

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



**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK AYŞEBACI
MAHALLESİNDEKİ (KARESİ/BALIKESİR) ZEMİNLERİN
JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANIL UYAN

BALIKESİR, TEMMUZ - 2018

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



**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK AYŞEBACI
MAHALLESİNDEKİ (KARESİ/BALIKESİR) ZEMİNLERİN
JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANIL UYAN

**Jüri Üyeleri: Doç Dr. NURCİHAN CERYAN (Tez Danışmanı)
Doç Dr. CEM KINCAL
Dr. Öğr. Üyesi ALİ KAMİL YÜKSEL**

BALIKESİR, TEMMUZ - 2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Anıl UYAN tarafından hazırlanan “COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK AYŞEBACI MAHALLESİNDEKİ (KARESİ/ BALIKESİR) ZEMİNLERİN JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 20/07/2018 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. Nurcihan CERYAN

Üye
Doç. Dr. Cem KINCAL

Üye
Dr. Öğretim Üyesi Ali Kamil YÜKSEL



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

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

ÖZET

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK AYŞEBACI
MAHALLESİNDEKİ (KARESİ/BALIKESİR) ZEMİNLERİN JEO-
MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ANIL UYAN
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. NURCİHAN CERYAN)
BALIKESİR, TEMMUZ - 2018**

Yeni yerleşim alanlarının seçiminde ve mevcut yerleşim alanlarının planlamasında jeolojik ve jeoteknik çalışmalar ve bu çalışmaları esas alan mikrobölgeleme çalışmaları modern kentleşmenin ilk ve en temel aşamalarından birisidir. Bu çalışmalarda ve kent planlamasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) etkin bir rol almaktadır. Çünkü CBS tarafından sağlanan en önemli avantajlardan biri, oluşturulan veri tabanlarında farklı sorgulamaların yapılabilmesidir.

Ayşebacı Mahallesinin (Karesi, Balıkesir) batısındaki, Balıkesir-Bursa karayolu ile TOKİ evleri arasındaki kısmı 1/10000 ölçeği Balıkesir Çevre Planında yerleşime açılmıştır. Yıkıcı deprem üretme potansiyeli olan Balıkesir Fayı bu alandan geçmektedir. Bu nedenle söz konusu alanın zemin özellikleri CBS'nin sorgulama özelliği ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan Sondaj logları, laboratuvar deneyleri ve jeofizik veriler Balıkesir Belediye arşivinden sağlanan "Balıkesir Belediyesi 18-02 ve Ayşebacı Mahallesi Jeoloji Jeoteknik Etüd Raporu, Ekim-2000, Balıkesir Üniveristesi, Balıkesir" raporundan sağlanmıştır. Bu çalışmada ilk olarak CBS teknikleri kullanarak, topoğrafik veriler, jeoteknik sondaj logları, laboratuvar deney sonuçları, yerinde deney sonuçları, yeraltı suyu seviye verileri ve jeofizik veriler için ayrı bir veri tabanı oluşturulmuştur. Daha sonra, ArcGis (V: 10.2) programıyla mekânsal analizler yapılarak bu veriler değerlendirilmiş ve bu değerlendirme sonucunda mühendislik jeolojisi haritaları (Sayısal Yükseklik Modeli, zemin kalınlığı, yeraltı su haritaları, farklı derinlikte SPT-N değeri, boyuna dalga hızı (V_p), kayma dalgası hızı (V_s), V_p/V_s oranı haritaları ve zemin büyütme haritaları) üretilmiştir. Son olarak olasılık yöntemiyle deprem tehlike analizi yapılmış, fay izi uzunluğunu ve çalışma alanına uzaklığını esas alan yöntem ve seçilen azalım ilişki kullanılarak senaryo deprem oluşturulmuştur ve bu senaryo depreme dikkate alınarak SPT-N değerlerine dayanan yöntemle inceleme alanının sıvılaşma potansiyeli haritası üretilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Zemin, mühendislik jeolojisi haritaları, deprem tehlike analizi, sıvılaşma, Ayşebacı Mahallesi (Karesi/Balıkesir)

ABSTRACT

EVALUATION OF GEO-ENGINEERING PROPERTIES OF SOIL IN AYŞEBACI QUARTER (KARESİ / BALIKESİR) BY USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

MSC THESIS

ANIL UYAN

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
GEOLOGICAL ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. NURCİHAN CERYAN)
BALIKESİR, JULY 2018**

Geological and geotechnical studies in the selection of new settlement areas and planning of existing settlements and microzonation studies based on these studies are one of the first and most basic stages of modern urbanization. It is taking an active role in Geographic Information Systems (GIS) in these studies and urban planning. Because one of the most important advantages provided by GIS is that different queries can be made in the created databases.

The part of Ayşebacı Quarter (Karesi, Balıkesir) between the Balıkesir-Bursa highway and TOKİ houses was planned for settlement at Balıkesir Environment Plan in a scale of 1/10000. The Balıkesir Fault, which has the potential to produce a destructive earthquake, passes through this area. For this, the soil characteristics of the said area was evaluated by the interrogation capability of the GIS. Drilling logs, laboratory tests and geophysical data used in this study are provided from the report "Balıkesir Municipality 18-02 and Ayşebacı neighborhood Geological Geotechnical Survey Report, October-2000, Balıkesir University" provided from Balıkesir Municipality Archives. Firstly, in this study, databases for topographical data, geotechnical borehole log, laboratory test results, the results of field tests, groundwater levels and geophysics data, created by using Geographical Information Systems (GIS) techniques. Then, these data were evaluated by spatial analysis using ArcGis (V: 10.2) program. And engineering geological maps (Digital Elevation Model, soil thickness map, underground water maps, variation of SPT- N value at different depths, the maps of longitudinal and shear wave velocity (V_p and V_s), and V_p/V_s ratio and ground magnification maps) were produced after the results of this evaluation. Finally, an earthquake hazard analysis based on probabilistic method were made and a scenario earthquake using the attenuation relationships selected and the method based on the fault trace length and distance to the study and was produced. And the liquefaction potential map of the study area was produced by the method based on the SPT-N values taking into account the scenario earthquake

KEYWORDS: Soil, engineering geology maps, earthquake hazard analysis, liquefaction, Ayşebacı Quarter (Karesi/ Balıkesir)

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ.....	vii
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 İnceleme Alanının Tanıtımı	1
1.2.1 Coğrafi Konumu	1
1.2.2 Morfoloji	3
1.2.3 İklim, Bitki Örtüsü ve Akarsu.....	3
1.3 Önceki Çalışmalar	5
1.4 Coğrafi Bilgi Sistemlerine Genel Bakış.....	6
1.4.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri Tanımı ve Temel Bileşenleri	6
1.4.2 Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışma Prensipleri, Veritabanı, Veri Modelleri	8
1.4.3 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Fonksiyonları.....	11
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	15
2.1 Jeolojik Harita Alımı.....	15
2.2 Sondaj Loglarının Değerlendirilmesi ve Veri tabanının Oluşturulması	15
2.3 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT).....	18
3. BULGULAR.....	20
3.1 Karesi İlçesi (Balıkesir) Çevresinin Jeolojisi.....	20
3.1.1 Giriş.....	20
3.1.2 Bornova Filişi.....	20
3.1.3 Yayla Melanjı.....	23
3.1.4 Hallaçlar Volkaniti	24
3.1.5 Yürekli Dasiti	25
3.1.6 Şapçı Volkaniti.....	25
3.1.7 Soma Formasyonu.....	26
3.1.8 Yamaç Molozu ve Alüvyon	27
3.2 Güney Marmara Bölgesinin Neotektoniği	27
3.3 Karesi İlçesi (Balıkesir) Civarının Sismo-Tektoniği.....	29
3.4 Ayşebacı Mahallesi ve Civarının Jeo-Mühendislik Özelliklerinin CBS İle İncelenmesi	34
3.4.1 Mekansal Analizler ve Enterpolasyon Yöntemi	34
3.4.2 Jeolojik Özellikler	36
3.4.3 Topoğrafya, Sayısal Yükseklik Modeli ve Eğim	39
3.4.4 Yeraltı Su Seviyesi (YASS) ve Derinliği.....	41
3.4.5 SPT-N değerinin değişimi.....	44
3.4.6 Boyuna Dalga Hızı (Vp), Kayma Dalga Hızı (Vs) ve Vp/Vs oranı	48
3.4.7 Zemin Büyütmesi	55
3.4.8 Sıvılaşma Duyarlılık Haritası.....	59
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	74
5. KAYNAKLAR	79

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: İnceleme alanı yerbulduru haritası	2
Şekil 1.2: Balıkesir ili yıllık ortalama yağış miktarının değişimi	3
Şekil 1.3: Balıkesir ili yıllık ortalama sıcaklıkların değişimi	4
Şekil 1.4: Balıkesir ili yıllık toplam Buharlaştırma-Terleme miktarının değişimi	4
Şekil 1.5: Mekansal ve Öznitelik veriler	9
Şekil 1.6: Vektörel veriler ve öz nitelik tablosu	10
Şekil 1.7: Mekânsal verilerin Raster veri üzerinde görünüşü	10
Şekil 1.8: CBS de birleştirme işlemi	13
Şekil 2.1: Çalışma alanındaki sondaj lokasyonları	15
Şekil 2.2: Örnek olarak verilmiş bir sondaj logu	16
Şekil 2.3: Laboratuvar deney sonuçlarına bir örnek	17
Şekil 2.4: SPT deneyinin yapılışının şematik gösterimi	19
Şekil 3.1: Karesi İlçesi (Balıkesir) civarının jeoloji haritası	21
Şekil 3.2: Karesi İlçesi (Balıkesir) civarının stratigrafik kolon kesiti	22
Şekil 3.3: Türkiye ve çevresinin Neo-tektoniği	28
Şekil 3.4: Balıkesir ve yakın civarını içine alan bölgede 1900-2015 yılları arası $4 \leq M$ büyüklüğüne depremler ve odak çözümlemesi	29
Şekil 3.5: Edremit Fay Zonu'nu gösteren Diri Fay Haritası	31
Şekil 3.6: Havran-Balıkesir Fay Zonu' na ait segmentler üzerinde açılan hendek lokasyonlarını gösteren harita	33
Şekil 3.7: Jeoloji haritası ve Zemin kalınlığının değişimi	36
Şekil 3.8: Ayrılmış tüfün üst yüzeyinin kotı haritası	37
Şekil 3.9: Sağlam tüfün derinliği haritası	38
Şekil 3.10: Ayşebacı Mahallesi civarındaki faylar 39	
Şekil 3.11: Ayşebacı Mahallesi civarı topoğrafik haritası	40
Şekil 3.12: Ayşebacı Mahallesi civarı Sayısal Yükseklik Modeli	40
Şekil 3.13: Ayşebacı Mahallesi civarı eğim haritası	41
Şekil 3.14: Ayşebacı Mahallesi civarı eşpotansiyel haritası	42
Şekil 3.15: Ayşebacı Mahallesi civarı YASS değişimi	42
Şekil 3.16: Ayşebacı Mahallesi civarı YAS eş derinlik haritası	43
Şekil 3.17: Ayşebacı Mahallesi civarı YAS derinliği değişimi	43
Şekil 3.18: SPT-N ₆₀ değerinin 3 m derinlikteki değişimi	46
Şekil 3.19: SPT-N ₆₀ değerinin 6 m derinlikteki değişimi	46
Şekil 3.20: SPT-N ₆₀ değerinin 9 m derinlikteki değişimi	47
Şekil 3.21: SPT-N ₆₀ değerinin 12 m derinlikteki değişimi	47
Şekil 3.22: 1. Tabakada boyuna dalga hızı değişimi	50
Şekil 3.23: 2. Tabakada boyuna dalga hızı değişimi	50
Şekil 3.24: 30 m derinlik için r ortalama Vp değerinin kontur (eş Vp ₃₀ değeri) haritası	51
Şekil 3.25: Vp ₃₀ değeri değişimi	51
Şekil 3.26: 1. Tabakada kayma dalga hızı değişimi	53
Şekil 3.27: 30 m derinliğe kadar ortalama Vs değerinin kontur (eş Vp ₃₀ değeri) haritası	53
Şekil 3.28: 30 m derinliğe kadar ortalama Vs değerinin kontur (eş Vs ₃₀ değeri) haritası	54
Şekil 3.29: Vp/Vs oranının mekansal değişimi	56

Şekil 3.30: Ayşebacı Mahallesi ve civarının zayıf yer hareketlerine göre zemin büyütmesi.....	58
Şekil 3.31: Ayşebacı Mahallesi ve civarının kuvvetli yer hareketlerine göre zemin büyütmesi.....	58
Şekil 3.32: Ayşebacı Mahallesi (Karesi, Balıkesir) civarında yayılım gösteren alüvyonlardan alınmış seçilmiş örneklerin dane dağılım eğrileri	60
Şekil 3.33: 1902-2017 yılları arasında inceleme alanını ve 100 km yakın çevresinde meydana gelmiş magnetütü 3.5 ten büyük olan depremler	62
Şekil 3.34: Son 115 yıl içinde inceleme alanını ve 100 km yakın çevresinde meydana gelen deprem büyüklüğünün $\text{Log}(\Sigma N/t)$ ile ilişkisi.....	63
Şekil 3.35: Ayşebacı Mahallesi ve civarında 10 yıl, 50 yıl, 75 yıl ve 100 yıllık zaman aralıkları için en az bir kez meydana gelebilecek depremin belirli büyüklükü aşma olasılıklarını bulmak için hazırlanan grafik	65
Şekil 3.36: Ayşebacı mahallesinin 100 km çevresindeki faylar	66
Şekil 3.37: Ayşebacı Mahallesi civarı Sıvılaşma Potansiyeli Haritası	73

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1: SPT-N değeri ile kumlarda göreceli sıklık arasındaki ilişki	44
Çizelge 3.2: SPT-N ile kumun içsel sürtünme açısı arasındaki ilişkiler	45
Çizelge 3.3: SPT-N değeri ile ince taneli zeminlerin drenajsız kayma dayanımı arasındaki ilişki	45
Çizelge 3.4: Kaya ve zeminler için sismik dalga hızları	49
Çizelge 3.5: Kayma dalgası hızına göre zemin sıklığı	52
Çizelge 3.6: Sıklık ile zemin dinamik özelliklerin tahmin edilmesinde kullanılabilen değerler	55
Çizelge 3.7: Zemin büyütmesinin tahmini için verilen bağıntılar	57
Çizelge 3.8: Son 115 yıl (t) içinde inceleme alanını vec100 km yakın çevresinde meydana gelen deprem büyüklüğünün sınıflandırılması, bu sınıflara ait kümülatif değerleri ve bir yıl için bulunan kümülatif değerler.....	62
Çizelge 3.9: Ayşebacı Mahallesi ve civarında 10 yıl, 50 yıl,75 yıl ve 100 yıllık zaman aralıkları için hesaplanan en az bir kez meydana gelebilecek depremin belirli büyüklüğü aşma olasılıkları.....	64
Çizelge 3.10: Ayşebacı Mahallesi ve civarı için senaryo depremler (L: Fay izi uzunluğu, R: Merkez üstü uzaklığı, Mw: Moment büyüklüğü, amax: En büyük yer ivmesi).....	67
Çizelge 3.11: Olası deprem büyüklüğünü kestirmek için gerekli katsayılar (Ulusay 2010'dan alınmıştır).....	68
Çizelge 3.12: SPT-N değerine yapılan düzeltme ve düzeltme katsayılarının değerleri	70
Çizelge 3.13: SPT-N değerine yapılan düzeltme ve düzeltme katsayılarının değerleri	72

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmada büyük yardımlarını gördüğüm bilgi birikiminden faydalandığım danışman hocam Sayın Doç. Dr. Nurcihan CERYAN' a, bütün kalbimle teşekkürlerimi sunarım. Arş. Gör. Samet BERBER'e ve Prof. Dr. Şener CERYAN'a tezin hazırlanmasında ki değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tezin hazırlanmasında ve bu aşamaya kadar hayatımın her döneminde yanımda olan aileme ve biricik eşime teşekkür ederim.

Anıl UYAN
Balıkesir, 2018

1. GENEL BİLGİLER

1.1 Çalışmanın Amacı

Balıkesir Karesi İlçesi yerleşim alanındaki TOKİ Doktor Evleri ve Ayşebacı Mahallesi'nin batısında kalan alan en son onaylanan Balıkesir 1/100000 ölçekli Çevre Planına göre yerleşime açılmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada söz konusu alanda Ayşebacı Mahallesi'nin ve civarındaki alanda yüzeylenen zeminlerin jeoteknik özelliklerinin yersel olarak değişimi Coğrafi Bilgi Sistemleri ile değerlendirilmiştir. Söz konusu çalışmada Ayşebacı Mahallesi'nin batısındaki yerleşim alanlarının planlamasına temel teşkil edecek mühendislik jeolojisi haritaları üretilmiştir.

Ayrıca bu çalışmada Balıkesir ili Karesi ilçesi civarının genel jeolojisi incelenmiş ve deprem tehlike analizi yapılmıştır. Çona, A, Tufan EA ve Beliceli A tarafından 2000 yılında hazırlanan "Balıkesir Belediyesi 18-02 ve Ayşebacı Mahallesi Jeoloji Jeoteknik Etüd Raporu, Ekim-2000, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir" raporunda verilen sondaj loglarından yararlanılarak Ayşebacı Mahallesi ve civarındaki zemin özelliklerinin mekânsal değişimi CBS ile değerlendirilmesi yapılmış ve sınıflama potansiyeli araştırılmıştır.

1.2 İnceleme Alanının Tanıtımı

1.2.1 Coğrafi Konumu

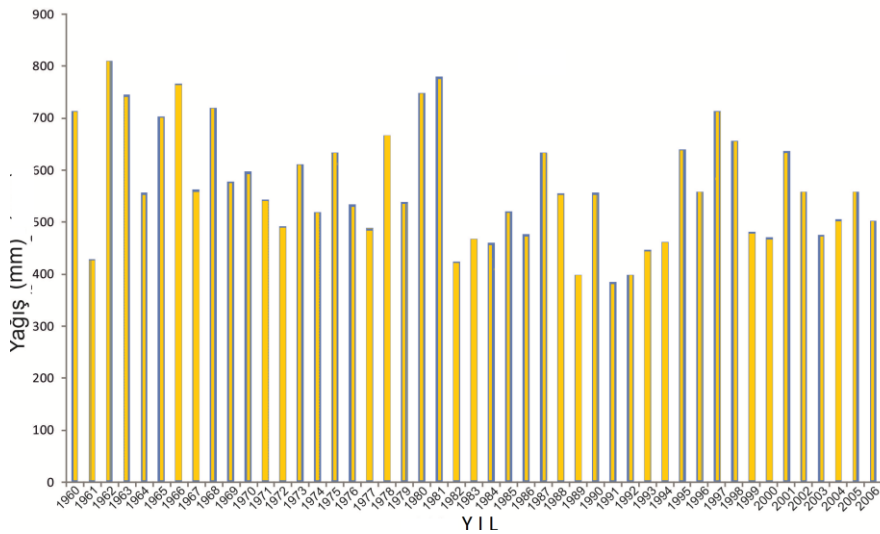
39°40' kuzey enlemleri ile 26°28' doğu boylamları arasında yer almakta ve yüzölçümü 14.299 km² olan Balıkesir, kuzeydoğuda Bursa, güneydoğuda Kütahya ve Manisa, güneybatıda İzmir, batıda Ege Denizi ve Çanakkale ile komşudur. İnceleme sahası Karesi İlçesi TOKİ Doktor Evleri ve Ayşebacı Mahallesi'nin batısında kalan alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1). Balıkesir-Bursa oto yolu çalışma alanının ortasından geçmektedir.

1.2.2 Morfoloji

İnceleme alanında topoğrafya farklı görüntüler sunmaktadır. Çalışma alanının kuzeyinde Bursa devlet karayolunun her iki tarafında da 175-180 m'ye erişen tepeler, yükselti yer almakta olup kuzey batısında bulunan TOKİ evlerinin olduğu alanda yüksekliği 175 m'ye erişen tepelik alanlar bulunmaktadır. TOKİ evlerinin önemli kısmı bu tepelerdeki düzlüklerde, az kısmında bu tepelerin yamaçlarında yer almaktadır. Söz konusu yükseltilerin dışındaki alanda yükseklik 110-125 m. arasında değişmekte olup bu alanlarda eğim oldukça düşüktür.

1.2.3 İklim, Bitki Örtüsü ve Akarsu

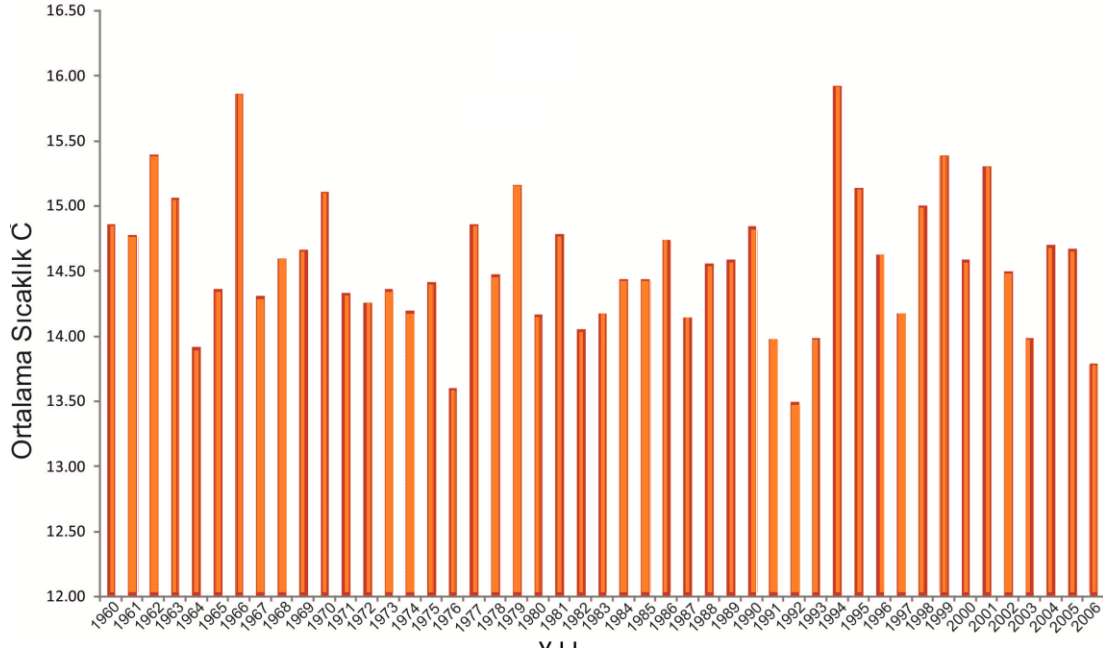
Bölge Marmara ile Ege Bölgesi geçiş iklimi şartlarının etkisi altındadır. Balıkesir Karesi ilçesinde karasal iklimin egemen olduğu kışları serin, yazları sıcak, deniz tesirine yakın bir iklime sahiptir. Hakim rüzgar yönü Kuzey, mevsimsel değişimlere bağlı olarak ikincil derece hakim rüzgar yönü Kuzey-Kuzeydoğu'dur. Yıllık toplam yağış ortalaması ise 540-740 mm arasındadır. 1960-2006 yılları arasında Balıkesir merkez meteoroloji istasyonundan alınan verilere göre öre aylık meteorolojik veriler aşağıdaki şekillerde (Şekil 1.2-1.4) bar grafik olarak verilmiştir.



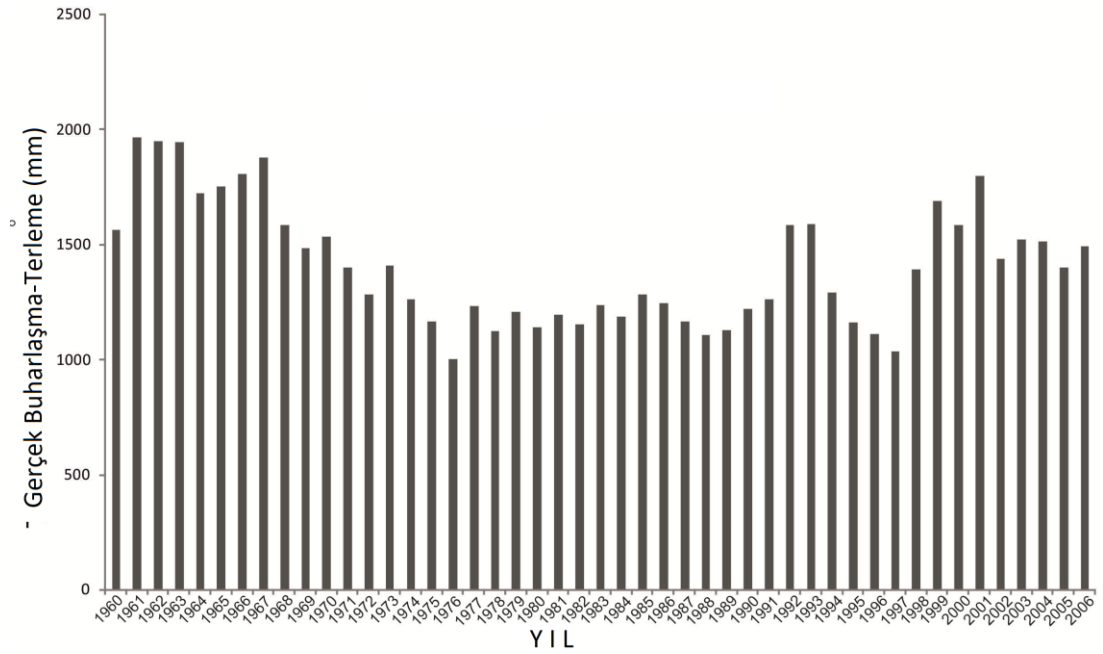
Şekil 1.2: Balıkesir ili yıllık ortalama yağış miktarının değişimi (Balıkesir Devlet Metereoloji Müdürlüğü).

Çalışma alanının kuzeyinde Bursa devlet karayolunun her iki tarafında da 175-180 m'ye erişen tepelik alanda özellikle bu yolun batısında yer alan ve çalışma alanının tek

akarsuyu olan Ortaca Deresi boyunca (Değirmen Boğazında) sık çam ormanlarıyla örtülü olup, düzlük kesimler ise bozkırdır.



Şekil 1.3: Balıkesir ili yıllık ortalama sıcaklıkların değişimi (Balıkesir Devlet Meteoroloji Müdürlüğü)



Şekil 1.4: Balıkesir ili yıllık toplam Buharlaşma-Terleme miktarının değişimi (Balıkesir Devlet Metereoloji Müdürlüğü)

1.3 Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojisini aydınlatmaya yönelik yapılmış çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Beliceli vd (2005) Balıkesir ili, Plevne ve Bahçelievler mahallelerinde jeolojik-jeoteknik ölçümler ve jeofizik yöntemler kullanılarak, yerleşim alanlarındaki zeminlerin sınıflaması yapılmıştır. Bunun sonucunda da yapılaşma açısından uygun olan alanlar belirlenmiş, afet teşkil edebilecek bir durum olup olmadığı tespit edilmiş, jeolojik ve jeofizik açıdan sınıflama potansiyeli olabilecek kritik alanlar imar haritası üzerine işaretlenmiştir.

Yağcı ve Ansal (2009) derledikleri sismolojik, jeolojik ve geoleknik verilere dayalı olarak belirlenen yaklaşımlar doğrultusunda Balıkesir için bir mikrobölgeleme yöntemi geliştirmişlerdir. Yöntemin uygulaması BPH ve 18-02 Bölgesi olarak tanımlanan inceleme alanlarını kapsamaktadır.

Avin (2011) Balıkesir Belediyesi tarafından önceki yıllarda yapılan çalışmalarda elde edilen Eurocode-8'e göre zemin sınıflamaları, yer altı su seviyesi ve formasyon durumu, taşıma gücü, zemin emniyet gerilmesi ve oturma değerleri gibi jeolojik ve jeoteknik verileri işlemiştir. Yazar Balıkesir ilinde ileri tarihlerde yapılacak olan olası çalışmalara yardımcı olmak amacı ile jeolojik ve jeoteknik verilerin farklı mahallelerdeki dağılımları belirtilmiştir.

Emre vd. (2012) Biga yarımadasının diri fayları ve bu fayların deprem potansiyellerini araştırmışlardır. Yazarlar yaptıkları çalışmada, Biga bölgesinde yirmi fay haritaları, bu fayların mekanizmalarını ve aktivitelerini incelemiş yörenin sismo-tektoniğini açıklamada çok büyük katkılar sunmuştur.

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.

Demir (2013) yaptığı çalışmada Gürsu (Bursa) yerleşim alanındaki zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek için 131 adet zemin etüd raporu verileri ve Coğrafi Bilgi Sistemlerini (CBS) kullanmıştır. Veri tabanı jeolojik, jeoteknik ve jeofizik verilerinden oluşmaktadır. Yerleşim alanı zeminlerinin yersel değişimini belirlemek ve etkin arazi kullanım amacıyla mühendislik jeolojisi haritaları üretilmiştir.

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 önlemleri alan hattı oluşturma kriterleri açısından değerlendirilmelidir.

1.4 Coğrafi Bilgi Sistemlerine Genel Bakış

1.4.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri Tanımı ve Temel Bileşenleri

Günümüzde teknolojinin giderek artan olanakları, verilerin sayısal ortamlarda saklanmasını kolaylaştırırken verinin anlamlandırılarak bilgiye dönüştürülmesi ve bilginin karar süreçlerinde kullanılması için veri ve bilginin yönetimine dayalı sistemleri zorunlu kılmıştır. Veri ve bilgilerin sistemli şekilde toplanıp depolanması, işlenmesi ve anlamlı hale dönüştürülmesi için oluşturulmuş sistemlere bilgi sistemi denir. Bilgi sistemlerinin temel fonksiyonu karar verme işlemini kolaylaştırmak ve bu süreci kısaltmaktır (Yomralıoğlu,2000). Ayrıca bilgi sistemleri karar süreçlerini kısaltırken etkin karar verme işlevine de katkıda bulunurlar (Düzgün 2010).

Bilgi teknolojisindeki hızlı gelişmeler ve buna bağlı uygulamalardaki farklı yaklaşımlar henüz Coğrafi Bilgi Sistemi' nin (CBS) standart bir tanımının yapılmasına

izin vermemiştir. CBS, akademisyenlere göre yer referanslı bilgi sistemlerinin tamamını içeren ve bunları irdeleyen bilimsel bir kavram, uygulayıcılara göre harita bilgilerini elektronik ortamda sunabilen bilgisayar tabanlı bir araç, idarecilere göre de kurumsal organizasyonlara destek veren bir veri tabanı yönetim sistemidir (Yomralıoğlu,2010). En genel anlamda CBS; araç, yönetim ve sistem gibi üç temel yaklaşımla tanımlanır. Buna göre, CBS bilgi teknolojisine dayalı bir veri toplama, saklama ve sunma aracı; karmaşık konum bilgilerinin etkin bir şekilde işlendiği bir yönetim biçimi;coğrafi verilerin daha verimli kullanılmasına olanak sağlayan bir sistemler bütünüdür. Başka bir anlatımla, CBS, konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2010).

CBS diğer bilgi sistemlerinden farklı olarak harita üzerindeki her türlü nesneye ait geometrik bilgiyi de aynı anda bir veri tabanında saklar ve işler. Dolayısıyla klasik veri tabanlarında olmayıp da sadece CBS'ye olan bir özellik vardır ki o da "konum" bazlı işlemleri analiz edebilme yeteneğidir. CBS bir anlamda, geleneksel veri tabanlarının evrimlerini tamamlamalarıyla ortaya çıkmış yeni bir yaklaşımdır (Yomralıoğlu,2010). CBS, coğrafi nesnelere sadece koordinat değerleri ile değil, aynı zamanda öznitelik bilgileri ile de tanımlanmasını konu edinen geniş anlamli bir bilgi sistemidir. Bu sistemin en önemli özelliği, herhangi bir nesnenin mutlak suretle grafik ile tanımlanmasının yanı sıra, o nesnenin özelliklerini açıklayan grafik olmayan yani metinsel bilgilerin de var olmasıdır (Yomralıoğlu 2010).

CBS bileşenleri farklı yaklaşımlarla farklı başlıklar altında toplanabilmektedir. Bir yaklaşıma göre CBS bileşenleri; Girdi, Yönetim, Analiz ve Sunumdan oluşurken diğer yaklaşımda; Donanım, Yazılım, Veri ve Kullanıcı başlıkları olabilmektedir (Düzgün 2010).

Günümüzde CBS, Masaüstü bilgisayarlar, Ağ yapıları, İnternet üzerinden WWW'e dayalı sistemler ve Mobil cihazlar olmak üzere pek çok farklı donanımda kullanılmaktadır. CBS yazılımları ticari ve açık kaynak kodlu yazılımlar olarak iki ana başlıkta incelenebilir. En yaygın ticari yazılımlar; ArcGIS, Netcad, MapINFO, IDRISI' dir. Açık kaynak kodlu yazılımlar; a) Ücretsizdir, herkes indirip kullanabilir, b) Kaynak kodu açık olduğundan herkes değiştirebilir, c) Genellikle büyük bir gönüllü grup tarafından geliştirilmişlerdir ve kullanıcı desteği bu grup ya da

kullanıcıların oluşturduğu gruplardan alınır ve d) Açık standartlar gereği benzer yazılımlarla entegrasyonu kolaydır (Düzgün 2010).

CBS' de veri her uygulama için değişebilir ancak iki temel içeriğe sahiptir; Grafik veriler (Haritalar, uydu görüntüleri, hava fotoğrafları vb.) ve -Öznitelik verileri (grafik veri ile ilişkilendirilmiş her türlü tablosal veri)'dir. Veri temininde ve CBS' de kullanımında verinin kalitesine ait özelliklerin değerlendirilmesi gerekir. Veri kalitesi değerlendirmesi için ana ölçütler şunlardır (Düzgün 2010); a) Doğruluk: Verinin gerçek olguyu temsil derecesini belirler, b) Hassasiyet: Verinin ayrıntı düzeyini dolayısı ile ölçeğini belirler, c) Sıklık: Verinin toplanma sıklığını belirler, d) Güncellik: Verinin ne kadar güncel olduğunu belirler ve e) Kapsama alanı: Yeryüzünde temsil ettiği alanı belirler.

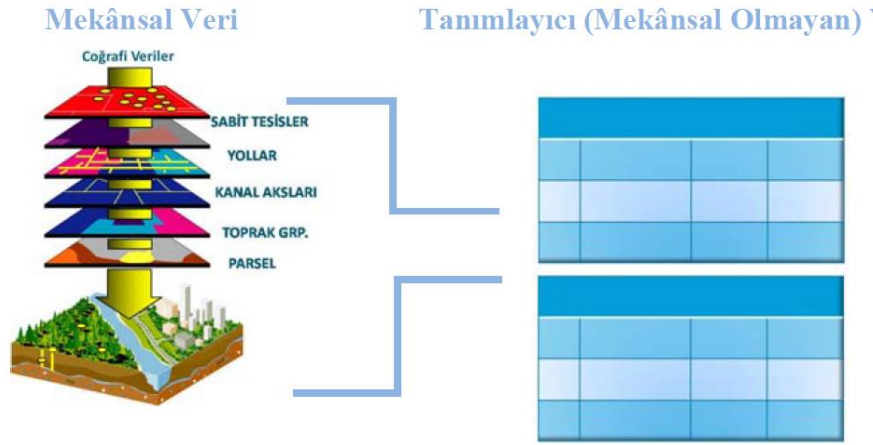
Çok gelişmiş yazılım, donanım ve kaliteli veri olsa dahi CBS' nin etkin bir araç olması için deneyimli ve yetkin kullanıcıların olması şarttır. CBS' nin etkin kullanımı CBS yeteneklerini iyi anlamış, CBS' nin temel mantığına hakim ve mekana ait verilerin ana özelliklerini kavramış kullanıcılarla sağlanabilir. Bu nitelikteki kullanıcılar için CBS ile çalışan kurumların kullanıcı yetiştirmeye önem vermesi gerekmektedir (Düzgün, 2010).

1.4.2 Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışma Prensipleri, Veritabanı, Veri Modelleri

CBS mekansal verileri ve bu verilere bağlı sözel bilgileri entegre bir şekilde depolayan bir yapıya sahiptir. Koordinat, adres vb. konum bilgisi içeren veya harita üzerinde bir lokasyona bağlanmış her türlü veri mekansal veri olarak tanımlanabilir. Mekansal veriler temel olarak "Grafik" ve "Öznitelik" veriler olmak üzere iki gruba ayrılır. Grafik veriler, objelerin yerini, şeklini ve diğer mekansal veriler ile ilişkilerini belirler. Öznitelik verileri ise özelliklere ait verilerin veri tabanında tutulmasıdır. Öznitelik verileri bir veri tabanı yönetim sistemi (VTYS) ile yönetilmektedir (Şekil 1.5). Veri tabanı genel anlamıyla düzenli bilgiler topluluğu demektir (Düzgün,2010, Yomralıoğlu,2000). Bilgisayar terminolojisinde ise, sistematik erişim imkanı olan, yönetilebilir, güncellenebilir, taşınabilir, birbirleri arasında tanımlı ilişkiler bulunabilen veriler kümesi anlamına gelir. Bir başka tanımlı da, bir bilgisayarda sistematik şekilde saklanmış, programlarca işlenebilecek veri yığınıdır. Söz konusu VTYS ilişkisel bir

veri tabanıdır. Bu tür veri tabanlarında tüm verileri tek bir çizelgede toplamak yerine veriler gruplar halinde farklı çizelgeler olarak saklanır ve her biri ile bir anahtar alan kodu ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle veri tabanında yapılacak sorgulamalar daha etkin ve ekonomik hale gelmektedir (Düzgün 2010).

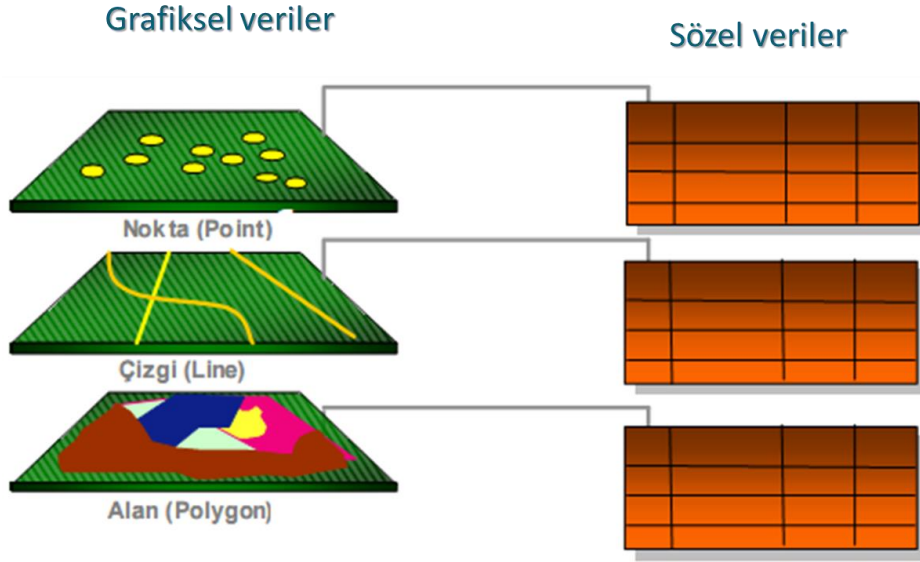
Grafik veriler ya vektörel olarak ya da hücresel (grid ya da raster da olarak adlandırılır) olarak saklanır. CBS yazılımları da grafik veriyi saklama özelliklerine göre "vektörel/hücresel CBS" olarak adlandırılırlar (Esri 2013).



Şekil 1.5: Mekansal ve Öznitelik veriler (Töreyen vd. 2010).

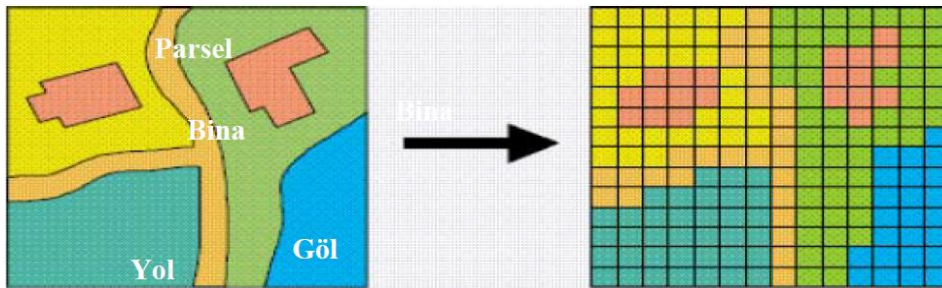
Vektör Veri Modeli formatında konuma ait veriler; nokta, çizgi ve alan özellikleri x,y koordinat değerleriyle depolanırlar (Şekil 1.6). Nokta özelliği, tek bir x,y koordinat çifti ile temsil edilen verilerdir (Elektrik Direkleri, Yangın Muslukları, Kuyular gibi). Çizgi özelliği, bir başlangıç ve bir bitiş noktası olan x,y koordinatlar dizisi ile temsil edilirler (Dereler, Yollar, Elektrik Hatları gibi). Alan özelliği ise, başlangıç ve bitiş noktası aynı olan x,y koordinatlar dizisi ile temsil edilirler (Parseller, Binalar, Arazi Kullanımı gibi) (Yomralıoğlu 2000). Vektör veriler için iki depolama yöntemi vardır; Spagetti ve Topolojik veri depolama yöntemleri. Spagetti veri depolama yönteminde, nokta, çizgi ve alan türündeki vektör veriler, temsil ettikleri detayı oluşturan nokta ya da noktalar kümesi şeklinde detayı tanımlayan tek anlamlı bir kod (detay kodu) ve detay türü (nokta, çizgi, alan) ile birlikte depolanır. Bu yöntemde, aynı ya da farklı detayların çakışması ya da komşu olması durumlarında ortak kenar ve/veya noktalar her detay tekrarlanarak depolanır. Topolojik veri depolama

yönteminde, detaylar arasındaki komşuluk, yön, çakışma, bağlantı gibi mekansal ilişkiler tanımlanır. Ayrıca komşu, kesişen ve çakışan detayların ortak nokta ve kenarları bir kez daha depolanarak, spaghetti yönteminde karşılaşılan binme, boşluk, kopukluk, taşma gibi geometrik hatalar elde edilmiş olur (Esri 2013).



Şekil 1.6: Vektörel veriler ve öz nitelik tablosu (Töreyaen vd. 2010).

Hüresel (Raster) Veri Modeli Formatında konuma ait veriler ise; hücrelere bağı olarak temsil edilir. Aynı boyuttaki hücrelerin bir araya gelmesi ile oluşurlar. En küçük birim pixel olarak tanımlanır (Şekil 1.7). Raster verilerde verinin hassasiyeti pixel boyutuna göre değışen çözünürlük (resolution) özelliğı ile tanımlanır. Raster veride her pixel bir değıere sahiptir. Bu değıer bazen coğrafi bir özelliğıe ait kod değıeri olarak tanımlanabilir. Ya da o pixel 0-255 renk aralığında bir değıeri taşıır (Töreyaen vd 2010).



Şekil 1.7: Mekansal verilerin Raster veri üzerinde görünüşü (Töreyaen vd. 2010).

Raster verilerin veri depolama hacmi vektör verilere göre oldukça büyüktür. Bazı mekansal analizler (Bindirme analizleri, Alan hesaplamaları ve Yakınlık analizleri

gibi) Raster Veri formatında daha kolaydır. Verilerin hassasiyeti Raster Verilerde pixel boyutu ile orantılı olduğunda hassas çalışmalarda veri kayıplarına neden olabilir. Vektörel veri formatında grafik objeleri tanımlayan öznitelik bilgilerine ulaşma ve güncelleme mümkün ve daha kolaydır.

CBS' nin temel çalışma prensibi belli bir coğrafi bölge için grafik (mekansal /konumsal) ve öznitelik (mekansal/konumsal olmayan) verilerin ilişkilendirilerek farklı katmanlar halinde saklanması ve bu katmanları kullanarak istenilen analizlerin yapılmasına dayanmaktadır. Öznitelik bilgileri ilişkisel bir veritabanı yönetim sistemi (VTYS) ile tablosal veriler olarak sistemde saklanırken aynı zamanda ilgili grafik veri katmanı ile bağlantılıdır. Grafik veriler genellikle haritalar iken, öznitelik verileri haritalara ait bilgilerin tablolarıdır (Yomralıoğlu,2000-Düzgün, 2010).

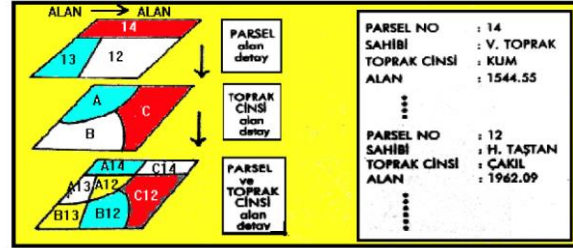
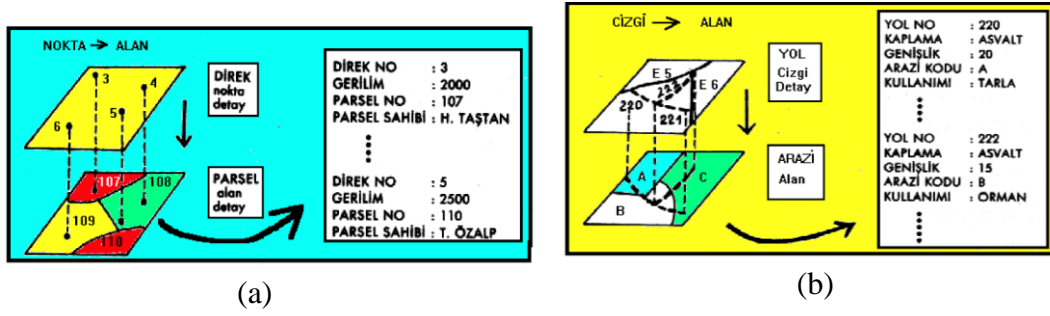
1.4.3 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Fonksiyonları

Coğrafi bilgi sistemlerinin sağlıklı bir şekilde çalışması aşağıdaki 4 temel işlevlerin yerine getirilmesine bağlıdır (Eliçalışkan, 2014). Bunlar; 1- Veri İşlemleri, 2- Sorgulamalar, 3- Mekansal analizler, 4- Senaryo Analizleri ve 5- Sunumlardır. Coğrafik veriler toplanarak, CBS' de kullanılmadan önce mutlaka sayısal yani dijital formata dönüştürülmelidir. Verilerin kağıt ya da harita ortamından bilgisayar ortamına dönüştürülmesi işlemi sayısallaştırma (digitizing) olarak bilinir. Modern CBS teknolojisinde bu tür işlemler büyük boyutlu projelerde tarama tekniği kullanılarak otomatik araçlarla gerçekleşir. Küçük boyutlu projelerde daha çok masa tipi sayısallaştırıcılar kullanılarak elle sayısallaştırma yapılabilir. Bugün birçok coğrafik veri CBS' ne uyumlu formatta hazır halde piyasada mevcuttur. Bunlar üretici firmalardan sağlanarak doğrudan kurulacak sisteme aktarılabilir (Eliçalışkan,2014). Küçük boyutlu CBS projelerinde coğrafik bilgilerin sınırlı boyuttaki basit dosyalarda saklanması mümkündür. Ancak, veri hacimlerinin geniş ve kapsamlı olması, bunun yanında birden çok veri gruplarının kullanılması durumunda Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (Data Base Management Systems) verilerin saklanması, organize edilmesi ve yönetilmesine yardımcı olur (Eliçalışkan, 2014). Veri tabanı yönetim sistemleri bir bilgisayar yazılımı olup veri tabanlarını yönetir veya birleştirir. Birçok yapıda tasarlanmış veri tabanı yönetim sistemi vardır. Ancak CBS için en kullanışlı ilişkisel (relational) veri tabanı sistemidir. Bu sistem tasarımında veriler tablo bilgilerinin elde

edilişindeki düşünce yapısına uygun olarak bilgisayar belleğinde saklanır. Farklı bilgiler içeren tabloların birbiriyle ilişkilendirilmesinde bu tablolardaki ortak sütunlar kullanılır. Bu yaklaşım basit fakat esnek bir tasarım olup, geniş çapta CBS uygulamalarında kullanılmaktadır (Eliçalışkan, 2014). Bazı durumlarda özel CBS projeleri için veri çeşitlerinin birbirine dönüşümü veya irdelenmesi istenebilir. Verilerin sisteme uyumlu olması bunu gerektirebilir. Örneğin, konumsal bilgiler farklı ölçeklerde mevcut olabilir (yol verileri 1/100.000, nüfus dağılım verileri 1/10.000, bina verileri 1/1.000 gibi (Eliçalışkan, 2014). Tüm bu bilgiler birleştirilmeden önce aynı ölçeğe dönüştürülmelidir. Bu dönüşüm görüntü amacıyla geçici olabileceği gibi bir analiz işlemi için sürekli ve kalıcı da olabilir (Eliçalışkan, 2014). CBS, gerek bilgisayar ortamında obje üzerine imlecin (mouse) tıklanması ile basit sorgulama kapasitesine, gerekse çok yönlü konumsal analiz araçlarıyla (tools) yönetici ve araştırmacılara istenen süreçte bilgi sunar. CBS teknolojisi artık coğrafik verileri istatistiksel grafikler ve "eğer olur ise.." (if conditions) şeklindeki mantık sorgulamaları ve senaryolar şeklinde irdeme aşamasına gelmiştir (Eliçalışkan,2014). CBS teknolojisi konumsal verilerin sorgulanması ve analizinde, yazılımlar sayesinde, birçok veri her türlü geometrik ve mantıksal işleme tabi tutulabilir. Eğer fonksiyonel coğrafik veriye sahip CBS mevcut ise, başlangıçta şu basit sorgulamalar yapılabilir (Eliçalışkan, 2014).

CBS' de mekansal ve mekansal olmayan analizler yapmak mümkün olsa da sistemin en güçlü yanı mekansal analiz yapma özelliğidir (Düzgün, 2010). Mekansal analizin en önemli özelliği CBS' de var olan verilerden yararlanarak yeni veriler üretmektir. Mekansal analizler tek bir katman kullanılarak yapılabileceği gibi iki ya da daha çok katman kullanılarak da elde edilebilir (Düzgün, 2010). Bir CBS' de olması gereken mekansal analiz türleri başlıca; Coğrafi sorgulama, Coğrafi analiz, Ağ Analizi, Sayısal Arazi analizi, Ölçme ve Geometrik Hesaplamalar, İstatistik Analiz ve Grid Analizidir (Grid Analysis).

Coğrafi Birleştirme (Spatial Join), Yakınlık Analizi (Proximity Analysis) ve Sınır İşlemleri (Boundary Operations) temel coğrafi analizlerdir (Taştan ve Bank 1994). Coğrafi birleştirme işlemi, şekilde özetlendiği gibi; nokta detayların alan detaylara birleştirilmesi, çizgi detayların alan detaylara birleştirilmesi ve alan detayların alan detaylara birleştirilmesi şeklinde yapılmaktadır (Şekil 1.8).



Şekil 1.8: CBS de birleştirme işlemi.

Sayısal yükseklik modelleri (SYM), topoğrafik haritalardaki eş yükselti eğrileri kullanılarak oluşturulur. Ancak yükseltinin yanında haritada eğriler ile gösterilmiş başka değişkenler için de sayısal modeller oluşturmak mümkündür. SYM eş yükselti eğrilerinden 3 boyutlu arazi modeli üretme yoludur. SYM oluşturulduktan sonra eğim ve baki haritaları oluşturmak, araziyi 3 boyutlu olarak modellemek, kesit çıkarmak, görünebilirlik analizleri ve hacim hesapları yapılabilmektedir (Düzgün,2010). Eğim hesabı; arazi yüzeyi üzerinde seçilen iki nokta arasındaki eğimin derece veya yüzde olarak belirlenmesi işlemidir. Bu işlem kullanılarak istenen eğim değerlerine sahip coğrafi bölgeleri gösteren alan detaylar elde edilebilir ve bu detaylar diğer mekansal analiz türlerinde kullanılabilir (Taştan ve Bank 1994). Baki analizi, arazi yüzeyindeki bir noktadaki bakı (aspect), o noktadan geçen teğet düzlemin baktığı yön olup derece (kuzeyden itibaren saat açısı yönünde tanımlanan açı) olarak ifade edilir. Bakı hesabı ile istenen yöne bakan arazi bölgelerini gösteren alan detaylar oluşturulup bu detaylar diğer mekansal analiz türleri ile birlikte kullanılabilir (Taştan ve Bank 1994). Görünürlük analizi; arazi üzerindeki belli bir noktadan istenen bakış aralığında ve istenen mesafe içerisinde kalan bölgede görünen veya görünmeyen kısımların belirlenmesi işlemidir (Taştan ve Bank 1994). SYM elde etmenin matematiksel parça ve şekil yöntemleri olmak üzere iki yolu vardır (Yomraloğlu,2000). Matematiksel parça yöntemleri, katı yüzey şekillerini matematiksel fonksiyonlarla temsil etme prensibine

dayanır. Sıkça kullanılan SYM yöntemlerinden biri de Üçgenlenmiş Düzensiz Ağ (TIN) yöntemidir.

Coğrafi detaylar her yönden ve istenen uzaklık ya da uzaklıklarda çevreleyen yeni alan detaylar (tamponlar) oluşturup oluşturulan tamponlar içinde kalan detaylar belirlemeye "yakınlık analizi" denir. Nokta, çizgi ve alan detaylar için yakınlık analizleri yapılabilmektedir (Taştan ve Bank,1994).

Ağ analizleri, birbirine bağlı çizgisel coğrafi objelerin oluşturduğu şebekelerden karar verme sürecini destekleyecek analizlerin yapılmasını kapsamaktadır. Ağların oluşması için çizgilerin düğüm noktaları ile birleştirilmesi gerekmektedir. Ağ analizleri çoğunlukla en uygun güzergah seçimi için kullanılır. En uygun güzergah seçimi iki nokta arasında olabilecek en uygun birleşme yolunun belirlenmesidir (Düzgün,2010).

CBS' de istatiksel analizlerle; Veri anomalileri tanımlama, Uygun tahmin yüzeyleri oluşturma, Histogram ve özel istatistikler elde etme, Trend analizleri ve Semivaryogram/ Kovaryans bulutu ve haritalaması yapılabilmektedir.

Sorgulamalar mekansal ve mekansal olmayanlar olarak iki grupta incelenebilir. Mekansal olmayan sorgulamalar var olan ilişkisel VTYS içinde öznitelik verileri ile ilgili sorgulamaları kapsar (Düzgün,2010). Mekansal sorgulamalar ise grafik veriler ve hem grafik hem de öznitelik verileri için aynı anda yapılan sorgulamaları içerir. Grafik veriden öznitelik verisine ya da öznitelik verisinden grafik verisine hızlı bir geçiş söz konusudur. Söz gelimi CBS' nin mekansal sorgulama özelliği ile haritadaki coğrafi objeler (nokta, çizgi ya da alan) imleç yolu ile seçilerek öznitelik bilgileri görüntülenebilir (Düzgün,2010).

Görsel işlemler yine CBS için önemli bir işlemdir. Birçok coğrafik işlemin sonunda yapılanlar harita veya grafik gösterimlerle görsel hale getirilir. Haritalar coğrafik bilgiler ile kullanıcı arasındaki en iyi iletişimi sağlayan araçlardır. Kartoğrafların uzun yıllardır harita üretmesine karşın, CBS kartoğrafya biliminin hızlı gelişmesine de katkıda bulunan yeni ve daha etkili araçları sunmaktadır. Haritalar, yazılı raporlarla, üç boyutlu gösterimlerle, fotoğraf görüntüleri ve çok ortamlı (multimedia) ve diğer çıktı çeşitleriyle birleştirebilmektedir (Eliçalışkan, 2014). Ayrıca CBS' nin internet ortamında kullanımı için son yıllarda geliştirilen Web-tabanlı CBS' ler yolu ile de tüm analiz sonuçları ve veriler internet yolu ile ilgili kişilere sunulup paylaşılabilir.

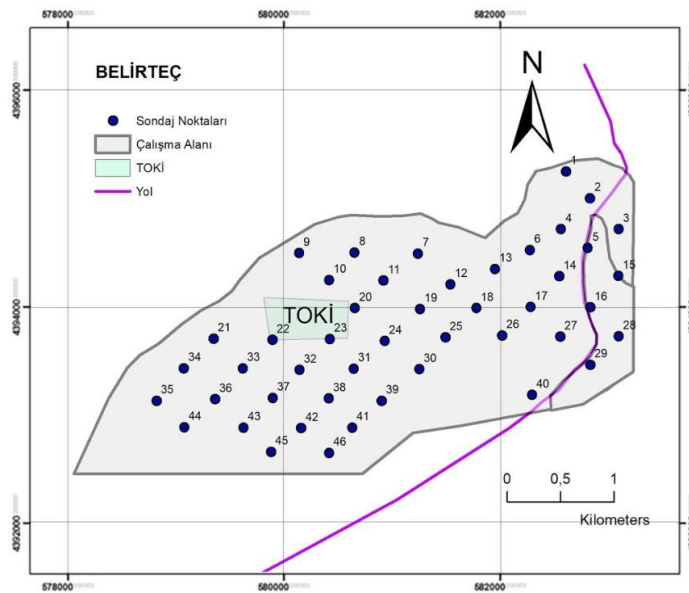
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1 Jeolojik Harita Alımı

İnceleme alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritasının hazırlanmasında yapılan arazi çalışmalarının yanı sıra önceki çalışmalardan da yararlanılmıştır. Balıkesir ve yakın çevresinin genel jeoloji çalışması Avin (2011) çalışmasından alınmış olup çalışma alanı ve çevresindeki alanda gözlenen formasyon sınırları kontrol edilmiş ve litostratigrafik birim tanımlamaları yeniden gözden geçirilmiştir.

2.2 Sondaj Loglarının Değerlendirilmesi ve Veri tabanının Oluşturulması

Bu çalışmada, “Balıkesir Belediyesi 18-02 Bölgesi ve Ayşebacı Mahallesi Jeoloji-Jeoteknik Etüd Raporu” raporunda (Çona vd.,2000) verilen 46 sondaj logundan ve bu sondajlarda yapılan SPT deney sonuçlarından yararlanılmıştır. Şekil 2.1’ de sondaj lokasyonları, Şekil 2.2’ de örnek olarak bir sondaj logu ve Şekil 2.3’ de laboratuvar deney sonucu verilmiştir.



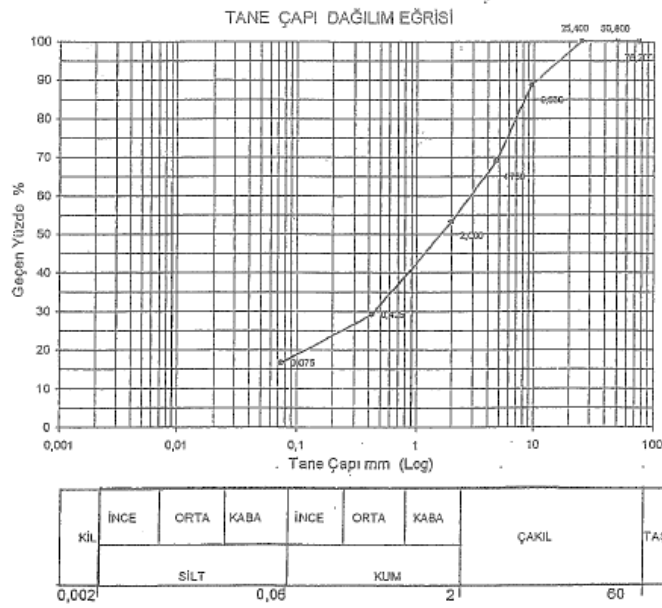
Şekil 2.1: Çalışma alanındaki sondaj lokasyonları (Çona vd 2000).

TEMASondajlık & Mühendislik
Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.**SONDAJ LOGU**
BORING LOGYer : BALIKESİR
Bölge : 18-02 Bölgesi
Müşteri : MEHMET KOYUN
Sondaj Tipi : ROTARY
Raporu Hazırlayan : TUNCAY TIMARCISondaj No : SK- (02)-31
Koordinat (X,Y) :
Başlama Tarihi : 06.08.2000
Bitiş Tarihi : 07.08.2000
Derinlik : 42 metre

DEPTH (m)	ÖRNEK SAMPLE		STANDART PENETRASYON					ZEMİN PROFİLİ	ZEMİN TANIMI		
	NO	DERİNLİĞİ DEPTH	DARBE			N30 GRAFİK					
1	SPT	0,00-0,45	4	4	6	10	20	30	40	50	Koyu Kahverenkli, Kumlu KİL
2	SPT	1,50-1,95	7	9	11	10	20	30	40	50	Gri Renkli Çakıllı Kumlu Siltli Katu KİL
3											
4	SPT	3,00-3,45	5	5	6	10	20	30	40	50	Açık Gri Renkli -Beyazımsı, Katu Çakıllı KİL
5	SPT	4,50-4,95	5	6	6	10	20	30	40	50	Orta Sıkı Killi KUM
6											
7	SPT	6,00-6,45	4	4	6	10	20	30	40	50	Kahverenkli siltli KİL
8											
9											
10	SPT	9,50-9,95	9	10	13	10	20	30	40	50	Kahverenkli Killi, Çakıllı, Orta Sıkı KUM
11											
12											
13											
14	SPT	13,50-13,95	14	15	14	10	20	30	40	50	
15											
16											
17	SPT	17,00-17,45	20	25	28	10	20	30	40	50	Çakıllı, Kumlu, Çok Sıkı SİLT
18											
19											
20											
21											TUFİT
22											
23											Çakıllı Kumlu SİLT
24											

Şekil 2.2: Örnek olarak verilmiş bir sondaj logu (Çona vd. 2000).

Elek No	Elek Açıklığı mm	Elek Üzerinde Kalan gr	Elek Üzerinde Kalan Toplam gr	Toplam Kalan Yüzdesi %	Toplam Geçen Yüzdesi %
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,530	57,8	57,8	11,4	88,6
4	4,750	99,9	157,7	19,7	69,8
10	2,000	80,6	238,3	15,9	53,0
40	0,425	121,3	359,6	23,9	29,1
200	0,075	65,7	423,3	12,5	16,6
Pen		64,6	507,9	16,6	0,0



Şekil 2.3: Laboratuvar deney sonuçlarına bir örnek (Çona vd 2000).

Çalışma alanı ile ilgili sözkonusu rapordan alınan sondajların jeoteknik logları, laboratuvar deney sonuçları, sismik yöntemle elde edilen bilgiler; alüvyon kalınlığı, ayrılmış tufün kalınlığı, her zemin tabakasındaki zemin türü, zemin tane dağılımı, ince tane oranı, birim hacim ağırlığı, SPT-N darbe sayıları, yer altı suyu seviyesi, zeminin doygunluk derecesi, bitkisel toprak kalınlığı, P dalgası hızı, S- dalgası hızı, sismik çalışmalara göre ayrıtılan tabaka kalınlıklar alınarak önce MS Excel dosyası oluşturulmuş daha sonra bu dosyadan yararlanılarak CBS ortamı için veritabanı meydana getirilmiştir.

2.3 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Standart Penetrasyon Deneyi temel olarak yerinde yapılan bir dinamik kesme deneyidir. Bu deney kumlarda uygulanır. Gerekliğinde numune alıcının çarığı 60° tepe açılı çelik bir koniyle değiştirilerek çakıllı kum ve çakıllara da uygulanabilir. Kuyu dönel sisteme bağlanarak çeşitli baltalarla, konik tekerlekli matkaplarla, içi boş veya dolu burgularla açılabilir. Delme sırasında sondaj suyunun kuyu dibine dikey gönderilmemesi esastır (Bol, 2016; Şekil 2.4).

SPT deneyinde izlenen işlem sırası;

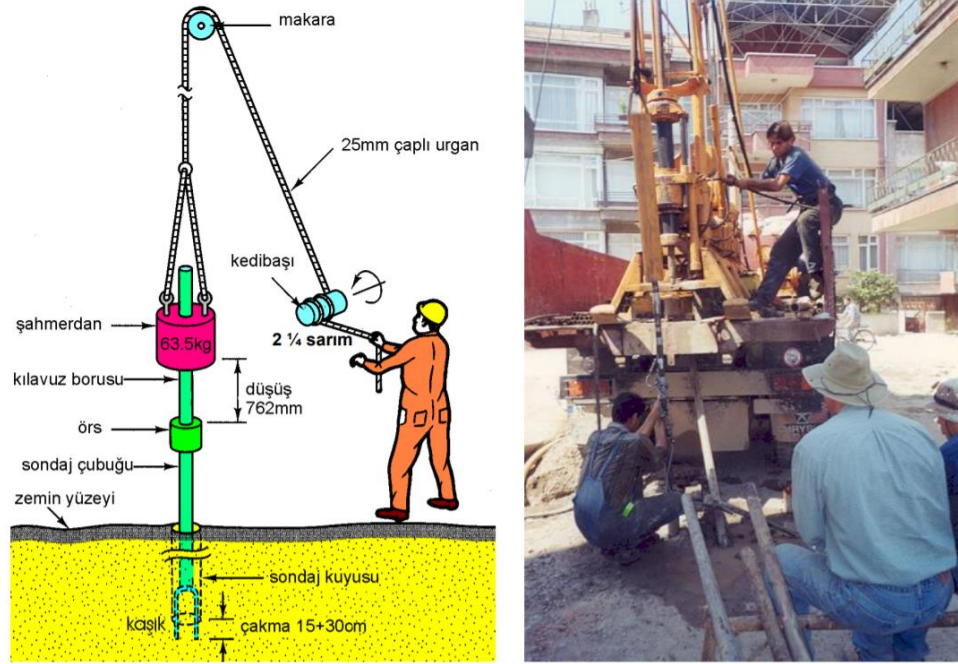
a) Sondajla istenen derinliğe erişilip kuyunun dibi temizlendikten sonra temiz penetrasyon kaşığı sondaj çubuklarına bağlanarak kuyuya indirilir ve örs en üstteki çubuğa vidalandıktan sonra tokmak ve tokmak kılavuzu örse bağlanır,

b) Tek vuruş yapılarak sistemin çukur dibine yerleşmesi sağlanır. Kaşığın zemine girişini izlemek üzere en üstteki sondaj çubuğu 15'er cm aralıklı dört çizgi ile işaretlenir,

c) 63,5 kg ağırlığındaki tokmak 76 cm yüksekten düşürülerek kaşığın her üç 15 cm penetrasyonunu sağlayacak vuruşlar aşağıdaki dört kriterden birine varılıncaya kadar sürdürülür: -i) 15 cm' lik üç penetrasyondan herhangi birinde toplam N=50 vuruş sayılması veya - ii) 30 cm ilerleme için toplam 100 vuruş uygulanması, veya - iii) Tokmağın 10 vuruşundan sonra kaşığın fark edilir bir penetrasyon yapmaması, veya iv) Kaşığın penetrasyonunun a,b ve c de anlatılan şekilde engellenmeden zemine öngörülen 3 x 15 cm = 45 cm girişi tamamlanması şeklindedir (Bol, 2016).

Deney sırasında; her üç 15 cm penetrasyon için sayılmış tokmak vuruşları (N) kaydedilir. İlk 15 cm penetrasyon, kaşığın oturması içindir. İkinci ve üçüncü 15 cm' lik penetrasyon toplamı "Standart Penetrasyon Direnci" olarak tarif edilir, veya kısaca "SPT-N Değeri" olarak adlandırılır. Eğer kaşık 45 cm' den az çakılabilmişse her tam 15 cm ve her kısmi penetrasyon için elde edilen vuruşlar sondaj loguna ayrı ayrı kaydedilir. Eğer kaşık, üzerindeki çubuk, örs ve tokmak ağırlıklarıyla vuruş almadan zemine batıyorsa, bu da ayrıca kaydedilir (Bol, 2016).

Daha kullanılabilir, faydalı ve karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmek için SPT-N Değeri'ne düzeltmeler uygulanır. Bu düzeltmeler ileri ki bölümlerde verilecektir.



Şekil 2.4: SPT deneyinin yapılışının şematik gösterimi (Bol 2016).

3. BULGULAR

3.1 Karesi İlçesi (Balıkesir) Çevresinin Jeolojisi

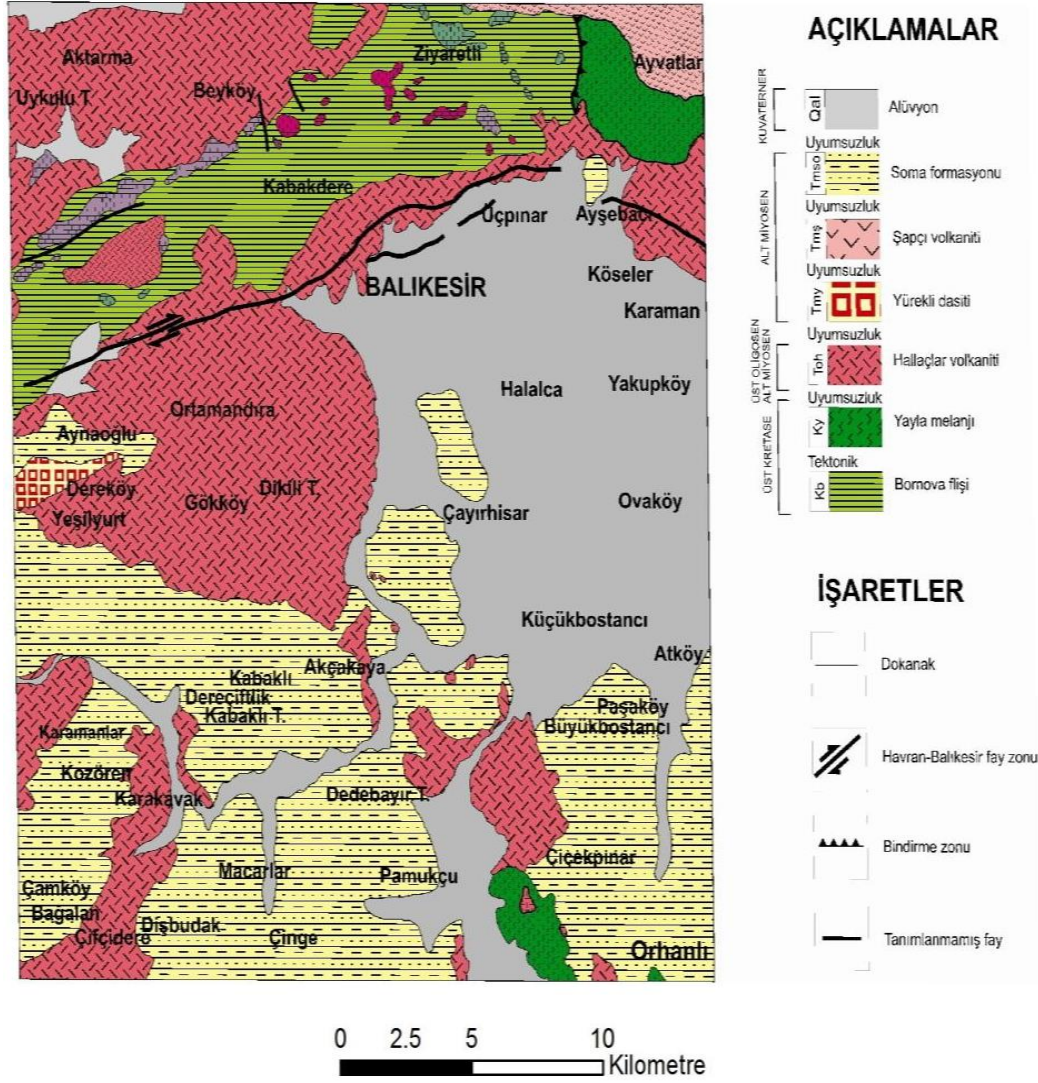
3.1.1 Giriş

Çalışma alanını da kapsayan Karesi ilçesi (Balıkesir) ve yakın civarında en yaşlı birim olarak Üst Kretase yaşlı Bornova filizi ve bunun üzerinde tektonik dokunaklı yerleşen Üst Kretase yaşlı Yayla Melanjı bulunmaktadır. Yayla Melanjının üstünde ise uyumsuz olarak Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Hallaçlar Volkaniti yer almaktadır. Hallaçlar Volkaniti'nin üstünde ise uyumsuz olarak Alt Miyosen yaşlı Yürekli dasiti yer almaktadır (Şekil 3.1, Şekil 3.2). Tüm bu birimlerin üstünde ise uyumsuz olarak Alt Miyosen yaşlı Şapçı Volkaniti yer almaktadır. Şapçı Volkanitinin üstünde ise uyumsuz olarak Soma Formasyonu vardır. En genç birim olan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ise birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.

3.1.2 Bornova Filizi

Batı Anadolu' da Sakarya Zonunun güneyinde yer alan, ofiyolitik kayalar ve filizten oluşan kuşak, ilk kez Brinkmann (1966) tarafından İzmir-Ankara Zonu olarak adlandırılmıştır. Daha sonra Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından İzmir-Ankara Zonu Neo-Tetis Okyanusu'nun kuzey kolunun kenet zonu olarak yorumlanmıştır. İzmir-Balıkesir arasında geniş bir alanda yüzeyleyen Üst Kretase yaşlı kumtaşı-kiltaşı matrisli ve içerisinde neritik kireçtaşı, spilitik bazalt ve serpantin blokları içeren birim, Bornova Filizi olarak tanımlanmıştır. Tipik olarak turuncu benekli bozulma renginde görülen Bornova Filizi kahve-gri, yeşilimsi renkli, orta-ince taneli kumtaşı ve siyah, yeşilimsi-gri renkli kiltaşı ardalanmasından ve kilttaşları ile yanal geçişli mikritik kireçtaşı, çamurtaşı-radyolarit ara yüzeyleri ile değişik yaş ve kökende neritik kireçtaşı olistolitlerinden oluşmaktadır. Bu birim içerisinde moloz akma ürünü olan ve kireçtaşı çakılları kapsayan konglomera

kanalları ve daha büyük bloklar halinde Permiyen, Triyas ve Jura-erken Kretase yaşlı kireçtaşı blokları, çörtlü kireçtaşı, radyolarit ve spilitik bazaltlar bulunmaktadır (Pehlivan vd., 2007).



Şekil 3.1: Karesi İlçesi (Balıkesir) civarının jeoloji haritası (Avin 2009'dan aynen alınmıştır)

Balıkesir' in kuzey ve batısında sınırlı bir alanda yüzeyleyen Bornova flişinin üst dokanağı ofiyolitli melanj ile tektonik, Oligo-Miyosen yaşlı volkanitler tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Pehlivan vd 2007). Fliş içerisindeki neritik kireçtaşı bloklarından alınan örneklerde Geç Permian (Midiyen) yaşlı *Langella* ex. gr. *Cukurkoyi* Sellier de Civrieux and Dessauvague, *Lasiodiscus* sp., *Geinitzina* sp., *Pachyphloia* sp., *Eotuberitina*., *Parafusulina* sp., *Kahlerina* sp., *Dagmarita*, sp. fosiller

bulunmaktadır (Erdem,2015). İnceleme alanının dışında farklı yazarların yaptığı paleontolojik ve stratigrafik çalışmalar (Okay ve Siyako,1991) birimin yaşını Üst-Kretase-Paleosen olarak vermektedir.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	TERSİYER	MIYOSEN	SOMA FORMASYONU	Alüvyon	Alüvyon
				Uyumsuzluk	Uyumsuzluk
				Çakıltaş, kumtaş, kiltaş, kireçtaş yer yer kömürlü	Çakıltaş, kumtaş, kiltaş, kireçtaş yer yer kömürlü
				Uyumsuzluk	Uyumsuzluk
				Andezit, dasit ve piroklastikler	Andezit, dasit ve piroklastikler
				Uyumsuzluk	Uyumsuzluk
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST	YAYLA MELANJİ	Dasit ve piroklastikler	Dasit ve piroklastikler
				Uyumsuzluk	Uyumsuzluk
				Andezit, dasit ve piroklastikler	Andezit, dasit ve piroklastikler
				Uyumsuzluk	Uyumsuzluk
				Serpantinit, splitik bazalt, gabro, diyabaz, kumtaş, kiltaş	Serpantinit, splitik bazalt, gabro, diyabaz, kumtaş, kiltaş
				Tektonik Dokanak	Tektonik Dokanak
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST	BORNNOVA FLİŞİ	Ofiyolitik kayaç ve kireçtaş bloklu kumtaş, kiltaş, konglomera	Ofiyolitik kayaç ve kireçtaş bloklu kumtaş, kiltaş, konglomera
				① Triyas yaşlı kireçtaş bloğu	① Triyas yaşlı kireçtaş bloğu
				② Permiyen yaşlı kireçtaş bloğu	② Permiyen yaşlı kireçtaş bloğu
				③ Jura yaşlı kireçtaş bloğu	③ Jura yaşlı kireçtaş bloğu
				④ Tanımlanmamış kireçtaş bloğu	④ Tanımlanmamış kireçtaş bloğu

Şekil 3.2: Karesi İlçesi (Balıkesir) civarının stratigrafik kolon kesiti (Avin 2009'dan aynen alınmıştır).

3.1.3 Yayla Melanjı

Balıkesir-Manyas, Dursunbey, Bigadiç, Sındırgı, Bursa-Harmancık, Domaniç, Kütahya-Tavşanlı ve Simav arasında yüzeyleyen ve tektonik bloklar halinde bulunan ofiyolitli kayaçlar, Yayla melanjı olarak adlandırılmıştır (Erdem, 2015). Tipik olarak yeşil, gri, sarı, mor, kahve, kırmızı gibi renklerin hakim olduğu alacalı bir görünüme sahip Yayla melanjı, birbirleri ile ilksel ilişkide olmayan çökel, metamorfik ve ofiyolit topluluğuna ait bazik ve ultrabazik kayalardan meydana gelmiş, karmaşık bir topluluktur. Bu birim ilksel ilişkide bulunmayan radyolarit, çamurtaşı, spilit, tüf, serpantin, diyabaz, gabro, dünit, harzburgit, mermer, metakumtaşı ve blok görünümde klorit-lavsonit-glokofan şist, epidot-lavsonit-glokofan şist ile bunların içinde değişik boyutta, değişik yaşta kireçtaşı bloklarından oluşmakta olup tüm eski kaya birimlerinin üzerinde tektonik dokanaklı olarak yer alır (Ercan vd., 1990).

Yayla melanjı içinde blok olarak bulunan Fazlıkonağı formasyonuna ilişkin mermerler, Karakaya formasyonuna ilişkin üst Permian yaşlı kireçtaşı blokları ile Akçakoyun formasyonu üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşlarını arazide ayırtlamak oldukça zor olmaktadır. Melanj özelliğindeki birim içinde anılan kayalar köksüz, taşınmış ve tektonik dokanaklı olup, aralarında stratigrafik istiflenme, düşey ve yanal geçişlilik göstermez (Ercan vd., 1990). Yayla melanjı eski kaya birimleri üzerinde tektonik dokanak olarak yer almaktadır. Bu nedenden dolayı aralarında stratigrafik istiflenme ve düşey-yanal geçişler bulunmayan bu birimde herhangi bir kalınlık belirtmek olası değildir (Erdem, 2015).

Balıkesir ve yakın civarında Yayla Melanjı' nın üst sınırında uyumsuz olarak Erken Miyosen Şapçı Volkanitleri bulunmaktadır. Alt sınırı çalışma alanında gözlenmemesine rağmen önceki çalışmalarda Melanjın Paleozoyik yaşlı şist ve Karakaya Grubu üzerine bindirmelerle tektonik olarak geldiği belirlenmiştir (Erdem,2015). Önceki paleontolojik çalışmalar yardımıyla, Yayla Melanjı' nın yaşı Geç Kretase olarak verilmiştir (Erdem, 2015).

3.1.4 Hallaçlar Volkaniti

Karesi ilçesi civarında da yüzeylenen ve arazide beyaz, sarı, kahverengi, kırmızı renkleri ile gözlenen ve andezit, dasit, traki-andezit, riyodasit türde lavlar, tüfler ve silisleşmiş tüflerden oluşmuş birim adını tipik olarak izlendiği I 18 d3 paftasındaki Hallaçlar köyünden (Balıkesir) alarak “Hallaçlar Formasyonu” olarak Krushensky (1976) tarafından adlanmıştır. Bu çalışmada Krushensky (1976)’ yi izleyen diğer çalışmalarda olduğu gibi ve inceleme alanında sadece volkanitlerden oluştuğu için söz konusu birim “Hallaçlar Volkaniti” olarak anılacaktır.

Tüflerin geniş alanlarda yüzlekler vermelerine karşın, volkanitler küçük alanlarda yüzeylenir. Volkanitler gri, siyahımsı, kahvemsı renklerde olup yer yer altere, yer yer de oldukça serttirler. Tüflerin bir kısmı bozuşmuş, alterasyona uğramış, pek çoğu da silisleşmiştir. Arazide beyaz, sarı, kırmızı, kahve ve yeşilimsi renklerde geniş alanlar kaplarlar. Silisleşmiş olan tüfler sert ve midye kabuğu kırılmalıdır (Ercan vd., 1994). Ayrışmamış volkanitler çoğun koyu renklerde olup çubuk şeklinde kahverenkli plajiyoklas kristalleri içerir. Ayrıca gri-siyah biyotit ve koyu gri piroksen fenokristalleri izlenir. Matriks genellikle altere olmuştur, çoğu siyah renklidir. Yer yer aglomeratik görünümündedir. Silisleşmiş volkanitler kolaylıkla ayrışır ve açık sarı, beyaz, gri renklerde kalsit, kuvars ve plajiyoklas pseudomorfları kapsarlar (Ercan vd., 1994).

Hallaçlar Volkaniti’ nin kalınlığı kesin olarak ölçülmemiş olup yaklaşık 400 m. kadardır (Ercan vd., 994).

Hallaçlar Volkaniti’nin alt sınırında uyumsuz olarak Üst Oligosen yaşlı Bağburun Formasyonu bulunmaktadır. Üst sınırında ise yine tektonik uyumsuzluk ile Erken Miyosen yaşlı Şapçı Volkanitleri bulunmaktadır. Hallaçlar Volkaniti olasılıkla "Üst Oligosen-Alt Miyosen" sınırında oluşmuştur. Krushensky (1976) tarafından K/Ar yöntemi ile bir lavdaki biyotitte yapılan radyometrik yaş belirlemesi ile $23,6 \pm 0,6$ milyon yıllık bir değer elde edilmiştir (Ercan vd., 1994). Dönmez vd. (2005) tarafından ise $26,5 \pm 1,1$ milyon yıllık jeokronolojik yaşlar bulunmuştur. Bu nedenlerle, Erdem (2015) volkanizmanın Geç Oligosende etkin olmaya başlamış ve Erken Miyosen’ e kadar etkinliğini sürdürdüğünü belirtmektedir.

3.1.5 Yürekli Dasiti

Yürekli dasiti gri, beyaz renkli, el örneğinde kuvars ve biyotit minerallerince zengin bol kayaç parçalı asidik bileşimli lav ve piroklastiklerden oluşmaktadır. Birim, Balıkesir-G18 paftasında Yürekli köyü, Hallaçlar köyü güneyi ve İvrindi ilçesi (Balıkesir) güney kesimlerinde gölssel çökellerle aralanmalı olarak yayılım göstermektedir. Yürekli köyü (Balıkesir) ve yakın civarında bir seri volkanik dom oluşturmaktadırlar (Akyürek ve Soysal 1983). Bu birimde dasit ile birlikte yer yer riyodasit ve riyolitlere de rastlanmıştır. Yürekli Dasiti gri, pembe ve beyaz renkli olup; kuvars, serisit, klorit, karbonat ve opak minerallerden oluşan bir hamur içine dağılmış kuvars fenokristalleri ile idiomorf ortoklaz ve plajiyoklaz (oligoklaz) ve kısmen klorideşmiş biyotit parçacıklarından oluşan mineralojik bileşim gösterir (Akyürek ve Soysal,1983). Balıkesir ve yakın civarındaki sahalarda, Yürekli Dasiti Alt Triyas yaşlı Halılağa Grubu' na ait Kınık Formasyonu' nu kesmiş Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Soma Formasyonu tarafından örtülmüştür. Kınık Formasyonunu kesen Yürekli Dasiti'ne bağlı olarak bölgede kurşun-çinko (Halılağa Köyü, Menteşe Köyü kuzeyi) ve cıva-antimon (Büyükyenice, Taşdibi Köyü) cevherleşmeleri oluşmuştur. Borsi ve diğerleri (1972) Yürekli Dasiti üzerinde yaptığı radyomcirik yaş tayinlerinde 16.2-21.5 milyon yıl bulunmuş olup bu da Miyosen'e karşılık gelmektedir. Yürekli Dasiti Batı Anadolu magmatik oluşumları içinde bölgede yerleşmiş Kozak Granodiyoriti'nden sonraki magmatik etkinliğin volkanik ürünü olarak belirlemektedir (Akyürek ve Soysal 1983).

3.1.6 Şapçı Volkaniti

İlk kez Krushensky (1976) tarafından çalışılmış ve “Şapçı Formasyonu” olarak adlandırılan birim Balya (Balıkesir) ilçesi batısındaki Şapçı mevkiinde büyük yüzeyleme alanına sahip olup ismini de oradaki Şapçı Köyünden almıştır. İnceleme alanı civarında İbirler Köyü yakınlarında yüzeyleme vermektedir. İbirler Köyü güneyi ve Ayvatlar köyü kuzeyinde lavların belirgin çıkış noktaları gözlenmektedir (Erdem, 2015).

Şapçı volkaniti tabanda beyaz renkli yer yer asidik tüfler ve bunları takip

eden asidik volkanit ve piroklastikler ile volkanizmanın son evrelerini oluşturan andezitik kayalar ve piroklastiklerden oluşmuştur. Şapçı volkanitinde andezit ve piroklastikleri egemen litolojidir. Tüfler daha geniş alanda yayılım gösterirken volkanitler ise topoğrafik olarak yüksek kodlu tepelerde yüzeylenmektedirler. Andezitik tüfler bol çatlaklı ve bu çatlaklar boyunca da kırılğan bir yapıya sahip olup yer yer yoğun alterasyon göstermektedirler. Andezitler, masif ve homojen bir yapıya sahip olup açık gri renkli bazen de pembemsi veya gülkurusu rengindedir. Makro olarak plajiyoklaz, amfibol ve biyotit mineralleri gözle rahatlıkla ayırt edilebilmektedir (Erdem, 2015).

Büyükşapçı Köyü çevresinde hallaçlar volkanitini üzerleyen birim yine aynı bölgede Yürekli dasiti tarafından uyumsuz olarak üzerlenir. Andezit ve trakiandezit karakterli lav ve piroklastiklerden oluşan bu birimin yaşı K-Ar analizi ile 21.2 ± 0.9 my ile Erken Miyosen (Dönmez vd., 2005), zirkon mineralinden yapılan SHRIMP U-Pb analizi ile de 22.72 ± 0.19 ve 22.97 ± 0.23 my ile Erken Miyosen (Erdem, 2015) olarak tespit edilmiştir.

3.1.7 Soma Formasyonu

Soma Formasyonu Balıkesir' in güneyinde ve güneybatısında Ertuğrul, Kúpeler, Büyük Bostancı, Çinge, Pamukçu, Çamköy, Yağcılar ve Macarlar yörelerinde gözlenmektedir. Soma Formasyonu'nun tipik yeri Çamköy'dür. Ayrıca Büyük Bostancı, Pamukçu, Macarlar ve Ertuğrul-Çoraklık arasında formasyon tip yerleri vardır (Akyürek ve Soysal, 1978, 1983; Ercan vd., 1984).

Soma Formasyonu killi kireçtaşı, kil, marn, silttaşı tüfit, kumtaşı, çakıltaşı aralanması veya bu kayatürlerinin bir veya birkaçının egemen olduğu kaya türlerinden oluşmaktadır (Akyürek ve Soysal, 1983). Bu formasyon çeşitli yerlerde kömürlü olup (Soma Havzası) içinde bitümlü şist özelliğinde düzeylere de rastlanmaktadır (Akyürek ve Soysal 1978, 1983, Ecan vd 1984). Soma Formasyonu genellikle beyaz, sarı, boz, gri renkte, ince-orta-kalın tabakalanmalıdır (Akyürek ve Soysal, 1978; Nebert, 1978). Genelde yatay ve yataya yakın tabakalanmalı olan birim, yer yer yatık hatta devrik kıvrımlı yapı gösterir. Killi ve karbonatlı düzeyler

bazen laminalıdır. Çapları 2 santimetreye varan olitli kireçtaşı seviyeleri bulundurulur. Tüfitler kısmen kaolinleşmiş olarak izlenirler (Akyürek ve Soysal 1978, 1983; Ercan vd., 1984).

Soma Formasyonu' na Üst Miyosen-Pliyosen (Akyürek ve Soysal, 1983) yaşı verildiği gibi, Orta Miyosen (Brinkmann vd., 1970), Orta-Üst Miyosen (Nebert, 1978) yaşlarını verenler de bulunmaktadır.

3.1.8 Yamaç Molozu ve Alüvyon

Tüm birimleri uyumsuzlukla üzerleyen alüvyonlar akarsu yataklarında, vadi tabanlarında ve ovalarda çökelen ayrıktortulardan (değişik oranlarda çakıl, kum, silt ve kilden) oluşmaktadır. Yamaç molozu ise tepe eteklerinde taşınmış olarak ve bazende yerinde oluşmuş olarak bulunmaktadır.

3.2 Güney Marmara Bölgesinin Neotektoniği

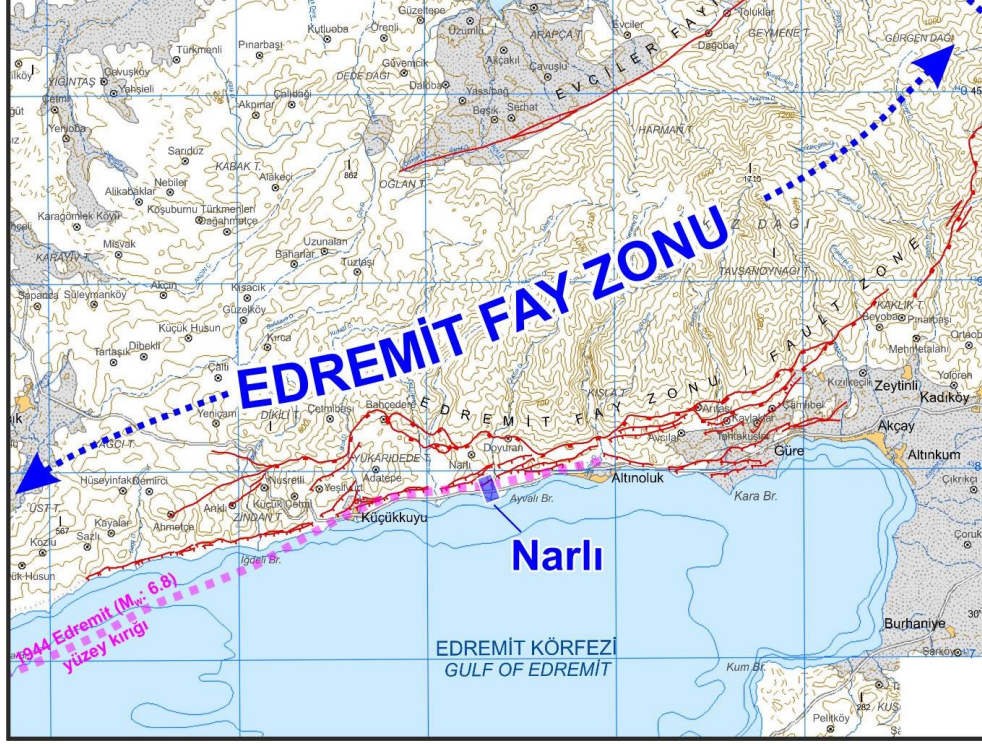
Türkiye tektonik olarak Anatolid-Torid bloğu, Sakarya zonu, İstanbul zonu ve Bitlis-Zagros suture zonu olmak üzere dört ana gruba ayrılmıştır (Şekil 3.3). Balıkesir ili' nin ve civarının da yer aldığı Kuzeybatı Anadolu Bölgesinde Tersiyer öncesi kayalar, birbiriyle tektonik ilişkili KD-GB konumunda uzanan tektonik zonlar içerisinde yüzeylemektedir (Şekil 3.3). Farklı istiflerden oluşan bu zonlar kuzeybatıdan-güneydoğuya doğru; Pontitler içerisinde yer alan Ezine Zonu, Ayvacık-Karabiga Zonu, Sakarya Zonu, İstanbul Zonu ve Anotolitler içerisinde yer alan İzmir-Ankara Zonu, Afyon Zonu ile Menderes Masifinden oluşmaktadır (Duru vd.,2007). Balıkesir ili yerleşim alanı Sakarya Zonu'nun batısında yer almaktadır. Anatolid-Torid bloğunun kuzeye doğru hareket ederek Sakarya zonu'na çarpması sonucu iki blok arasında bulunan Neotetis denizi kapanmış ve çarpışma sonrasında İzmir-Ankara-Erzincan suture boyunca hem ofiyolitik seri hem de volkanizma ve magmatizma yoğun bir şekilde gelişmeye başlamıştır. Çalışma alanının da içinde bulunduğu bölge olan Sakarya zonunun batısı, kuzeybatı Anadolu veya Biga yarımadası olarak da adlandırılmaktadır (Erdem,2015).

KAF doğuda tek bir doğrultu atımlı fay zonu olarak uzanırken batıda Marmara bölgesinde kuzey, orta ve güney olmak üzere üç ana kol şeklinde ayrılır (Sözbilir vd.,2016).

Emre ve Doğan, (2010) ve Emre vd., (2012)'de tanımlanan, Biga içine doğru ilerleyen, yaklaşık B – D ve DKD – BGB uzanımlı Yenice – Gönen, Çan – Biga, Bekten, Pazarköy, Evciler, Havran – Balıkesir ve Edremit Fay Zonları, bölgesel tektonik anlamında KAF ile birinci derecede ilişkili yapılar olarak değerlendirilirler (Sözbilir vd. 2016'dan alınmıştır).

Edremit fay zonu (EFZ); Edremit Körfezi' nin kuzey sınırı boyunca Behram ve Güre ilçeleri arasında yaklaşık 50 km izlenebilen Edremit Fay Zonu değişik ölçeklerde birçok fay parçası içerir. Yüksek açılı bu faylar değişik çalışmacılarca farklı isimlerle adlanmış ve tanımlanmıştır (Sözbilir vd. 2016). Emre ve Doğan (2010) tarafından Kazdağ Sıyrılma Fayı (KSF) ile birlikte haritalanarak yenilenmiş diri fay haritasına Edremit Fay Zonu ismiyle aktarılmıştır (Sözbilir vd., 2016).

EFZ, denizel alan dışındaki şekilsel özellikleri ve türündeki farklılaşmaya alınarak Zeytinli ve Altınoluk diye iki adet segmente ayrılır. Altınoluk yaklaşık altmış kilometre uzunluğunda olup K80 D doğrultusunda, az eğimli normal fay ve tavan bloğundaki zonal yapılı sentetik ve antitetik faylardan oluşur. Zeytinli segmenti yaklaşık 15 km uzunlukta olup KD-GB genel gidişlidir (Şekil 3.5, Sözbilir vd., 2016). Altınoluk segmenti sıyrılma fayının devamı niteliğindedir (Emre vd., 2012).



Şekil 3.5: Edremit Fay Zonu'nu gösteren Diri Fay Haritası (Sözbilir vd. 2016'dan alınmıştır).

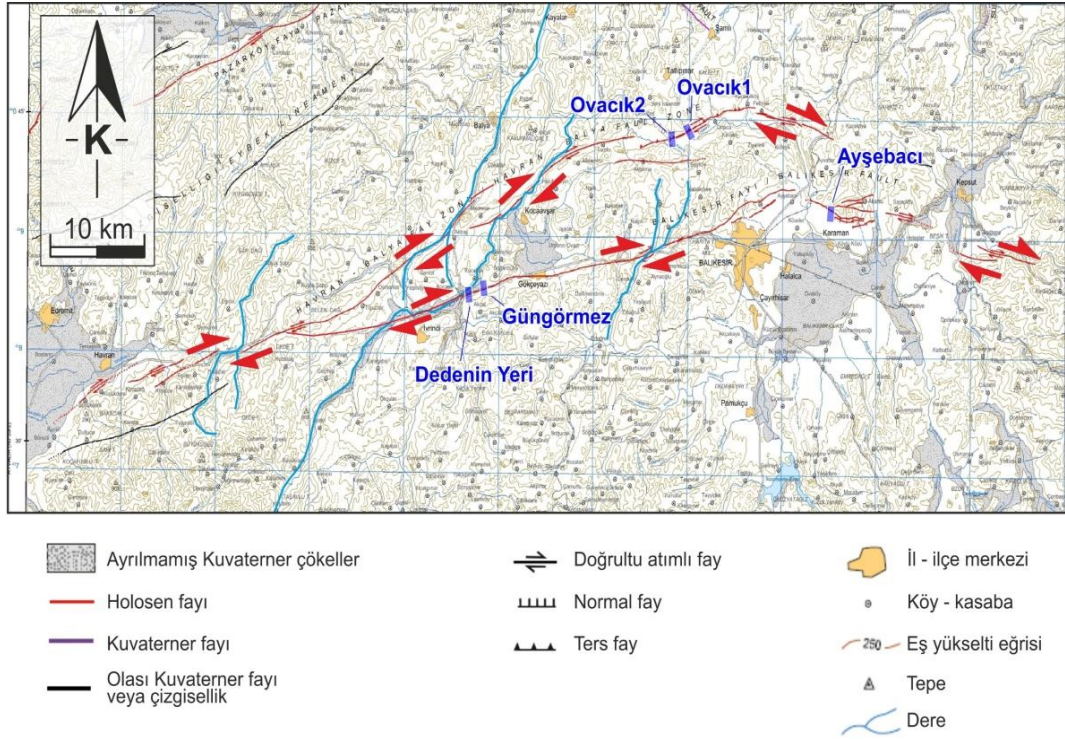
Sözbilir vd (2016) tarafından yapılan katalog taraması çalışmalarında, EFZ ve çevresinde meydana gelen tarihsel dönem depremleri M.S 160 ile MS 1898 yılları arasında meydana gelen 30 depremle temsil edilir. Kataloglarda bu depremlerden 3 tanesinin ön plana çıktığı görülmektedir. Bunlar kronolojik sırayla 14 Şubat 1672, 11 Ekim 1845 depremi ve 7 Mart 1867 depremleridir (Sözbilir vd., 2016). Aletsel dönem içerisinde EFZ ile ilişkilendirilen en büyük deprem ise 6 Ekim 1944 depremidir. Edremit Körfezi kuzeyinde meydana gelen bu deprem, Doyran yolu üzerinden başlayıp Küçükkuyu'dan Arıklı iskelesine doğru uzayan yüzey kırığı meydana getirmiştir. Ayrıca çalışmacılar o dönemde tutulan kayıtlardan ve bir çok kaynaktan topladıkları verileri birleştirerek 2200 taş evin yıkıldığını, 3100 evin ağır hasar gördüğünü, 275 yaralı olduğunu ve 73 kişinin hayatını kaybettiğini bildirirler (Sözbilir vd. 2016 dan alınmıştır). 11.05.2005 tarihli 3.5 büyüklüğüne sahip Edremit Körfezi içinde gerçekleşmiş deprem haricinde bütün depremlerin çözümleri normal faylanma mekanizmalarıyla temsil edilir. Bu mekanizma çözümleri genelde EFZ' nin kinematik özelliklerine de uyumluluk göstermektedir (Sözbilir vd. 2016 dan alınmıştır).

Yenice-Gönen Fayı Balıkesir ve Çanakkale il sınırları içerisinde ve Gönen'in doğusundaki Tütüncü ile Yenice ilçesi güneybatısı arasında uzanır. Fayın toplam uzunluğu 67 km olup K 65 D genel doğrultuludur (Sarı vd.,2010). Fayın diriliği 1953 Yenice-Gönen depremi ile ispatlanmıştır. Yenice yöresindeki Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Hallaçlar Volkaniti'nin YGF tarafından kesilerek $4,7 \pm 0,3$ km sağ-yanal ötelendiği tespit edilmiştir.

Miyosen başlarından itibaren bölgede etkinleşen, Yenice Havzası başlangıçta Batı Anadolu Genişleme Sistemi' nin etkisiyle, Üst Miyosen – Pliyosen'de oluşmuş bir yarı grabendir (half graben). Bu tektonik fazın yapısal kanıtları Yenice güneyinde mevcuttur. Yenice güneyindeki Oligo-Miyosen yaşlı granitler (Tg) üzerinde ölçülen fay düzlemi kayma verileri, Yenice Havzası' nın başlangıçta verev atımlı normal faylar denetiminde geliştiğini belgelemektedir. Daha sonraki süreçte gelişen sağ yanal doğrultu atımlı Yenice Gönen fayı, havza çökellerini kesmiştir. Yenice güneyindeki Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Hallaçlar volkanitlerinden ölçülen $4.7 \pm 0,3$ km'lik jeolojik atımın önemli bir bölümü havza gelişimindeki verev atımlı normal faylanma ile ilişkili olmalıdır (Kürçer vd, 2016).

Edremit ile Balıkesir arasındaki alanda haritalanan, yaklaşık K70°D uzanımlı, kuzeybatı ve güneybatıya eğimli birçok fay parçasından oluşan diri fay Havran–Balıkesir Fay Zonu (HBFZ) olarak isimlendirilmiştir (Duru vd. 2010). Zon batıdan doğuya doğru; (i) Havran–Balya ve (ii) Balıkesir Fayı olmak üzere 2 ana faydan oluşur (Şekil 3.6; Sözbilir vd. 2016 dan alınmıştır). Yaklaşık 90 km uzunluğundaki bir Holosen Fayı olarak sınıflandırılmış olan Havran–Balya Fayı; (i) Havran, (ii) Osmanlar, (iii) Turplu ve (iv) Ovacık olmak üzere dört fay segmentine ayrılır (Şekil 3.6). Yaklaşık 65 km uzunluğa sahip olan ve yine Holosen fayı olarak sınıflandırılmış Balıkesir Fayı'nı oluşturan segment sayısı 2'dir ve batıdan doğuya doğru; (i) Gökçeyazı ve (ii) Kepsut Segmenti olarak isimlendirilmiştir (Sözbilir vd. 2016 dan alınmıştır). Havran-Balya fayı; Fay hattı Havran-Balya yerleşim alanları arasında yer alan doğrultusu genellikle K 65°D olan bu fayın uzunluğu yaklaşık 90 km' dir. Bu fay, birbirlerini sağ yönde aralı-aşmalı olarak takip eden dört alt segmente ayrılır. HBFZ ve çevresinde gelişen aletsel dönem depremlerinin azlığı ve sismolojik veri eksikliği nedeniyle yorum yapmayı güçleştirmekle birlikte bu fay

zonu boyunca biriken deformasyonun uzun süreden beri depolanmış olabileceğini de göstermektedir (Sözbilir vd 2016'dan alınmıştır).



Şekil 3.6: Havran-Balıkesir Fay Zonu'na ait segmentler üzerinde açılan hendek lokasyonlarını gösteren harita (Sözbilir vd., 2016'dan alınmıştır).

Güney Marmara'nın tarihsel deprem kayıtlarına bakıldığında MS 1 ile MS 1899 yılları arasında 600' ün üzerinde sismik olayın gerçekleştiğini fakat bunların 38' inin büyüklüğünün 7.0' den büyük olduğu görülmektedir (Sözbilir vd., 2016'dan alınmıştır). Tarihsel döneme ait deprem kayıtlarında Balıkesir ve yakın çevresini etkileyerek yıkıma sebebiyet vermiş 3 önemli deprem göze çarpar. Bu sarsıntılardan kronolojik olarak ilk deprem 21 Eylül 1577 depremidir. Şehir merkezini etkilemiş diğer önemli depremler ise 1897 ve 1898 depremleridir (Sözbilir vd. 2016'dan alınmıştır). Bu depremlerden 29 Ocak 1898 depremi ile ayrıntılı bilgi tarihsel kayıtlarda mevcuttur. Bu deprem Koca Zelzele olarak bilinmektedir. Ramazan ayının ilk haftasının Cumartesi günü meydana gelmiş olan depremin öncesinde 3-4 saat öncesinde meydana gelmiş küçük öncü depremler, halkı sokağa dökmüş ve böylelikle can kaybını azaltıcı bir etki sağlamıştır (Sözbilir vd. 2016'dan alınmıştır).

Bu veriler içerisinden Havran-Balıkesir Fay Zonu ve çevresindeki deprem aktivitesine bakıldığında magnitüdü 5' ten büyük olan 22 adet deprem meydana

geldiği görülmektedir (Şekil 4, Sözbilir vd. 2016'dan alınmıştır). Bu depremlerden HBFZ' nin kuzeyinde konumlanmış olan Yenice–Gönen ve Manyas Depremleri ile güneyinde meydana gelmiş olan Bergama Depremi dışında her hangi birinin hasara veya can kaybına sebebiyet verdiği bilinmemektedir (Sözbilir vd. 2016'dan alınmıştır). Sismolojik kayıtlar incelendiğinde 1953 yılında meydana gelen ve $M_s=7.2$ büyüklüğündeki Yenice–Gönen Depremi için ana kayma düzleminin konumu $150^\circ/84^\circ$ olarak verilmektedir. $M_s= 6.8$ büyüklüğündeki Bergama Depremi ise 1919 yılında meydana gelmiş ve toplanan sismik verilere göre $270^\circ/45^\circ$ konumlu olan bir fay düzlemindeki yaklaşık 90° lik eğim atımlı bir kırılmanın sonucu olarak gerçekleşmiştir (EMSC) (Sözbilir vd. 2016'dan alınmıştır).

3.4 Ayşebacı Mahallesi ve Civarının Jeo-Mühendislik Özelliklerinin CBS İle İncelenmesi

3.4.1 Mekansal Analizler ve Enterpolasyon Yöntemi

Karesi İlçesi Yerleşim alanında yer alan çalışma sahası için arazi planlamasına yönelik olarak yerel zemin koşullarını açıklayan parametrelerin bölgedeki değişimi belirlenmiş olup bu parametrelerin analizi sonucu elde edilen veri tabakalarının birleştirilerek aralarındaki ilişkiler açıklanmaya çalışılmıştır.

Elde edilen tüm veriler coğrafi koordinatlar ile ilişkilendirilmiş olduğundan Esri ArcGis 10.2 programının Spatial Analysis (Mekansal Analiz) modülü kullanılarak istatistiksel veya matematiksel coğrafi analizler yapılarak mühendislik jeolojisi haritaları (Düzensiz üçgen ağlar modeli, eğim, YAS yüksekliği ve derinliği, Sdandart Proctor deneyinde elde edilen düzeltilmiş vuruş sayısı değerinin değişimi, elastic dalga hızları (V_p , V_s) ve V_p/V_s oranı değişimi haritaları ile zemin büyütme haritaları ve sıvılaşma potansiyeli haritası) üretilmiştir. Bu çalışmada üretilen mühendislik jeolojisi haritalarında enterpolasyon yöntemi olarak “Uzaklığın Ters Yöntemi” (Inverse Distance Weighted, IDW) kullanılmıştır.

Bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait hücre değerlerinin belirlenmesi için kullanılan bir enterpolasyon tekniğidir. İlgili

hücreden uzaklaşan çeşitli noktalar gözetilerek (değerlendirmeye alınarak) ve mesafedeki artışa bağlı olarak hücre değeri hesap edilir. Tahmin edilen değerler, komşu civardaki noktaların uzaklığı ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, mesafenin artması ile tahmini yapılacak hücre üzerindeki önem ve etki azalır. Bu yöntemde verilerin genel dağılımı, eğilimi, anizotropi ve kümelenmesi gibi özellikler incelenmemektedir. Verilerin sadece yerel olarak değerlendirilip, karşılaştırılması yapılmaktadır (Başel vd., 2008).

Deterministik bir yöntem olan IDW enterpolasyon tekniği örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen bir yöntemdir. IDW enterpolasyon tekniği enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalarda daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır. Bu teknik enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar. Birkaç IDW yöntemi olmasına karşın en bilineni “Shaperd’s Metodu” dur (Aslanoğlu ve Özçelik,2005).

Yüzeydeki dağınık nokta sayısı n, örneklem noktalarını tanımlayan fonksiyon f_i ve ağırlıklar w_i olmak üzere “shaperd’s eşitliği” aşağıdaki gibidir (Arslanoğlu ve Özçelik 2005).

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

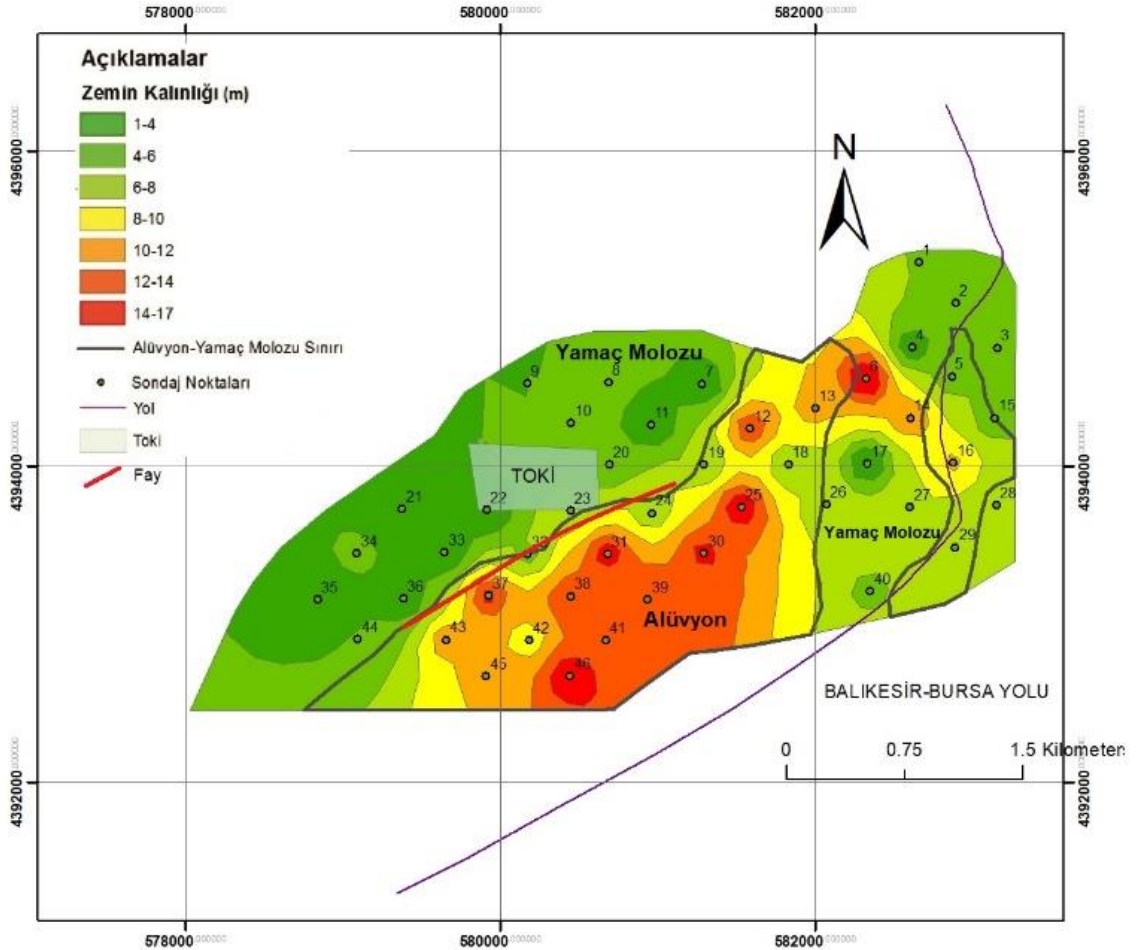
$$w_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^n h_j^{-p}} \quad (4.2)$$

Burada p ”power parameter” olarak bilinir ve genellikle 2 alınan pozitif gerçel bir sayıyı ifade eder. h_i ise örneklem noktaları ile enterpole edilecek nokta arasındaki eşitliğindeki üç boyutlu uzaysal mesafeyi tanımlar.

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

3.4.2 Jeolojik Özellikler

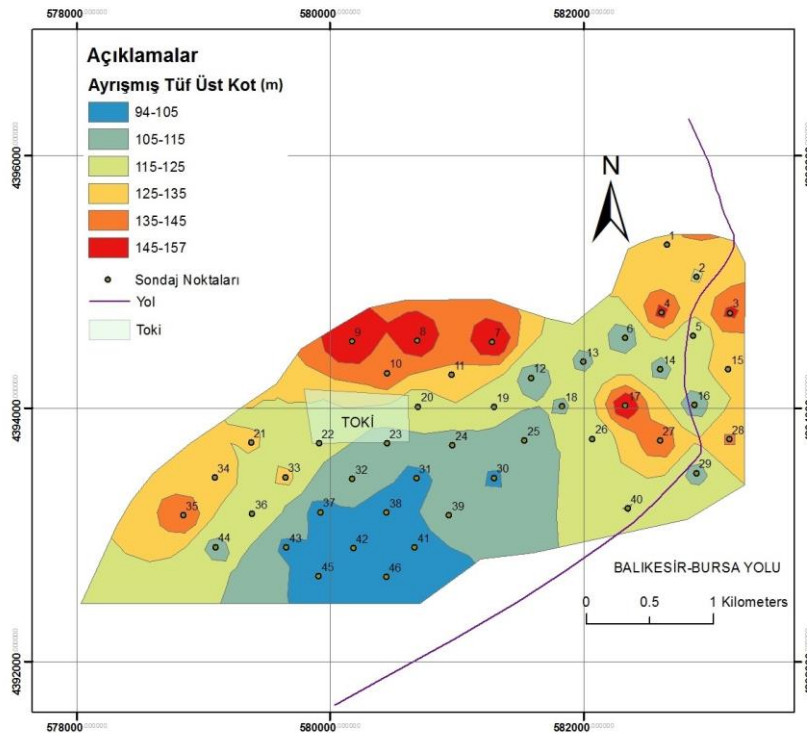
İnceleme alanında yamaç molozu ve alüvyon yayılım göstermektedir. Yamaç molozu inceleme alanını KD-GBD kesiminde TOKİ evlerinin bulunduğu alanı da kapsayan bir şerit halindeki alanda ve inceleme alanının doğusunda tepelik alanlar ve bu yükseltelerin eteklerinde yayılım gösterirler (Şekil 3.7). Bu malzeme yükseltilerde yerinde (ayrışmayla) oluşmuş yamaç eteklerinde ise ayrışan malzemenin taşınması-birikmesi ile meydana gelmiştir. Yamaç molozundaki çakıl ve blokların büyük kısmı tüflerden diğer kısmı ise volkanitlerden oluşmaktadır. Yamaç molozu kilden çakıl büyüklüğüne kadar değişik malzemedan oluşmuştur. Bu malzemenin kalınlığı yüksekliklerde (tepelerde) genellikle 4 m' den az iken yamaç eteklerinde (Şekil 3.7).



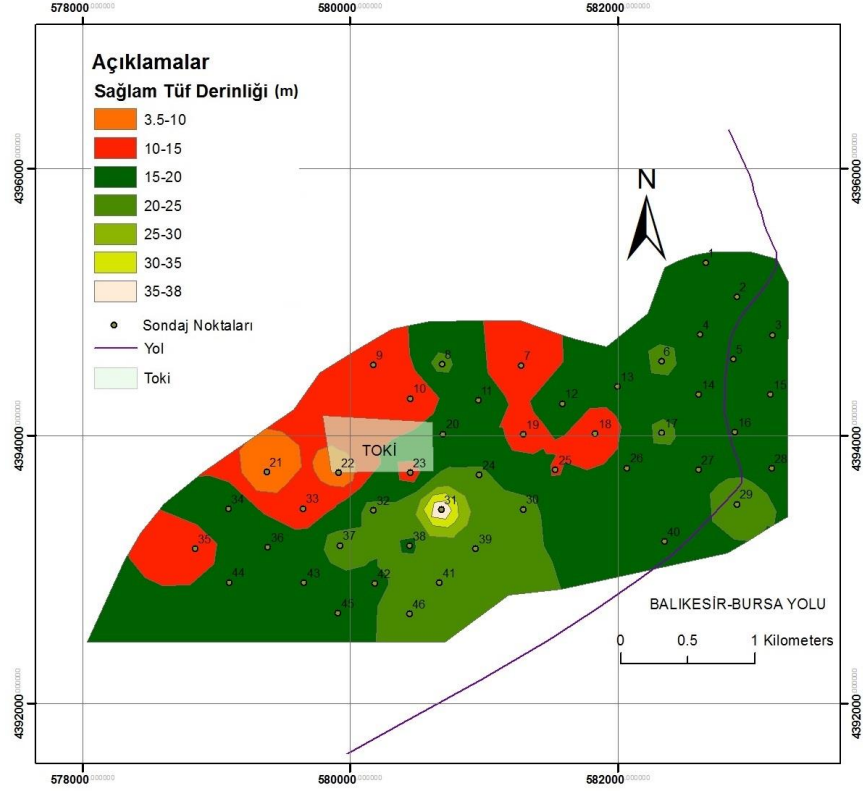
Şekil 3.7: Jeoloji haritası ve Zemin kalınlığının değişimi

Alüvyonlar genellikle katmanlı yapıda olup, çoğunlukla kum, çakıllı kumlu, siltli kum ve kil tabakalarını içermektedir. Alüvyonun kalınlığı Balıkesir–Bursa karayolunun batısında eğimin çok düşük olduğu alanlarda 17 m’ ye erişmekte iken bu yolun doğusunda 6-10 m arasında değişmektedir (Şekil 3.7).

Sondaj loglarında, yamaç molozu ve alüvyonun altında kalın tuf tabakasının olduğu görülmektedir. Bu tüflerin üst seviyesi elle parçalanacak kadar düşük dayanıma sahip olup “yüksek derecede” ayrılmış “çok zayıf kaya” durumdadır. Sağlam tuf olarak adlandırılan seviye ise laboratuvarda yapılan Nokta yük deneyi sonuçlarına göre “zayıf dayanımlı kaya” sınıfındadır. Sondaj loglarında, ayrılmış tüfle alttaki seviyenin; sağlam tüfün geçişinin dereceli olmadığı veya bu geçiş zonunun kalınlığının 1.5 m’den az olduğu görülmüştür. Yamaç molozu ve alüvyon kalınlığının az olduğu alanlarda bu birimlerin altında bulunan ayrılmış tüfün derinliği ve kalınlığı imar planları açısından önemlidir. Bu nedenle Ayrılmış tüfün üst yüzeyinin kotu, ayrılmış tüfün kalınlığı ve sağlam tüfün derinliğini gösteren haritalar üretilmiştir (Şekil 3.8 ve Şekil 3.9).



Şekil 3.8: Ayrılmış tüfün üst yüzeyinin kotu haritası



Şekil 3.9: Sağlam tufun derinliği haritası

Alüvyonun kalınlığı hemen altındaki seviye olan ayrılmış tufun derinliğini de göstermektedir. Ayrılmış tufun kalınlığı alüvyon kalınlığı ile benzer yönelim göstermekte, alüvyonun kalın olduğu kısımlarda; inceleme alanının ortasından güneye doğru kuşak şeklindeki alanda 15-30, tepelik alanlarda; yamaç molozunun altında 5-10 m diğer alanlarda ise 8-18 m arasındadır (Şekil 3.8). Sağlam tufun derinliği alüvyonun yayılım gösterdiği düz alanlarda 15-35 arasındayken diğer alanlarda 3-15 m arasındadır (Şekil 3.9).

MTA web sitesinde verilen haritaya göre Balıkesir Fayının inceleme alanında TOKİ evlerinin bulunduğu tepenin hemen yamacından geçmektedir (Şekil 3.10). Bu nedenle bu fayın geçtiği alanda “fay sakinim zonu” oluşturulmalı ve bu zon içindeki mühendislik yapıları, konutlar ve okulların deprem riski acilen değerlendirilmelidir.



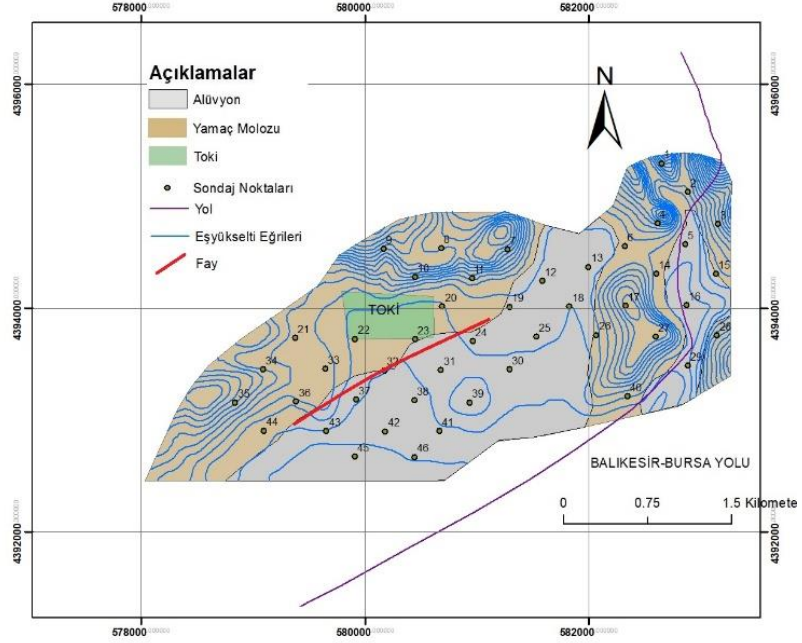
Şekil 3.10: Ayşebacı Mahallesi civarındaki faylar (<http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>)

3.4.3 Topoğrafya, Sayısal Yükseklik Modeli ve Eğim

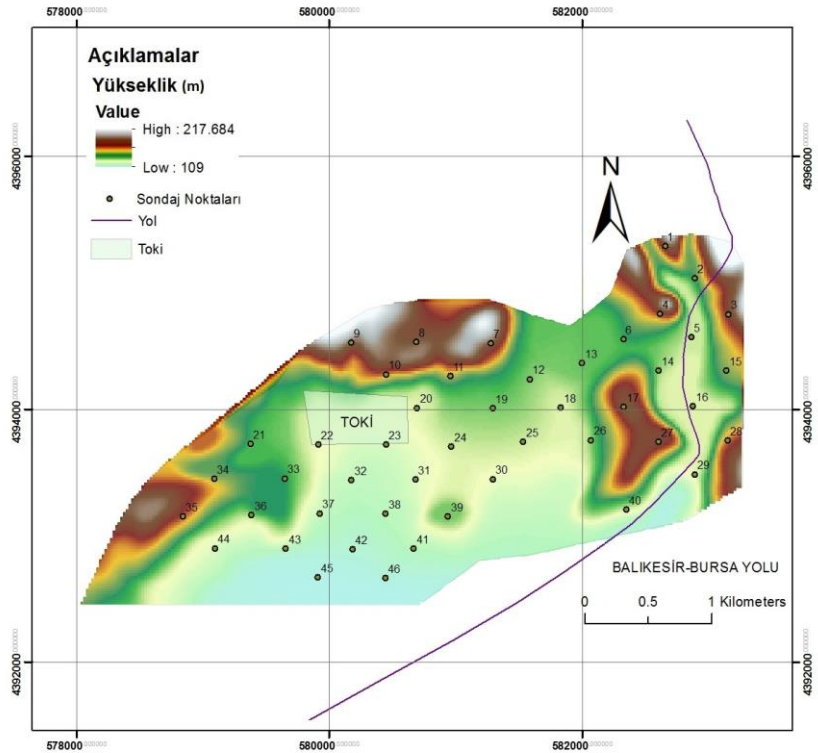
Topoğrafik haritadan itibaren Sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulabilmektedir. Sayısal yükseklik modeli, bir arazi yüzeyini en iyi temsil eden düzenli/düzensiz aralıklarla yapılmış çok sayıda yükseklik ölçümünden oluşmaktadır. SYM uygulamaları ile arazinin eğimi, eğim yönü, yansıma açısı, drenaj ağları, havza sınırları, akış yolları ve görüş alanı içindeki noktaların belirlenmesi, stereo görüntü çiftlerinin üretilmesi ve yeryüzünün 3 boyutlu ağ yapısının oluşturulması gerçekleştirilebilmektedir (Yıldırım vd.,1996). Bu çalışmada inceleme alanının topoğrafik haritasından (Şekil 3.11) yararlanarak Sayısal Yükseklik Modeli (Şekil 3.12) oluşturulmuş, eğim haritası (Şekil 3.13) yapılırken bu model esas alınmıştır.

İnceleme alanında en düşük kot 109 m iken en yüksek kot 217 m' dir. İnceleme alanının doğusunda KD-GB doğrultusunda bir kuşak gibi uzanan yükseltilerde; yükseklik 125 m. den 217 m' ye kadar değişmektedir. İnceleme alanındaki GD' da Balıkesir-Bursa karayolunun batısındaki tepelerde yükseklik 216 m'ye erişmektedir (Şekil 3.11 ve Şekil 3.12). Yamaç molozunun yayılım gösterdiği söz konusu yükseltilerde, tepelik alanlar da eğim çoğunlukla 15-45 derece arasında

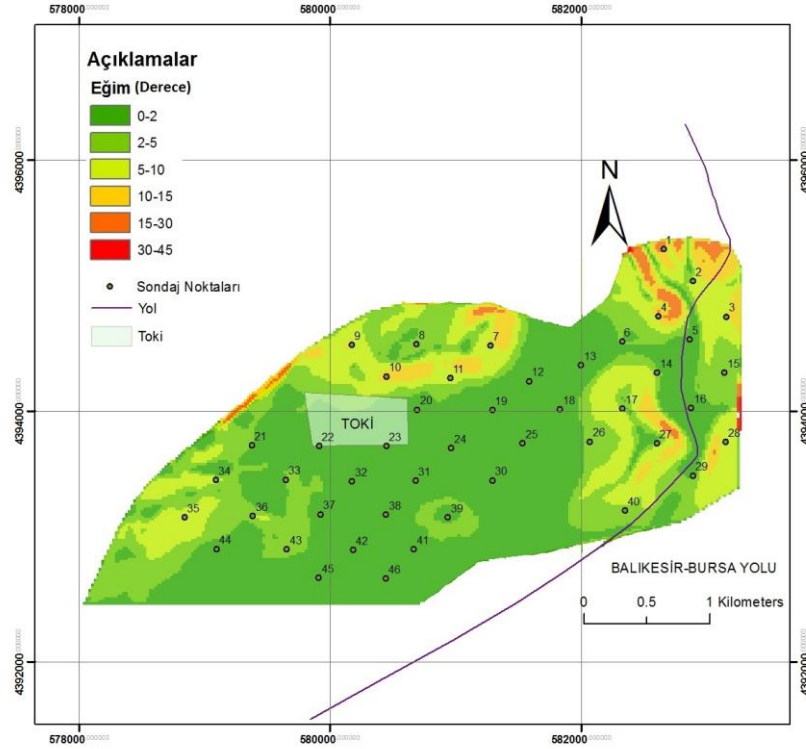
değişirken, 109-120 m kotları arasında yer alan alüvyonun yayılım gösterdiği alanlarda ise eğim 5 dereceden küçüktür (Şekil 3.13).



Şekil 3.11: Ayşebacı Mahallesi civarı topoğrafik haritası



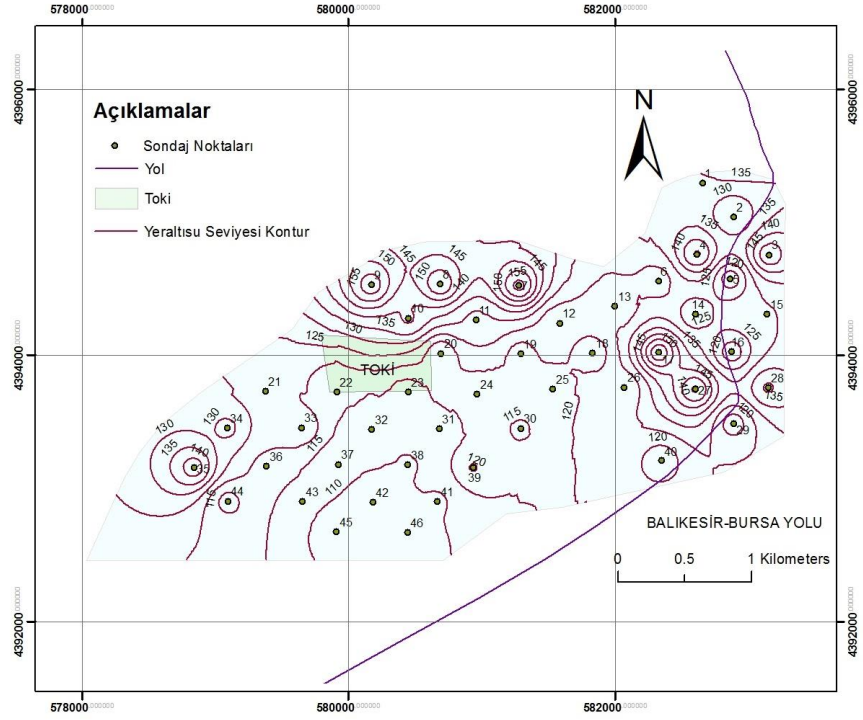
Şekil 3.12: Ayşebacı Mahallesi civarı Sayısal Yükseklik Modeli



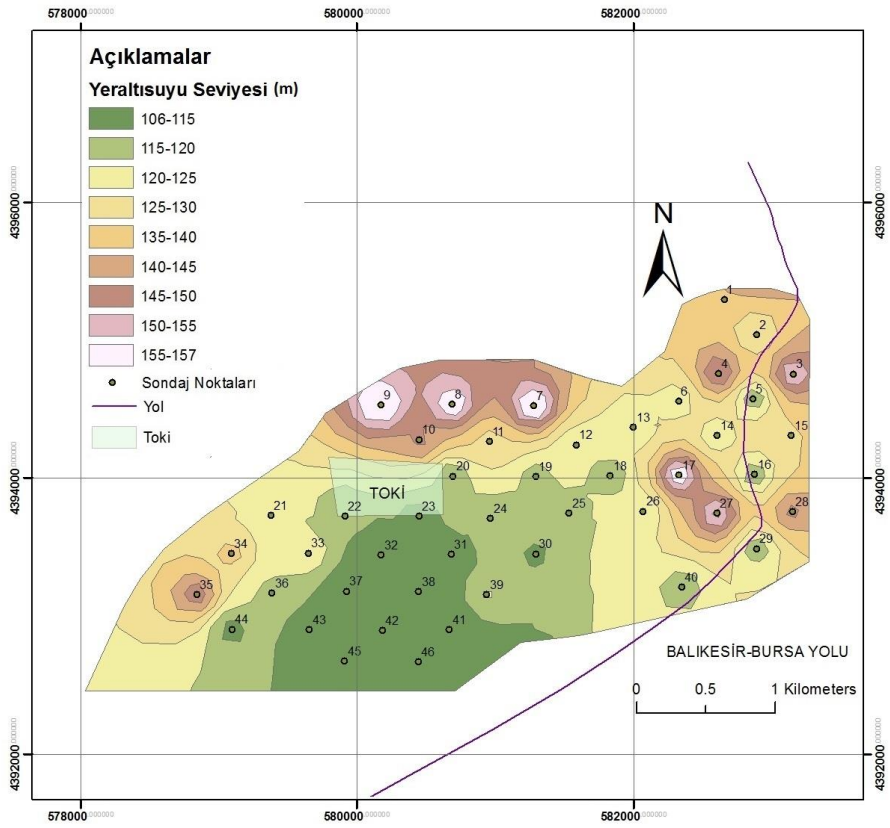
Şekil 3.13: Aşebacı Mahallesi civarı eğim haritası

3.4.4 Yeraltı Su Seviyesi (YASS) ve Derinliği

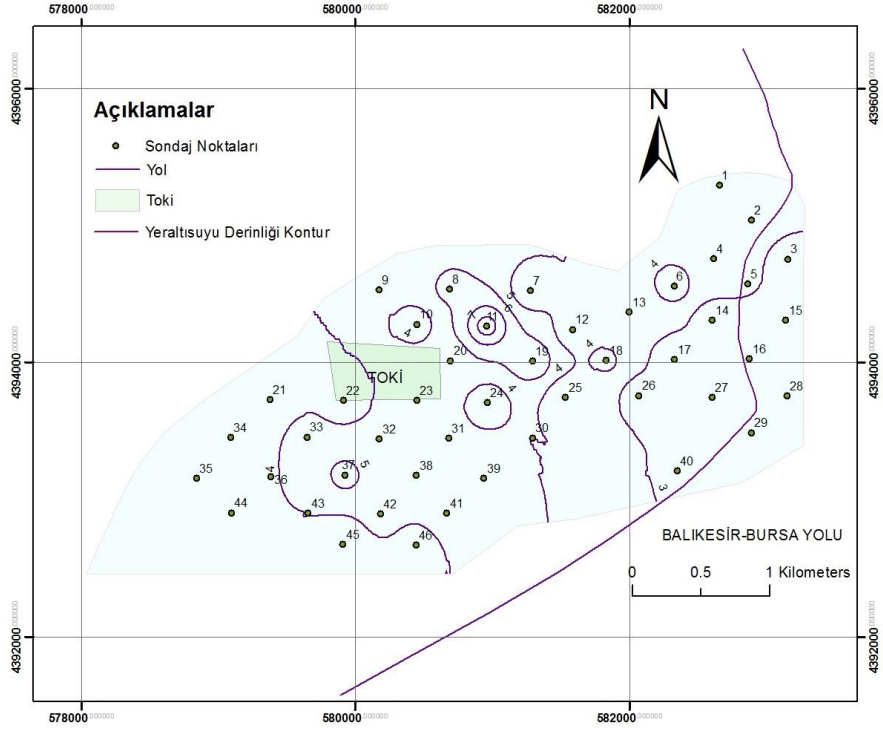
Yeraltı suyu, siltli-kumlu zeminlerde sınırlanabilirlik, kil zeminlerde şişme/kıvam limitinde değişiklik, boşluklu-çökebilen zeminlerde su içeriğinin artması sonucu çökmenin gelişmesi gibi problemlere yol açtığından oldukça önemlidir. Ayrıca yapı-su etkileşimi açısından da önemlidir. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu veya yapı temelini/yapının bir bölümünün yeraltı su seviyesinin altında olduğu durumda su-yapı elemanı/malzemesi etkisiyle yapı elemanlarında çürüme/korozyon meydana gelmekte bu da yapının dayanımını azaltmaktadır. Yeraltı suyunun, zeminin varsa agresif özelliklerinin bilinmesi yapının uygun bir şekilde korunabilmesi için önemlidir. Bu nedenlerle inceleme alanı için eşpotansiyel eğrileri gösteren harita (Şekil 3.14), yeraltı su seviyesi yüksekliği haritası (Şekil 3.15) ve yeraltı su derinliği haritaları (Şekil 3.15 ve Şekil 3.16) oluşturulmuştur. İnceleme alanında, alüvyonun yayılım gösterdiği eğimi düşük alanlarda YASS kotu 106 ile 115 m arasında değişirken yamaç molozunun yayılım gösterdiği alanlarda 120 ile 157 m arasındadır (Şekil 3.14 ve Şekil 3.15).



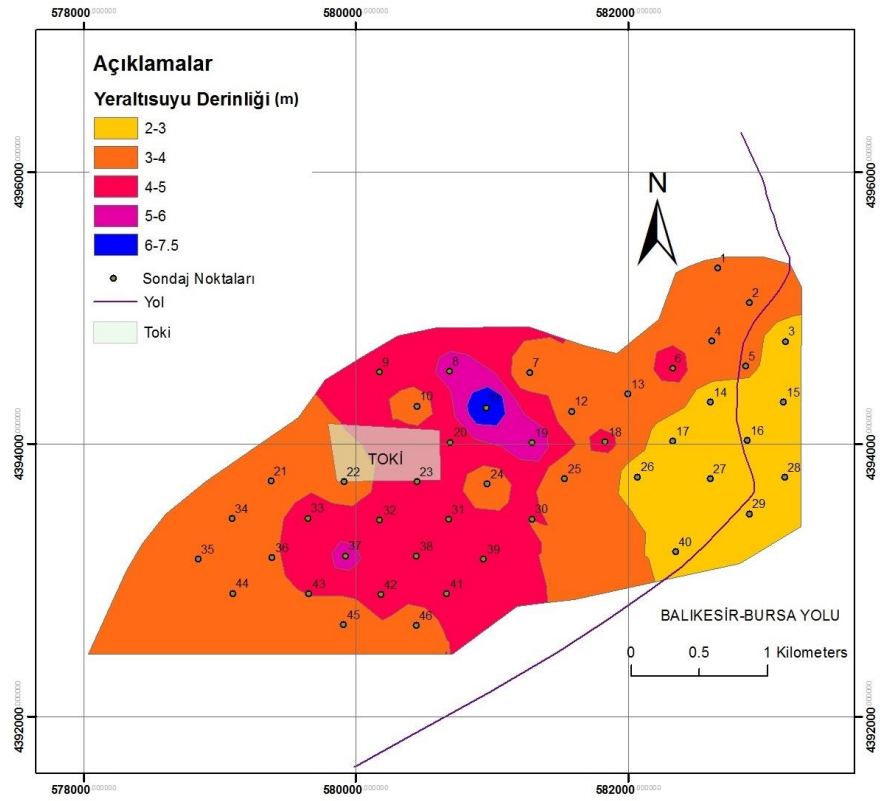
Şekil 3.14: Ayşebacı Mahallesi civarı eşpotansiyel haritası



Şekil 3.15: Ayşebacı Mahallesi civarı YASS değişimi



Şekil 3.16: Ayşebacı Mahallesi civarı YAS eş derinlik haritası



Şekil 3.17: Ayşebacı Mahallesi civarı YAS derinliği değişimi

Yeraltı suyu derinliğini eş derinlik olarak veren Şekil 3.16 ve Şekil 3.17 incelendiğinde YAS derinliğinin bir zonlanma gösterdiği görülmektedir. Genel olarak, bu zonlama sonucu KKD-GGB doğrultusu boyunca uzanan bölgelerin olduğu inceleme alanının güney doğusundan başlayarak KB ya doğru TOKİ evlerine kadar YAS derinliğinin arttığı 3 m den 7.5 m'ye çıktığı TOKİ evlerinin doğusunda ise 7.5 m den tekrar 3'm ye doğru kademeli olarak düştüğü görülmektedir. Özellikle alüvyonun yayılım gösterdiği düzlük alanlarda derinliğinin 4.5 m den az olması nedeniyle yeraltı suyu taşıma gücü, yapı-su etkileşimi sonucu korrozyon ve sıvılaşma problemlerini oluşturabilir.

3.4.5 SPT-N Değerinin Değişimi

Arazi deneylerinden biri olan SPT deneyi, ekonomik olmaları ve zamandan tasarruf yapmaları bakımından, temel tasarım kriterlerinin yerinde belirlenmesi amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca, zeminin örselenmemiş numune alımı konusunda elverişli olmadığı durumlarda, zemin parametrelerinin doğrudan yerinde tespit edilmesine imkan tanımaktadır. Araştırmacılar, SPT-N değeri ile kumların ve kumlu siltlerin sıklığı, içsel sürtünme açısı, birim hacim ağırlığı tahmininde kullanılmaktadır (Çizelge 3.1 ve 3.2). Öte yandan SPT deney aynı zamanda drenajsız kesme deneyidir. Bu nedenle SPT-N değeri ile killerin kıvam limiti ve drenajsız kohezyonu arasında ampirik ilişkiler verilebilmektedir (Çizelge 3.3, Sivrikaya ve Toğrol 2007). SPT-N değerinin zeminin söz konusu özelliklerini tahmin etmedeki başarısı nedeniyle taşıma gücü ve sıvılaşma hesabında kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1: SPT-N değeri ile kumlarda göreceli sıklık arasındaki ilişki (Sivrikaya ve Toğrol 2009).

Sınıflama	(Terzaghi ve Peck 1967)	Göreceli Sıklık D_{r} (%)			
	(1: N_{60} , 2: N_{160})	Meyerhof (1956) ¹	Bowles (1968) ¹	Duncan ve Buchinani(1976) ²	Mitchell ve Katti(1981) ²
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 3.2: SPT-N ile kumun içsel sürtünme açısı arasındaki ilişkiler
(Sivrikaya ve Toğrol 2009'dan alınmıştır)

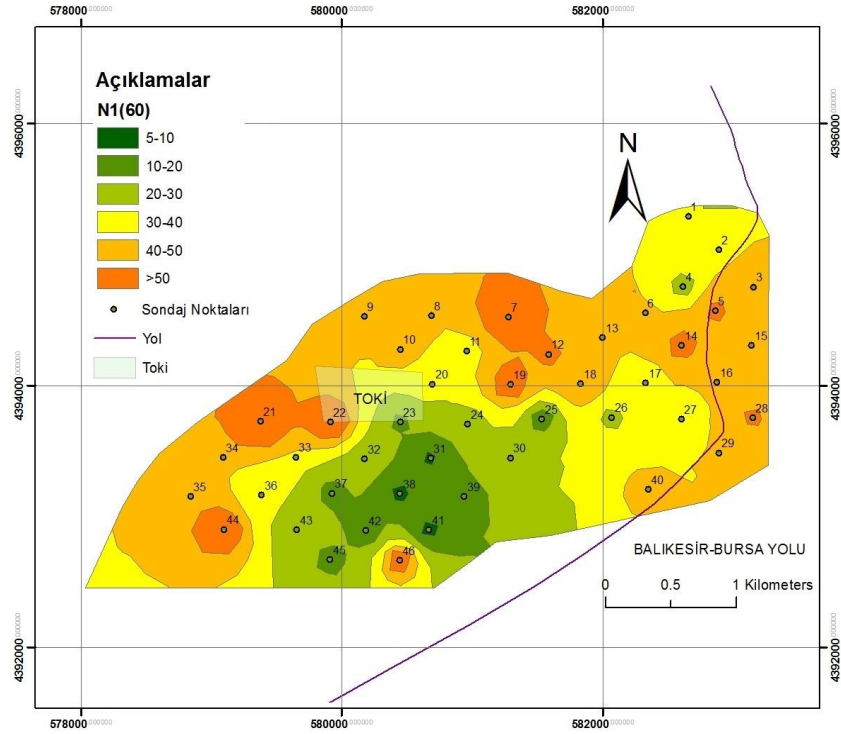
Zemin Cinsi	Efektif sürtünme açısı ϕ' (°)	Referans
Köşeli ve iyi derecelenmiş zemin daneleri	$\phi' = (12N_{50}^*)^{0.5} + 25$	Dunham (1954)
Yuvarlak ve iyi derecelenmiş veya köşeli ve üniform derecelenmiş zemin daneleri	$\phi' = (12N_{60})^{0.5} + 20$	Dunham (1954)
Yuvarlak ve üniform decelenmiş zemin 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
Kumlu	$\phi' = (20N_{1/60})^{0.5} + 20$	Hatanaka ve Uchida

Çizelge 3.3: SPT-N değeri ile ince taneli zeminlerin drenajsız kayma dayanımı arasındaki ilişki (Sivrikaya ve Toğrol 2007).

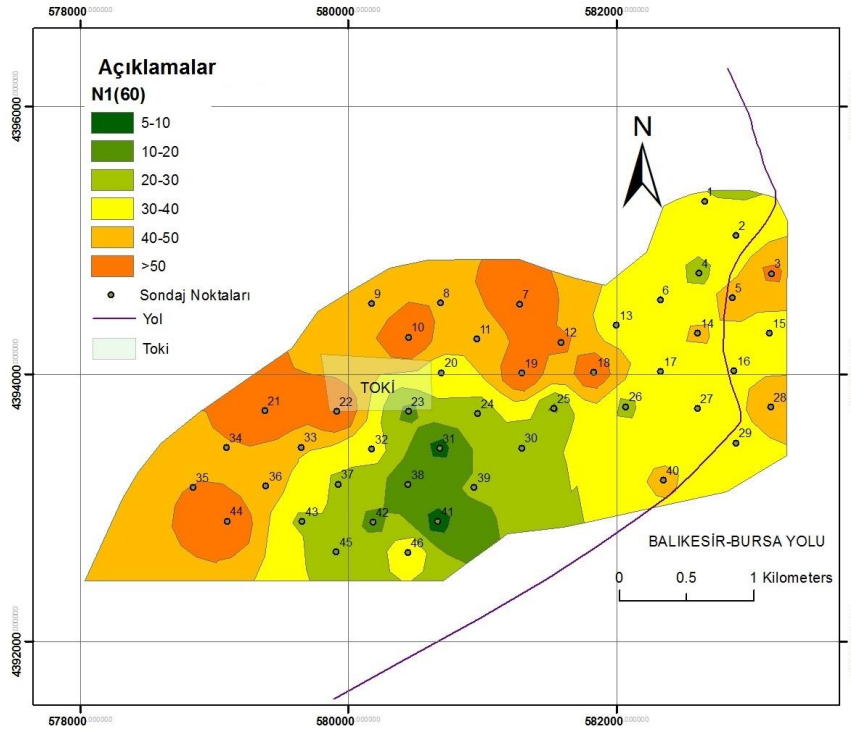
N	Zeminin Kıvamı	Drenajsız Kayma Mukavemeti c_u (kPa)		
		Tschebotarioff (1973)	Parcher ve Means (1968)	Terzaghi ve Peck(1967)
2	Çok Yumuşak	15	< 12	< 12,5
2-4	Yumuşak	15-30	12-25	12,5-25
4-8	Orta Katı	30-60	25-50	25-50
8- 15	Katı	60- 120	50- 100	50- 100
15-30	Çok Katı	120-225	100-200	100 - 200
>30	Sert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

İnceleme alanında yüzeylenen yamaç molozu ve alüvyonlar için sondaj kuyularında farklı derinlikte; 3, 6, 9 ve 12 m derinlikte ölçülen SPT- N_{60} değerlerinin değişimi veren haritalar üretilmiştir (Şekiller 4.18-4.21). Bu haritalar zeminin

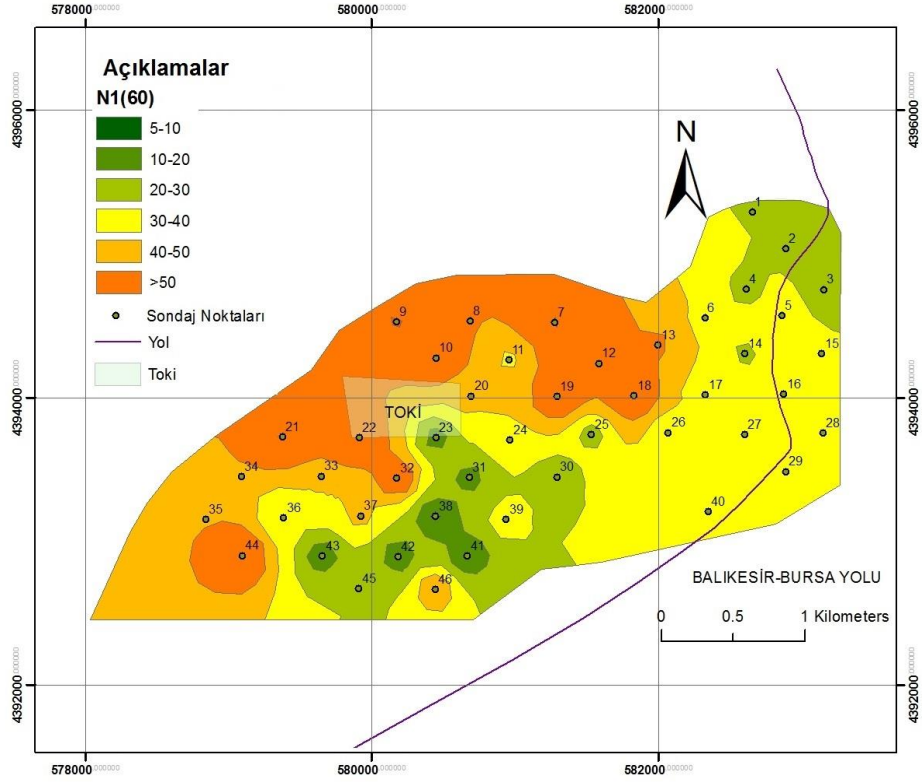
göreceli sıklığı yanında aynı zamanda taşıma gücü ve sıvılaşma hakkında da tahmin yürütmeyi sağlamaktadır.



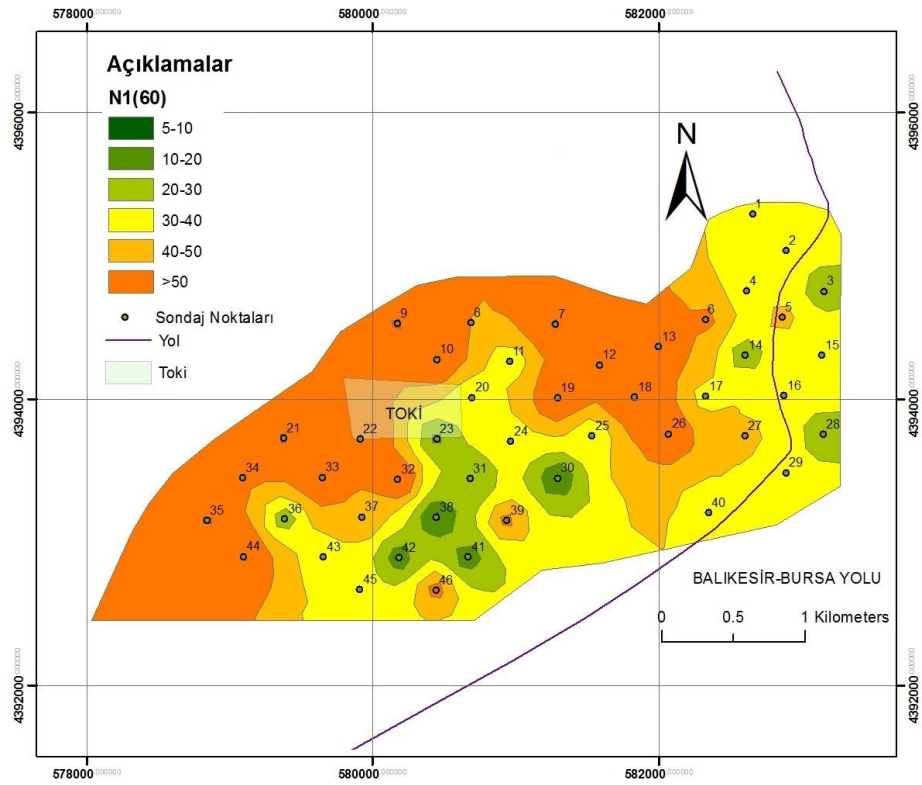
Şekil 3.18: SPT-N₆₀ değerinin 3 m derinlikteki değişimi



Şekil 3.19: SPT-N₆₀ değerinin 6 m derinlikteki değişimi



Şekil 3.20: SPT-N₆₀ değerinin 9 m derinlikteki değişimi



Şekil 3.21: SPT-N₆₀ değerinin 12 m derinlikteki değişimi

SPT-N₆₀ değerlerinin farklı derinlikteki değişimini veren haritalar incelendiğinde; yamaç molozunda SPT-N₆₀ değerlerinin 40-50 arasında olduğu, bu durumun kısmen içerdiği çakıl ve bloklardan kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Şekil 3.18). Yamaç molozunun yayılım gösterdiği alanda, genel olarak 5 m derinlikten sonra ayrılmış tuf tabakası yer aldığından 6, 9 ve 12 m için verilen SPT-N₆₀ değerinin değişim haritalarındaki değerler bu ayrılmış tuf tabakasına aittir (Şekil 3.19-3.21). Söz konusu haritalardan ayrılmış tüfte SPT-N₆₀ değerleri >50 ve malzemenin “Çok sıkı” durumda olduğu görülmektedir.

Alüvyonun yayılım gösterdiği alanda, inceleme alanının güneyinde TOKİ evlerinin hemen güneyindeki yaklaşık 1 km²'lik alanda 3 m derinlikte alüvyon tabakalarına ait SPT-N₆₀ değerlerinin 20'den küçük olduğu ve bu alüvyon tabakalarının “Çok Gevşek” ve “Gevşek” durumda olduğu görülmektedir. Bu alan dışında, 3 m derinlikteki alüvyon tabakaları 20-40 arasında SPT-N₆₀ değerlerine sahip olup, çoğunlukla “Sıkı” yer yer “Gevşek” durumdadır (Şekil 3.18). 6 m derinlikteki SPT-N₆₀ değerlerinin değişimi 3 m için verilen değişime çok büyük ölçüde benzemektedir (Şekil 3.19).

SPT-N₆₀ değerlerinin 9 m ve 12 m deki değişimini veren haritalar incelendiğinde 3 m derinlik için haritaya benzer şekilde; TOKİ evlerinin hemen güneyindeki yaklaşık 0.7 km²'lik alanda ve inceleme alanının doğusunda yer yer küçük alanlarda SPT-N₆₀ değerlerinin 10-30 arasında olduğu, bu alanlardaki alüvyonun “Orta sıkı “ durumda olduğu görülmektedir (Şekil 3.20-3.21). Diğer alanlarda ise SPT-N₆₀ değerleri 30-50 arasında değişmektedir ve bu alanlarda 9 m ve 12 m derinliklerdeki alüvyon “Sıkı” durumdadır.

Genel olarak, alüvyon zeminlerde derinlikle birlikte sıklığın arttığı “Gevşek” durumdan “Orta sıkı” ve “Sıkı” duruma geçtiği söylenebilir.

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

Zeminin tasarım parametrelerinin tahmininde yararlanılan dinamik zemin parametreleri arazide yapılan jeofizik (sismik) yöntemle bulunan elastik dalga hızları ve oranlarından yararlanılarak tahmin edilmektedir.

İnceleme alanında sismik yöntemle ayırtlanan 2 farklı tabaka için V_p ' nin mekansal değişimi verilmiştir (Şekiller 3.22-3.25) ve bu değerle Çizelge 3.4' de verilen değerlerle kontrol edilmiştir.

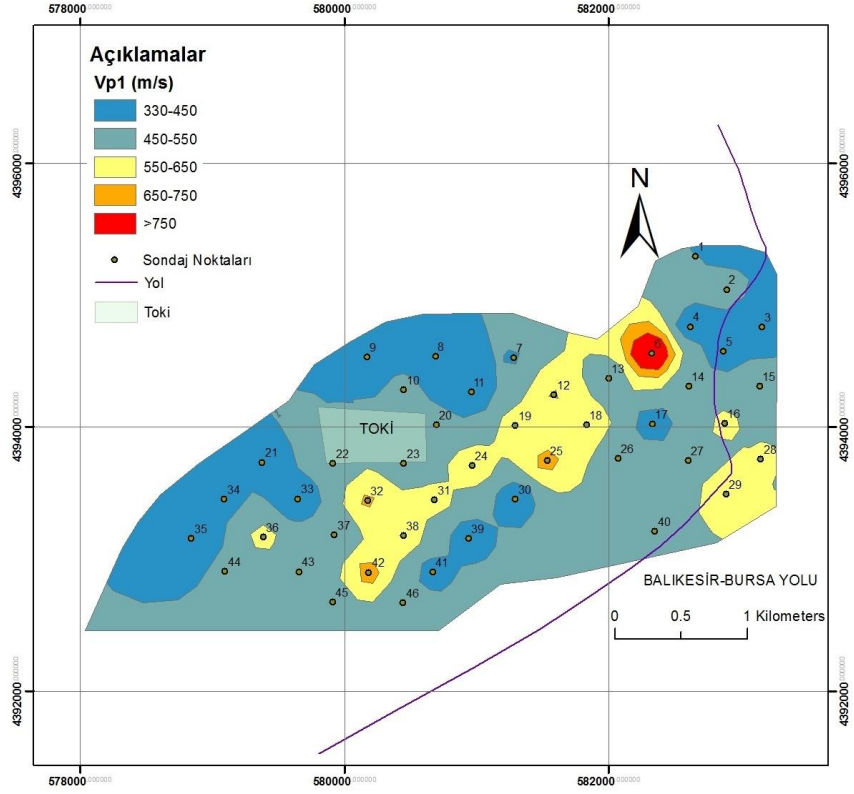
Çizelge 3.4: Kaya ve zeminler için sismik dalga hızları (Keçeli. 1990).

Zemin veya kayaç	Boyuna dalga hızı	Kayam dalgası hızı
	V_p (m/sn) (Gevşek-Sıkı)	V_s (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

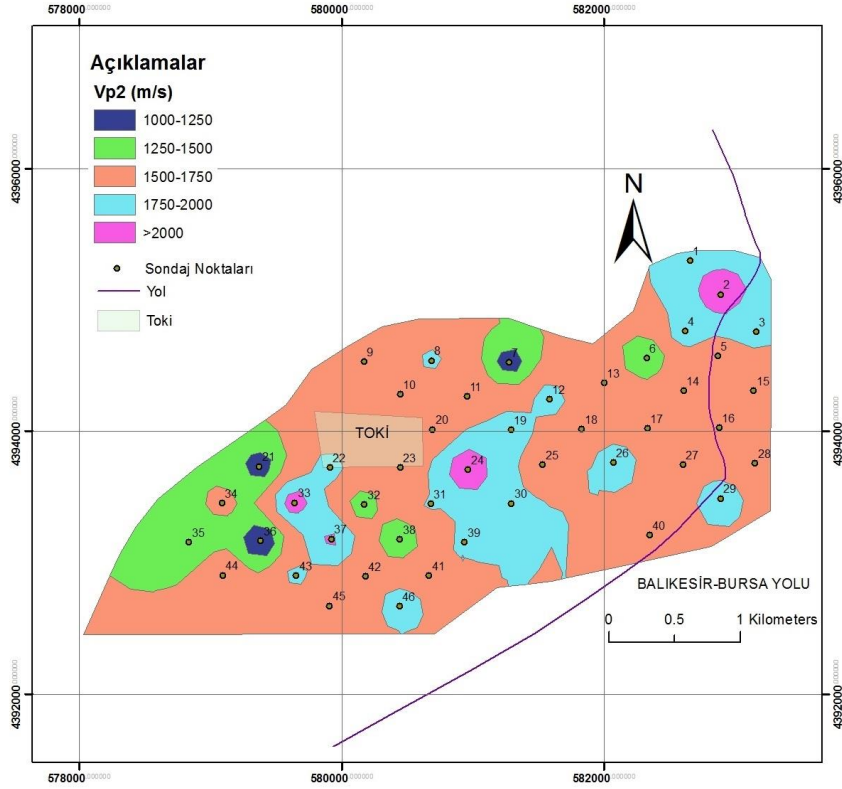
Çona vd (2000) tarafından sismik yöntemle yapılan çalışmaya göre zeminlerde 2 tabaka ayırtlanmıştır. Birinci tabakanın kalınlığı 1-5 m arasında değişmektedir.

Yamaç Molozu'nun yayılım gösterdiği alanlarda 2. Tabaka ayrılmış tüflerden oluşmaktadır. 1. Tabakada V_p ' nin mekansal değişimini veren harita incelendiğinde; Yamaç molozunda boyuna dalga hızının genellikle 330-450 m/sn arasında olduğu görülmektedir. Alüvyonun yayılım gösterdiği alanlarda ise TOKİ evlerine yaklaşık 350 m uzaklıkta olan (inceleme alanının ortasında KD-GB doğrultusunda uzanan) ortalama 250m genişlikteki bir zonda V_p değeri 550-650 m/sn arasında diğer alanlarda ise 450-550 m arasındadır (Şekil 3.22). 2. Tabaka için V_p ' nin değişimi Şekil 3.23'te verilmiştir.

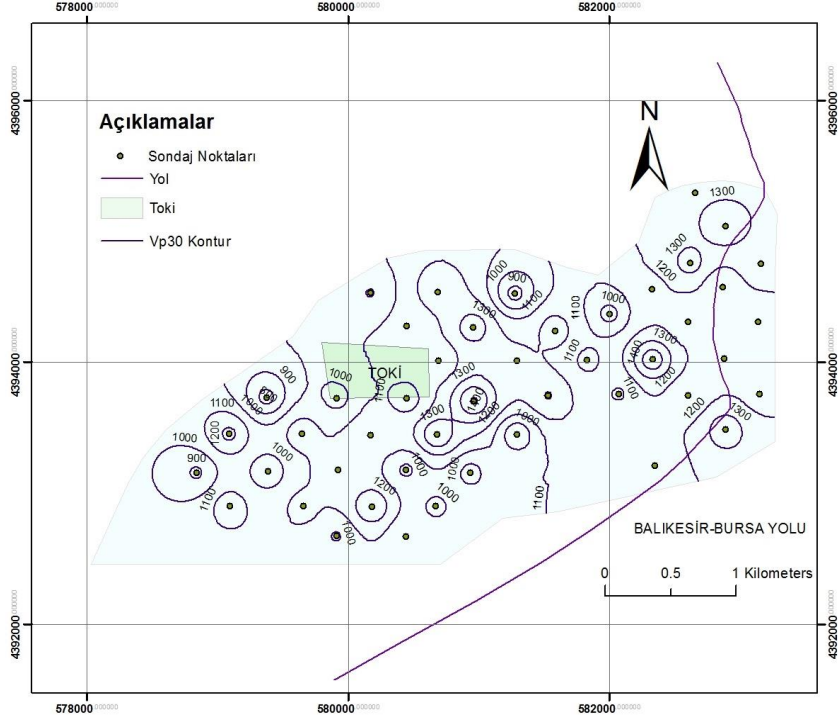
Bu haritaya göre; ayrılmış tüfün V_p değeri 1250-1750 m/sn arasında değişmektedir. Alüvyonun yayılım gösterdiği alanlarda ise 2. Tabakanın V_p hızı 1500-2000 m/sn arasında değişmektedir. V_p değerlerinin 30 m derinliğe kadar ortalama değerinin V_{p30} 'nun mekansal değişimi (Şekiller 3.24-3.25) incelendiğinde yamaç molozunun yayılım gösterdiği alanda bu değer 850-1000 m/sn arasındadır. Alüvyonun yayılım gösterdiği alanlardan inceleme alanının güneyi ve güney batısında V_{p30} 'un değeri 850-1000 m/sn arasında iken diğer alanlarda bu değer genelde 1100-1400 m/sn arasında değişmektedir (Şekiller 3.24 ve 3.25).



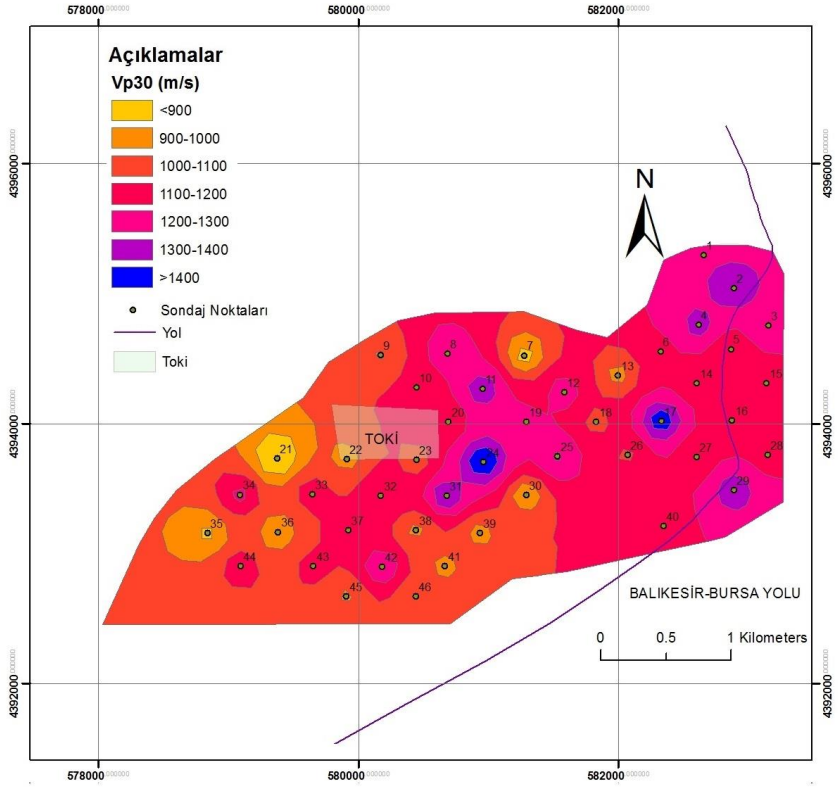
Şekil 3.22: 1. Tabakada boyuna dalga hızı değişimi



Şekil 3.23: 2. Tabakada boyuna dalga hızı değişimi



Şekil 3.24: 30 m derinlik için ortalama V_p değerinin kontur (eş V_{p30} değeri) haritası



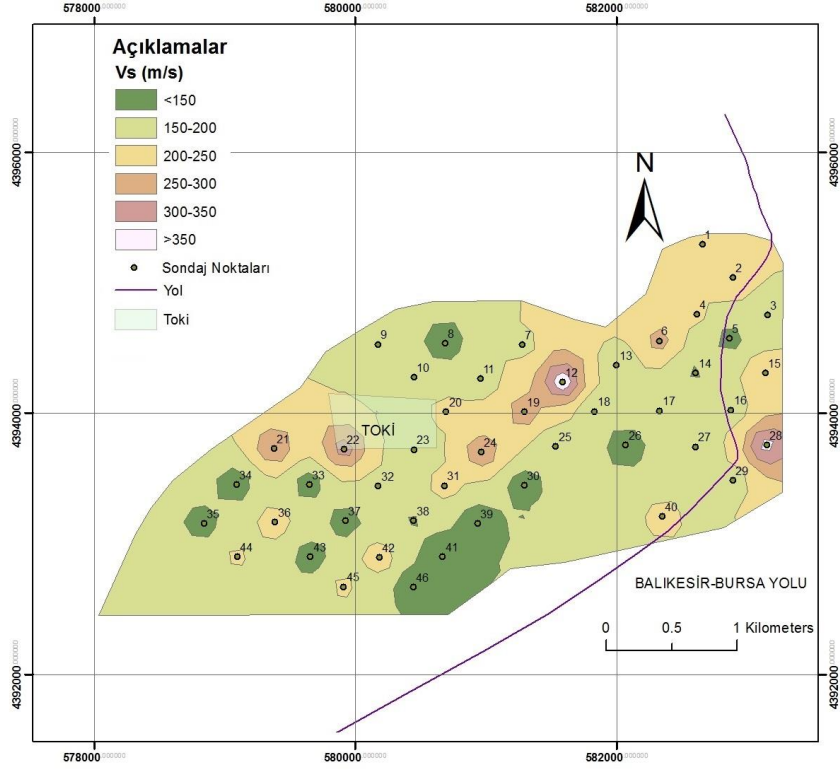
Şekil 3.25: V_{p30} değeri değişimi

Kayma dalgası hızı, zeminin dinamik analizinde kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Dinamik yükler altında zemin davranışlarının önceden kestirilebilmesi, depreme dayanıklı yapı tasarımı için son derece önemlidir. Dalga genliğinin periyoda bağımlı olarak elde edilmesi, yapı-yeri tepkisinin hesaplanması ile olanaklıdır. Bu hesaplama için inceleme yerine ait kayma dalgası hızlarına ve yer altı hız dağılımına gereksinim bulunmaktadır (Başokur, 2005). Şekiller 3.26-3.28’ de sismik yöntemle ayırtlanan 2 farklı tabaka için Vs'nin mekansal değişimi verilmiştir. Çizelge 3.5’de ise kayma dalga hızlarına göre zemin sıklılığının tariflenmesi verilmektedir.

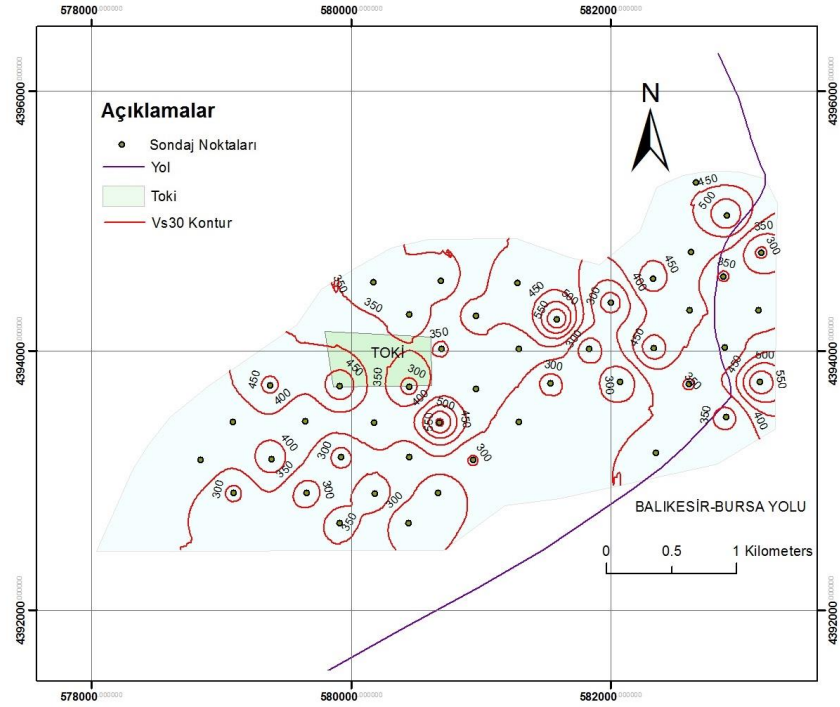
Çizelge 3.5: Kayma dalgası hızına göre zemin sıklılığı (Uyanık vd. 2006).

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

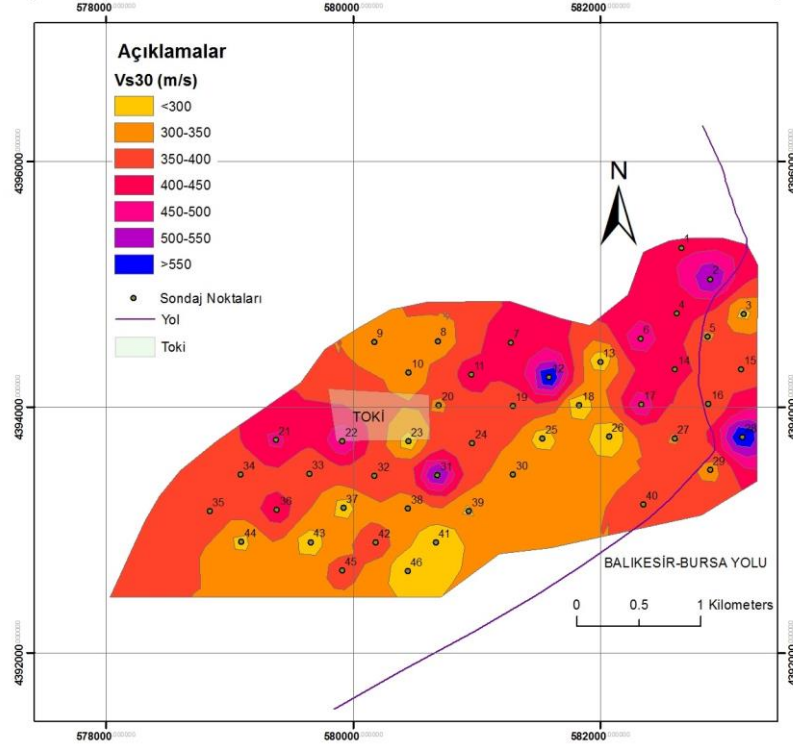
Kayma dalgası hızının (Vs) mekansal dağılımı incelendiğinde; 1. Tabakanın Vs değeri büyük çoğunlukla 100-200 m/sn arasında değişmekte olup bu zemin tabakasının “Çok Gevşek” durumda olduğu görülmektedir (Şekil 3.26). Vs değerlerinin 30 m derinliğe kadar ortalama değerinin; Vs30’nun, mekansal değişimi (Şekiller 3.27-3.28) incelendiğinde yamaç molozunun yayılım gösterdiği alanda 350-500 m/sn arasında olup bu alandaki zeminin sıklılığı “Orta Sıkı” durumda olduğu görülmektedir. Alüvyonun Vp30’un değeri ise büyük çoğunlukla 150-300 m/sn arasında olup sıklılığı “Çok gevşek-Gevşek” durumdadır (Şekiller 3.27 ve 3.28).



Şekil 3.26: 1. Tabakada kayma dalga hızı değişimi



Şekil 3.27: 30 m derinliğe kadar ortalama Vs değerinin kontur (eş Vs₃₀ değeri) haritası



Şekil 3.28: Vs değerinin mekansal değişimini gösteren harita

Boyun dalga (Sıkışma dalga) hızı, V_p , yeraltı gözenek sıvısına doygunluğuna ve kayma dalga hızı V_s , yeraltının katılığına ve sıkılığına duyarlı olması sebebiyle V_p/V_s oranı son yıllarda deprem, yer kabuğu, zemin sıvılaşmasında ön bilgi, zemin büyütmesi, hidrokarbon rezervuarlarının ve akiferlerin incelemelerinde laboratuvar ve arazi uygulamalarıyla kullanılan önemli bir faktör olmuştur (Keçeli 2010). Carvalho vd. (2008) olası bir depremde lokal etkilerini mikrobölgelemede zemin davranışı büyütmesinin belirlenmesinde ve sınıflamasında V_p/V_s oranlarının önemli bir parametre olduğunu belirtmektedir. V_p/V_s oranının kullanılmasının diğer bir yararı, V_s hızının elde edilmesinin titizlik gerektirmesinden kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi elde edilen verinin sağlıklı olması birinci derecede önem taşır (Keçeli 2010). Polaritesi kontrol edilmemiş sadece V_s ölçülmüş olsa V_s ölçülerine V_p dalgasının karışıp karışmadığının farkına varılamaz. Bu nedenle sadece V_s hızını kullanarak işlem yapmak hatalı sonuç verebilir. V_p/V_s oran değeri tablolarla tanımlanan zemin türüne uygun olup olmadığının kontrolünü sağlar (Keçeli,2010).

Kurtuluş vd, (2010)' in çalışmasında verilen ve Boyuna dalga hızı/ Enine dalga hızı oranına göre zeminin sıkılığının tahmininde kullanılabilecek tabloda (Çizelge 3.6); söz konusu oran artmasıyla zeminin "çok sıkı" durumdan "gevrek-

yumuşak" (başka bir deyişle çok gevşek) sıklığına gelindiği başka bir anlatımla söz konusu oranla Zemin sıklığı arasında ters orantı olduğu görülmektedir. Ayrıca söz konusu oran ile dinamik kayma modülü (G , kg/cm^2) ve dinamik elastisite modülü (E , kg/cm^2) arasında da ters ilişki vardır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6: Sıklık ile dinamik özelliklerin tahmin edilmesinde kullanılabilen değerler (Kurtuluş 2010).

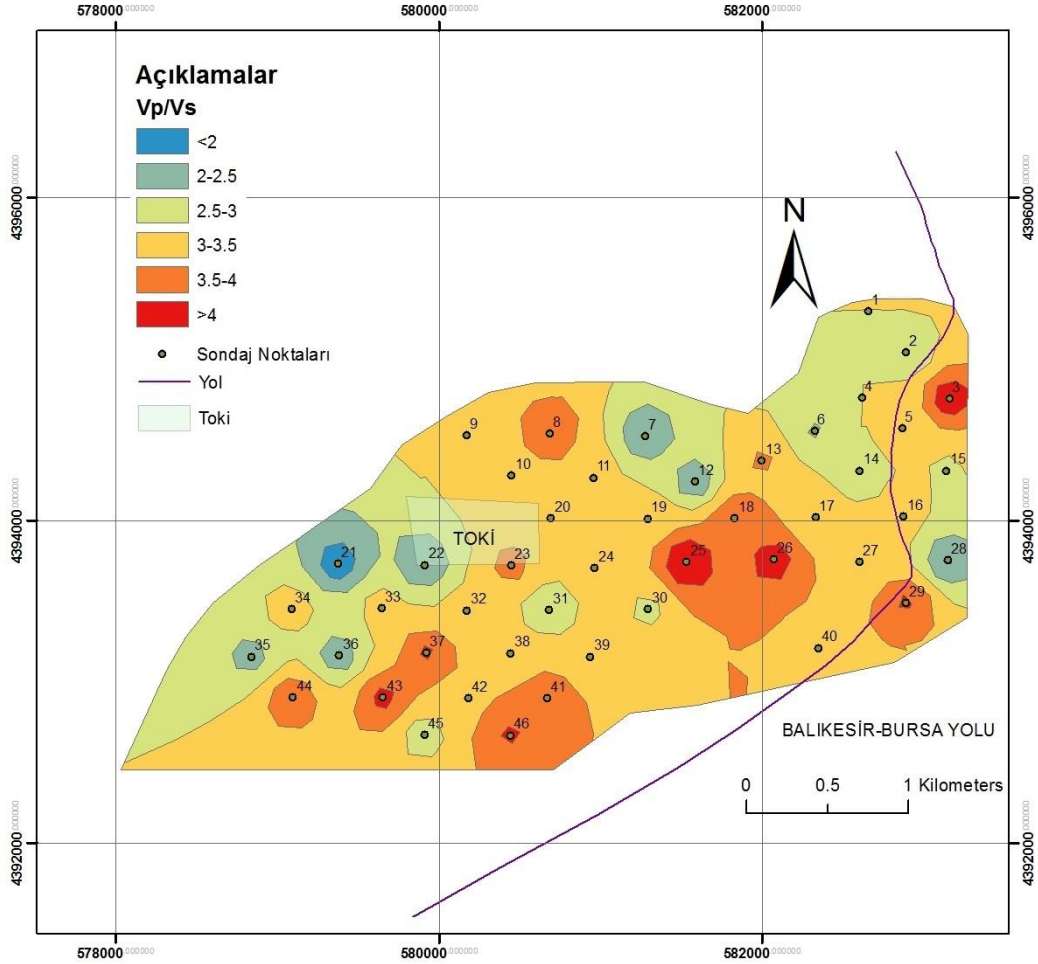
Zemin Durumu	V_s (m/sn)	T_a-T_b	V_p/V_s	G_s (kg/cm^2)	E_d (kg/cm^2)
Çok Sıkı Zemin	>700	0.10-0.30	1.5-2.0	>1000	>30000
Sıkı-Katı	400-700	0.15-0.40	2.0-2.5	3000- 1000	10000- 30000
Orta Sıkı-	200-400	0.15-0.60	2.5-3.0	600- 3000	1700- 10000
Gevrek-Yumuşak	<200	0.20-0.90	3.0-10.0	<600	<1700

İnceleme alanında V_p/V_s oranının mekansal değişimi Şekil 4.29' da verilmiştir. Zemin kalınlıkları dikkate alınarak Şekil 3.29 incelendiğinde; yamaç molozunda V_p/V_s oranının büyük çoğunlukla 2.5-3 arasında olduğu, bu değere göre dinamik kayma modülünün $600-3000 \text{ kg/cm}^2$ arasında, elastisite modülünün $1700-10000 \text{ kg/cm}^2$ arasında olduğu anlaşılmaktadır. Ayrışmış tüfün V_p/V_s oranı büyük çoğunlukla 3-3.5 arasındadır. Alüvyonun yayılım gösterdiği alanda TOKİ evlerinin 800m GB' da yer alan yaklaşık 0.5 km^2 'lik alanda ve 850 m güneyinde yaklaşık 0.3 km^2 'lik alanda V_p/V_s oranı büyük çoğunlukla 3.5-4 arasında iken, diğer alanlarda 3.0-3.5 arasındadır (Şekil 3.29). Bu değerlere göre alüvyonun kayma modülü $<600 \text{ kg/cm}^2$, elastisite modülü 1700 kg/cm^2 olduğu görülmektedir.

3.4.7 Zemin Büyütmesi

Yumuşak zemin tabakalarının gelen deprem dalgalarını önemli oranda büyüttüğü ve yeryüzünde meydana gelen hasarlarda önemli rol oynadığı uzun süredir bilinmektedir (Uyanık 2012'den alınmıştır). Yer içinde bir deprem meydana

geldiğinde, sismik dalgalar kaynaktan yola çıkarlar ve yer içinde hızla yayılırlar. Sismik dalgaların zemin tabakaları içinde geçirdiği değişimlerin tümüne "yerel zemin etkisi" adı verilir (Uyanık,2012).



Şekil 3.29: Vp/Vs oranının mekansal değişimi

Yerel zemin etkisinin belirlenmesinde en çok istenilen, doğrudan deprem kayıtlarının kullanılmasıdır. Fakat bu veriyi toplamak zaman gerektirir ve deprenselliği, sinyal-gürültü oranı yüksek bölgeler için uygundur. Literatürde, değişik uygulamacılar ve bilim insanlarının önerdiği farklı zemin büyütme faktörü bağıntıları vardır (Çizelge 3.7). Söz konusu tabloda kullanılan bir zemin profili için ortalama S-dalga hızı (VI), aşağıdaki eşitlikle elde edilmektedir (Ulusay, 2010'dan alınmıştır).

$$V_1 = 30 / \sum_i^n (h_i / V_{si}) \quad (4.4)$$

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

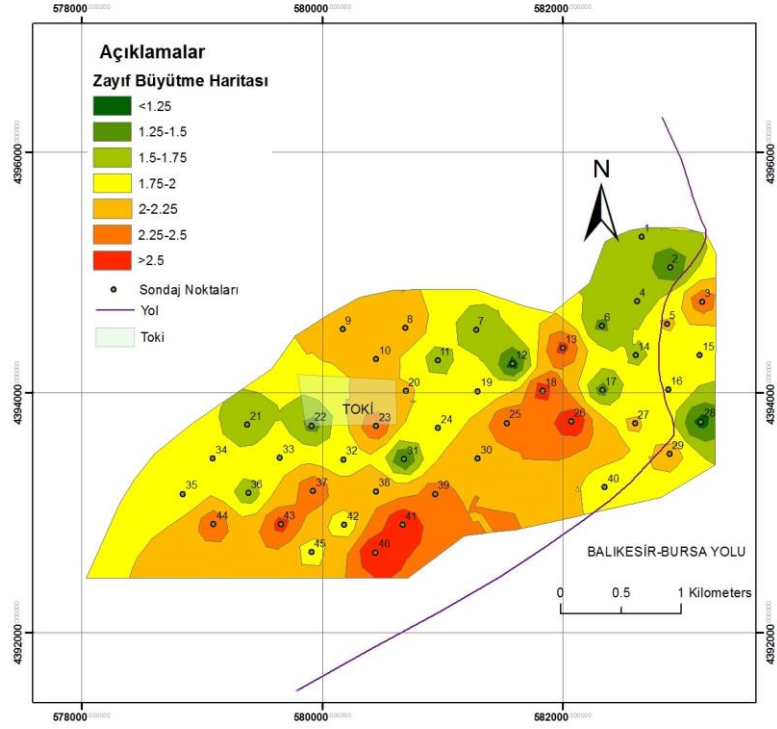
Çizelge 3.7: Zemin büyütmesinin tahmini için verilen bağıntılar (Ulusay,2010)

Araştırmacılar	Eşitlikler	
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)
	$AHSA = 700/V_1$	(Zayıf yer hareketleri için)
Borcherdt vd.(1991)	$AHSA = 600/V_1$	(Kuvvetli yer hareketleri için)

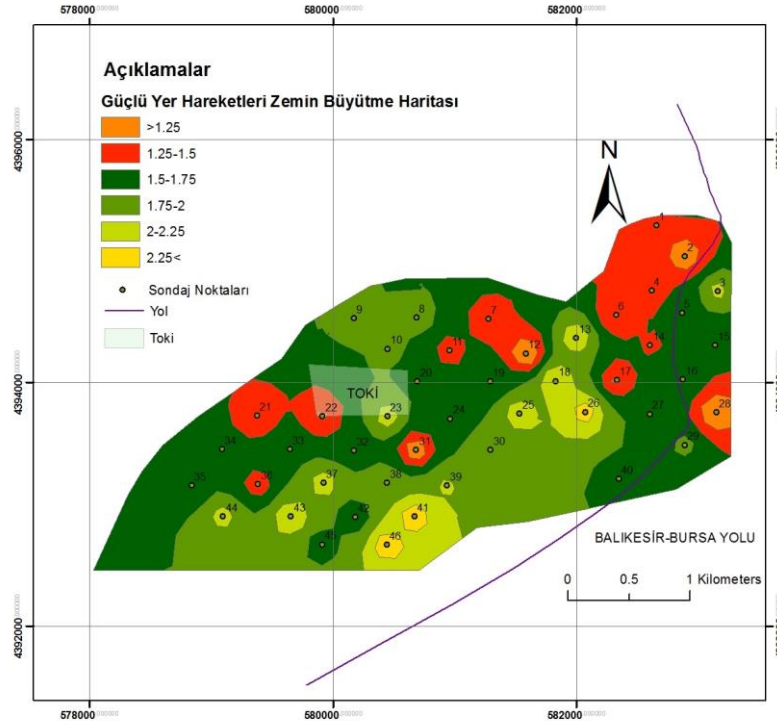
A : Maksimum yer hızı için göreceli büyütme faktörü
 AHSA :0.4-0.2 s. periyot aralığı için ortalama yatay spectral büyütme
 V_1 :30 m. derinlik için ortalama S dalgası hızı (m/s)
 V_2 :1 s'deki bird alga için çeyrek dalga uzunluğundaki derinliğe karşılık gelen ortalama S dalga hızı (m/s)

Bu çalışmada zayıf yer hareketleri ve kuvvetli yer hareketlerine göre zemin büyütmesi Borcherdt vd (1991) esas alınarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlarla Şekiller 3.30 ve 3.31'de verilen zemin büyütme haritası oluşturulmuştur.

Zemin büyütme değerinin 0-2 arasında olduğu durumlar düşük tehlike, 2-4 arasında olduğu durumlar tehlikeli olarak verilmektedir. Buna göre inceleme alanında yamaç molozlarının yayılım gösterdiği alanlarda zayıf yer hareketlerine göre zemin büyütmesi 0-2 arasında olup “düşük tehlike” oluşturmakta, alüvyonların yayılım gösterdiği alanlarda ise zemin büyütmesi 2-4 arasında olup “tehlike” oluşturmaktadır. İnceleme alanındaki zeminlerin kuvvetli yer hareketlerindeki Zemin büyütmesi zayıf yer hareketlerindeki gibidir.



Şekil 3.30: Ayşebacı Mahallesi ve civarının zayıf yer hareketlerine göre zemin büyütmesi



Şekil 3.31: Ayşebacı Mahallesi ve civarının kuvvetli yer hareketlerine göre zemin büyütmesi

3.4.8 Sıvılaşma Duyarlılık Haritası

3.4.8.1 Sıvılaşma Tanımı ve Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi

Depremi oluşturduğu tekrarlı yüklerin etkisiyle gevşek, suya doymun durumdaki daneli zeminlerin taşıma güçlerini kaybederek sıvı gibi davranış göstermesine, “zemin sıvılaşması” denilmektedir (Dipova ve Cangir 2017).

Suya doymun gevşek kum/kumlu zeminler, tekrarlı yükler altında sıkışma ve hacim daralması eğilimi gösterirler. Bu durum, drenajın olmadığı koşullarda boşluk suyu basıncını artırır. Toplam normal gerilme boşluk suyu basıncına eşit değere ulaşır ve kohezyonsuz zemin bir sıvı gibi davranarak büyük yer değiştirmelere maruz kalır (Das,1983).

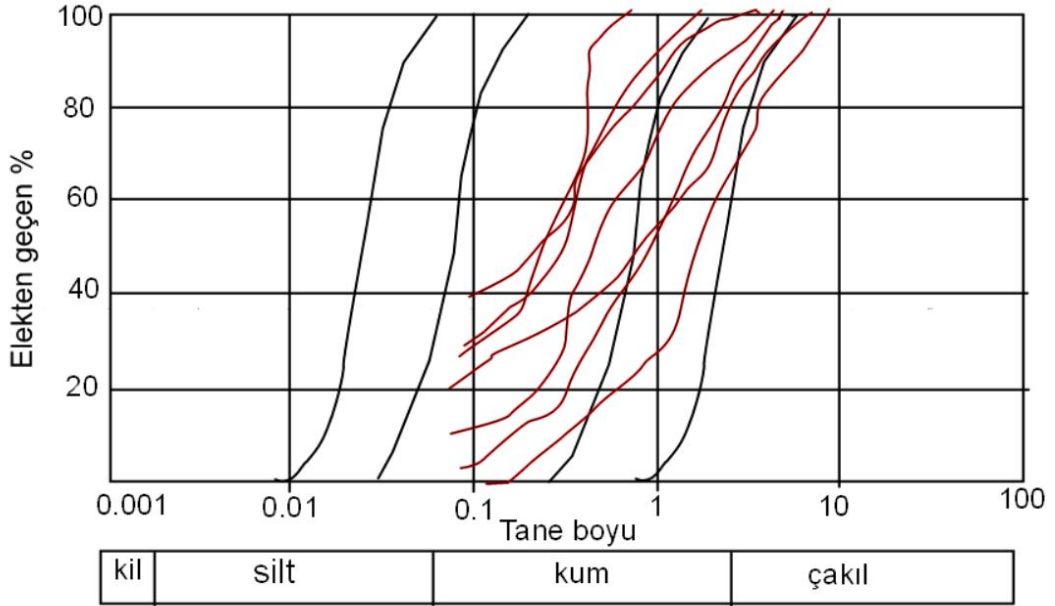
Genellikle jeolojik olarak genç ve gevşek çökellerin, özellikle kum ve silt tane boyutundaki malzemenin depolandığı ve yeraltı suyu seviyesinin sığ olduğu ortamlar, sıvılaşmanın gelişmesi için en uygun ortamlardır (Ulusay 2010).

Sıvılaşma olayının gerçekleşmesinde etkili olan birçok faktör bulunmaktadır. Bir zeminin sıvılaşmaya karşı duyarlılığında veya sıvılaşma potansiyelinin derecelenmesinde rol oynayan başlıca faktörler, diğer bir ifadeyle sıvılaşma için gerekli ölçütler; jeolojik şartlar, zemin özellikleri ile deprem büyüklüğü ve süresidir (Youd, 1984).

İnceleme alanı içinde bulunduğu Güney Marmara Bölgesinin Neo-tektonik özellikleri gerekse aşağıda verilen deterministik ve olasılık deprem tehlike analizine göre 6 ve 6'dan büyük, deprem üretecek hatta 7.2 büyüklüğünde deprem üretmiş aktif faylara sahip olup gelecek 50 yıl içinde en az bir yıkıcı depremle karşılaşma olasılığı büyük olan bir alandır.

Ayrıca inceleme alanının alüvyonların yayılım gösterdiği kısımlarının eğimi 5 dereceden düşük olup (Şekil 3.13) yeraltı su derinliği genelde 6 m den düşüktür. Alüvyonlar değişik dane çapına sahip katmanlardan oluşsada büyük oranda dane dağılımı “sıvılaşabilir zeminin” dane dağılımı sınırları içinde yer alan tabakalardan, kum, siltli kum, kumlu silt, çakıllı kum tabakalarından oluşmaktadır (Şekil 3.32).

Alüvyonların yayılım gösterdiği alanın jeomorfolojik koşulları, depremselliği, jeolojik koşullar ve yeraltı durumu dikkate alındığında, söz konusu alanda sıvılaşma meydana gelebileceği öngörülmüştür.



Şekil 3.32: Ayşebacı Mahallesi (Karesi, Balıkesir) civarında yayılım gösteren alüvyonlardan alınmış seçilmiş örneklerin dane dağılım eğrileri (veriler Çona vd 2000'deki rapordan alınmıştır).

3.4.8.2 Olasılık Deprem Tehlike Analizi

Sismik tehlike analizleri depreme dayanıklı yapı tasarımının geliştirilmesinde en önemli kısımdır. Sismik tehlikeler; deterministik ve olasılık olarak hesaplanabilir. Deterministik analizde belirli bir deprem senaryosu varsayılır.

Olasılık sismik tehlike analizlerinin temel varsayımı; geçmiş sismik aktivitelerden elde edilen yinelenme ilişkilerinin, gelecekteki sismik aktivitelerin tahmininde kullanılabileceği şeklindedir.

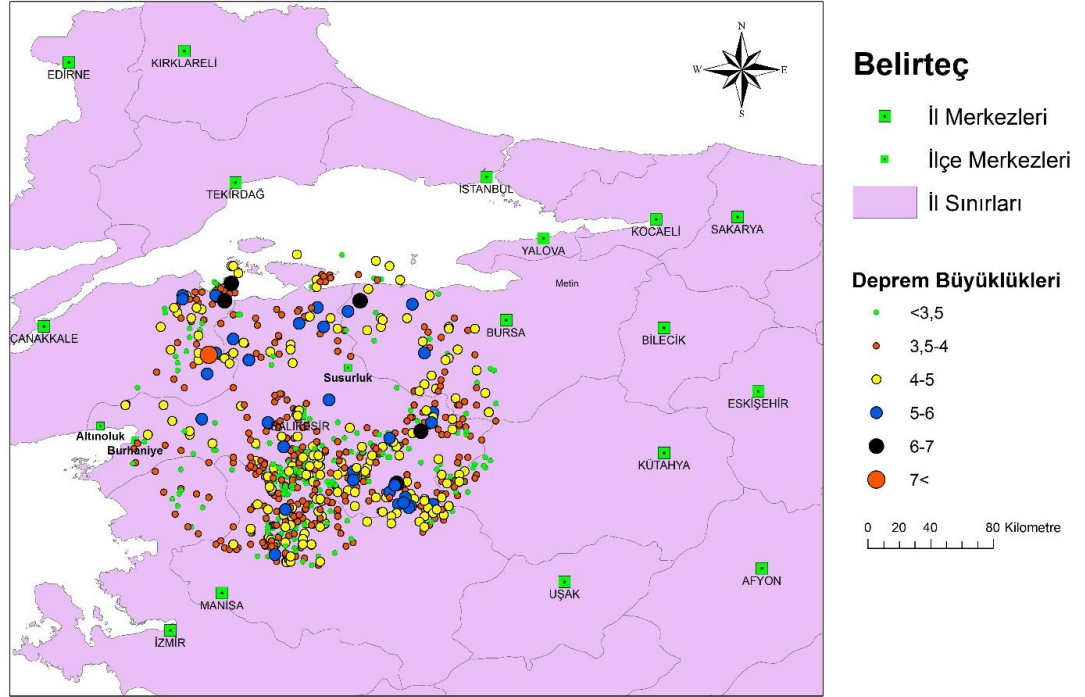
Deprem büyüklüğü-yinelenme ilişkisi araştırılmasında en çok Gutenberg-Richter yinelenme ilişkisi kullanılmaktadır. Bu ilişki, belirli bir zaman periyodundaki Güney Kaliforniya depremlerine dayalı olarak derlenen veri; öncelikle farklı magnitüdlere aşıldığı deprem sayıları şeklinde organize edilmiş daha sonra her bir magnitüd değeri için belirlenen bu deprem sayıları ilgili zaman periyoduna bölünerek m magnitüdü depremler için “yıllık ortalama aşılma oranları- λ_m ” tanımlanmıştır. Yıllık aşılma oranının tersi ise “dönüş periyodu” olarak ifade edilmektedir.

Deprem yinelenmesi için sonuçta bulunan Gutenberg-Richter yasası aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$\text{Log}\lambda_m = a - bm \quad (4.5)$$

Burada, λ_m : magnitüdü m olan depremin yılda ortalama aşılma oranı, a ve b ise regresyon sabitleridir. b değeri artarken küçük depremlere kıyasla büyük depremlerin sayısı azalmaktadır. Gutenberg-Richter yasasındaki belirleyici parametre deprem büyüklüğü ile sınırlı değildir; şiddetin kullanıldığı durumlar da olmuştur.

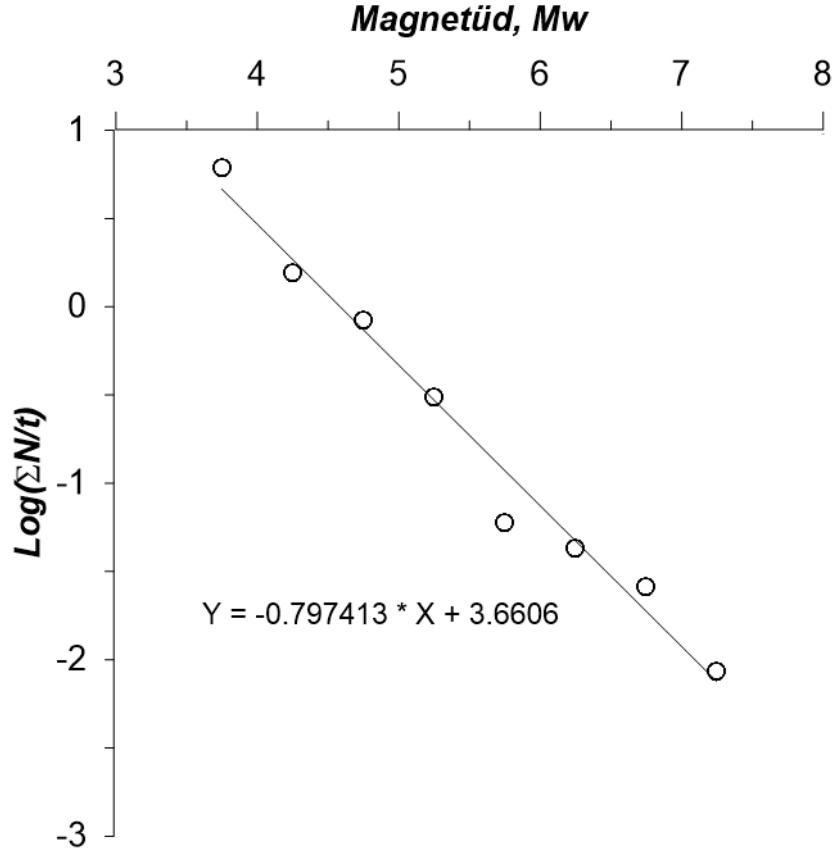
Balıkesir ve yakın çevresinde meydana gelen büyük depremlerin magnitüdü genellikle 6 ile 7.2 arasında değişmektedir. Balıkesir ve yakın çevresinde görülen en büyük deprem 18.03.1953 günü Yenice-Gönen Fayı üzerinde gerçekleşmiş olup, $M_s=7.2$ büyüklüğündedir. Şekil 3.33’de 1902-2017 yıllarında meydana gelmiş ve merkez üstü (episantr) inceleme alanına en fazla 100 km uzaklıkta olan depremler verilmiştir. Çizelge 3.8 de deprem sayısı–deprem büyüklüğü (M) arasındaki ilişkiyi (Şekil 3.34) bulmak için yapılan hesaplama sonuçları da verilmiştir.



Şekil 3.33: 1902-2017 yılları arasında inceleme alanını ve 100 km yakın çevresinde meydana gelmiş magnetütü 3.5'ten büyük olan depremler

Çizelge 3.8: Son 115 yıl (t) içinde inceleme alanını ve 100 km yakın çevresinde meydana gelen deprem büyüklüğünün sınıflandırılması, bu sınıflara ait kümülatif değerleri ve bir yıl için bulunan kümülatif değerler

Mw	Deprem Sayısı (N)	Kümülatif N	$\Sigma N/t$	$\text{Log}(\Sigma N/t)$
3,5-4	601	717	6.234783	0.794821
4-4,5	116	182	1.582609	0.199374
4,5-5	66	98	0.852174	-0.06947
5-5,5	32	36	0.313043	-0.5044
5,5-6	4	7	0.06087	-1.2156
6-6,5	3	5	0.043478	-1.36173
6.5-7.0	2	3	0.026087	-1.58358
7.0-7.5	1	1	0.008696	-2.0607



Şekil 3.34: Son 115 yıl içinde inceleme alanını ve 100 km yakın çevresinde meydana gelen deprem büyüklüğünün Log (ΣN/t) ile ilişkisi

Depremlerin zaman içinde gösterdikleri gelişigüzel dağılımın modellenmesi için değişik stokastik modeller geliştirilmiştir. Olasılıksal sismik tehlike analizi çalışmalarının çoğunluğunda depremlerin zaman içindeki oluşumları homojen Poisson süreci ile modellenmektedir. Poisson modelinde deprem olaylarının birbirlerinden bağımsız oldukları varsayılmaktadır. Crovelli (2000) doğada rastgele meydana gelen olayların Poisson olasılık dağılımıyla sürekli zaman modellemesini önermiştir. Bu sürekli zaman modelinde belirli bir zaman aralığında (t) belirli bir sayıda (n) olayın gerçekleşme olasılığı ise aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

$$P[N(t) = n] = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^n}{n!} \quad (4.6)$$

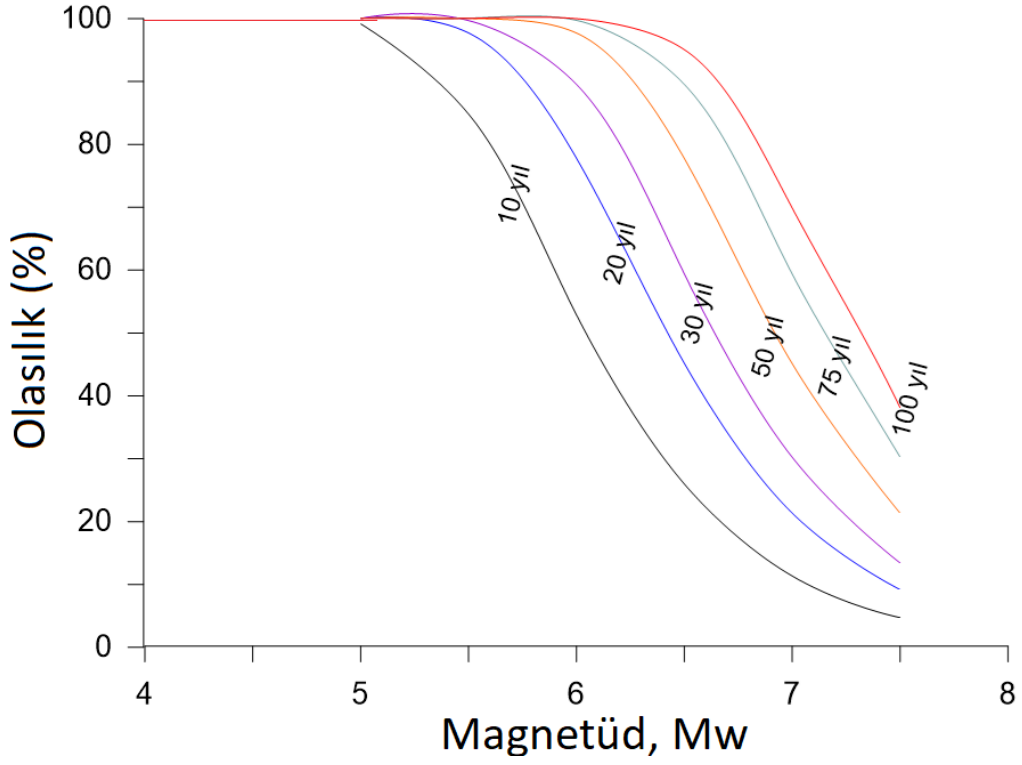
Burada, λ söz konusu olaya ilişkin gerçekleşme olasılığı, n gerçekleşme sayısı olup, t ise zaman aralığıdır.

İnceleme alanına en fazla 100 km uzaklıktaki alanda meydana gelen depremler için deprem büyüklüğü ve kümülatif oluş sayısı arasındaki ilişki ve Poisson dağılım modeli kullanılarak, 10 yıl, 50 yıl, 75 yıl ve 100 yıllık zaman aralıkları için hesaplanan belirli büyüklükteki bir depremin olma olasılıkları hesaplanmış ve Çizelge 3.9 ve Şekil 3.35’de verilmiştir.

İnceleme alanına en fazla 100 km uzaklıktaki alanları kapsayan bölgede 20 yıl içinde oluşacak depremlerin en az biri 6 büyüklüğünden büyük olma olasılığı yaklaşık %78 iken bu değer 30, 5 ve 75 yıl için sırasıyla yaklaşık olarak %89, % 98 ve % 100’e yakındır. Söz konusu bölgede oluşacak depremlerin en az birinin 6.5’den daha fazla büyüklüğe sahip olma olasılığı 20, 30, 50, 75 ve 100 yıl için olasılıkları sırasıyla, yaklaşık % 45, %59 %788, %89 ve %95’tir. Bu değerler, büyüklüğü 7’den büyük depremler için ise yaklaşık, %21, %30, %45, %59 ve %69’ dur. Söz konusu alanda 6, 6.5 ve 7 büyüklüğündeki depremlerin tekrarlanma süresi yaklaşık 13, 33 ve 83 yıl olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.9: Ayşebacı Mahallesi ve civarında 10 yıl, 50 yıl,75 yıl ve 100 yıllık zaman aralıkları için hesaplanan en az bir kez meydana gelebilecek depremin belirli büyüklüğü aşma olasılıkları

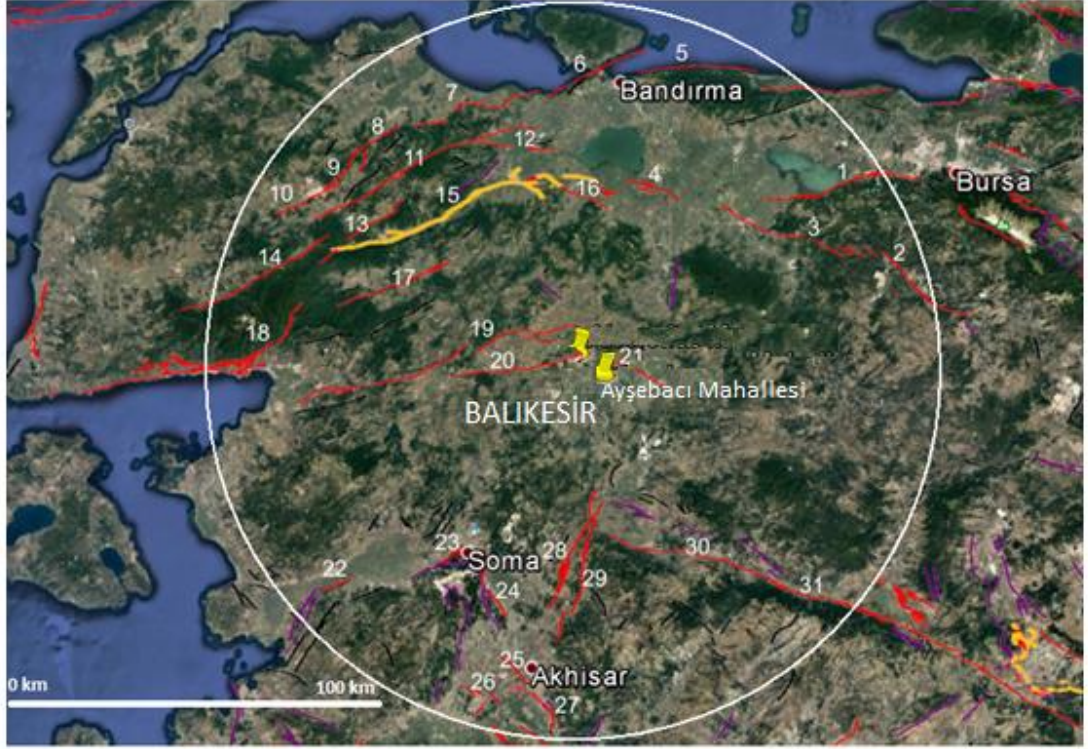
Büyüklük	Ortalama	Verilen yıl içinde aşma olasılıkları					
		10yıl	20 yıl	30 yıl	50yıl	75 yıl	100 yıl
Magnitüd	tekrarlanma						
	periyodu						
5	2.12	99.1	100	100	100	100	100
5,5	5.31	84.7	97.7	99.6	100	100	100
6	13.3	52.7	77.7	89.5	97.6	99.6	99.9
6,5	33.31	25.9	45.1	59.3	77.6	89.4	95
7	83.42	11.3	21.3	30.1	45	59.2	69.8



Şekil 3.35: Ayşebacı Mahallesi ve civarında 10 yıl, 50 yıl, 75 yıl ve 100 yıllık zaman aralıkları için en az bir kez meydana gelebilecek depremin belirli büyüklüğü aşma olasılıklarını bulmak için hazırlanan grafik

3.4.8.3 Senaryo Depremin ve En Büyük Yatay Yer İvmesinin Tahmin Edilmesi

Balıkesir'in Karesi ilçe Merkezi yerleşim alanında bulunan çalışma alanımızı etkileyecek fayları belirlemek için MTA tarafından 2013 yılında hazırlanan diri fay haritasına esas alınmıştır. Bu haritaya göre çalışma alanının merkezine en fazla 100 km uzaklıkta olan segmentleriyle birlikte 31 adet diri fay bulunmaktadır (Şekil 3.36).



Şekil 3.36: Ayşebacı mahallesinin 100 km çevresindeki faylar (1:Ulubat Fayı, 2:Orhaneli Fayı, 3-4:Mustafa Kemal Paşa Fayı, 5:Bandırma Fayı, 6:Edincik Fayı, 7:Sinekçi Fayı, 8-9-10: Biga-Çan Fay Zonu, 11:Sarıköy Fayı, 12:Gündoğan Fayı, 13:Bekten Fayı, 14:Evciler Fayı, 15:Yenice Gönen Fayı, 16:Manyas Fay Zonu, 17:Pazarköy Fayı, 18:Edremit Fay Zonu, 19:Havran Balya Fay Zonu, 20-21:Balıkesir Fayı, 22:Bergama Fayı, 23-24:Soma-Kırkağaç Fay Zonu, 25-26-27: Gediz Graben Fay Sistemi, 28-29:Gelenbe Fay Zonu, 30-31:Simav Fay Zonu (Faylar MTA 2013'den alınmıştır)

Çalışmamızda senaryo depremin büyüklüğünün öngörmek için Wells ve Coppersmith (1994)'de verilen aşağıdaki bağıntı dikkate alınmıştır.

$$M_w = a + b \log (SRL) \quad (4.9)$$

SRL olası bir depremde meydana gelebilecek yüzeydeki kırılmanın uzunluğu (km) olup, a ve b ise fay cinsine bağlı olup Çizelge 3.11'den alınmıştır.

Çizelge 3.10: Ayşebacı Mahallesi ve civarı için senaryo depremler (L: Fay izi uzunluğu, R: Merkez üstü uzaklığı, Mw: Moment büyüklüğü, a_{max} : En büyük yer ivmesi)

No	Seneryo Deprem	Segment Adı	L (km)	R (km)	Mw	a_{max} (gal)
1	ULUBAT FAYI	2	33.1	81.9	6.84	52.5
2	ORHANELİ FAYI	2	20	92.84	6.59	34.4
3	MUSTAFA KEMAL PAŞA FAYI	2	43.5	72.18	6.98	71.7
4	MUSTAFA KEMAL PAŞA FAYI	2	15.6	54.26	6.46	72.9
5	BANDIRMA FAYI	2	31.8	88.89	6.82	44.5
6	EDİNCİK FAYI	2	29.9	79.69	6.79	53.1
7	SİNEKÇİ FAYI	2	33.4	80.79	6.85	54
8	BİGA-ÇAN FAY ZONU	BİGA SEGMENTİ	15.1	83.54	6.45	38
9	BİGA-ÇAN FAY ZONU	YUVALAR SEGMENTİ	13.4	83.49	6.39	36.5
10	BİGA-ÇAN FAY ZONU	ÇAN SEGMENTİ	19.5	87.12	6.58	38.6
11	SARIKÖY FAYI	2	64.4	72.87	7.18	81.6
12	GÜNDOĞAN FAYI	2	23	63.67	6.66	68.4
13	BEKTEN FAYI	2	16.2	69.91	6.48	52.5
14	EVCİLER FAYI	2	46.4	88.38	7.01	51.6
15	YENİCE GÖNEN FAYI		88.1	55.94	7.34	132.4
16	MANYAS FAY ZONU	1	15.2	51.1	6.45	77.4
17	PAZARKÖY FAYI	2	33.6	54.04	6.85	97
18	EDREMİT FAY ZONU	-	71.7	89.78	7.23	58.7
19	<u>HAVRAN-BALYA FAY ZONU</u>	-	<u>85.3</u>	<u>4.8</u>	<u>7.32</u>	<u>400.1</u>
20	<u>BALIKESİR FAYI</u>	<u>GÖKÇEYAZI</u>	<u>39.2</u>	<u>0.6</u>	<u>6.93</u>	<u>363.2</u>
21	BALIKESİR FAYI	KEPSUT	27.3	5.6	6.75	258.4

Çizelge 3.10 devam ediyor

No	Seneryo Deprem	Segment Adı	L (km)	R (km)	Mw	a _{max} (gal)
22	BERGAMA FAYI	-	9.3	86.46	6.2	29.9
23	SOMA-KIRKAĞAÇ FAY ZONU	-	31.7	57.83	6.82	87.4
24	SOMA-KIRKAĞAÇ FAY ZONU	-	39.3	65.08	6.93	80.7
25	GEDİZ GRABEN FAY SİSTEMİ	AKHİSAR FAYI	11.9	82.24	6.33	35.9
26	GEDİZ GRABEN FAY SİSTEMİ	MUSTAFA KEMAL PAŞA FAYI	4.9	91.76	5.88	21.1
27	GEDİZ GRABEN FAY SİSTEMİ	AKSELENDİ FAYI	15.7	89.38	6.47	33.9
28	GELENBE FAY ZONU	BATI SEGMENT	34.7	52.15	6.87	102.2
29	GELENBE FAY ZONU	DOĞU SEGMENT	25.8	47.97	6.72	100.5
30	SİMAV FAY ZONU	SINDIRGI SEGMENTİ	47.8	60.25	7.03	96.3
31	SİMAV FAY ZONU	ÇAY SİMAV SEGMENTİ	24.3	89.1	6.69	40.1

Çizelge 3.11: Olası deprem büyüklüğünü kestirmek için gerekli katsayılar (Ulusay 2010'dan alınmıştır).

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

Bu çalışmada, sıvılaşma analizinde kullanmak için gerekli en büyük yer ivmesini bulmak için Ulusay vd. (2004)' da verilen aşağıdaki azalım eşitliği esas alınmıştır (Eşitlik 4.10).

$$a_{max} = 2.18e^{0.0218(33.3M_w - R_e + 7.8427S_A + 18.9282S_B)} \quad (4.10)$$

Yukarıdaki bağıntıda a_{max} : maksimum yer ivmesi, M_w : momentel büyüklük, S_A ve S_B : yereldeki zeminin ortamsal özelliklerini ifade eden sabitler olup Kaya ortamında $S_A=S_B=0$ iken ortam zemin olduğu koşullarda $S_A =1$ ve $S_B=0$ ve zeminin yumuşak olduğu koşullarda ise $S_A =0$ ve $S_B =1$ dir.

Oluşturulan deprem senaryolarına göre; Ayşebacı Mahallesi (Karesi ilçesi-Balıkesir) ve yakın çevresi için en büyük yer ivmesi Havran-Balya Fayı Zonundan kaynaklanacak $M_w=7.3$ büyüklüğündeki depremin meydana getireceği ve bu değer 0.40 seviyesinde olacağı görülmektedir (Çizelge 3.10). Yapılan bu analizler, inceleme alanını etkileyecek ikinci büyük depremin inceleme alanından geçen Balıkesir Fayı Gökçeyazı segmentinden kaynaklanacağı, $M_w=6.93$ büyüklüğünde olacağını ve inceleme alanında 0.323g değerinde en büyük yer ivmesi üreteceğini göstermiştir.

3.4.8.4 Sıvılaşma Tehlike İndeksi Haritası

Ayşebacı Mahallesi (Karesi ilçesi-Balıkesir) civarı için sıvılaşma potansiyelini gösterecek haritanın üretilmesi için önce sondajlarda geçilen her tabakanın sıvılaşma olasılığı Boulanger ve Idriss (2012)' de verilen yöntem esas alınarak bulunmuş, sonra sondajın yapıldığı noktadaki zemin profili için Sönmez ve Gökçeoglu (2005)'te verilen "Sıvılaşma Riski İndeksi" elde edilmiş ve en son olarakta ArcGis (V:10.2) programı kullanılarak IDW yöntemiyle yapılan enterpolasyonla bu indekse göre Sıvılaşma Potansiyeli Haritası oluşturulmuştur.

Son zamanlarda, sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi veya değerlendirilmesi için yapılan çalışmalarda önerilen modelin belirsizliğini göz önüne alan analizleri kullanılmaktadır (Çetin vd 2002, 2004; Idriss ve Boulanger, 2010; Boulanger ve Idriss, 2012; Juang vd. 2013). Idriss and Boulanger (2004, 2008) sıvılaştırma analizi

için bir olasılık modeli geliştirmiştir. Boulanger ve Idriss, 2012 bu modeli geliştirerek bir zemin tabakasının sıvılaşma olasılığını veren aşağıdaki bağıntıyı önermişlerdir. Bu çalışmada da yapılan sondajlarda geçilen her zemin tabakasının sıvılaşma olasılığını bulmak için söz konusu bağıntı esas alınmıştır.

$$P_L = 1 - \phi\left(\frac{\ln FS_L + 0.13}{0.13}\right) = \phi\left(-\frac{\left[\frac{(N_1)_{60CS}}{14.1} + \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{126}\right)^2 - \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{23.6}\right)^3\right]}{\left[\frac{(N_1)_{60CS}}{25.4}\right]^4 - 2.67 - \ln(CSR)}\right) / 0.13 \quad (4.11)$$

Burada ϕ birikimli standart normal dağılım fonksiyonudur; P_L sıvılaşma olasılığıdır; FS_L , tekrarlı dayanım oranının (CRR) tekrarlı gerilme oranına (CSR) oranı olarak tanımlanan güvenlik katsayısı ve $(N_1)_{60CS}$ temiz kum için eşdeğer SPT darbe sayısıdır. Tekrarlı gerilme oranı (CSR) hesaplanması aşağıda verilmiştir

Sondajda incelenen Zemin tabakasında ölçülen SPT-N değerine aşağıdaki düzeltme uygulanarak $(N_1)_{60}$ hesaplanır (Youd vd., 2001). (Eşitlik 4.12)

$$(N_1)_{60} = C_N C_E C_B C_R C_S N_m \quad (4.12)$$

Eşitlik 4.12' de verilen düzeltme katsayıları için aşağıdaki çizelge kullanılır.

Çizelge 3.12: SPT-N değerine yapılan düzeltme ve düzeltme katsayılarının değerleri (Sönmez 2011'den alınmıştır)

Faktör	Ekipman Değişkeni	Sembol	Düzeltilme
Örtü Yüğü Basıncı			$C_N = (P_a / \sigma_v)'^{0.5}$
		C_N	$C_N \leq 2.0$ $P_a = 100$ kPa veya 1 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 iç gömlek kullanmadan	C_S	1.00 1.1-1.3

Idriss, Seed' in ince tane oranının sıvılaşıma direncine etkisini aşağıdaki şekilde ifade etmiştir (Youd vd., 2001) (Eşitlikler 4.13-4.19).

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta(N_1)_{60} \quad (4.13)$$

α ve β ince tane oranı düzeltme katsayılarıdır.

$$\alpha = 0 \quad \dot{I}TO \leq \%5 \quad (4.14)$$

$$\alpha = \exp\left[1.76 - \left(\frac{190}{\dot{I}TO^2}\right)\right] \quad \%5 < \dot{I}TO \leq \%35 \quad (4.15)$$

$$\alpha = 5.0 \quad \dot{I}TO \geq \%35 \quad (4.16)$$

$$\beta = 1.0 \quad \dot{I}TO \leq \%5 \quad (4.17)$$

$$\beta = \left[0.99 + \frac{\dot{I}TO^{1.5}}{1000}\right] \quad \%5 < \dot{I}TO \leq 35 \quad (4.18)$$

$$\beta = 1.2 \quad \dot{I}TO \geq \%35 \quad (4.19)$$

CSR' nin bulunması için Seed ve Idriss (1971)' in önerdiği aşağıda verilen bağıntı kullanılmıştır.

$$CSR = 0,65 \left[\frac{a_{\max} \sigma_v'}{g \sigma_v} \right] r_d \quad (4.20)$$

Burada a_{\max} = maksimum yatay yer ivmesi (gal cinsinden), r_d = zemin kolununun sonsuz rijit olmamasından kaynaklanan bir düzeltmedir, g ise gal cinsinden yer çekimi ivmesidir σ_v = toplam düşey gerilme, σ_v' = etkili düşey gerilmedir.

Yukarıda yazılı olan eşitlikte en son çarpan olan r_d sabiti zeminin esnekliğini ifade etmekte olup ortalama değeri aşağıdaki eşitlikle bulunmaktadır (Youd vd. 2001). Bu bağıntıda z yüzeyden itibaren derinlik değerini metre cinsinden vermektedir.

$$r_d = \frac{(1,000 - 0,4113z^{0.5} + 0,0452z + 0,001753z^{1.5})}{(1,000 + 0,4177z^{0.5} + 0,05729z^{1.5} - 0,006205z^{1.5} + 0,001210z^2)} \quad (4.21)$$

Sönmez ve Gökçeoğlu (2005), sıvılaşma risk indeksi (L_S) parametresini belirlemek amacıyla aşağıda verilen Eşitlik 4.22' i önermişlerdir.

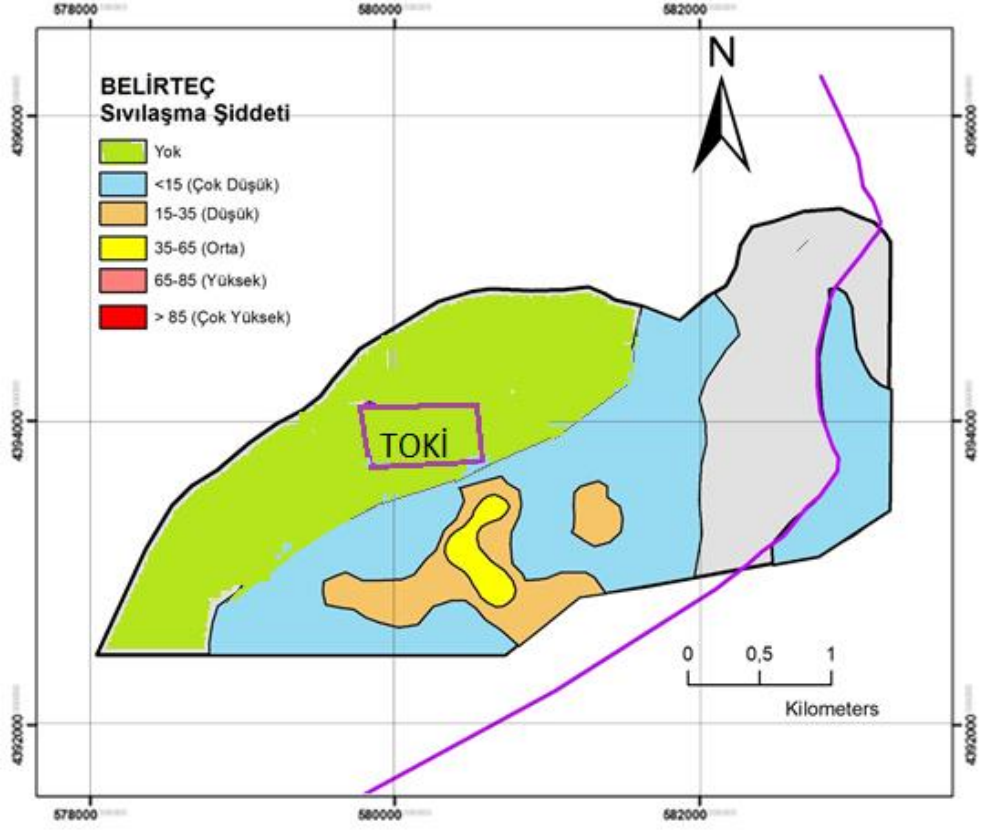
$$L_S = \int_0^{20} P_L(z) \times W(z) dz \quad (4.22)$$

Burada P_L sıvılaşma olasılığını veren parametredir. P_L sıfır ile bir arasında değişiklik gösteren ve güvenlik katsayısının bir fonksiyonu olup bu çalışmada Boulanger ve Idriss, 2012) tarafından P_L için verilen eşitlik 4.11'de kullanılmıştır. Sönmez ve Gökçeoğlu (2005) tarafından önerilen sıvılaşma risk indeksi sınıflaması Çizelge 3.13'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.13: Sıvılaşma Risk İndeksi (L_S) Sınıflaması (Sönmez ve Gökçeoğlu 2005)

Sıvılaşma Risk İndeksi	Sıvılaşma Potansiyeli
85-100	Çok yüksek
65-85	Yüksek
35-65	Orta
15-35	Düşük
0-15	Çok düşük
0	Yok

İnceleme alanı için Sıvılaşma Riski İndeksine göre oluşturulmuş ve Sıvılaşma Potansiyeli Haritası Şekil 3.37'de verilmiştir. Şekil 3.37 incelendiğinde; Yamaç Molozlarının yayılım gösterdiği alanlarda sıvılaşma potansiyeli olmadığı görülmektedir. İnceleme alanının güneyinde TOKİ evlerini 0.5 km GD'da yer alan alüvyonun yayılım gösterdiği yaklaşık 1.8 km²'lik alanın orta kısmında (yaklaşık 0.45 km²'lik alanı) sıvılaşma potansiyelinin "Orta" diğer kısımlarında ise "Çok düşük"tür. Söz konusu bu alanlar dışında, alüvyonun yayılım gösterdiği diğer tüm alanlarda sıvılaşma potansiyeli "Çok düşük" değerdedir (Şekil 3.37). Ayrıca, inceleme alanının deprenselliğinde dikkate alındığında; alüvyonun yayılım gösterdiği alanlarda bu çalışmada ortaya konan senaryo depremin gerçekleşmesi durumunda, sıvılaşma potansiyelinin Düşük-Çok Düşük olduğu alanlarda da zeminde taşıma gücü kayıpları oluşacağı görülmektedir.



Şekil 3.37: Ayşebacı Mahallesi civarı Sıvılaşma Potansiyeli Haritası

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Balıkesir 1/100000 ölçekli Çevre Planında Balıkesir Karesi İlçesi yerleşim alanındaki TOKİ Doktor Evleri ve Ayşebacı Mahallesinin batısında kalan alan yerleşime açılmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada söz konusu alanda Ayşebacı Mahallesinin ve civarındaki alanda yüzeylenen zeminlerin jeoteknik özelliklerinin yersel olarak değişimi Coğrafi Bilgi Sistemleri ile değerlendirilmiştir.

Ayşebacı Mahallesinin ve civarındaki alanda (Karesi İlçesi, Balıkesir) yüzeylenen zeminlerin jeoteknik özelliklerinin yersel olarak değişimi Coğrafi Bilgi Sistemleri ile değerlendirildiği, bu alan için planlamasına temel teşkil edecek mühendislik jeolojisi haritaları üretildiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve bunlara ilişkin öneriler aşağıda verilmiştir.

1-) Çalışma alanının içinde olduğu Karesi İlçesi yerleşim alanı ve çevresini litostratigrafik ve neo-tektonik özellikleri önceki çalışmalardan derlenmiştir.

a-) Çalışma alanını kapsayan Balıkesir ili ve yakın civarında en yaşlı birim olan Üst Kretase yaşlı Üst Kretase Bornova flişi ve bunun üzerinde tektonik dokunaklı yerleşen Üst Kretase yaşlı Yayla Melanjı bulunmaktadır. Bornova Flişi kahve-gri, yeşilimsi renkli, orta-ince taneli kumtaşı ve siyah, yeşilimsi-gri renkli kıltaşı ar dalanmasından ve kıltaşları ile yanal geçişli mikritik kireçtaşı, çamurtaşı-radyolarit ara yüzeyleri ile değişik yaş ve kökende neritik kireçtaşı olistolitlerinden oluşmaktadır. Yayla Melanjı, birbirleri ile ilksel ilişkide olmayan çökel, metamorfik ve ofiyolit topluluğuna ait bazik ve ultrabazik kayalardan meydana gelmiş, karmaşık bir topluluktur. Yayla Melanjının üstünde ise uyumsuz olarak bulunan Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Hallaçlar Volkaniti yer almaktadır. Hallaçlar Volkanitinin üstünde ise uyumsuz olarak bulunan Alt Miyosen yaşlı Yürekli dasiti yer almaktadır. Tüm bu birimlerin üstünde ise uyumsuz olarak gelen Alt Miyosen yaşlı Şapçı Volkaniti yer almaktadır. Şapçı volkanitinin üstünde ise uyumsuz olarak killi kireçtaşı, kil, marn, silttaşı tüfit, kumtaşı, çakıltaşı ar dalanmasından oluşan Soma Formasyonu vardır. En genç birim olan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ve yamaç molozu ise birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.

b-) Balıkesir ilinde içinde olduğu Güney Marmaranın tarihsel deprem kayıtlarına bakıldığında MS 1 ile MS 1899 yılları arasında 600'ün üzerinde sismik olayın gerçekleştiğini fakat bunların 38'inin büyüklüğünün 7.0'den büyük görülmektedir. Tarihsel döneme ait deprem kayıtlarında Balıkesir ve yakın çevresini etkileyerek yıkıma sebebiyet vermiş 3 önemli deprem göze çarpar; ilki 21 Eylül 1577 depremi diğerleri ise şehir merkezini etkilemiş 1897 ve 1898 depremleridir.

2-) İnceleme alanında ise yamaç molozu ve alüvyon yayılım göstermektedir. Yamaç molozu inceleme alanını KD –GBD kesiminde bir şerit halindeki alanda ve inceleme alanının doğusunda tepelik alanlar ve bu yükseltelerin eteklerinde yayılım gösterirler. Yamaç molozunun kalınlığı en fazla 5 m civarındadır. Bu birimin altında Soma formasyonunun tüfleri bulunmaktadır. Alüvyonlar genellikle katmanlı yapıda olup, çoğunlukla kum, çakıllı kumlu, siltli kum ve kil tabakalarını içermektedir. Alüvyonun kalınlığı Balıkesir–Bursa karayolunun batısında eğimin çok düşük olduğu alanlarda 17 m ye erişmekte iken bu yolun doğusunda 6-10 m arasında değişmektedir.

3-) İnceleme alanında en düşük kot 109 m iken en yüksek kot 217 m'dir. İnceleme alanının doğusunda KD-GB doğrultusunda bir kuşak gibi uzanan yükseltilerde; yükseklik 125 m'den 217 m'ye kadar değişmektedir. Yamaç molozunun yayılım gösterdiği alanlarda eğim çoğunlukla 15-45 derece arasında değişmektedir. Bu eğim derecesi bu alanlarda yapılaşmayı sınırlamaktadır. 109-120 m kotları arasında yer alan alüvyonun yayılım gösterdiği diğer alanlarda ise eğim 5 dereceden küçüktür. Eğimin düşük olduğu bu alanlarda yerüstü ve yeraltı sularının drenajı sorun olabilecektir.

4-) YAS derinliğinin KKD-GGB doğrultusu boyunca uzanan bir zonlanma göstermektedir. İnceleme alanının güney doğusundan başlayarak KB ya doğru TOKİ evlerine kadar YAS derinliğinin arttığı 3 mden 7.5 m'ye çıktığı TOKİ evlerinin doğusunda ise 7.5 m den tekrar 3'm ye doğru kademeli olarak düştüğü görülmektedir. Özellikle Alüvyonun yayılım gösterdiği düzlük alanlarda derinliğinin 4.5 m'den az olması nedeniyle yeraltı suyu taşıma gücü, yapı-su etkileşimi sonucu korozyon ve sıvılaşma problemlerini oluşturabilir.

5-) Alüvyonun yayılım gösterdiği alanda, inceleme alanının güneyinde TOKİ evlerinin hemen güneyindeki yaklaşık 1 km²'lik alanda 3 m derinlikte alüvyon tabakalarına ait SPT-N₆₀ değerlerinin 20'den küçük olduğu ve bu alüvyon tabakalarının “Çok Gevşek” ve “Gevşek” durumda olduğu görülmektedir. Bu alan dışındaki alanlarda, 3 m derinlikteki alüvyon tabakaları 20-40 arasında SPT-N₆₀ değerlerine sahip olup, çoğunlukla “Sıkı” yer yer “Gevşek” durumdadır. 6 m derinlikteki SPT-N₆₀ değerlerinin değişimi 3 m için verilen değişime çok büyük ölçüde benzemektedir.

TOKİ evlerinin hemen güneyindeki yaklaşık 0.7 km²'lik alanda ve inceleme alanının doğusunda yer yer küçük alanlarda 9 m ve 12 m derinlikteki SPT-N₆₀ değerlerinin 10-30 arasındadır. Diğer alanlarda ise 9 ve 12 m derinlikteki alüvyon “Sıkı” durumdadır. Genel olarak, alüvyon zeminlerde derinlikle birlikte sıklığın arttığı “Gevşek” durumdan “Orta sıkı” ve “Sıkı” duruma geçtiği söylenebilir. Farklı derinlikler için verilen SPT-N₆₀ değerleri alüvyonun yayılım gösterdiği alanlarda zeminin kayma dayanımı ve taşıma gücü hakkında (bu çalışmada da verilen çizelgelerde kullanılarak) tahmin yürütmeye olanak vermektedir.

6-) Yamaç molozunda Vp/Vs oranını büyük çoğunlukla 2.5-3 arasında olduğu, bu değere göre yamaç molozunun dinamik kayma modülünün 600-3000 kg/cm² arasında, elastisite modülünün 1700-10000 kg/cm² arasında olduğu anlaşılmaktadır. Ayrışmış tüfün Vp/Vs oranı büyük çoğunlukla 3-3.5 arasındadır. Alüvyonun yayılım gösterdiği alanda TOKİ evlerinin 800m güney batısında yaklaşık 0.5 km²'lik alanda ve 850 m güneyinde yaklaşık 0.3 km²'lik alanda Vp/Vs oranı büyük çoğunlukla 3.5-4 arasında iken, diğer alanlarda 3.0-3.5 arasında olup , alüvyonun kayma modülü <600 kg/cm², elastisite modülü <1700 kg/cm²'dir. Bu değerler zeminin kayma modülü ve elastisite modülünün gerektirdiği taşıma gücü gibi mühendislik problemlerinin çözümünde (nihai hesaplamada değil) bir öngörü ve tahmin değeri olarak kullanılabilir.

7-) İnceleme alanına en fazla 100 km uzaklıktaki alanları kapsayan bölgede 20 yıl içinde oluşacak depremlerin en az biri 6 büyüklüğünden büyük olma olasılığı yaklaşık %78 iken bu değer 30, 50, ve 75 yıl için sırasıyla yaklaşık olarak %89, % 98 ve % 100'e yakındır. Söz konusu bölgede oluşacak depremlerin en az birinin 6.5'dan daha fazla büyüklüğe sahip olma olasılığı 20, 30, 50, 75 ve 100 yıl için olasılıkları sırasıyla, yaklaşık % 45, %59 %78, %89 ve %95'tir. Bu değerler, büyüklüğü 7'den

büyük depremler için ise yaklaşık, %21, %30, %45, %59 ve %69'dur. Söz konusu alanda 6, 6.5 ve 7 büyüklüğündeki depremlerin tekrarlanma süresai yaklaşık 13, 33 ve 83 yıl olarak hesaplanmıştır.

8-) Ayşebacı Mahallesi (Karesi ilçesi-Balıkesir) ve yakın çevresi için en büyük yer ivmesi Havran-Balya Fayı Zonundan kaynaklanacak $M_w=7.3$ büyüklüğündeki depremin meydana getireceği ve bu değer 0.40 seviyesinde olacağı görülmektedir (Çizelge 3.10). Yapılan bu analizler, inceleme alanını etkileyecek ikinci büyük depremin inceleme alanından geçen Balıkesir Fayı Gökçeyazı segmentinden kaynaklanacağı, $M_w=6.93$ büyüklüğünde olacağını ve inceleme alanında 0.323g değerinde en büyük yer ivmesi üreteceğini göstermiştir.

9-)Yamaç molozlarının yayılım gösterdiği alanlarda zayıf yer hareketlerine göre zemin büyütmesi 0-2 arasında olup "düşük tehlike" oluşturmakta, alüvyonların yayılım gösterdiği alanlarda ise zemin büyütmesi 2-4 arasında olup "tehlike" oluşturmaktadır. İnceleme alanındaki zeminlerin kuvvetli yer hareketlerindeki zemin büyütmesi zayıf yer hareketlerindeki gibidir.

10-) İnceleme alanı için Sıvılaşma Riski İndeksi Sıvılaşma Potansiyeli Haritası oluşturulmuştur. Yamaç Molozlarının yayılım gösterdiği alanlarda sıvılaşma potansiyeli olmadığı görülmektedir. İnceleme alanının güneyinde TOKİ evlerini 0.5 km GD da yer alan alüvyonun yayılım gösterdiği yaklaşık 1.8 km²'lik alanın orta kısmında (yaklaşık 0.45 km² lik alanı) sıvılaşma potansiyelinin "Orta" diğer kısımlarında ise "Çok düşük"tür. Söz konusu bu alan dışında, alüvyonun yayılım gösterdiği diğer tüm alanlarda ise sıvılaşma potansiyeli "Çok düşük" değerdedir.

11-) MTA web sitesinde verilen haritaya göre Balıkesir Fayı'nın inceleme alanında TOKİ evlerinin bulunduğu tepenin hemen yamacından geçmektedir. Bu nedenle bu fayın geçtiği alanda "fay sakinim zonu" oluşturulmalı ve bu zon içindeki mühendislik yapıları, konutlar ve okulların deprem riski acilen değerlendirilmelidir.

12-) Alüvyonun yayılım gösterdiği alanlarda bu çalışmada ortaya konan senaryo depremin gerçekleşmesi durumunda, sıvılaşma potansiyelinin Düşük-Çok Düşük olduğu alanlarda da zeminde taşıma gücü kayıpları oluşacağı görülmektedir

13-) Ayşebacı Mahallesinin batısında, Balıkesir-Bursa Yolu ile TOKİ evlerinin arasında kalan eğimi çok düşük olan, alüvyonun yayılım gösterdiği alan şu

anda tarım arazisidir. Mümkünse, böyle kalmalıdır. Yapılaşmaya açılacak ise bu çalışmada mekansal değişimlerde sunulan, YASS durumu, yerüstü sularının drenajının zor olacağı durumu, Balıkesir Fayına yakınlığı, zemin büyütme durumu, sıvılaşma potansiyelinin “düşük-çok düşük” olduğu alanlarda bile olası kuvvetli yer hareketlerinde meydana gelebilecek taşıma gücü kaybı dikkate alındığında; söz konusu nlemliler yerleşime açılabilir nitelikte olduğu, yeşil alan olarak kullanılmasının yararlı olacağı söylenbilir.

5. KAYNAKLAR

Akyürek, B., ve Soysal, Y. (1978). Kırkağaç – Soma (Manisa), Savaştepe – Korucu – Ayvalık (Balıkesir), Bergama (İzmir) civarının Jeolojisi, MTA Jeoloji Dairesi. Rapor No: 6452.

Arslanoğlu, M. ve Özçelik, M. (2005). Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

Avin, Ö. (2011). Balıkesir İli İmar Planındaki Mahallelerin 7.Emin-Jeoteknik Değerlerinin ArcGis Programı Kullanılarak Haritalandırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir.

Başel, E.D.K., Çakın, K. ve Satman, A. (2008). Türkiye'nin Yeraltı Sıcaklık Haritası Ve Tahmini Isı İçeriği. *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, İstanbul.

Başokur, T. A. (2005). Yapı Yeri İncelemelerinde Makaslama Dalgası Hız Kesitinin Remi Yöntemi İle Saptanması. *Deprem Sempozyumu 23- 25 Mart 2005*, Kocaeli.

Beliceli, A. Çona, A. ve Tufan, A. (2005). Balıkesir İli Bahçelievler ve Plevne Mahallelerinin Yer Mühendislik Özelliklerinin Jeolojik-Jeoteknik ve Jeofizik Ölçümlerle Belirlenmesi. *Deprem Sempozyumu 23- 25 Mart 2005*, Kocaeli.

Bol, E. (2016). Arazi Deneyle ve Değerlendirilmesi Dersi Notları. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geoteknik Anabilim Dalı (Yayınlanmamış).

Borcherdt, R.D., Watworth, C.M., Janssen, A., Fumal, T., 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.

Borsi, S., Ferrara, C., Innocenti, F. and Mazzuoli, Z. (1972). Geochronology and petrology of recent volcanics of Eastern aegean sea: *Bull. Voic.*, 36, 3, 473-496.

Boulangier, R. W., and Idriss, I. M. (2012a). Probabilistic SPT-based liquefaction triggering procedure. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 138(10), 1185-1195.

Brinkmann, R. (1966). Geotektonische gliederung von Westanatolien: N.Jb. Geol. Palaont. Mh., 10, Stuttgart, 603-618.

Brinkmann, R., Feist, R., Marr, W.U., Nickel, E., Schlimm, W., ve Walter, H.R.(1970). Soma Dağlarının Jeolojisi. *Maden Tetkik Arama Enst. Derg.*, 74, 41-56.

Carvalho, J., Dias R., Pinto C., Leote J. and V. L. Mendes (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.

Crovelli, R.A. (2000). Probabilty Models for Estimation of Number Costs of Landslides. *United States Geological Survey Open File Report 00-249*, USA.

Cetin, K. O., Der Kiureghian, A., Seed, R. B. (2002). Probabilistic Models for The İnitiation of Seismic Soil Liquefaction. *Structural Safety*, 24: 67-82.

Çetin, K. O., Seed, R.B., Der Kiureghian, A., Tokimatsu, K., Harder, L. F., Kayen, R. E. and Moss, R. E. S. (2004). Standard Penetration Test-Based Probabilistic and Deterministic Assessment of Seismic Soil Liquefaction Potential, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. ASCE, 130 (12), 1314-1340.

Çona, A., Tufan, E. A. ve Beliceli, A. (2000). Balıkesir-Ayşebacı Mahallesi Jeoloji Jeoteknik Etüd Raporu, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.

Das, B.M. (1993). Principles of Soil Dynamics. Boston: PWS-Kent Publication, 397-447.

Demir, G. (2013). Gürsu (Bursa) Yerleşim Alanındaki Temel Zeminin Jeo-Mühendislik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Hazırlanması. *Yüksek Lisans Tezi*, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir.

Dipova, N. ve Cangir, B. (2017). Lara-Kundu (Antalya) Düzlüğünün Sıvılaşma Şiddeti İndeksi'ne (LSI) Dayalı Sıvılaşma Haritası, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 31-46.

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*, 131,49-61.

Duru, M., Pehlivan, Ş., Dönmez, M., Ilgar, A., ve Akçay, E.A. (2007). 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritaları Bandırma-İ18 Paftası, MTA, 102.

Düzgün, Ş. (2010). Madencilikte Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Yardımcı Teknolojiler, *Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği -El Kitabı* (Yayınlanmamış).

Eliçalışkan, M. (2014). CBS'de Temel İşlevleri, *Coğrafya Dünyası*. (Erişim tarihi 12 Ocak 2018), <http://www.cografya.gen.tr/cbs/cbs-temel-islevler.htm>.

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. ve Yıldırım, C. (2012). Biga Yarımadasının Diri Fayları ve Deprem Potansiyeli. *In Ed. Erdoğan Yüzer and Gürkan Tünay (Ed.), Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi*, 163-191. ISBN: 978-605-5310-18-9.

Ercan, T. (1984) Bigadiç Çevresinin (Balıkesir) Jeolojisi ve Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Kökenselel Yorumu, M.T.A. Jeoloji Dairesi Raporu.

Ercan, T., Fujitani, T., Matsuda, J-I., Notsu, K., Tokel, S., Ui, T. (1990). Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen-Kuvaterner volkanitlerine ilişkin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotopik verilerin yorumu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 110, 143-164.

Erdem, D. (2015). Şapçı (İbirler-Balıkesir) Volkaniti'nin Petrografisi, Jeokimyası ve Petrolojisi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü., Balıkesir, *Yüksek Lisans Tezi*, 63s (yayınlanmamış).

Esri (2013). Jeoloji Mühendisleri için ArcGis Kursu Notları, *Esri Türkiye*. (Yayınlanmamış)

Idriss, I. M., and Boulanger, R. W. (2004). Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes, in *Proceedings, 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, and 3rd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering*, D. Doolin et al., eds., Stallion Press, 1, 32–56.

Idriss, I. M., and Boulanger, R. W. (2008). Soil liquefaction during earthquakes. Monograph MNO-12, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, 261 pp.

Idriss, I. M., and Boulanger, R. W. (2010). SPT-Based Liquefaction Triggering Procedures. *Report UCD/CGM-10/02*, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis, CA, 259 pp.

Juang, C. H., Ching, J., Luo, Z. and Ku, C. S. (2013). Assessing SPT-based Probabilistic Models for Liquefaction Potential Evaluation: a 10-year update. *Georisk*. 7(3), 1-14.

Keçeli, A. (1990). Zemin Emniyet Gerilmesinin Sismik Metodlar İle Tayini. *Jeofizik Dergisi*. 4, 83-92.

Carvalho, J., Dias R., Pinto C., Leote J. and V. L. Mendes (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.

Krushensky, R. D. (1976). Neogene Calc-Alkaline Extrusive and Intrusive Rocks of The Karalयेşiller Area, Northwest Anatolia, Turkey. *Bulletin Volcanologique*, 40, 336-360.

Kürçer, A., Özalp, S., Özdemir, E., Güldoğan, Ç., ve Duman, T. Y. (2016). Yüzey Kırığı Oluşturmuş Faylar Üzerinde Aktif Tektonik ve Paleosismolojik Araştırmalar Hakkında Örnek Çalışma: Yenice-Gönen Fayı KB Türkiye. *Doğal kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 21, 1-18.

Nebert, K. (1978). Linyit içeren Soma Neojen bölgesi, Batı Anadolu. *MTA Dergisi* ,90, 20-69.

Özalp, S., Emre, Ö., & Doğan, A. (2013). The Segment Structure of Southern Branch of The North Anatolian Fault and Paleoseismological Behaviour of The Gemlik Fault, NW Anatolia. *General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) Bulletin*, 147, 1–17.

Parcher, J. V. and Means, R. E.(1968). Soil Mechanics and Foundations, Charles E. Merrill, Columbus, Ohio.

Sarı, R., Tufan, E.A. ve Yenigün, K.G. (2010). Kentimizin Heyelan, Deprem ve Taşkın Alanları Açısından İrdelenmesi. *Balıkesir Kent Sempozyumu 2010*, 139-150.

Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1971). Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction on Potantial. *J. of Geotech. Engrg. Div., ASCE, Philadelphia*, 1-104.

Sivikaya, O. ve Toğrol, E. (2007). Türkiye'de SPT-N Değeri İle İnce Daneli Zeminlerin Drenajsız Kayma Mukavemeti Arasındaki İlişkiler, *İMO Teknik Dergi*, 4229-4246.

Sönmez, H. and Gökceoglu, C. A. (2005). Liquefaction severity index suggested for engineering practice. *Environmental Geology*, 48, 81–91.

Sönmez, H. (2011). Zemin Sıvılaşması. *Ankara: TMMOB JMO Jeoloji Mühendisleri için Jeoteknik Etüt Kursu (Planlamaya Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt) Notları*, 1-33, (yayınlanmamış).

Sözbilir, H. Özkaymak, Ç. Sümer, Ö. ve Uzel, B. (2016). Balıkesir İli'nin Depremselliği, *Balıkesir 2. Kent Sempozyumu*, 39-70.

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution ol Turkey : A plate tectonic approach : Tectonophysics, 75,181 - 241.

Okay, A.I and Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey . *Geological Society, London, Special Publications*; 156; 475-515.

Özalp, S., Emre, Ö., and Doğan, A. (2013). The Segment Structure of Southern Branch of The North Anatolian Fault and Paleoseismological Behaviour of The Gemlik Fault, NW Anatolia. *General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) Bulletin*, 147, 1–17.

Pehlivan, Ş., Duru. M., Dönmez, M., Ilgar, A., Akçay, A.E., Erdoğan, K. ve Özer, D., (2007). Türkiye Jeolojisi Haritaları No:96, Balıkesir-İ 19 Paftası. *Maden Tetkik Arama*, 40s, Ankara

Taştan, H. ve E. Bank. (1994). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Konuma Bağlı Analizler, *1 nci Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Trabzon. 33-52.

Terzaghi, K. and Peck, R.B. (1967). Soil Mechanics in Engineering Practice, *John Wiley and Sons*, NewYork.

Töreyan, G. Özdemir, İ. ve Kurt, T. (2010). Arcgis10 Desktop Uygulama Dökümanı, İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanları Esri, Ankara.

Tschebotarioff, G.P. (1973). Foundations, Retaining, and Earth Structures, 2 . Edition, McGraw-Hill, New York, 1973.

Ulusay, R. (2010). Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınlan 38. Güncelleştirilmiş, Genelleştirilmiş 5. Baskı.

Ulusay, R., Tuncay, E., Sonmez, H. and Gökçeoglu, C. (2004). An Attenuation Relationship Based On Turkish Strong Motion Data And Iso-Acceleration Map Of Turkey. *Engineering Geology*, 74, 265- 291.

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 Mastır Planlaması ve Alanya için Yapılması Gerekenler. *Alanya 12. Tarih ve Kültür Sempozyumu*, 152-169.

Yıldırım, H., Alpaslan, E., Aydoğan, C., Ernst, F. (1996). Arc/Info ile Geniş Bir Alanlarda Sayısal Yükselti Modeli Oluşturulurken Karşılaşılan Sorunlar ve

Çözümler, *Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Sayfa No: 335-337, 26-28 Eylül 1996, İstanbul.

Wells, D. and Coppersmith, K. (1994). New Empirical Relationships Among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area And Surface Displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84, 974-1002.

Yağcı, B. ve Ansal, A. (2009). Balıkesir'de Mikrobölgeleme Uygulaması, *İMO Teknik Dergi*, 4583-4607.

Yomralıoğlu, T. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, *Akademi Kitabevi*, 2. Baskı, 479 sayfa.

Youd T.L. (1984). Geological Effects-Liquefaction And Associated Ground Failure. Geological And Hydrogeological Hazards Training Program, United States Geological Survey Open-File Report, 87-76, 210-232.

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.