga Hızı değerlerine sahip zeminler ise yaklaşık olarak %24'lük bir alana karşılık gelmektedir.

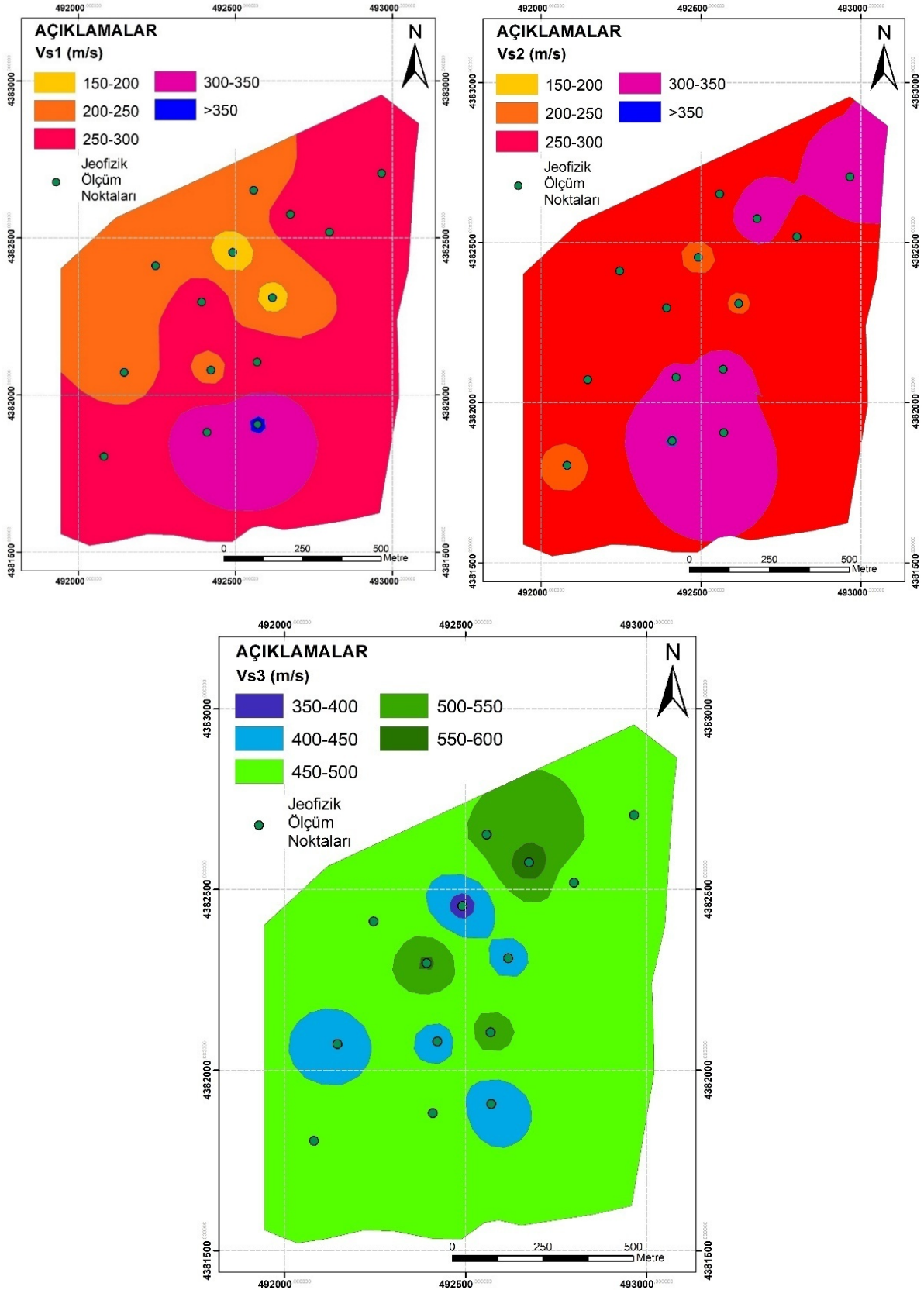
Kayma dalgası hızı, tekrarlı gerilmeler altında zeminin nasıl davranacağını tahmin edilmesi ve depreme dayanıklı yapı tasarımı için son derece önemlidir. Spektral ivmelerin bağımlı olarak elde edilmesi, yapı-yeri tepkisinin hesaplanması ile olanaklıdır ve bu hesaplamada kayma dalgası hızları kullanılmaktadır (Başokur, 2005). Tablo 3.8'de zemin sıklığının kayma dalga hızlarına göre sınıflaması verilmektedir. Şekil 3.12'de ise e sismik yöntemle ayırtılan üç farklı tabaka için kayma dalgası hızının mekânsal değişimi verilmiştir.

**Tablo 3.8:** Kayma dalgası hızına göre zemin sıklılığı (Uyanık vd. 2006).

| Vs ( m/sn) | Zemin Sıklılığı |
|------------|-----------------|
| > 750      | Çok sıkı        |
| 500-750    | Sıkı            |
| 350-500    | Orta sıkı       |
| 200-350    | Gevşek          |
| < 200 m/s  | Çok gevşek      |



**Şekil 3.11:** Sismik ölçümle ayırtılan 1., 2. 3. Tabakada boyuna dalga hızı değerlerinin dağılımı.



Şekil 3.12: Sismik ölçümle ayrılan 1., 2. 3. Tabakada kayma dalgı hızı değęerlerinin dağılımlı.

Kayma Dalgası Hızı (Vs) değerleri incelendiğinde 1. Tabaka için toplam alanın %58,6'sında 250 m/sn ile 300 m/sn değerleri arasında değiştiği gözükmektedir bu da bu zemin tabakasının “Gevşek” sınıfına girdiğini göstermektedir. 200 m/sn ile 250 m/sn aralığındaki değerler ise %28,8'lik bir alan kaplamaktadır yine bu zemin tabakası da “Gevşek” sınıfına girmektedir. 300 m/sn'den büyük kayma dalgası hızlarına sahip zeminler yaklaşık %11'lik bir alanda gözükmektedir ve “Orta Sıkı” zemin sıklığına sahip zeminler sınıfına girmektedir. 2. Tabaka için toplam alanın %72,4'ünde 250 m/sn ile 300 m/sn Vs değerleri arasında değiştiği gözükmektedir bu da bu zemin tabakasının “Gevşek” sınıfına girdiğini göstermektedir. 300 m/sn ile 350 m/sn'lik Vs değerlerine sahip zemin türleri 2. Tabaka için %25,3'lük bir alanı kaplamaktadır. 3. Tabaka için Kayma Dalgası Hızı (Vs) değerleri incelendiğinde 450-500 m'sn'lik değerlere sahip zemin türleri toplam alanın yaklaşık %83'ünü oluşturmaktadır ve “Orta Sıkı” zemin sınıfına girmektedir. 500 m/sn'lik Vs hızına sahip zeminler ise 3. Tabakada yaklaşık %8'lik bir alana karşılık gelmektedir ve “Sıkı” zemin sınıfına girmektedir.

### 3.3.4 Zemin tabakalarının Young Modülü ve Kayma Modülü

Young Modülü (Ed), uygulanan gerilmenin doğrultusunda ortalama olarak birim gerilmeye karşılık karşılık gelen deformasyon olarak tanımlanabilir. Zemine uygulanan düşey basınç yönünde yerin yamulmasını gösteren bir parametre olup kayacın dayanıklılığını yani zeminin sağlamlığını gösterir (Keçeli 1990). Young Modülü göre dayanım sınıflaması Tablo 3.9'da verilmiştir.

**Tablo 3.9:** Young Modülüne göre dayanım sınıflaması (Keçeli 1990).

| Elastisite Modülü<br>(MPa) | Dayanım Sınıflaması |
|----------------------------|---------------------|
| <100                       | Çok zayıf           |
| 100-500                    | Zayıf               |
| 500-1000                   | Orta                |
| 1000-3000                  | Sağlam              |
| >3000                      | Çok sağlam          |

Kayma modülü zeminin kaymaya veya kesmeye karşı gösterdiği dayanımdır (Keçeli 1990). Kayma modülü arttıkça depremde oluşan kayma dalgası genliğine zemin daha büyük esneme dayanımı gösterir. Kayma modülü küçüldükçe zemin kayma dayanımına karşı direnemez ve zeminin üstündeki yapılarda çapraz birbirini kesen kırılmalar meydana

gelebilir (Uyanık 2015). Zeminlerin kayma modülüne göre sınıflaması Tablo 3.10’de verilmiştir.

**Tablo 3.10:** Kayma Modülüne göre dayanım sınıflaması (Keçeli 2009).

| Kayma Modülü (MPa) | Dayanım Sınıflaması |
|--------------------|---------------------|
| <40                | Çok zayıf           |
| 40-150             | Zayıf               |
| 150-300            | Orta                |
| 300-1000           | Sağlam              |
| >1000              | Çok sağlam          |

Bu çalışmada, jeofizik ölçümlerden elde edilen boyuna dalga hızı ( $V_P$ ) ve kayma dalga hızlarından ( $V_S$ ) yararlanılarak; söz konusu alanında ayırtlanan zemin tabakalarının yoğunluk ( $\rho$ , gr/cm<sup>3</sup>), kayma modülü ( $G$ , kPA ) ve Young modülü ( $E_d$ , kPA bulunmuştur (Eşitlikler 3-4, Keçeli 1990). Kayma modülü ( $G$ ) ve Young Modülü ( $E_d$ )’üne göre zeminlerin tanımlanması Tablo 3.9 ve 3.10’de verilmiştir.

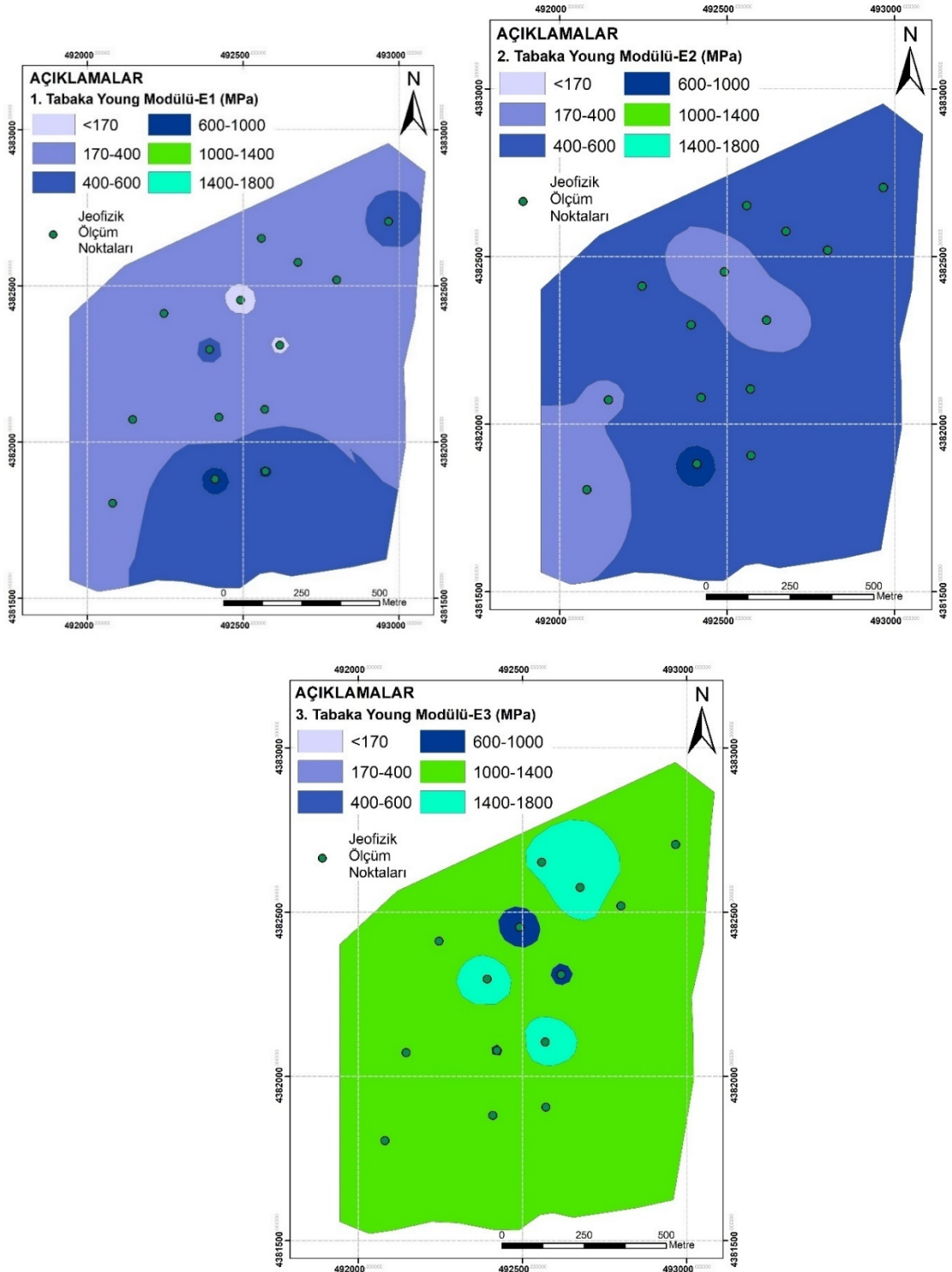
$$G = \rho V_S^2 \quad (3)$$

$$E_d = \frac{G(3V_P^2 - 4V_S^2)}{(V_P^2 - V_S^2)} \quad (4)$$

İnceleme alanında sismik kırılma yöntemiyle elde edilen  $V_p$  ve  $V_s$  esas alınarak ayırtlanan 3 farklı tabaka için Young Modülü ve Kayma modülünün değişimini gösteren haritaları üretilmiştir (Şekil 3.13 ve 3.14)

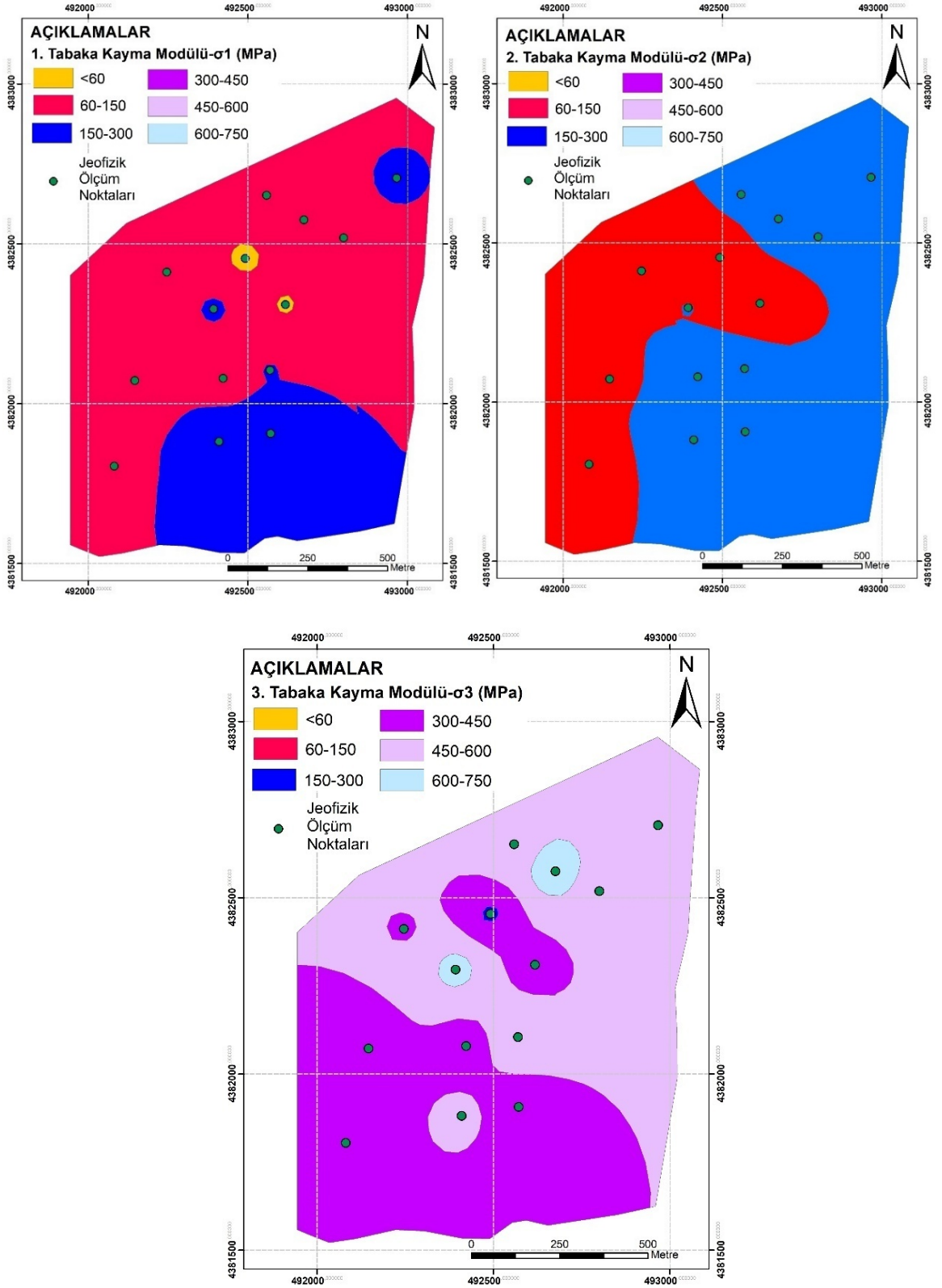
Şekil 3.13’de 1. Tabakadaki Young Modülü değerlerine bakıldığında büyük bir kısmının 170 MPa ile 400 MPa arasında değiştiğini ve toplam alanın da %70,3’ünü bu değerlerdeki zeminlerin oluşturdu görülmektedir. Yine aynı tabaka içerisinde toplam alanın %28,3’ünü Young Modülü değerleri 400 MPa ile 600 MPa arasında olan zemin türleri oluşturmaktadır. 1. Tabakada çok küçük bir alanda ise Young Modülü değeri 170 MPa’dan küçük bir zemin türü ve yine çok küçük bir alanda 600 MPa’dan büyük Young Modülü değerine sahip bir zemin türü gözlenmektedir. 2. Tabaka için üretilen haritaya baktığımızda alanın çok büyük bir kısmını yaklaşık %81,3’ünü Young Modülü değerleri 400 MPa ile 600 MPa arasında değişen zeminler oluşturmaktadır. 170 MPa ile 400 MPa

değerleri arasında bulunan zeminler ise alanın %17,8'ini kaplamaktadır. Yine aynı tabaka içerisinde çok az bir alanı da olsa 600 MPa'dan yüksek Young Modülü değerlerine sahip zemin türleri söz konusudur.



**Şekil 3.13:** Sismik ölçümle ayırtılan 1., 2. 3. Tabakada Young Modülü değerlerinin dağılımı.





**Şekil 3.14:** Sismik ölçümle ayrılan 1., 2. 3. Tabakada Kayma Modülü değerlerinin dağılımı.

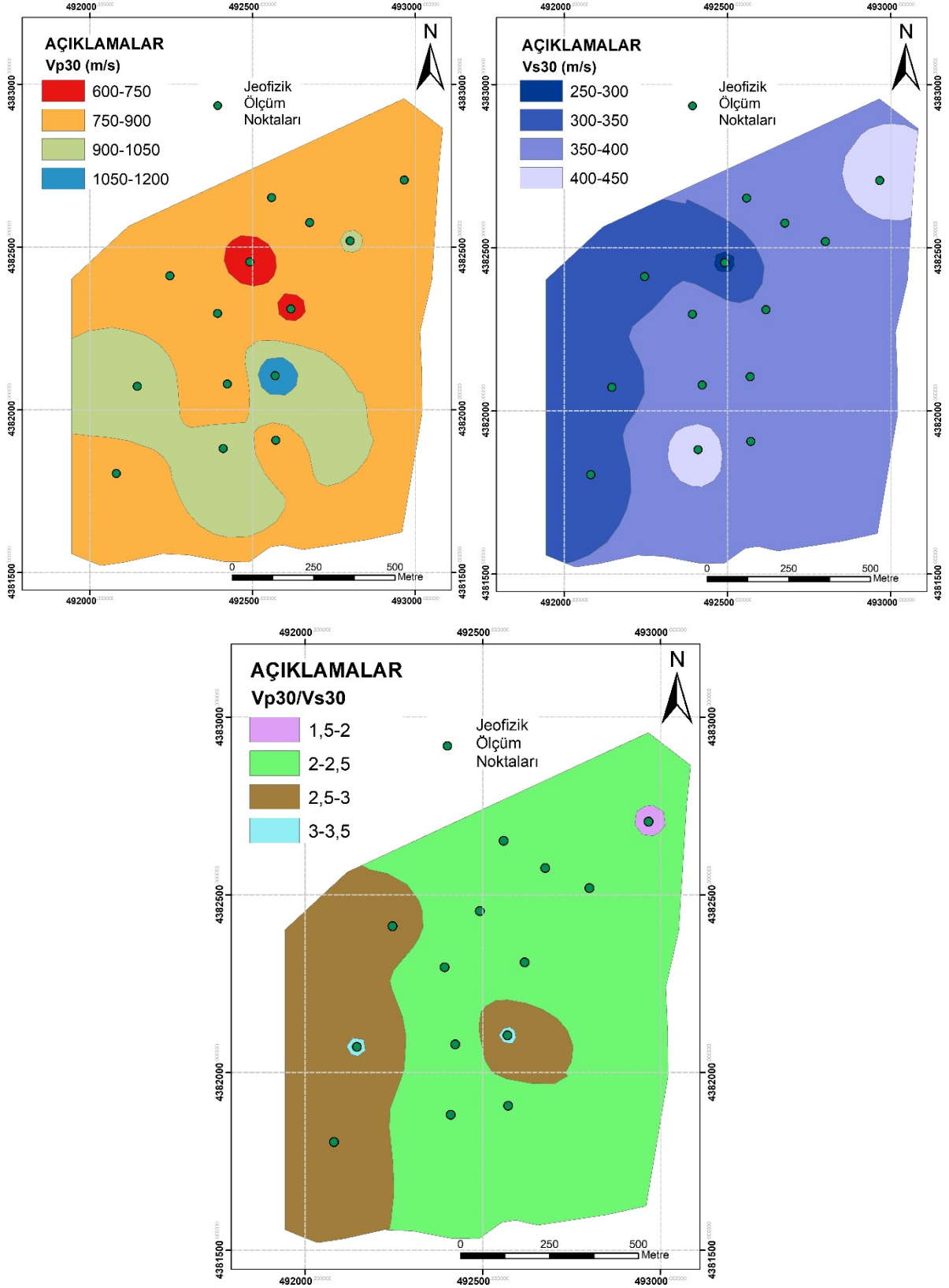


3. Tabaka için üretilen Young Modülü değişimleri haritasına baktığımızda tüm alanın yaklaşık %91'ini 1000 MPa ile 1400 MPa aralığındaki değerlere sahip zeminler oluşturmaktadır. 1400 MPa dan yüksek Young Modülü değerine sahip zeminler alanın yaklaşık %8'ini oluştururken çok az bir alanda da 600 MPa ile 1000 MPa değerlerine sahip zemin türleri bulunmaktadır

Çalışma alanı için belirlenen 3 farklı tabakada Kayma Modülü değerlerinin alansal yüzde dağılımı için haritalar üretilmiştir. 1. Tabakadaki Kayma Modülü değerlerine bakıldığında büyük bir kısmının 60 MPa ile 150 MPa arasında değiştiğini ve toplam alanın da %71,3'ünü bu değerlerdeki zeminlerin oluşturduğunu söyleyebiliriz. 3. Tabakada toplam alanın %28,1'ini Kayma Modülü değerleri 150 MPa ile 300 MPa arasında olan zemin türleri oluşturmaktadır. Çok küçük bir alanda ise Kayma Modülü değeri 60 MPa'dan küçük bir zemin türü gözlenmektedir. 2. Tabaka için üretilen değişim haritasına baktığımızda alanın çok büyük bir kısmını yaklaşık %61,7'sini Kayma Modülü değerleri 150 MPa ile 300 MPa arasında değişen zeminler oluşturmaktadır. 60 MPa ile 150 MPa değerleri arasında bulunan zeminler ise alanın %38,3'ünü kaplamaktadır. 3. Tabaka için üretilen Kayma Modülü değişimleri haritasına baktığımızda tüm alanın yaklaşık %52'sini 450 MPa ile 600 MPa aralığındaki değerlere sahip zeminler oluşturmaktadır. 300 MPa ile 450 MPa aralığında değerlere sahip zeminler ise yaklaşık %46'luk bir alan kaplamaktadır. 3. Tabakada çok küçük bir alanda ise Kayma Modülü değerleri 150 MPa ile 300 MPa arasında olan küçük bir zemin türü ve yine çok küçük bir alanda 600 MPa ile 750 MPa değerleri arasında Kayma Modülü değerlerine sahip bir zemin türü gözlenmektedir.

### **3.3.5 Zemin Profilinin Ortalama Boyuna Dalga Hızı, Kayma dalga Hızı ve Hız Oranı**

Zemin tabakaların her birinin dinamik özellikleri ayrı ayrı değerlendirilmesinin yanında zemin profilinin tümünün birden değerlendirebilmek, sınıflandırabilmek ve bu profillerde için teknik tasarım yapabilmek için profilin ortalama elastik dalga hızları ve hız oranının da bilinmesi gerekmektedir. 30 m. derinliğe kadar zemin profilinin ortalama kayma dalga hızı  $((V_s)_{30})$  değerinin bulunması Eşitlik 1'de verilmişti. 30 m. derinliğe kadar ortalama boyuna dalga hızı  $((V_p)_{30})$  benzer şekilde hesaplanmaktadır. Şekil 3.15'de  $(V_p)_{30}$ ,  $(V_s)_{30}$  ve  $(V_p)_{30}/(V_s)_{30}$  oranının dağılımı verilmiştir. Boyun dalga (Sıkışma dalga) hızı,  $V_p$ , yeraltı gözenek sıvısına doygunluğuna ve kayma dalga hızı  $V_s$ , yeraltının katılığına ve sıklığına duyarlı olması sebebiyle  $V_p/V_s$  oranı son yıllarda deprem, yer kabuğu, zemin sıvılaşmasında ön bilgi, zemin büyütmesi değerlendirilmelerinde esas alınan bir (Carvalho vd. 2008, Keçeli 2010)



Şekil 3.15: 30 m. derinliğe kadar ortalama boyuna dalga hızı ((VP)30), kayma dalga hızı ((VS)30) ve (Vp)30/(VS)30oranı dağılımı.

Boyuna Dalga Hızı değerlerinin 30 m derinliğe kadar ortalama değerlerini gösteren harita incelendiğinde toplam alanın %73,3'ünü 750 m/sn ile 900 m/sn aralığında dalga hızlarına sahip zemin türü olduğu gözükmemektedir. 900-1050 m/sn değer aralıklarına karşılık gelen zemin türleri ise %23,8'lik bir alan kaplamıştır. Haritanın geri kalan kısımlarında ise dalga hızı değerleri 600-750 m/sn ile 1050-1200 m/sn aralığında değişmektedir.

Kayma Dalgası Hızı değerlerinin 30 m derinliğe kadar ortalama değerlerini gösteren harita incelendiğinde toplam alanın %66'sını 350 m/sn ile 400 m/sn aralığında dalga hızlarına sahip zemin türü olduğu gözükmemektedir bu da Uyanık vd. 2006 sınıflamasına göre "Orta Sıkı" zemin sıklığına karşılık gelmektedir. 300-350 m/sn değer aralıklarına karşılık gelen zemin türleri ise %27,5'lik bir alan kaplamıştır bu tür zeminler ise sınıflamaya göre "Gevşek" zemin türü sınıfına karşılık gelmektedir. Haritanın geri kalan kısımlarında ise dalga hızı değerleri 250-300 m/sn ile "Gevşek" zemin sınıfına, 400-450 m/sn aralığındaki zemin türleri de "Orta Sıkı" zemin sınıfına düşmektedir.

İnceleme alanındaki zeminler için üretilen  $(V_p)_{30}/(V_s)_{30}$  haritasını incelediğimizde, toplam alanın %70,5'ini  $(V_p)_{30}/(V_s)_{30}$  oranı 2-2,5 değerleri aralığında olan zeminlerin oluşturduğunu görmekteyiz. %28,8'lik bir alanda  $(V_p)_{30}/(V_s)_{30}$  oranı 2,5 ile 3 arasında değişen zeminler bulunmaktadır. Çok küçük bir alanda ise  $(V_p)_{30}/(V_s)_{30}$  değerleri 1,5-2 ve 3-3,5 aralığında olan zeminler bulunmaktadır.

### **3.3.6 Zemin Büyütmesi**

Zemin özellikleri depremin oluşturduğu yer hareketinin karaktersizliklerini önemli derecede etkileyebildiği gibi deprem dalgaları da oluşturdukları kayma deformasyon mertebesine göre geçtikleri tabakaların özelliklerini etkiler. Zemin büyütmesi depremin zeminde oluşturduğu en önemli etkilerden birisidir. Esas olarak, zemin büyütmesi anakayada oluşan ve yüzeyi e doğru hareket eden deprem dalgalarının zemin tabakalarından geçerken meydana gelen ivme artıştır (Şafak, 2001, Bakır vd., 2002, İyisan ve Haşal 2011). Zemin büyütmesinin tahmininde birçok yöntem olmakla birlikte arazide elde edilen elastik dalga hızlarını esas alan yaklaşımlar sıklıkla uygulanmaktadır. Sismik hızlara bağlı olarak zemin büyütmesinin tahmini için verilen bağıntılar Tablo 3.11'de verilmiştir.

**Tablo 3.11:** Zemin büyütmesinin tahmini için verilen bağıntılar (Ulusay,2010).

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

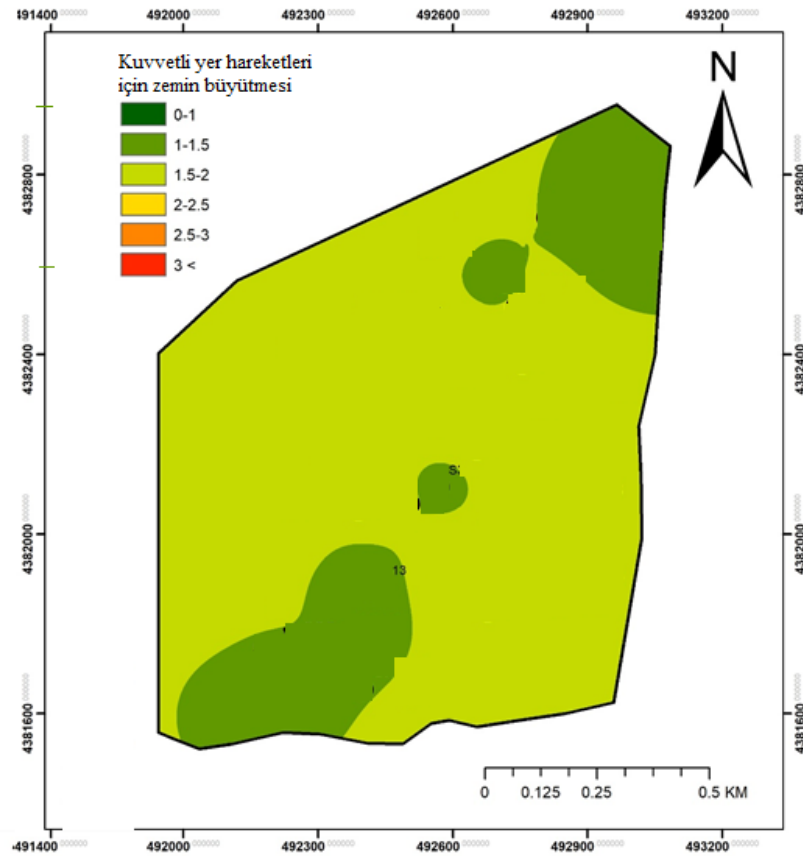
A : Maksimum yer hızı için göreceli büyütme faktörü

AHSA:0.4-0.2 s. periyot aralığı için ortalama yatay spectral büyütme

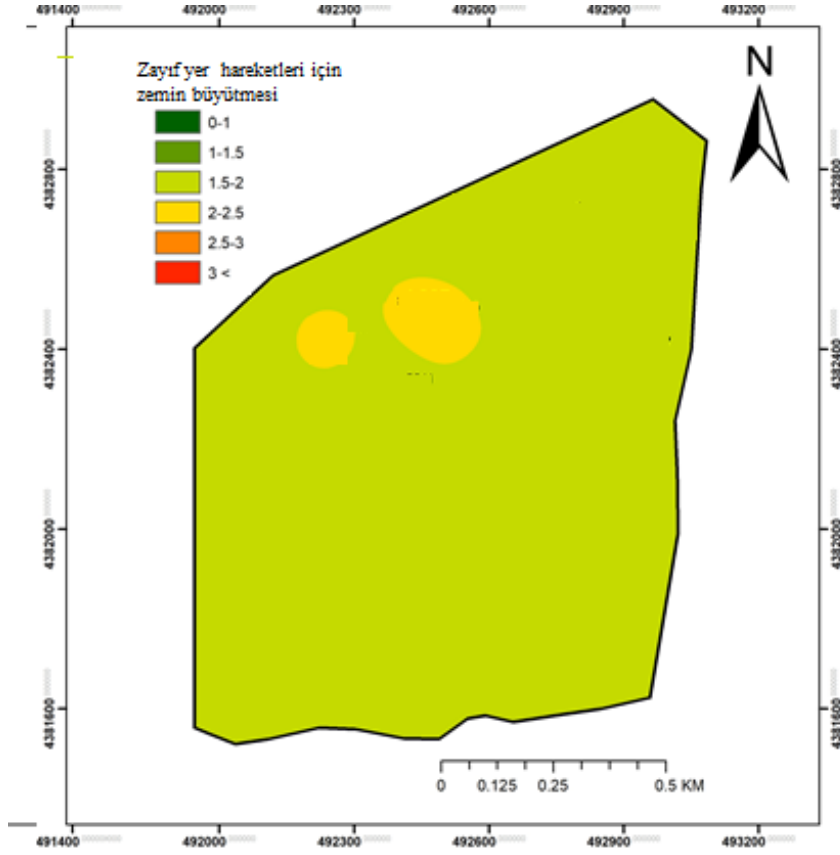
$V_1$ :30 m. derinlik için ortalama S dalgası hızı (m/s)

$V_2$ :1 s'deki bird alga için çeyrek dalga uzunluğundaki derinliğe karşılık gelen ortalama S dalga hızı (m/s)

Bu tez çalışmasında Borcherdt vd (1991) esas alınarak zayıf yer hareketleri ve kuvvetli yer hareketlerine göre zemin büyütmesi hesaplanmış ve elde edilen sonuçlarla Şekil 3.16 ve 3.17'de verilen zemin büyütme haritaları üretilmiştir. Bu haritalara göre, inceleme alanının tamamına yakınının zayıf yer hareketleri ve kuvvetli yer hareketlerine karşı büyütmesi 2.5'den küçük olup "Zayıf şiddette zemin büyütmesine" sahip olduğu görülmektedir.



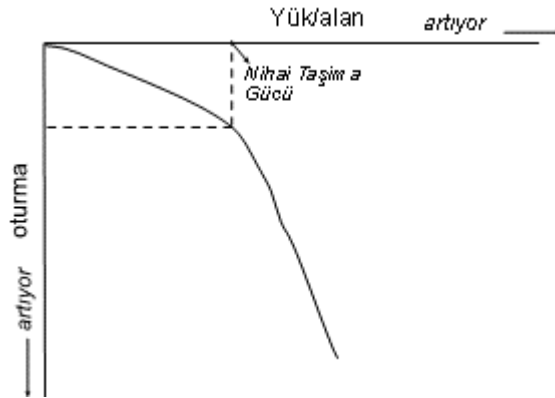
**Şekil 3.16:** Akçay Mahallesi Batı kısmının kuvvetli yer hareketlerine göre zemin büyütmesi.



Şekil 3.17: Akçay Mahallesi Batı kısmının zayıf yer hareketlerine göre zemin büyütmesi.

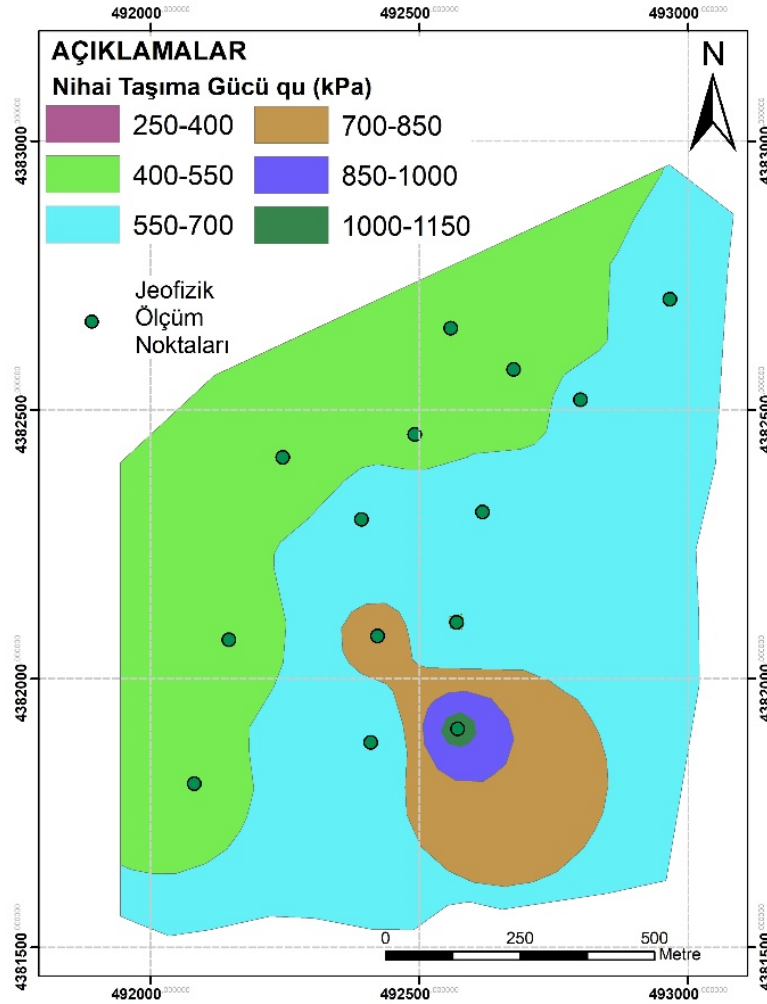
### 3.3.7 Nihai Taşıma Gücü ve Emin Taşıma Gücü

Zeminin bir noktasına bir kuvvet (yük) uyguladığımızda zemin yüzeyinde meydana gelen deformasyon (yani oturma) ile uygulanan kuvvet arasındaki ilişki zeminin özelliklerine bağlı olarak aşağıdaki şekilde verilebilir. Bu yük-oturma arasındaki ilişki incelendiğinde uygulanan yük ile oturma arasındaki ilişki, zemin özelliğine bağlı olarak, Şekil 3.18'deki gibi elde edilir.



Şekil 3.18: Yük-oturma eğrisinde nihai taşıma gücünün tanımlanması.

Yük-oturma eğrisi incelendiğinde, oturmanın yüke bağlı olarak arttığı, ancak belli bir yük değerinde oturma hızlıca artar ve zeminde yenilme(göçme) oluşur. Yükün bu değeri, zeminde yenilme düzlemlerinin geliştiği, göçmenin meydana geldiği yani zeminin artık taşıyamadığı yük değeri “Zeminin Nihai (sınır) Taşıma Gücü” olarak tanımlanır (Keçeli 1990, 2010, 2012). Z 2015). Zeminin nihai taşıma gücü uygulamada güvenli tarafta kalmak için belirli bir güvenlik sayısına bölerek Zemin Emin Taşıma Gücü elde edilir ve tasarımda bu değer kullanılır. Uyanık (2015) literatürde yer alan sismik hızlardan Zeminin Nihai (sınır) Taşıma Gücü’nü veren önemli bağıntıları Tablo 3.12’deki gibi özetlemiştir. İnceleme alanındaki zeminler için hesaplanan Nihai Taşıma Gücü değerlerinin değişimi haritası Şekil 3.19’de, Emin Taşıma Gücü değerlerinin değişim haritası da Şekil 3.20’de verilmiştir.



**Şekil 3.19:** Akçay Mahallesi Batı kısmındaki zeminler için hesaplanan Nihai Taşıma Gücü değerlerinin değişimi haritası.

**Tablo 3.12:** Sismik Hızlardan Taşıma Gücü ( $q_f$ ) ve Güvenli Taşıma Gücü ( $q_a$ ) Eşitlikleri (\*Suya doygun zeminler için) (Uyanık 2015'ten alınmıştır).

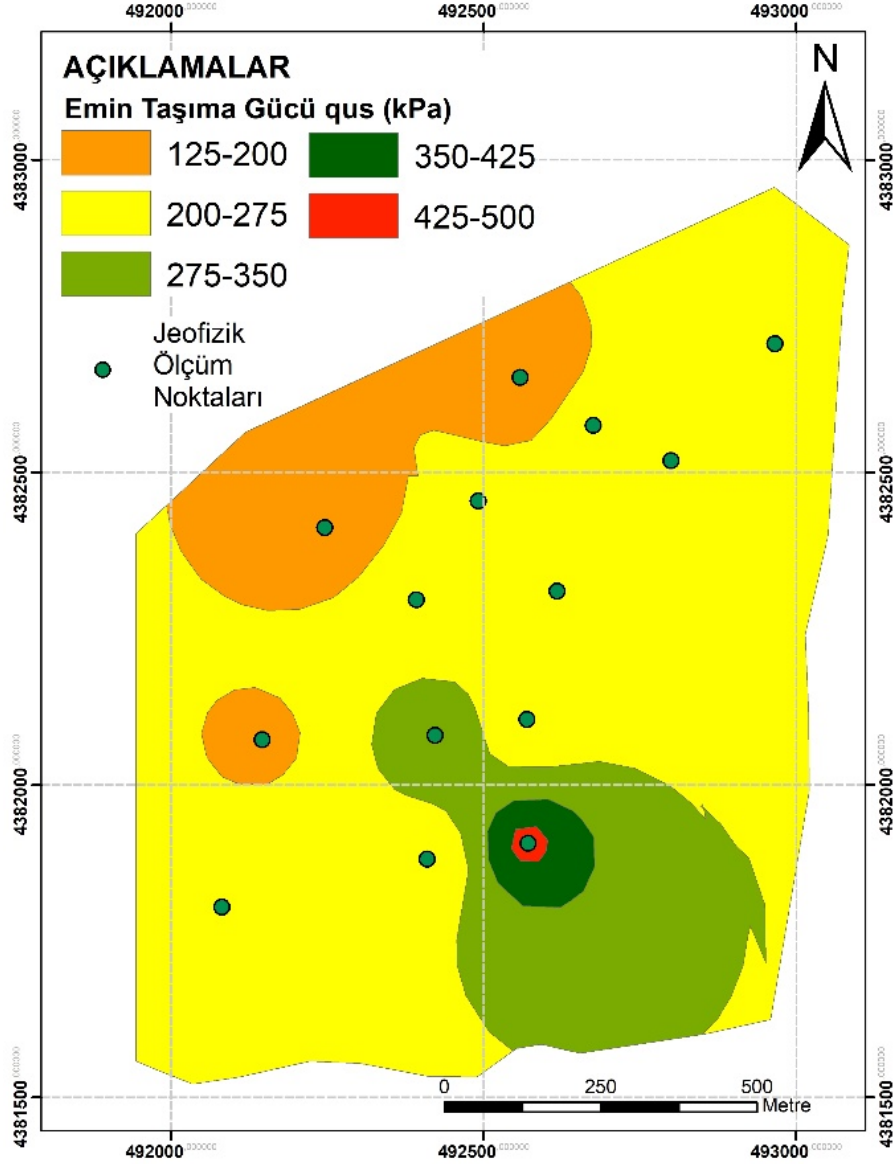
| Kaynak                   | Eşitlikler   |  |   |                               |
|--------------------------|--|--|---|-------------------------------|
|                          | Yoğunluk ( $\gamma$ ) ya da $\rho$   | Taşıma Gücü ( $q_f$ )  | Güvenli Taşıma Gücü ( $q_a$ )   | Güvenlik Faktörü ( $F_s$ )    |
| Türker (1988)            | $\rho = 0,31(V_p^{0,25} (m/s))$<br>(gr/cm <sup>3</sup> )<br>$\rho = 0,2V_p + 1,6$ (gr/cm <sup>3</sup> )                  | $q_f = \gamma V_p T_0 / 4$<br>*%50 azaltılır   | $q_a = \gamma V_s T_0 / 4$<br>*%50 azaltılır  | $V_p/V_s$                     |
| Keçeli (1990)            |  | $q_f = \rho V_p / 100$ (kg/cm <sup>2</sup> )<br>* $q_f = \rho V_p / 200$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $q_a = \rho V_s / 100$ (kg/cm <sup>2</sup> )<br>* $q_a = \rho V_s / 200$ (kg/cm <sup>2</sup> )  | $V_p/V_s$                     |
| Keçeli (2000)            | $\rho = 0,31(V_p^{0,25} (m/s))$<br>(gr/cm <sup>3</sup> )   | $q_f = \frac{\rho V_s}{100}$ (kg/cm <sup>2</sup> )   | $q_a = \frac{(\rho V_s^2 / V_p)}{100}$ (kg/cm <sup>2</sup> )  | $V_p/V_s$                     |
| Kurtuluş (2000)          | $\rho = 0,31(V_p^{0,25} (m/s))$<br>(gr/cm <sup>3</sup> )   | $P = 1 + 0,33D/B$<br>$q_f = P V_s / 200$ (kg/cm <sup>2</sup> )                                 | $q_a = q_f / F_s$   | $V_p/V_s$                     |
| Türker (2004)            |  | $q_f = V_s \gamma 0,33(s) / 40 + \gamma D_f / 10$<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                     | $q_a = q_f / 3$<br>(kg/cm <sup>2</sup> )  | 3                             |
| Tezcan vd. (2006)        | $\gamma_p = \gamma_0 + 0,002V_p$<br>(kN/m <sup>3</sup> )   |  | $q_a = 0,024\gamma V_s S_v$ $S_v \leq 30,6\gamma$<br>$S_v = 1 - 3 \times 10^{-6} (V_s - 500)^{1,6}$   |                               |
| Tezcan ve Özdemir (2006) | $\gamma_p = \gamma_0 + 0,002V_p$<br>(kN/m <sup>3</sup> )   |  | $q_a = 0,024\gamma V_s \alpha$<br>kPa   |                               |
| Tezcan vd. (2007)        | $\gamma_p = \gamma_0 + 0,002V_p$<br>(kN/m <sup>3</sup> )   | <sup>(1)</sup> $q_f = 0,1\gamma V_s \alpha$<br>(kN/m <sup>2</sup> )                            | $V_s \leq 700$ <sup>(1)</sup> $q_a = 0,025\gamma V_s \alpha$  | n=4                           |
|                          |  |  | $700 \leq V_s \leq 3500$ <sup>(1)</sup> $q_a = 0,1\gamma V_s \alpha / n$  | $n = 4,62 - 8,90(10^{-4})V_s$ |
|                          |  |  | $3500 \leq V_s$ <sup>(1)</sup> $q_a = 0,067\gamma V_s \alpha$   | n=1,5                         |
| Tezcan vd. (2008)        | $\gamma_p = \gamma_0 + 0,002V_p$<br>(kN/m <sup>3</sup> )   | <sup>(1)</sup> $q_f = 0,1\gamma V_s \alpha$<br>(kN/m <sup>2</sup> )                            | $V_s \leq 750$ <sup>(1)</sup> $q_a = 0,025\gamma V_s \alpha$  | n=4                           |
|                          |  |  | $750 \leq V_s \leq 4000$ <sup>(1)</sup> $q_a = 0,1\gamma V_s \alpha / n$  | $n = 4,6 - 0,0008V_s$         |
|                          |  |  | $4000 \leq V_s$ <sup>(1)</sup> $q_a = 0,071\gamma V_s \alpha$   | n=1,4                         |
| Keçeli (2010)            | $\rho = 0,44V_s^{0,25}$ (gr/cm <sup>3</sup> )  | $q_f = \frac{\rho V_s}{100}$ (kg/cm <sup>2</sup> )   | $q_a = \frac{(\rho V_s^2 / V_p)}{100}$ (kg/cm <sup>2</sup> )  | $V_p/V_s$                     |
| Tezcan ve Özdemir (2011) | $\gamma_p = \gamma_0 + 0,002V_p$<br>(kN/m <sup>3</sup> )<br><sup>(2)</sup> $\gamma = 4,3V_s^{0,25}$ (kN/m <sup>3</sup> ) | <sup>(1)</sup> $q_f = 0,1\gamma V_s \alpha$<br>(kN/m <sup>2</sup> )                            | $V_s \leq 750$ <sup>(1)</sup> $q_a = 0,025\gamma V_s \alpha$  | n=4                           |
|                          |  |  | $750 \leq V_s \leq 4000$ <sup>(1)</sup> $q_a = 0,1\gamma V_s \alpha / n$  | $n = 4,6 - 0,0008V_s$         |
|                          |  |  | $4000 \leq V_s$ <sup>(1)</sup> $q_a = 0,071\gamma V_s \alpha$   | n=1,4                         |
| Keçeli (2012)            | $\rho = 0,44V_s^{0,25}$<br>(gr/cm <sup>3</sup> )   | $q_f = \rho V_s / 100$ (kg/cm <sup>2</sup> )   | $q_a = (\rho V_s^2 / V_p) / 100$ (kg/cm <sup>2</sup> )<br><sup>(3)</sup> $q_a = q_{az} K$ $B \leq 1,22m$<br>$q_a = q_{az} \left( \frac{B + 0,305}{B} \right)^2 K$ $B > 1,22m$ | $V_p/V_s$                     |

<sup>(1)</sup>  $\alpha$ : temel genişliğine bağlı katsayı  $\alpha = 1$ ;  $0,0 \leq B \leq 1,20m$ ,  $\alpha = 1,13 - 0,11B$ ;  $1,20 \leq B \leq 3,00m$ ,  $\alpha = 0,83 - 0,01B$ ;  $3,00 \leq B \leq 12,0m$ .

<sup>(2)</sup> Keçeli (2010) yoğunluk bağıntısı Tezcan ve Özdemir (2011) tarafından kN/m<sup>3</sup> olarak kullanılmıştır.

<sup>(3)</sup>  $q_{az}$ : temel ebatlarına bağlı müsaade edilebilir taşıma gücü,  $K = 1 + 0,33(df/B) \leq 1,33$ .

Nihai taşıma gücü değerlerinin alansal dağılımı incelendiğinde; toplam alanın yaklaşık %52'sini oluşturan zeminlerin Nihai Taşıma Gücü değerleri 550 kPa ile 700 kPa arasında değişmektedir. 400 kPa ile 550 kPa değer aralığında Nihai Taşıma Gücü değerine sahip zeminler ise toplam alanın %36,4'ünü kaplamaktadır. 700 kPa ile 1150 kPa aralığındaki değerlere sahip zeminler ise toplam alanın yaklaşık %12'sini oluşturmaktadır.



**Şekil 3.20:** Akçay Mahallesi Batı kısmındaki zeminler için hesaplanan Emin Taşıma Gücü değerlerinin değişimi haritası.

Şekil 19'deki harita üzerinden Zemin Taşıma Gücü değerlerinin alansal dağılımı da yüzde olarak hesaplanmıştır. Buna göre toplam alanın yaklaşık %69'unu oluşturan zeminlerin Nihai Taşıma Gücü değerleri 200 kPa ile 275 kPa arasında değişmektedir. 275 kPa ile 350 kPa değer aralığında Nihai Taşıma Gücü değerine sahip zemin türü ise toplam alanın %15,4'ünü kaplamaktadır. 125 kPa ile 200 kPa aralığındaki değerlere sahip zeminler ise toplam alanın yaklaşık %13,6'sını oluşturmaktadır. 350 kPa'dan büyük Emin Taşıma Gücü değerlerine sahip zeminler ise toplam alanın yaklaşık %2'sine karşılık gelmektedir.



#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Akçay Mahallesi Batı kısmı (Edremit, Balıkesir) için yerleşim yerlerinin yeniden değerlendirilmesi, arazi kullanımı ve mekânsal planlamada karar vermede altlık teşkil edecek ilgili mühendislik jeolojisi haritaları üretilmiştir. Bu haritalar üretilirken jeofizik ve jeoteknik veriler Büyükşehir Belediyesi tarafından Analiz Mühendislik İnşaat Sondajcılık Madencilik San. Ve Ticaret Ltd. Sirketine yaptırılan ve 2017 yılında tamamlanan “Balıkesir İli Edremit İlçesi 4906.79 Hektarlık Alanın İmar Planına Esas Mikrobölgeleme Etüt Raporu”ndan Büyükşehir Belediyesi-Üniversite protokollü kapsamında alınmıştır. Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmiştir.

Çalışma alanı olan Balıkesir ili Edremit ilçesi Akçay mahallesinin batısında bulunan zeminlerin genel jeolojisi incelenip belirlenmiştir. Bölgede Zeytinli köyünün kuzeydoğusunda 24 km<sup>2</sup> lik alanda Karakaya Formasyonu gözlenmektedir. Ayrıca 8,6 km<sup>2</sup> lik yayılım gösteren Kretase-Erken Triyas yaşlı Çetmi melanji bulunmaktadır. Altınoluk kıyı çizgisi boyunca doğu-batı uzanım gösteren Üst Oligosen-Alt Miyosen Granitoidleri bulunmaktadır. En son olarak çalışma alanındaki tüm birimleri yüzeyleyen ayrık tortullardan oluşan alüvyon birimi gözlenmektedir.

Akçay Mahallesi batı kısmının Sayısal Yükseklik Modeli kurulmuş, 1/1000 ölçekli topoğrafik haritası yeniden üretilmiş, eğim haritası hazırlanmış olup ayrıca yeraltısu derinliğinin dağılımı gösteren harita üretilmiştir. İnceleme alanında yükseklikler güneyde Edremit Körfezi kıyısından güneye doğru düzenli olarak artmakta ve 11 m’ye erişmektedir. Bu alanın %98’inde eğim 3 dereceden küçüktür. Yeraltısu derinliği 1.5 m<sup>2</sup>den 13 m’ye kadar değişmekte olup inceleme alanının doğu-kuzey doğu kısmında yeraltısuyu derinliği 6-12m arasında iken geri kalan alanlarda genellikle 1.5-6 m arasındadır. YAS derinliği inceleme alanının %12’inde 1.5 m den küçük, % 48’inde 1.5-3 m arasında, % 10’unda 3-4.5 m arasında, % 13’inde 4.5-6 m arasında ve % 12’inde 6-9 m arasındadır.

İnceleme alanındaki zeminlerin tamamına yakını i)killi çakıllı siltli kum ve ii) siltli kumlu çakıl’dan oluşmaktadır. Killi çakıllı siltli kum olarak ayırtlanan zemin türü 3 m derinlikte

tüm alanın %79,3'ünü, 6 m derinlikte %81,3'ünü, 9 m derinlikte %75,4 ünü, 12m derinlikte %75,3'ünü, 18 m derinlikte 71,5'ini oluşturur.

İnceleme alanında yerel zemin sınıflarını tanımlarken 30 m. derinliğe kadar zemin profilinin ortalama S-dalgı hızı ( $(V_s)_{30}$ ) değeri esas alınmış, bu alanın %64.1'inde "ZD" sınıfı zeminler (Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları), %35.9'unda "ZC" sınıfı zeminler (Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları) yayılım gösterdiği görülmüştür.

Arazide sondajda SPT'de son 30 cm derinlik için ölçülen SPT-Ndeğerine enerji oranı düzeltmesi, kuyu çapı düzeltmesi, tij boy düzeltmesi ve numune alma metodu düzeltmesi uygulanarak  $(N)_{60}$  değeri elde edilmiştir.  $(N)_{60}$  değerlerinin farklı derinlikteki değişimini veren haritalar incelendiğinde; çalışma alanının 3 m derinlikte %47'lik bir kısmı "orta sıkı zemin" ,%42'sinde "Sıkı Zemin", 6 m derinlikte %23'lik kısmını " Orta sıkı zemin ",%64'ünü "Sıkı Zemin", %13'ünü "Çok sıkı zemin", 9 metre derinlikte %13'ü "Orta sıkı zemin", %75'ini "Sıkı zemin", %12'sini "Çok sıkı zemin", 12 m derinlikte %18'sini "Orta sıkı zemin" %67'sini "Sıkı zemin", %15'sini "Çok sıkı zemin", 15 metre derinlikte %9'unu "Orta sıkı zemin", %74'ünü "Sıkı zemin", %17.5'ini "Çok sıkı zemin", 18 metre derinlikte ise %2,5'ini "Orta sıkı zemin", %77'si ni "Sıkı zemin" ve %21'ini "Çok sıkı zemin" oluşturmaktadır.

İnceleme alanında, elastik dalga hızları esas alınarak inceleme alanındaki zeminlerde farklı elastik dalga hızlarına sahip üç zemin tabakası tanımlanmıştır. Bu, farklı elastik dalga hızlarına sahip tabakalar yüzeyden derine doğru; en üstteki 1. Tabaka en alttaki 3. Tabaka olarak adlandırılmıştır. Boyuna dalga hızı, genellikle,  $(V_p)$  1. Tabakada 450 -600 m/sn, 2. Tabakada 650-900 m/sn ve 3. Tabakada 950-1500 m/sn arasındadır. Enine (kayma) dalga hızı ise 1. Tabakada 230-325 m/s, 2. Tabakada 275-350 m/sn ve 3. Tabakada 450-550 m/sn arasındadır.

Çalışma alanı için sismik hızlara göre tanımlanan en üstte bulunan 1. Tabakanın %84.3'ünün Young Modülü (YM) <500 MPa (Zayıf),%14.3'ünün YM'ü 500-1000 MPa(Zayıf), %14.3'ünün YM'ü 1000-3000 MPa arasında (Sağlam dayanıklılıkta) değişirken 3. Tabakanın %98.2'si nin YM'si 1000-3000 MPa arasında değişmektedir.

İnceleme alanındaki zeminlerin kayma modülü değerlerinin mekânsal dağılımını veren haritaya göre; 1. Tabakada Kayma Modülü değerleri %71,3'ü 60-150 MPa (Zayıf),

%28.3'ü 150-300 MPa (Orta sağlamlıkta) arasında, 2. Tabakada Kayma Modülü değerleri %38.3'ü 60-150 MPa (Zayıf), %61.'si 150-300 MPa arasında (Orta sağlamlıkta) değişmekte olup 3. Tabaka da ise Kayma Modülü değerleri %46'sı 300-450 MPa, %52.1'i 450-600 MPa arasında değişmektedir. 3. Tabaka Kayma Modülü sınıflamasına göre "Sağlam" zemindir.

İnceleme alanında 30 m derinliğe kadar ortalama Boyuna Dalga Hızı değerlerinin mekansal dağılımına göre toplam alanın %73,3'ünü 750 m/sn ile 900 m/sn aralığında, dalga hızlarına sahip zemin türü olduğu gözükmektedir. %23,8'lik kısımda 900-1050 m/sn arasında değişmektedir.

İnceleme alanının %66'sında kayma dalgası hızının 30 m derinliğe kadar ortalama değerinin %68.7'sinin 350 m/sn ile 400 m/sn aralığında (Orta Sıkı zemin), %27.5'lik kısmında da 300-350 m/sn arasında (Gevşek Zemin) olduğu görülmüştür.

İnceleme alanında, toplam alanın %70,5'ini  $(V_p)_{30}/(V_s)_{30}$  oranı 2-2,5 değerleri aralığında, 28,8'lik bir alanda ise  $(V_p)_{30}/(V_s)_{30}$  oranı 2,5 ile 3 arasında değişen zeminler bulunmaktadır. İnceleme alanının tamamına yakınının zayıf yer hareketleri ve kuvvetli yer hareketlerine karşı büyütmesi 2.5'den küçük olup "Zayıf şiddette zemin büyütmesine" sahip olduğu görülmektedir.

İnceleme alanındaki zeminlerin taşıma gücü yoğunluk ve kayma dalga hızına göre bulunmuştur. Söz konusu alanının %52'sini oluşturan zeminlerin Nihai Taşıma Gücü değerleri 550 kPa ile 700 kPa arasında, %36,4'ünün 400 kPa ile 550 kPa arasındadır. Nihai Taşıma Gücü 700 kPa ile 1150 kPa aralığındaki değerlere sahip zeminler ise toplam alanın yaklaşık %12'sini oluşturmaktadır. İnceleme alanının yaklaşık %69'unu oluşturan zeminlerin Emin Taşıma Gücü değerleri 200 kPa ile 275 kPa, %15,4'ünü oluşturan zeminlerin Emin Taşıma Gücü değerleri 275 kPa ile 350 kPa arasındadır. Emin Taşıma Gücü değerine sahip zemin türü ise toplam alanın kaplamaktadır. 125 kPa ile 200 kPa aralığındaki değerlere sahip zeminler ise toplam alanın yaklaşık %13,6'sını oluşturmaktadır.

İnceleme alanını içine alan Edremit İlçesi (Balıkesir) Kuzey Anadolu Fay Zonu güney kollarındaki fayların (özellikle çalışma alanına çok yakın olan Edremit Fay Zonu) ve

Havran-Balıkesir Fay Zonunun etkisi altındadır. Edremit Fay Zonu en son 1944'de  $M_w=6.8$  büyüklüğünde deprem üretmiştir. Deprem tehlikesi yüksek olan inceleme alanında, bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, YAS seviyesi yüksektir, topoğrafya genelde düz veya çok az eğimlidir ve genellikle gevşek veya orta sıkılıkta killi çakıllı siltli kumlar bulunmaktadır. Bu durum olası bir kuvvetli yer sarsıntısında söz konusu alanda sıvılaşmanın gelişebileceği, zeminlerin kayma dayanımının azalabileceği veya zeminde önemli deformasyonların gelişebileceğini göstermektedir. Bu nedenle inceleme alanı ve civarında olası bir depremin neden olabileceği zemin deformasyonlarından kaynaklanacak tehlikenin araştırılması faydalı olacaktır. Daha önce, Büyükşehir Belediyesi tarafından yaptırılan 2017'de tamamlanan mikrobölgelendirme çalışmasının gözden geçirilmesi ve yeniden değerlendirilmesine ihtiyaç vardır.

## 5. KAYNAKLAR

- Analiz Mühendislik İnşaat Sondajcılık Madencilik San. Ve Ticaret Ltd. Sti. (2017). Balıkesir İli Edremit İlçesi 4906.79 Hektarlık Alanın İmar Planına Esas Mikrobölceleme Etüt Raporu.
- Aydın, O. and Çiçek, İ. (2015). Geostatistical Interpolation of Precipitation in Turkey. *Lambert Academic Publishing, Saarbrücken*.
- Başokur, T. A. (2005). Yapı Yeri İncelemelerinde Makaslama Dalgası Hız Kesitinin Remi Yöntemi İle Saptanması. *Deprem Sempozyumu 23- 25 Mart 2005, Kocaeli*.
- Bakır, B.S., Özkan, M.Y. ve Cılız, S. (2002). Effects of basin edge on the distribution of damage in 1995 Dinar, Turkey Earthquake, *Soil Dyna*.
- Borcherdt, R.D. (1991). On the observation, characterization, and predictive GIS mapping of strong ground shaking for seismic zonation (A case study in the San Francisco Bay region, California). *Pacific Conference on Earthquake Engineering Proceedings*, 1-24.
- Carvalho, J., Dias, R., Pinto, C., Leote, J., Mendes-Victor, L. (2008). A soil classification for seismic hazard assessment and mitigation of the algarve. In: Proceedings of the 14th world conference on earthquake engineering, Beijing, China.
- Cooke, R.U. and Doornkamp, J.C. (1990) *Geomorphology in Environmental Management*. 2nd Edition, Oxford University Press, Oxford.
- Dönmez, M., Akçay, A. E., Genç, Ş. C. ve Acar, Ş. (2005). Biga Yarımadasında Orta-Üst Eosen Volkanizması ve Denizel İgnimbiritler. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 131.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Aral, İ. O., Şentürk, Y., Yavaş, F., Kar, H. (2012). Biga Yarımadasının Tersiyer Öncesi Jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Özel Yayınlar Serisi, No 28: 7-74*.
- Edremit Belediyesi, 2021. Edremit Belediyesi Resmi İnternet Adresi (<https://www.edremit.bel.tr/edremit/5>)
- Ergin, K. (1995). *Advanced Seismology, (Rays and Waves)*, Tübitak Marmara Research Centre Department of Earth Sciences, ISBN: 975-403-033-2, s.,263
- Franke, R. and Nielson, G. (1980). Smooth interpolation of large sets of scattered data. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 15, 1691–1704.
- Geosphereinc, 2021. [https://www.geosphereinc.com/seis\\_reflection.html](https://www.geosphereinc.com/seis_reflection.html).

- Isaaks, E. and Srivastava, R. (1989). An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York.
- İyisan, R. and Haşal, M.E. (2011). Zemin büyütmesi ve yerel koşulların spektral ivmeye etkisi. *İtüdergisi/d mühendislik* Cilt: 10, Sayı: 4, 47-56.
- Karakuş, K. (2009) Kent Planlaması ve Jeoloji Plana Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Çalışmaları ve Yasal Mevzuat.
- Keçeli, A. (1990). Zemin emniyet gerilmesinin sismik metodlar ile tayini. *Jeofizik Dergisi*. 4, 83-92.
- Keçeli, A. (2009). Uygulamalı Jeofizik, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları No:9, s.479. Ankara.
- 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
- Okay, A.İ., Siyako, M. ve Bürkan, K.A. (1990). Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Tektonik Evrimi. *TPJD bülteni*. Cilt:2/1, 83–121.
- Öztürk, K. (1993). Prospeksiyon Jeofiziği (Sismik), İstanbul Üniversitesi yayını,17, 165s
- Sivrikaya, O. ve Toğrol, E. (2007). Türkiye'de SPT-N Değeri ile İnce Daneli Zeminlerin Drenajsız Kayma Mukavemeti Arasındaki İlişkiler, *İMO Teknik Dergi*,
- 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.
- Şafak, E. (2001). Local Site Effects and Dynamic Soil Behaviour, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21, 453-458.
- Şimşek, J. (2002), Yüksek Lisans Tezi Isparta sismik kırılma verilerini değerlendirme yöntemleri ve bunların Antalya merkez ilçe Hisarçandır Köyü yapılaşma alanına uygulanması
- TBDY. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E. (1991). Applied Geophysics, 2nd edn. Cambridge University Press, 770 sayfa, New York.
- Terzaghi, K. and Peck, R.B. (1948-1967). Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley & Sons, 566pp (2.ed), New York.
- Ulusay, R. (2010). Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

- Yayınlan 38. Güncelleştirilmiş, Genelleştirilmiş 5. Baskı
- Uyanık, O. (2006) Sıvılaştıran ya da Sıvılaştırmaz Zeminlerin Yinelemeli Gerilme Oranına Bir Seçenek. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi. 8(2), 79-91.
- Uyanık, O. (2012). Şehir Yapılaşmaları için Deprem Master Planlaması ve Alanya için Yapılması Gerekenler. Alanya 12. Tarih ve Kültür Sempozyumu, 152-169.
- Uyanık, O. (2015) Deprem Ağır Hasar Alanlarının Önceden Belirlenmesi ve Şehir Planlaması İçin Makro ve Mikro Bölgelendirmelerin Önemi . Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,19(2),24-38.
- Yalçınkaya, E. (2010) Zemin neden bu kadar önemli, Jeofizik Bülteni 63, 77-8077-80

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Ceren NERGİZLİOĞLU

Doğum tarihi ve yeri :21.02.1994 / BALIKESİR

e-posta :crnnergizlioglu@hotmail.com

### Öğrenim Bilgileri

| Derece    | Okul/Program                                | Yıl  |
|-----------|---|------|
| Y. Lisans | Balıkesir Üniversitesi/Jeoloji Mühendisliği | 2021 |
| Lisans    | Balıkesir Üniversitesi/Jeoloji Mühendisliği | 2016 |
| Lise      | Adnan Menderes Lisesi / Balıkesir           | 2012 |

### Yayın Listesi

Eğer tezden türetilen yayın var ise IEEE ve APA formatındaki ilgili yayının sonuna [Tezden türetilmiştir] ifadesi yazılmalıdır.