

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZMİT HAVZASININ BATI KESİMİNİN MÜHENDİSLİK
JEOLojİSİ

EMRE CANKURT

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZMİT HAVZASININ BATI KESİMİNİN MÜHENDİSLİK
JEOLojİSİ

EMRE CANKURT

Doç.Dr. Ahmet KARAKAŞ

Danışman, Kocaeli Üniversitesi

.....

Dr.Öğr. Üyesi Özkan CORUK

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

.....

Dr.Öğr. Üyesi Erkan BOZKURTOĞLU

Jüri Üyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 30.06.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

İzmit ve civarında daha önceki yıllarda mühendislik jeolojisi başlığı altında yapılan birçok çalışma vardır. Bu alanda günümüzde yeni yerleşim alanları planlanmakta, önemli mühendislik yapılarını projeleri hazırlanmaktadır. Yeni yerleşim alanların seçiminde ve önemli mühendislik yapılarının projelendirilmesinde yer ortamının mühendislik jeolojisi özelliklerinin ayrıntılı olarak tanımlaması önem arz etmektedir. Bu bağlamda, yerleşim planlaması çalışmalarına ve hazırlanan büyük mühendislik yapılarına yeni ve güncel veriler sunma gereği oluşmuştur. Bu yüksek lisans tezi kapsamında mevcut veriler, gelişen teknolojik etkenler de dikkate alınarak yeniden değerlendirilmiştir. Tez çalışmasında öncelikle İzmit Havzası batı kesiminin jeolojisi incelenmiştir. Daha sonra bölgeden alınan arazi verileri, sondaj verileri ve laboratuvar verileri ile İzmit'in kıyı kesimi ve iç bölgesini kapsayan bu alanlarda yer alan zeminlerinin mühendislik jeolojisi özellikleri değerlendirilmiştir.

Bu inceleme Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Tezimi hazırlarken beni yönlendiren danışmanım, Öğretim Üyesi Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ'a teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım sırasında ve çalışmalarımın sonuçlarını yorumlarken beni yönlendiren değerli Dr. Öğr. Üyesi Özkan CORUK'a, tez jüri üyesi Dr. Öğr. Üyesi Erkan BOZKURTOĞLU'na, Dr. Öğr. Üyesi METİN AŞÇI ve arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi BÜLENT DOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında benden yardımlarını esirgemeyen ve tezimin her aşamasında katkıda bulunan lisans dönemi sınıf arkadaşım Kübra Mergen'e ve Salih Özay'a katkılarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca; maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Ağustos – 2020

Emre CANKURT

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	2
1.1. İncelemenin Amacı	2
1.2. İncelemenin Alanı	2
1.3. Çalışma Yöntemi ve Süresi	3
1.4. Ulusal Düzeyde Yapılan İncelemeler	4
1.5. Uluslararası Düzeyde Yapılan İncelemeler	6
2. GENEL JEOLojİ VE TEKTONİK KONUM	7
2.1. Bölgesel Jeoloji ve İnceleme Alanının Jeolojisi	7
2.2. Kuzey Tektonik Birlik	10
2.2.1. Çınarlı formasyonu (Dç)	11
2.2.2. İzmit formasyonu (TRi)	11
2.2.3. Peksimet formasyonu (Kp)	12
2.2.4. Akveren formasyonu (KTa)	12
2.2.5. Korucu formasyonu (Tk)	13
2.2.6. Acısu formasyonu (Tac)	14
2.3. Güney Tektonik Birlik	14
2.3.1. İznik metamorfitleri (İm)	16
2.3.2. İncebel formasyonu (Ti)	16
2.3.3. Sarısu volkanitleri (Ts)	16
2.3.4. Arslanbey formasyonu (Ta)	17
2.4. Alüvyonlar (Qal)	18
2.4.1. Alüvyon (Qal1)	18
2.4.2. Körfez çökelleri (Qa12)	18
2.4.3. Kıyı Dolgusu -Yapay Dolgu (Qd)	19
3. İZMİT HAVZASININ JEOMORFOLOJİSİ	20
3.1. Kocaeli Penepleni	21
3.2. Samanlıdağ Yükselimi	21
3.3. İzmit Havzası Düzlüğü	22
3.4. Morfotektonik Gelişim	22
4. VERİ KAYNAKLARI	24
4.1. Jeolojik Veriler	24
4.2. Jeomorfolojik Veriler	24
4.3. Mühendislik Jeolojisi Verileri	25
4.4. Coğrafi Bilgi Sistemi Verileri	25
4.4.1. Çalışma alanının DEM haritası	25

4.4.2. Çalışma alanının eğim haritası	26
4.4.3. Çalışma alanının TIN haritası	27
5. MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ	29
5.1. Zemin Sınıflamasında Kullanılan Parametreler	31
5.1.1. Vs (Kayma hızı dalgası).....	31
5.1.2. SPT (Standart penetrasyon testi).....	32
5.1.3. Cu (Drenajsız kayma mukavemeti).....	34
5.2. Zemin Sınıflaması	35
5.3. İzmit - Köseköy Arası Mühendislik Jeolojisi.....	36
5.4. İzmit Kıyı Kesimin Mühendislik Jeolojisi	38
5.4.1. İzmit kıyı alanının SPT-N ₃₀ değerlerinin derinliğe göre değişimi	52
5.4.2. İzmit kıyı alanının yer altı su seviyesi (YASS) dağılımı	60
5.5. Kullar Bölgesinin Mühendislik Jeolojisi	61
5.5.1. Kullar bölgesinin SPT-N ₃₀ değerlerinin derinliğe göre değişimi	65
5.5.2. Kullar bölgesindeki yer altı su seviyesinin (YASS) dağılımı	73
5.6. Köseköy Alanının Mühendislik Jeolojisi	74
5.6.1. Köseköy bölgesinin SPT-N ₃₀ değerlerinin derinliğine göre değişimi	79
5.6.2. Köseköy bölgesindeki yer altı su seviyesinin (YASS) dağılımı	87
6. ARAŞTIRMA BULGULARI	88
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	92
KAYNAKLAR	95
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	98
ÖZGEÇMİŞ	99

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	İnceleme alanının yer bulduru haritası	3
Şekil 2.1.	İnceleme alanı ve civarının jeoloji haritası	9
Şekil 2.2.	İzmit ve civarında yüzeyleyen kuzey tektonik birliğe ait formasyon ve birimlerin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (GSK)	10
Şekil 2.3.	İzmit ve civarında yüzeyleyen güney tektonik birliğe ait formasyon ve birimlerin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (GSK)	15
Şekil 3.1.	İnceleme alanı ve civarının jeomorfoloji haritası	20
Şekil 4.1.	Çalışma alanının DEM haritası	26
Şekil 4.2.	Çalışma alanının eğim haritası	27
Şekil 4.3.	Çalışma alanının TIN haritası	28
Şekil 5.1.	İzmit kıyı kesim ve havzasının 1/5000 ölçekli jeoloji haritası	29
Şekil 5.2.	İzmit Havzası ve kıyı kesimindeki sondaj noktaları lokasyonları	30
Şekil 5.3.	İzmit-Köseköy bölgesi arasında zemin profili kesidi için kullanılan sondajlar	37
Şekil 5.4.	İzmit-Köseköy arasındaki alanın zemin profili	37
Şekil 5.5.	İzmit kıyı alanında zemin profili kesidi için kullanılan sondajlar	39
Şekil 5.6.	İzmit kıyı alanı zemin profili	39
Şekil 5.7.	İzmit kıyı kesiminde yapılmış sondaj noktaları	40
Şekil 5.8.	İzmit kıyı alanı Bölge 1 lokasyonu	41
Şekil 5.9.	İzmit kıyı alanı Bölge 2 lokasyonu	44
Şekil 5.10.	İzmit kıyı alanı Bölge 3 lokasyonu	47
Şekil 5.11.	İzmit kıyı alanı Bölge 4 lokasyonu	50
Şekil 5.12.	İnceleme alanının İzmit kıyı kesiminde 1,5 m'de SPT-N ₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası	53
Şekil 5.13.	İnceleme alanının İzmit kıyı kesiminde 3 m'de SPT-N ₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası	54
Şekil 5.14.	İnceleme alanının İzmit kıyı kesiminde 4,5 m'de SPT-N ₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası	56
Şekil 5.15.	İnceleme alanının İzmit kıyı kesiminde 1,5 m'de SPT-N ₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası	57
Şekil 5.16.	İzmit kıyı kesiminde SPT-N ₃₀ değerinin 6 m derinliğe kadar olan kısmın çizgisel grafiği	59
Şekil 5.17.	İzmit kıyı alanının yer altı su seviyesi dağılımı	60
Şekil 5.18.	Kullar kesiminden alınan sondaj noktaları	61
Şekil 5.19.	Kullar bölgesi lokasyonu	63
Şekil 5.20.	İnceleme alanı Kullar bölgesinde 1,5 m'de SPT-N ₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası	66
Şekil 5.21.	İnceleme alanı Kullar bölgesinde 3 m'de SPT-N ₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası	67

Şekil 5.22. İnceleme alanı Kullar bölgesinde 4,5 m'de SPT-N ₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası	69
Şekil 5.23. İnceleme alanı Kullar bölgesinde 6 m'de SPT-N ₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası	70
Şekil 5.24. Kullar bölgesinde SPT-N ₃₀ değerinin 6 m derinliğe kadar olan kısmın çizgisel grafiği	72
Şekil 5.25. Kullar bölgesinin yer altı su seviyesi dağılımı	73
Şekil 5.26. Köseköy zemin profili için kullanılan sondaj noktaları	74
Şekil 5.27. Köseköy alanının zemin profili	75
Şekil 5.28. Köseköy alanında yapılmış sondaj noktaları.....	76
Şekil 5.29. Köseköy alanı lokasyonu	77
Şekil 5.30. İnceleme alanı Köseköy bölgesinde 1,5 m'de SPT-N ₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası	80
Şekil 5.31. İnceleme alanı Köseköy bölgesinde 3 m'de SPT-N ₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası	81
Şekil 5.32. İnceleme alanı Köseköy bölgesinde 4,5 m'de SPT-N ₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası	83
Şekil 5.33. İnceleme alanı Köseköy bölgesinde 6 m'de SPT-N ₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası	84
Şekil 5.34. Köseköy bölgesinin SPT-N ₃₀ değeri 6 m derinliğe kadar olan kısmın çizgisel grafiği	86
Şekil 5.35. Köseköy bölgesinin yer altı su seviyesi dağılımı	87

TABLolar DİZİNİ

Tablo 5.1. İzmit kıyı kesimi alüvyonların mühendislik jeolojisi özellikleri	30
Tablo 5.2. İzmit kıyı kesimin körfez çökellerin mühendislik jeolojisi özellikleri.....	31
Tablo 5.3. SPT düzeltme katsayıları.....	33
Tablo 5.4. Kohezyonlu zeminler için SPT-N, serbest basınç dayanımı ve kıvamlilik ilişkisi.....	33
Tablo 5.5. SPT sonuçlarına göre kohezyonsuz zeminlerin sıklığı	34
Tablo 5.6. Yerel Zemin Sınıflaması	35
Tablo 5.7. Tij boyu düzeltme katsayısı (C_R)	36
Tablo 5.8. İzmit kıyı alanı Bölge 1'deki SPT verileri	40
Tablo 5.9. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları	42
Tablo 5.10. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	42
Tablo 5.11. İzmit kıyı alanı Bölge 1 için AFAD verileri	43
Tablo 5.12. İzmit kıyı alanı Bölge 2'deki SPT verileri.....	43
Tablo 5.13. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları	45
Tablo 5.14. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	45
Tablo 5.15. İzmit kıyı alanı Bölge 2 için AFAD verileri	46
Tablo 5.16. İzmit kıyı alanı Bölge 3'deki SPT verileri.....	46
Tablo 5.17. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları	48
Tablo 5.18. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	48
Tablo 5.19. İzmit kıyı alanı Bölge 3 için AFAD verileri	49
Tablo 5.20. İzmit kıyı alanı Bölge 4'deki SPT verileri.....	50
Tablo 5.21. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları	51
Tablo 5.22. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	51
Tablo 5.23. İzmit kıyı alanı Bölge 4 için AFAD verileri	52
Tablo 5.24. İzmit Kullar bölgesi'ndeki SPT verileri.....	62
Tablo 5.25. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları	64
Tablo 5.26. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	64
Tablo 5.27. İzmit Kullar bölgesi için AFAD verileri	65
Tablo 5.28. Köseköy bölgesindeki SPT verileri.....	76
Tablo 5.29. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları	78
Tablo 5.30. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	78
Tablo 5.31. Köseköy için AFAD verileri	79

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

S _{D1}	: 1.0 saniyedeki periyot için spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
T _{ac}	: Acısu Formasyonu
K _{Ta}	: Akveren Formasyonu
Q _{al}	: Alüvyon
T _a	: Arslanbey Formasyonu
(°)	: Derece
PGV	: En büyük yer hız ivmesi
PGA	: En büyük yer ivmesi
C _E	: Enerji oranı düzeltme katsayısı
C _E	: Enerji oranı düzeltme katsayısı
TR _i	: İzmit Formasyonu
P _{zi}	: İznik Metamorfikleri
P _{zi}	: İznik Metamorfikleri
kg	: Kilogram
S _{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
Q _d	: Kıyı Dolgusu -Yapay Dolgu
C _N	: Kohezyonsuz zeminlerde uygulanan jeolojik gerilme düzeltme katsayısı
T _k	: Korucu Formasyonu
m	: Metre
C _s	: Numune alıcı tipi düzeltme katsayısı
K _p	: Peksimet Formasyonu
s	: Saniye
cm	: Santimetre
T _s	: Sarısu Volkanitleri
Q _ş	: Şirintepe Formasyonu
C _B	: Sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı
C _B	: Sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı
C _R	: Tij boyu düzeltme katsayısı

Kısaltmalar

GD	: Güneydoğu
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
KB	: Kuzeybatı
SPT	: Standart Penetrasyon Testi
YASS	: Yeraltı Su Seviyesi

İZMİT HAVZASININ BATI KESİMİNİN MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ

ÖZET

Bu tez çalışması, Kocaeli İli İzmit İlçesinin kıyı kesimi ve İzmit Havzası'nın Sapanca Gölü'ne doğru uzanan Kullar ve Köseköy yerleşim alanını kapsamaktadır. İnceleme alanında genel jeoloji ve tektonik konum açısından ikiye ayrılır. Bunlar, kuzey tektonik birlik ve güney tektonik birlik olarak ifade edilir. İnceleme alanında kuzey tektonik birliğin Çınarlı, İzmit, Peksimet, Akveren, Korucu ve Acısu formasyonları, güney tektonik birliğin ise İznik metamorfikleri, İncebel formasyonu, Sarısu volkanitleri ve Arslanbey formasyonu görülür. Her iki tektonik birliği Kuvaterner alüvyal birimler örtmektedir. KAFZ İzmit ve civarının jeomorfolojisini üçe ayırır. Kuzey kesimde kalan alan Kocaeli Penepleni, orta alan İzmit Havzası Düzlüğü ve güney kesimde kalan alan Samalıdağ Yükselimi olarak tanımlanır. İzmit Havzası Düzlüğünde yapılan sondaj çalışmalarından alınan veriler ve SPT-N₃₀ değerlerine bakılarak zeminlerin mühendislik jeolojisi özellikleri ve yer altı suyu seviyesi değişimleri belirlenmiştir. İzmit kıyı kesimi zeminleri serbest basınç dayanımı (q_u) 0.3-2.0 kg/cm² ve SPT-N₃₀ değerleri 0-15 ila 15-50 arasında değişen orta sıkı killi kum ve yumuşak killi silt birimleridir. Kullar kesimi zeminleri serbest basınç dayanımı (q_u) 0.5-2.0 kg/cm² ve SPT-N₃₀ değerleri 15-50 arasında değişen gevşek-orta sıkı killi, siltli ve kumlu birimlerdir. Köseköy kesimi zeminleri serbest basınç dayanımı (q_u) 2.0-4.0 kg/cm² ve SPT-N₃₀ değerleri 15-50 arasında değişen sert-katı ince-iri taneli çakıllı-killi birimlerdir. CBS programlarından yararlanılarak İzmit kıyı kesimi, Kullar ve Köseköy bölgelerinin 1.5, 3.0, 4.5 ve 6.0 metre derinliğindeki SPT-N₃₀ ve zeminlerin türleri dağılım haritaları üretilmiştir ve SPT-N₃₀-derinlik grafikleri MS Excel programında çizilmiştir. Yeraltı su seviyesi değişimi İzmit kıyı kesiminde 1-10 metre arasında, Kullar ve Köseköy bölgelerinde ise 1-7 metre arasında değişim göstermektedir. Tüm çalışmalar neticesinde, İzmit Havzası'nın kıyı kesiminin yapılaşma için uygun zemin koşulları sağlamadığı, iç kesimlerde ise, zeminde belirlenen daha uygun değerlere bakılarak gerekli iyileştirme çalışmalarıyla mühendislik projeleri yürütülmelidir.

Anahtar Kelimeler: CBS, İzmit Havzası, Mühendislik Jeolojisi, SPT-N₃₀, Zemin Sınıflaması.

ENGINEERING GEOLOGY OF WEST SECTION OF IZMIT BASIN

ABSTRACT

This thesis study covers the coastal part of Kocaeli Province Izmit District and the Kullar and Köseköy settlement areas of the Izmit Basin extending towards Sapanca Lake. The study area is divided into two tectonic units in terms of general geology and tectonic setting. These are expressed as the northern tectonic unit and the southern tectonic unit. In the study area, the Çınarlı, İzmit, Peksimet, Akveren, Korucu and Acısu formations of the northern tectonic unit, and İzmit metamorphites, İncebel formation, Sarısu volcanics and Arslanbey formation of the southern tectonic unit are seen. Quaternary alluvial units cover both tectonic units. The NAFZ divides the geomorphology of Izmit and its vicinity into three sections. The area in the north is Kocaeli Peneplain, the middle area is İzmit Basin Plain, and the area in the south is Samanlıdağ Uplift. Considering the soil data and SPT-N₃₀ values obtained from the drilling works carried out in the İzmit Basin Plain and SPT-N₃₀ values, the engineering geology properties and groundwater level changes of the soils were determined. İzmit coastal areas contain medium dense clayey sand and soft clayey silt units with unconfined compressive strength (qu) 0.3-2.0 kg / cm² and SPT-N₃₀ values ranging from 0-15 to 15-50. Kullar area soils are loose-medium dense clayey, silty and sandy units with unconfined compressive strength (qu) ranging from 0.5 to 2.0 kg / cm² and SPT-N₃₀ values between 15 and 50. Köseköy area soils are stiff-hard fine-coarse grained pebbly-clayey units with unconfined compressive strength (qu) ranging between 2.0 and 4.0 kg / cm² and SPT-N₃₀ values between 15 and 50. By using GIS programs, distribution maps of SPT-N₃₀ and soil types of 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 meter depths of İzmit coastline, Kullar and Köseköy regions were produced and SPT-N₃₀-depth graphs were drawn in MS Excel program. Groundwater level depths vary between 1 and 10 meters in İzmit coastal areas and 1 and 7 meters in Kullar and Köseköy regions. As a result of all evaluations, the coastal part of the İzmit Basin does not provide suitable soil conditions for construction, and in the interior parts of the basin, engineering projects should be carried out with the necessary improvement measures by looking at the more suitable values determined on the soils.

Keywords: CBS, İzmit Basin, Engineering Geology, SPT-N₃₀, Soil Classification.

GİRİŞ

İzmit ve civarı sanayileşme ve yerleşme açısından Marmara bölgesinde en hızlı gelişen bölgelerden biridir. Bu gelişimin ekonomik ve güvenli bir şekilde yönlendirilmesinde yer ortamının tanımlanması temel unsurlardandır. Bu amaçla sanayi ve yerleşim yapılacak olan alanların yeraltı ve yerüstü araştırmaları kapsamlı bir şekilde yapılmalıdır. Bu araştırmaların başında jeolojik, jeomorfolojik ve mühendislik jeolojisi araştırmaları gelmektedir. Bu tez kapsamında İzmit Havzası'nın batı kesimlerinin jeolojik, jeomorfolojik özellikleri ile ayrıntılı olarak mühendislik jeolojisi özellikleri araştırılmıştır. Jeoloji çalışmaları bölge ve inceleme alanı jeolojisini ortaya koymaya yönelik olup jeomorfolojik çalışmalar ise yüzey topografyasının durumu, eğim ve bakı özelliklerini ortaya koymaya yöneliktir. Mühendislik jeoloji çalışmaları ise jeolojik ve jeomorfolojik verilerin değerlendirmesi sonrasında yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları ile yer ortamının tanımlanması ve akabinde en uygun yerleşim alanlarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

İzmit Havzası, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile doğu batı yönünde kesildiğinden sismik açıdan aktif bir bölgede yer almaktadır. Havzada jeolojik olarak genç çökellerin yer alması, yeraltı suyunun yüzeye yakın olması, sanayileşme ve yerleşim de artmasıyla bu alanlar deprem tehlikesi ile karşı karşıyadırlar. Bu parametreler dikkate alındığında İzmit kıyı kesimi ve yakın dolayının mühendislik jeolojisi özelliklerinin ayrıntılı olarak belirlenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bölgede yapılan bu amaçlı tüm çalışmalar değerlendirilerek jeolojik birimlerin genel mühendislik özellikleri tanımlanmıştır.

1. GENEL BİLGİLER

Marmara bölgesinde yer alan Kocaeli ili 1999 Kocaeli depremi ile çok ciddi maddi ve manevi kayıplar yaşamıştır. Bu tez çalışmasının inceleme alanı olan İzmit Havzası batı kesimi genç alüvyal ve karasal çökellerden oluşmaktadır. Özellikle suya doygun genç alüvyal çökellerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi yeni yapılaşmanın yapılacağı alanlar için önem arz etmektedir. Bu alanların herhangi bir yapılaşmadan önce yer araştırmalarının yapılması ve mühendislik jeoloji kapsamında değerlendirilmesi ileride statik veya dinamik yük etkileriyle ortaya çıkabilecek zemin problemlerini en az seviyeye indirecektir. Bu çalışma söz konusu inceleme alanının mühendislik jeolojisi kapsamında değerlendirilmesini içermektedir. Bu kapsamda genel bilgiler bölümü altında inceleme amacı, alanı, çalışma yöntemi ve süresi tanımlandıktan sonra ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan önceki çalışmalar derlenmiştir.

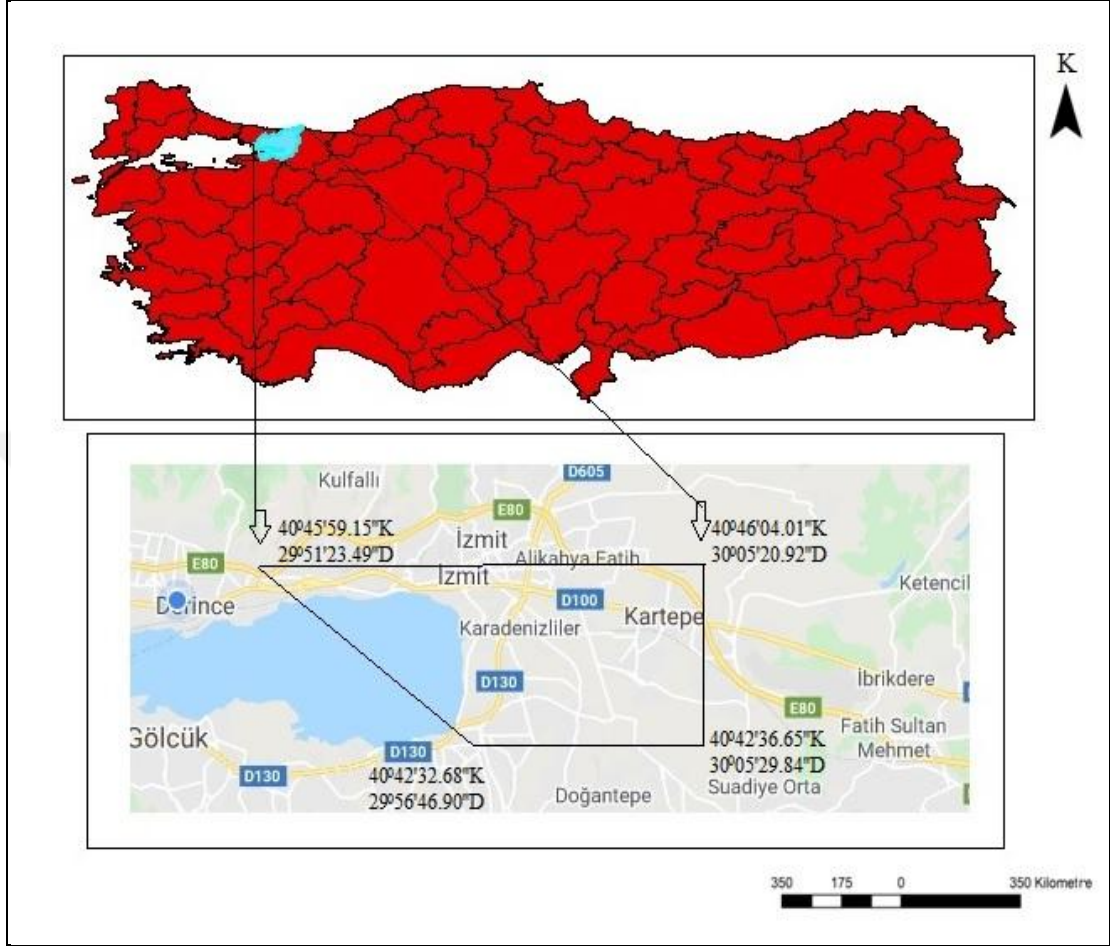
1.1. İncelemenin Amacı

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Bu tezin amacı İzmit kıyı kesimi ve İzmit Havzası'nın Köseköy sınırına kadar olan bölgenin jeolojik, jeomorfolojik ve zemin parametrelerini kullanarak mühendislik jeolojisini değerlendirmektir. Ayrıca SPT-N₃₀ değerlerinden havzanın 1.5 m, 3 m, 4.5 m ve 6 m, derinliklerinde nasıl dağılım gösterdiği, mühendislik özellikleri, zemin parametreleri, kıyam özelliklerine göre değerlendirilmesi diğer bir amaçtır.

1.2. İncelemenin Alanı

İnceleme alanı Kocaeli ilinin İzmit Havzasının Başiskele ve Derince sınırına kadar olan bölümün kuzey - güney 3-5 km içerisine kadar bölümü kapsamaktadır. İnceleme alanı, 40° 42' 45.83" K enlemi 30° 08' 53.38" D boylamından başlayarak, 40° 42' 44.34" K enlemi 29° 44' 32.37" D boylamına kadar alanı içine almaktadır (Şekil 1.1).

İnceleme alanı 1/25000 ölçekli G23b3, G23c2, G24a4, G24d1 topografya paftalarında yer alır.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

1.3. Çalışma Yöntemi ve Süresi

Bu tezin hazırlanmasında büro ve arazi çalışmaları yanında laboratuvar ve arazi deney sonuçlarının değerlendirmesi sahfaları gerçekleştirilmiştir. Büro çalışmaları kapsamında bölgeyle ilgili önceki dönemlerde yapılan çalışmaların araştırılması, araziden alınan numunelerin sonuçlarının değerlendirilmesi, verilerin bilgisayar programlara aktarılıp derlenmesi, haritalama işlemleri ve tez yazım çalışması yapılmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında inceleme alanın jeolojisi araştırılmıştır. 2018 yılının eylül ve ekim ayları içerisinde arazi çalışmaları ile birimlerin jeolojik ve jeomorfoloji ile ilişkileri araştırılmıştır. Büro çalışmaları kapsamında inceleme alanı ve civarı ile ilgili literatür taraması yapılmış, jeolojik rapor ve haritalar derlenmiştir.

Çalışmalar esnasında Microsoft Ofis, AutoCAD, QGIS, versiyonu 10.4.1 olan ArcGIS CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) programlarından yararlanmıştır. Bu programlar tezin yazılması, grafik ve tablo oluşturulması, şekillerin çizimi, gerekli haritaların üretilmesi ve CBS analizlerinin yapılması amacıyla kullanılmıştır. Tez çalışmaları 2019 ile 2020 yılları arasında gerçekleştirmiş olup yaklaşık 12 ay gibi bir sürede tamamlanmıştır.

1.4. Ulusal Düzeyde Yapılan İncelemeler

Türkiye'nin muhtelif lokasyonlarında ulusal düzeyde yapılan çalışmalar kronolojik olarak derlenmiştir.

Çavuş (2002) 'İzmit Civarının Jeolojisi ve Coğrafi Bilgi Sistemi' çalışmasında, Kocaeli Yarımadasının statigrafik olarak yaş tayini ve birimlerin dizilimini belirterek sonrasında CBS ile alanın çeşitli haritalamalarını çıkarmıştır.

İstanbul Ömerli'deki alüvyal zeminlerin jeoteknik özellikleri Bolat ve diğ. (2005) tarafından araştırılmıştır. Bu çalışmada çok yüksek deprem riski olan bu bölgede alüvyonların zemin parametrelerini ayrıntılı bir şekilde araştırılmış ve jeoteknik özellikleri incelenmiştir. Yapılmış zemin sondajlarından alınan veriler neticesinde çalışma alanının zemin parametreleri sınıflamalarına göre değerlendirilmesi yapılarak sonuçları belirtilmiştir. Bu sonuçlar neticesinde alüvyon zeminin, depreme karşı dayanıklı olmadığı, taşıma kapasitesi düşük yapılar için sakıncalı olduğu sonucuna varılmıştır.

'İzmit ve Yakın Dolayının Jeolojisi ve Mühendislik Jeolojisi' adlı çalışma Coruk ve Karakaş (2007) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada söz konusu alanda zemin ve kaya ortam koşulları değerlendirilerek jeolojik birimlerin mühendislik jeolojisi özellikleri tanımlanmıştır. Mühendislik jeolojisi açısından kaya ortamı olarak belirlenen alanların taşıma gücü iyi olarak belirtilmiştir. Ancak topoğrafya eğimi % 25 üzerinde olan kesimlerde duraylılık problemi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, yazarlar zemin ortamı olarak tanımlanan yerlerin olası bir depremde sıvılaşma ve oturma riski taşıdıklarını belirtmişlerdir.

Tarı (2008) 'İzmit Körfezi ve Çevresinin Morfotektoniği' çalışmasında, Kuzey Anadolu Fayı'nın 1999 depreminin İzmit körfezi boyunca kırılarak çevreye verdiği etkinin izlerini araştırmıştır. Bölgede kuzey kola oblik olarak gelişmiş ve bugün büyük ölçüde aktif olmayan faylar belirlemiştir. Bu faylar, “Kuzey Anadolu Makaslama Zonu” olarak tanımlanan ve bu makaslama zonu ile ilişkili havzaları kontrol eden veya kesen ikincil faylar olarak iki gruba ayırmaktadır. Birinci gruptaki faylar, inceleme alanı ve Marmara Bölgesi'ndeki alçalım alanları, havzalar ve yükselim alanlarını şekillendiren saha ölçeğindeki faylardır. İkinci grubu temsil eden faylar, genellikle küçük ölçekli normal bileşenin hakim olduğu eşlenik faylar olduğu yazar tarafından belirtilmiştir.

Bozkurt ve diğ. (2008) 'Suadiye (Kocaeli) Bölgesinde İnşaatlar için Mühendislik Jeofiziğinin altyapı çalışmalarında kullanılması' yeraltı özelliklerinin belirlenmesi amacıyla jeofizik ve jeolojik çalışmalar yaparak deneysel çalışmalarından alınan sonuçlarla kriterler belirtmişlerdir. Kocaeli'de farklı litojilerde yer alan kayaların fizikomekanik ve mühendislik özelliklerini ultrasonik dalga hızı yöntemi ile belirleyerek birimlerin kırılma hızı, kırılma tokluğu, delinebilirlik indislerini deneysel bağıntılardan hesaplayarak P-dalga hızı ile ilişkilendirmişlerdir.

Karaağaç ve diğ. (2013) 'İzmit-Tavşantepe doğusunda meydana gelen kaya kaymasının mühendislik jeolojisi kapsamında değerlendirilmesi" çalışmasında, bu alandaki kaya kaymasının yamaç yönünde olan tabaka eğimleri yüzünden düzlemsel olarak geliştiğini vurgulamışlardır. Ayrıca, yazarlar mühendislik jeolojisi çalışması yapılarak bu bölgenin iyileştirme çalışmalarıyla güvenli hale getirilmesini önermişlerdir.

Uzun (2015) 'İzmit Körfezi Kıyılarında, Kıyı Jeomorfolojisi-Kıyı Kullanımı İlişkisinin Coğrafi Analizi' çalışmasında, birçok coğrafi etkenin neden olduğu İzmit körfezinin kıyı kesimleri, günümüz şartlarında kıyı şeridinin kullanımı ve jeomorfolojinin coğrafi alanizlerle düzenlenmesini açıklamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemi programlarıyla analiz çalışmalarının devamı ve verilerin sürekli olarak devamlılığı sonuç olarak amaçlanmıştır.

1.5. Uluslararası Düzeyde Yapılan İncelemeler

Uluslararası düzeyde yapılan çalışmalar dünyanın farklı kesimlerinde yapılan çalışmaları kapsayıp bu çalışmalar kronolojik olarak derlenmiştir.

Pavlovic (2006) 'Geoteknik Bölgeleme İlkeler, Kriterler ve Prosedür' çalışmasında, bölgede belirlenmiş standart özelliklere göre kaya veya zemin ortamının jeolojik ortamda homojen veya heterojen özelliğinin devamlılığının olup olmadığını belirtmiştir. Sayısal değerlerle bu bölgedeki standartlardaki zemin parametrelerin zeminin karmaşıklığı kriterlere göre değerlendirilmesi ve çözüm yöntemiyle takibi amaçlanmıştır.

El May ve diğ. (2010) 'Kentsel Jeolojik Haritalama Rasyonel Gelişim Planlaması İçin Jeoteknik Veri Analizi' çalışmasında, kent jeolojisi, arazi kullanımı ve kentsel gelişim planlaması konu başlıklarında jeolojik ortam hakkında bilgi sağlamak için veriler toplamıştır. Coğrafi Bilgi Sistemi programı yardımıyla uygunluk haritaları çıkartılarak çeşitli ihtiyaçlara göre haritalama ve jeolojik olarak parametreleri değerlendirme çalışması yapılmıştır.

El May ve diğ. (2011) 'Risk Değerlendirmesi İçin Mühendislik Jeolojik ve Jeoteknik İnceleme' çalışmasında, inşaat faaliyetlerine başlamadan önce uygun yerlerin haritalaması yapılması için jeolojik ve jeoteknik bilgilerden yararlanılmasını öne çıkarmaktadır. Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemi programları yardımıyla araziden toplanan verilerin sisteme girilmesi sonrası arazinin jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerini haritalayarak riskli bölgelerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Azougay ve diğ. (2020) 'Kentsel Alanlarda Jeoteknik Problemleri İncelemek İçin Bir Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanılması' çalışmasında, kentsel alanda yapılacak jeoteknik çalışmalar ve alanlar için çeşitli haritalamalar yaparak bilimsel ve jeoteknik bir veri tabanı sağlamak üzere kentsel arazi ortamlarını incelemişlerdir.

2. GENEL JEOLojİ VE TEKTONİK KONUM

Bu bölümde Kocaeli bölgesi ve bu bölge içinde yer alan İzmit Havzası ve civarının jeolojisi formasyon ve birim bazında önce bölge jeolojisi sonra da inceleme alanı jeolojisi başlıkları altında açıklanmaktadır.

2.1. Bölgesel Jeoloji ve İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanı ve çevresinde, Sapanca Gölü'nden İzmit Körfezi'ne doğru ilerleyen Kuzey Anadolu Fay Zonunun (KAFZ) güney ve kuzeyde yer alan iki farklı tektonik birlik bulunmaktadır. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun güneyinde bulunan tektonik birlik Armutlu yarımadası yükselimi, KAF Zonu'nun kuzeyinde bulunan tektonik birlik ise Kocaeli yarımadası yükselimi ile temsil edilmektedir. Bu iki tektonik birlik jeolojik istif olarak birbirinden farklı litolojilere sahiptir. Kocaeli yarımadası yükselimi genel olarak Paleozoyik-Tersiyer yaşlı sedimenter kaya topluluğundan oluşmaktadır. Armutlu yarımadası yükselimi ise metamorfik kaya topluluklarının üzerinde yer alan volkano-sedimenter ve karasal birimlerden meydana gelmektedir.

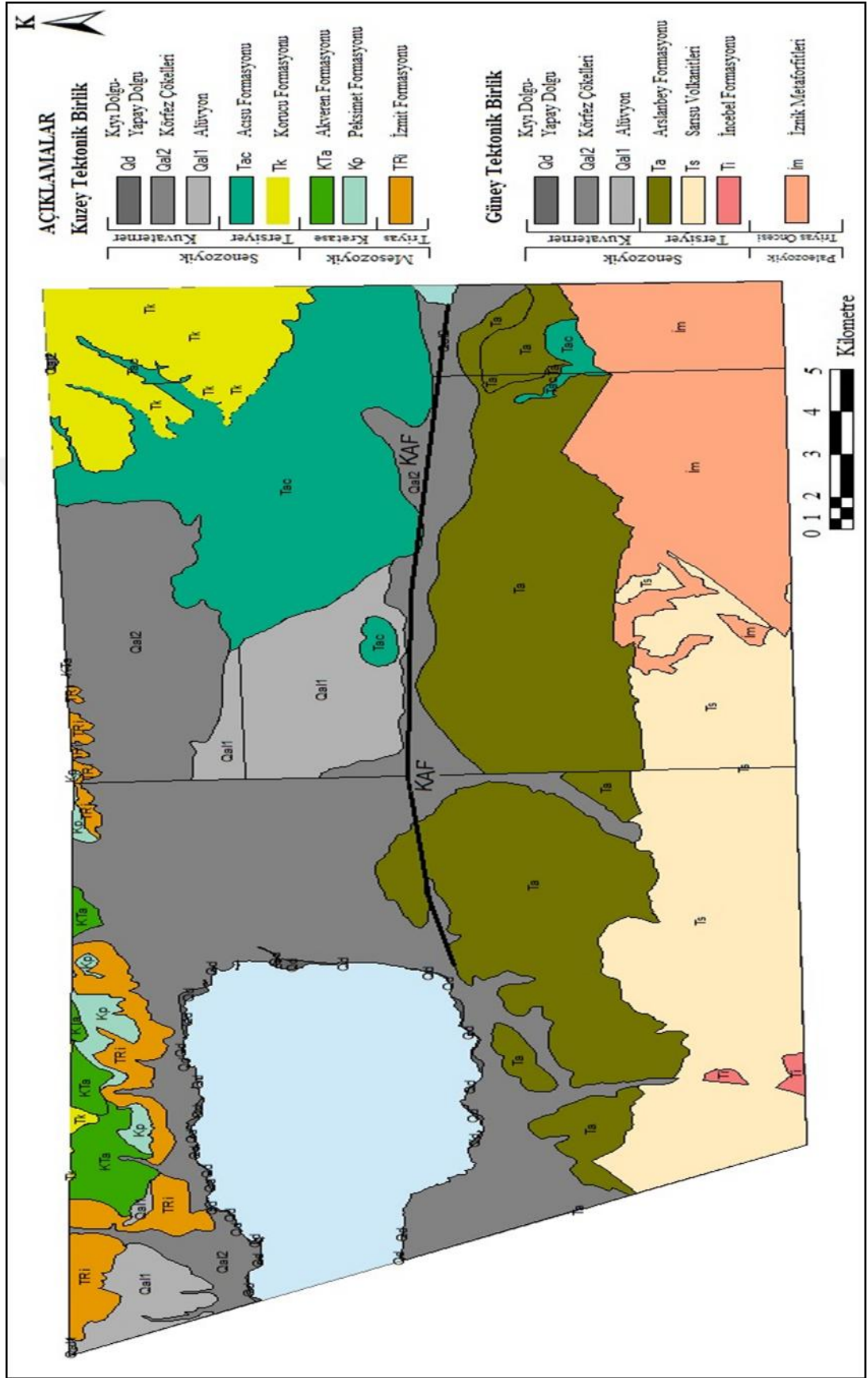
Kocaeli yarımadası yükseliminin temel kayasını, İstanbul Paleozoyik serisi olarak da adlandırılan, kumtaşı-kireçtaşı ardalanması oluşturur. İstifin tabanında Ordovisiyen yaşlı arkoz ve konglomera düzeyleri bulunurken bunun üzerinde ise kuvars arenitler yer almaktadır. Paleozoyik istifin litolojik dizilimi, kumtaşı-kireçtaşı ardalanması ve çört arakatlıktan şeklindedir. Paleozoyik istifin üzerinde, uyumsuz olarak Triyas çökelleri yer alır. Triyas çökelleri, konglomera istifi ile başlayıp daha ince kırıntılı olarak devam etmektedir. Triyas çökelleri üzerine, Üst kretase kireçtaşı uyumsuz olarak yerleşmiştir. Üst Kretase-Paleosen istifi, kilaşı, marn, kireçtaşı ve marn ardalanmasından oluşmaktadır. Tüm bu birimler üzerinde, topoğrafya denetiminde gelişen çukurluklarda genç çökeller, vadi tabanlarında ise alüvyonlar vardır (Abdüsselamoğlu, 1963).

Armutlu yarımadası yükseliminde, temel metamorfik kayalar, Pamukova ve İznik metamorfikleri olarak adlandırılan iki farklı seriden oluşmaktadır. Pamukova

metamorfitlerinin göreceli olarak daha yaşlı olduğu kabul edilmektedir. Metakumtaşı, metagranit, metasilttaşı ve rekristalize kireçtaşı litolojilerinden meydana gelmektedir. Pamukova metamorfitlerinin, Triyas öncesi dönemde çökeldiği, Kretase döneminde ise düşük dereceli bir metamorfizma geçirdiği kabul edilmektedir. İznik metamorfitleri, volkano sedimenter veya olistostromal bir karmaşık özelliğindedir. Triyas-Alt Kretase yaşlı birimin, Pamukova metamorfitlerine göre daha ileri derecede metamorfizma geçirmiştir. Birimin litolojisi, mermer, rekristalize kireçtaşı, şist, metaofiyolit, metaolistostrom, ve metabazitten meydana gelmektedir. İznik metamorfitlerinin üzerinde, Üst Kretase yaşlı karbonat istifleriyle yer almaktadır. Üst Kretase yaşlı, fliş-olistostrom özelliğindeki Bakacak formasyonu da, temeldeki metamorfik kaya topluluğu üzerinde bulunmaktadır. Amutlu yarımadası yükseliminin kuzeye bakan yamaç ve etek kısımlarında az çimentolanmış Pliyosen kırıntıları, eski alüvyonlar ve yamaç molozları vardır (Akartuna, 1968).

İzmit Körfezinin güney ve kuzeyindeki kıyı düzlükler ve vadi tabanlarındaki günümüz alüvyal çökelleri vardır. KAF Zonu'nun kontrolünde oluşan Sapanca-Körfez çöküntü havzası içerisinde göreceli olarak daha kalın alüvyal çökelleri yüzeylenmektedir. Araştırma alanı içerisinde Paleozoyik'ten günümüze kadar oluşmuş metamorfik, volkanik ve sedimenter kayalar yüzeylenmektedir. Şekil 2.1 inceleme alanı ve civarının jeoloji haritasını göstermektedir.

Aşağıdaki bölümde, havzanın kuzey ve güneyinde bulunan stratigrafik birimler yaşlıdan gence doğru tanımlanmıştır. Bu formasyonlar ve birimlerin stratigrafik dizilimleri genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesitinde güney istif ve kuzey istif şeklinde sunulmuştur. Aşağıdaki bölümde formasyonlar ve birimlerin jeolojik özellikleri yaşlıdan gence doğru tanımlanmıştır. Alüvyon birimler kuzey ve güney tektonik birlikleri üzerledikleri için iki tektonik birlikteki formasyon ve birimlerden sonra tek bir başlık altında açıklanmıştır.



Şekil 2.1. İnceleme alanı ve civarının jeoloji haritası

2.2. Kuzey Tektonik Birlik

İnceleme alanının kuzey kısmındaki sedimanter kaya topluluğu kuzey tektonik birlik olarak alandırılır. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) İzmit Havzası'nın güney sınırından geçerek bu bölgeyi ikiye ayırmaktadır.

Üst Sistem	Sistem	Seri	Formasyon	Simge	Litoloji	Açıklamalar
Senozoyik	Kuvaterner	Holosen	Alüvyon	Qal2Qd		Yapay dolgu
				Qal1		Körfez çökelleri, siltli, kavrık kum ara düzeyli kil
				Tac		Çakıl, kum, silt, kil karışımları
	Tersiyer	Paleosen-Eosen	Acısu	Tac		Az tutturulmuş çakıl, kum, kil, silt karışımları
			Korucu	Tk		Kumtaşı, kilitaşı, mam ardalanması, volkanik silt, filon arakatlı
			Akveren	KTa		Kireçtaşı, mam, killi kireçtaşı, karbonatlı kilitaşı
Mesozoyik	Kretase	Üst Kretase	Peksimet	Kp		Karbonat çimentolu kumtaşı, çakıltası yer yer mam
			İzmit	TRi		Çakıltası, kumtaşı yer yer çamurtaşı, ara düzeyli
	Triyas	Alt Triyas	Çınarlı	Dç		Kireçtaşı mercekli grovak-kumtaşı
			Devoniyen			
Paleozoyik	Devoniyen	Alt Devoniyen				

Şekil 2.2. İzmit ve civarında yüzeylenen kuzey tektonik birliğe ait formasyon ve birimlerin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (GSK)

Kuzey tarafta kalan ve Kocaeli yarımadası olarak adlandırılan kesimler sedimanter kaya topluluklarından oluşmaktadır. Bu tektonik birlik içerisinde İzmit ve civarında altı adet formasyon bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla Çınarlı, İzmit, Peksimet, Akveren, Korucu, Acısu formasyonlarıdır ve bunları stratigrafik olarak üzerleyen alüvyon birimi yer alır. Şekil 2.2 İzmit ve civarında kuzey tektonik birliğin formasyon ve birimlerin genelleştirilmiş stratigrafik kesitini (GSK) göstermektedir.

2.2.1. Çınarlı formasyonu (Dç)

Çınarlı formasyonun tipik kesiti Çınarlıdere boyunca uzanan kesimde görülmektedir. Çene formasyonu üzerinde yaş olarak Alt Ordovisyan yaşlı ve açısall diskordans bir şekilde yer alır. Üst kısmında ise formasyon yaş olarak Alt Triyas yaşlı Kapaklı formasyonu tarafından açısall diskordans bir şekilde örtölür. İstif olarak alt seviyede şeyl ve grovakdan, orta kısımda ise kireçtaşı ara kısımlarda kademeli grovak-şeyllerden oluşarak ve üst kısımda sarımsı gri-kahve renk içeren şeyllerden oluşmaktadır.

Grovak ve şeyllerin ayrışma rengi olarak sarımsıtrak, yeşilimsi-gri ve kahve, iç yüzey kısmında ise gri-kara; kireçtaşı noktaları gri ve siyahımsı renk içeren görünümünden oluşur. Grovaklar kısım kısım yüksek miktarda serizit içermektedir. Formasyonun orta kısımlarında karbonatlar ile kırıntılılar girik ve mercek görünümündedir. Üst kısma doğru yumru yumru ve laminall kireçtaşları çok incemsi tabakall grovak toplulukları ile ardalanmaktadır. Formasyon genel itibariyle sarımsı kahverenkli olup dağılgan yapıll bir özellik göstermekte birlikte çoğunluklu birim olarak da şeyl ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Formasyon içinde çeşitli ve birçok küçük ölçekli kıvrımlar ile faylanma görülür (Altınlı, 1968; Önalın, 1988).

2.2.2. İzmit formasyonu (TRi)

İzmit formasyonu Çınarlı formasyonu üzerine uyumsuz olarak yerleşmiştir ve çalışma alanının kuzeybatısında yer alan yamaçlarda, doğu batı doğrultusunda yüzeylenmektedir. Litolojik özelliklerinin etkisi ile birlikte dağlık ve eğimli bir morfoloji oluşturmaktadır. İzmit formasyonu, mor, kırmızı veya alacalı görünümüyle tipik bir belirgin özelliğı vardır. Alt kısımları genel itibariyle çakıltaşı, daha üst kısımları aralıklarla çamurtaşı (şeyl) arakatmanlı kumtaşı litoloji birliğinden oluşur.

Çakıltası ve kumtaşını birliğini oluşturan tane toplulukları Paleozoik yaşlı birimlerden türemiştir. Bu kırıntılar genelde itibariyle kuvars ve grovak köken içermektedir. Çimento genellikle silis içeriklidir. İzmit formasyonu yer yer zenginleşen silis çimentolanma etkisiyle sert ve sağlam bir özellik sunar. Formasyon ortalama kalınlık olarak 800 m dolaylarındadır. İzmit formasyonu çökeltme ortamı olarak sığ denizel ortamda çökelmiştir. Üst kısımlara doğru tane boyu olarak küçülmesi, çökeltme ortamının derinleştiğini ifade etmektedir. Elde edilen fosil bulguları, formasyonun Triyas yaşında olduğunu göstermektedir (Baykal, 1943; Altınlı, 1968; Çakır, 1998).

2.2.3. Peksimet formasyonu (Kp)

Peksimet formasyonu İzmit formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunur. İzmit yerleşim alanının doğusunda yer alan Alikahya beldesi kuzeyindeki Peksimet tepe, formasyonun için tipik mevkisidir. Formasyon, çakıltası, kumtaşı, marn ve kireçtaşı litolojilerinden oluşmakla birlikte, baskın litoloji kumtaşıdır. Çakıltası genellikle taban yüzeyinde izlenir ve kalın yapısı çok fazla değildir. Üst kesime doğru orta kum boyut seviyesi tanelerinden oluşan kumtaşı üstünlüğü mevcuttur. Çakıl ve kum boyut seviyesindeki kırıntılar karbonatlı çimento içeriğiyle tutturulmuştur. Daha üst seviyelerde ise marn ve kireçtaşı ara düzey seviyesi gözlenir. Açık sarı, kirli beyaz ve turuncu tipik renk özellikleridir. Tabakalanma az oranda belirginlik gösterir. Kalınlığı 100 m dolayındadır (Çakır, 2000). Formasyonun konglomera seviyeleri sığ deniz, diğer seviyeleri ise daha derin deniz ortamını belirtir. Üst Kretase istifinin taban kısmını oluşturan Peksimet formasyonundaki kireçtaşı ara düzeylerinden toplanan fosiller, formasyonun Kampaniyen-Maastrichtiyen yaş aralığında olduğunu göstermektedir (Çakır, 2000).

2.2.4. Akveren formasyonu (KTa)

Peksimet formasyonunun üzerinde yer alan Akveren formasyonu litolojik özelliklerinden dolayı engebeli bir topografya oluşturmaktadır. Akveren formasyonu, kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve kısmen karbonatlı içerikli kumtaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Belirgin görülen litoloji killi kireçtaşı litolojisidir. İnce ve orta tabaka yayılımı görülmektedir. Kireçtaşı yüzey içeriği yer yer kalın veya masif tabakalanmalar sunmaktadır. Beyaz, krem veya kirli beyaz tipik renk

özelliğidir. Üst seviyelerinde ince kumtaşı düzeylerine de rastlanır. Şelf ortamı çökeli formasyonunun bölgedeki kalınlığı 200-250 m dolayındadır. Kampaniyen transgresyonunun pelajik çökellerini kapsar. Mikritik kireçtaşı ve killi kireçtaşı seviyeleri yanında marn ve kumtaşı düzeyleri türbiditik akıntıların ve hareketli bir deniz tabanını ifade eden belirgin işaretlerdir. Akveren formasyonu Kampaniyen-Orta Eosen (Lütesiyen) jeolojik zaman aralığında çökelmiştir (Altınlı, 1968, Çakır, 2000).

2.2.5. Korucu formasyonu (Tk)

Akveren formasyonu üzerinde yer alan Korucu formasyonu topografyası hafif engebeli şekilde belirgin bir morfolojik görüntü sunmaktadır. Bu görüntü, birimin heterojen yapıda olmasının topografyaya belirgin bir yansıması özelliğidir. Geçirimsiz litolojilerden oluşması görülen birimde dentritik bir drenaj ağının gelişmesine etken olmuştur.

Birim çamurtaşı, kumtaşı ve marn ardalanmasından oluşur. İnce ve orta tabakalanma görülmektedir. Kumtaşı düzeyinin kaliteli bir çimentolanmanın olduğu kesimde ise dayanımlılığı olması, topografya da girintiler ve yükselimlerin oluşturma özelliğini sağlamıştır. Kilitaşı yeşilimsi gri, marn düzeyleri gri-krem ve kumtaşı düzey seviyeleri sarı-kirli sarı görüntüsündedir. Kumtaşları kısım kısım karbonat çimento içerikli, grovak bazen çamurtaşı bileşimindedir. Özellikle marn ve kilitaşı, aşınmalara karşı dayanımsız olup, yamaç eğim düzeyinin arttığı kısımlarda duraysızlık gösterir. Kumtaşı düzeyi diğer kesimlere nazaran fazlaca duraylı ve dayanımlıdır. Kilitaşı düzey seviyelerinde kısım kısım karbonat ara düzeyleri ve karbonat çamurları izlenmektedir. İncelenen alanda 250-300 metre dolaylarında bir kalın seviye gösterir. Litoloji özelliklerine bağımlı olarak sık kıvrımlı bir yapı özelliği kazanması kalın seviyesi hakkında net bir sonuç vermesini engellemektedir.

Birim içeriğindeki karbonat düzey seviyelerinden elde edilen fosiller ve litolojik özellik bakımından derin deniz ortamı çökeli olduğu durumunu göstermektedir (Altınlı, 1968). Fliş özelliği gösteren birim, türbiditik akıntıların etkili olduğu kıta yamacı çökelidir. Korucu formasyonu geç Kretase- Orta Eosen yaşındadır (Çakır, 2000).

2.2.6. Acısu formasyonu (Tac)

Acısu formasyonu genel olarak az tutturulmuş çakıl, kum ve yer yer diyajenez geçirmiş merccek şeklinde silt ve kil seviyeleri içermektedir. Formasyonda genel olarak kırmızı, sarı ve kahve renkler hakim olup alt kısımdan üst kısma doğru 4 farklı seviye görülmektedir. Alt kısımda tabakalı çakıltası-kumtaşı, ara bantlı silttaşı seviyesi yaygın olarak görülür. Orta kısımda çakıltası, kumtaşı ile silttaşı ardalanması görülür. Üst seviyesinde ise, silttaşı ara bantlı çakıltası-kumtaşı seviyeleri hakimdir. En üst seviyelerde özellikle derelere yakın kesimlerde, taraçaya benzer şekilde, az miktarda tutturulmuş ve yer yer nerdeyse tutturulmamış yeşilimsi renkte kil ara bantlı, çakıltası-kumtaşı seviyelerinden çapraz tabakalanma gelişmiş şekilde görülmektedir. İri daneler genelde şist ve kireçtaşı kökenli olup, kristalize kireçtaşı ve kuvarsit az miktarda görülür.

Formasyon litolojisine göre, altta tabakalı çökeller ile üst kısımda az tutturulmuş ve yer yer çapraz tabakalı seviye kesiminden oluşmuş ve çamurtaşı içeriği içermesi nedeniyle çökelme ortamı sığ denizel ortamdan zamanla karasal ortama geçiş özelliğindedir. Genellikle delta-lagün çökeli olarakta ifade edilebilir (Coruk ve Karakaş, 2007).

2.3. Güney Tektonik Birlik

İnceleme alanının güney kısmındaki birlik güney tektonik birlik olarak adlandırılmıştır. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) güney kesimlerinde kalan ve Armutlu yarımadası olarak adlandırılan bölge temelde metamorfik bir topluluk ve onun üzerinde volkanik, volkano sedimanter, sedimanter kaya topluluğundan oluşur. Bu tektonik birlik inceleme alanı olan İzmit ve civarında İznik metamorfikleri, İncebel formasyonu, Sarısu volkanitleri, Arslanbey formasyonu ve alüvyon şeklinde yüzeylenir. Şekil 2.3 İzmit ve civarında güney tektonik birliğin formasyon ve birimlerinin genelleştirilmiş stratigrafik kesitini (GSK) göstermektedir.

2.3.1. İznik metamorfitleri (İm)

İnceleme alanında, güney tektonik birlik olarak tanımlanan birliğin temel kayasıdır. Çalışma alanının güney doğusunda görülen ve çalışma alanı dışında Armutlu yarımadasının orta kesiminde yaklaşık D-B yönünde, Sapanca Gölü'nden Gemliğin kuzeyine doğru uzanan bir kuşak boyunca uzanan, düşük dereceli bölgesel metamorfizmaya uğramış kayalar İznik Metamorfitleri adı altında tanımlanmıştır. Bu birim genel olarak güney-güneydoğu yönlü bir sıkışmanın etkisi altında deforme olmuş ve metamorfizma geçirmiş kırıntılı, volkanik ve karbonat kayalardan oluşmaktadır. Litolojik olarak şist, mermer, metaofyolit, metavolkanik ve metavolkanoklastik düzeylerden oluşur (Meriç, 1995).

2.3.2. İncebel formasyonu (Ti)

Bu formasyon metamorfik grubun en üst üyesi olan metavolkanikleri ya da alacalı şistler içindeki büyük ofiyolit yüzeylenmelerini bir taban konglomerasıyla uyumsuz olarak örter. Kumtaşı, silttaşı, şeyl araldanmasından oluşan ve yer yer kalın, yeşil renkli tuf ve andezitik lav seviyeleri içeren volkano-tortul topluluğun çökel kesimleri İncebel flişi (Göncüoğlu ve diğ., 1987), lav ve piroklastik egemen kesimleri ise Kızderbent volkaniti olarak tanımlanmıştır. İncebel formasyonu stratigrafik olarak daha üst seviyelerinde ince taneli kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve şeyl araldanmalarıyla karakterize edilir. 5-15 cm arasında katmanlı olan bu kayalarda kumtaşları karbonat çimentoludur, taneler kuvars opak mineral ve plajiyoklaz minerallerinden ve volkanik kayaç parçalarından oluşurlar. İçlerinde bulunan *Alveolina cf. illerdensis*, *Nummulites sp.*, *Discocyclina sp.* ve *Assilina sp.* gibi fosiller birimin bu seviyelerinin yaşının Üst Paleosen-Alt Eosen olduğunu gösterir (Göncüoğlu ve diğ., 1987).

2.3.3. Sarısu volkanitleri (Ts)

Sarısu volkanitleri İznik metamorfitleri üzerine akma şeklinde yerleşmiştir. Güneydeki Armutlu Yarımadası yükseliminin en üst noktasında yer alan volkanikler Göncüoğlu (1991) tarafından Sarısu volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da Sarısu volkanitleri adlanması kullanılmıştır. Andezitik lav ve

aglomeralardan oluşan birim, çalışma alanının en güney kesimlerinde yayılım göstermektedir.

Birim sarp bir topografya oluşturmaktadır. Porfirik bir yapı gösteren andezitlerdeki fenokristaller, çoğunlukla plajioklas ve kuvars mineralleridir. Genel olarak aşınmaya karşı dayanımlı olan birimin, aşınmanın olmadığı yerlerde sert, sağlam özelliktedir. Bazı kesimlerde ise andezitler yüzey sularının etkisiyle oksidasyona uğramış ve yaklaşık olarak iki metreye yakın bir kısmı altere olmuş ve sarı renkli killi bir yapı kazanmıştır. Sarısu volkanitleri, temelde yer alan metamorfik kayaların üzerine, aşamalı olarak farklı lav düzeyleri şeklinde yerleşmiştir. Göncüoğlu (1991) tarafından volkanik istifin Lütésiyen'den itibaren geliştiği kabul edilmektedir.

2.3.4. Arslanbey formasyonu (Ta)

Arslanbey formasyonu genellikle az tutturulmuş kumtaşı, kötü tabaka gösteren konglomera, marn ve çamurtaşı ardalanmalarından oluşmaktadır. Formasyon içerisinde çeşitli seviyelerde beyaz renkli tuf seviyelerine rastlanır. Beyaz ya da sarı renkli olan bu tuf birimler yumuşak morfolojili yüzeylemelerini ifade eder. Arslanbey formasyonu Armutlu yarımadası'nın şekillenmesinde önemli bir rol oynayan KAF 'a bağlı deforme edilmiştir. Formasyon Alt Tersiyer ve Tersiyer öncesi formasyonlarla genel olarak tektonik dokanaklı olarak görülür. Güney yamaç kesimlerde yaklaşık olarak doğu-batı uzanım gösteren faylarla kesilen Ponsiyen-Pliyosen çökellerinin iç kısmında eğim-doğrultu değişim içerikleri açık açık gözlenmektedir.

Mineralojik ve petrografik açıdan değişik bileşimlerdeki çevre kayaçların bozunma ürünlerinin akarsularla göl ortamına taşınması ve bu ortamda çökelmeleri sonucu oluşmuş olan çökeller, içerdikleri kayaç parçaları, tane boyu dağılımı ve renkleri açısından oldukça heterojen bir görünüm sunmaktadırlar. Özellikle bol miktarda andezit, kireçtaşı ve metamorfik kayaç çakılları içerirler. Genellikle orta sıkı ve geçirgen olan birim içindeki çakıl boyutları 1-5 cm arasında değişmekte olup yuvarlaktır. Bu litoloji birimin kalınlığı hakkında net bir rakam belirtilmemekle beraber, ilksel çökeltme ortam içindeki sedimantolojik koşulların etkisi ile değişik kalın seviyeler ifade etmesi olağan bir durumdur. Çökelmenin birikip gerçekleştiği havzadan değişik zaman ve alanlarda duraylı bir karbonat içerikli çökelişi istifteki

karşılığını gösterir. Genel olarak birimin Pliyosen yaşlı olduğu kabul edilmektedir (Göncüoğlu, 1991).

2.4. Alüvyonlar (Qal)

İzmit Havzasının batı kısımlarında, kuzey ve güneydeki vadi tabanları ile Kocaeli ve Armutlu yarımadası yükselimlerinin eteklerinden başlayarak, İzmit Körfezinden Sapanca Gölüne kadar uzanan alanda alüvyonlar yer almaktadır. Bu alüvyonlar, her iki yükselimden yüzeysel akış ve yerçekimi etkisi ile taşınan değişik boyuttaki kırıntılardan oluşmuştur. Birim gri ve kahve renklidir. İnceleme alanındaki alüvyonlar iki düzeyde incelenmiştir. İzmit Havzası'nın batısından havzanın orta kesimlerine doğru olan düzlükteki alüvyon Körfez çökelleri (Qal2) olarak tanımlanmıştır. Bu alanlarda birim kil, silt ve kum düzeylerinden oluşmaktadır. Kocaeli yükseliminin güney, Armutlu yarımadası yükseliminin kuzey eteklerinde ve vadi tabanındaki alüvyon, (Qal1) simgesi ile ayırt edilmiştir. Bu bölgelerde, birim ağırlıklı olarak çakıl ve kum boyutundaki kırıntılardan oluşmaktadır.

2.4.1. Alüvyon (Qal1)

Kocaeli ve Armutlu yarımadası yükselimlerinin eteklerinde ve vadi tabanlarındaki genç çökeller bu simge ile ayırt edilmiştir. Birim, gevşek dokulu, tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil kırıntılarından oluşmaktadır. Yaklaşık 50 m kalınlığındadır. Düzenli bir istiflenme gözlenmemektedir. Değişik dane boylarının dağılımı yakın aralıklarla değişmektedir. Kil, silt ve kum dane boyları bazı kesimlerde karma halindedir. Sondajlarda, mercek ve kama şeklinde kum ve çakıllı seviyeler görülmektedir. Kil ve silt karışımları tedricen geçiş göstermektedir. Birim, taşkın alanlarını oluşturmakta olup, üzerinde toprak örtüsü gelişmiştir.

2.4.2. Körfez çökelleri (Qa12)

Körfez çöküntü havzasında bulunan genç alüvyal çökeller, Körfez Çökelleri olarak tanımlanmıştır. Karasal ortam çökelleridir. Yüksek topografyaya bağlı olarak gelişmiş drenaj ağlarının, vadi tabanlarında oluşturduğu derelerin, taşıdıkları malzemeyi, eğimin azaldığı, göreceli olarak düz alanlarda bırakmasıyla oluşmuştur. Gevşek ve tutturulmamış malzemelerden oluşmaktadır. Birim, yüzey kısımdan

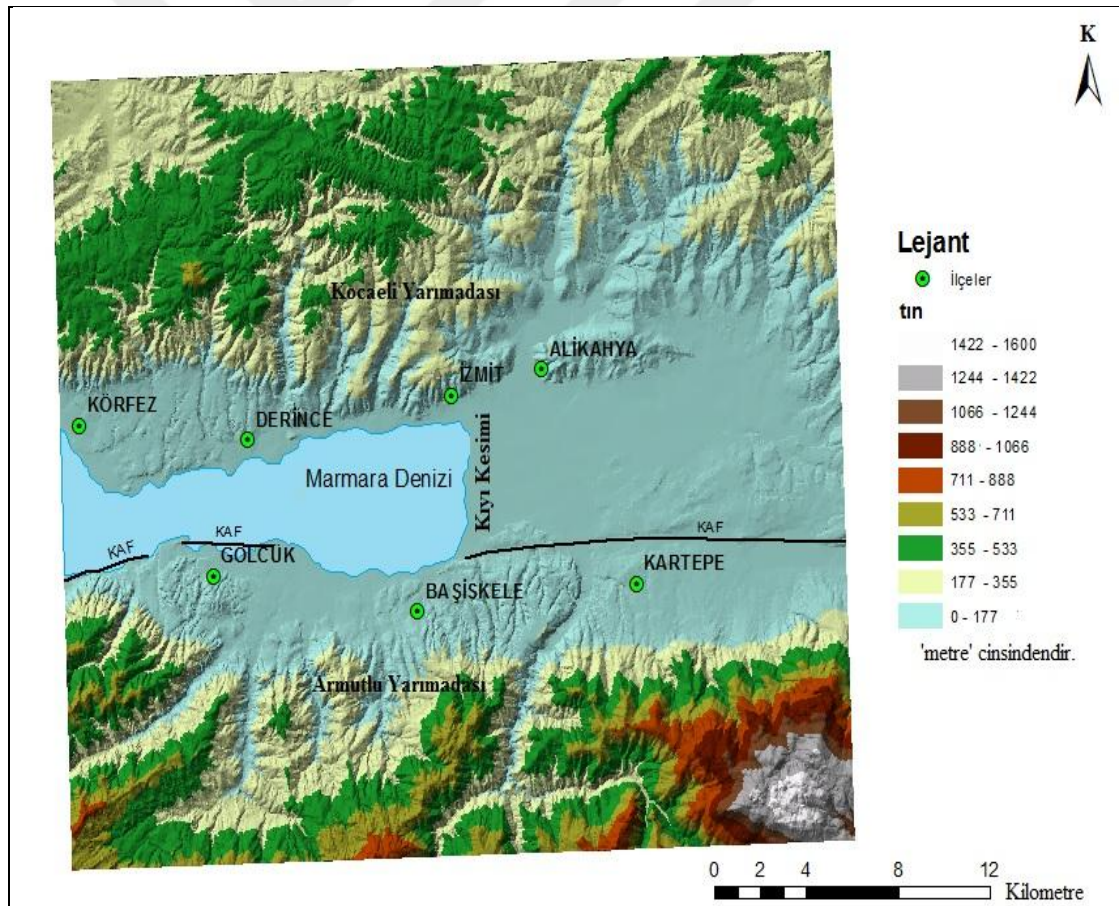
itibaren 1-3 metre katı kil topluluğundan oluşan zon 3-35 metre aralığında çok yumuşak kil ve en derine inildikçe kabuklu kum ve siltli kum düşey istifinden oluşmaktadır. Kalınlığının 200 m den fazla olduğu kabul edilmektedir (Coruk ve Karakaş, 2007).

2.4.3. Kıyı Dolgusu -Yapay Dolgu (Qd)

Çalışma alanının batısında, Körfez kıyı çizgisi boyunca kontrolsüz dolgu alanları bulunmaktadır. Bu dolgular, genelde yakın dönemde kıyı ve denizin doldurulması amacıyla getirilmiş malzeme ve bloklardan oluşmaktadır. İçinde, yer yer organik madde içerikli çöp ve benzeri atıklar bulunur. Kıyı dolgusu içerisinde, organik atıklarca zengin bir zon vardır.

3. İZMİT HAVZASININ JEOMORFOLOJİSİ

İzmit Havzası, Marmara Bölgesi'nin doğu kısmında yer alır ve kuzeydeki yükselim ile güneydeki yükselimler arasında çöküntü bir koridor şeklindedir. İzmit Havzası kuzey kesiminden Kocaeli Yarımadası (Kocaeli Platosu), güney kesiminden de Samanlıdağ Yükselimiyle sınırlıdır. Kuzey ve güneyde bulunan nisbeten yüksek kütle gruplarından doğarak gelen çeşitli akarsu sularını İzmit Körfezi'ne bırakır. Bu akarsu sularından Samanlıdağ Yükselimi eteklerinden gelenler, su bölüm çizgi uzantılarının Körfez'e daha uzak olması sebebiyle Kocaeli Yarımadası'ndan gelen birime oranla daha uzun mesafededir.



Şekil 3.1. İnceleme alanı ve civarının jeomorfoloji haritası

Kuzey kesimden, Kocaeli Yarımadası'ndan gelen akarsu sularının başlıcaları, batı taraftan doğu tarafa doğru, Dil Deresi (Tavşanlı Deresi), Ağa Dere, Çenesuyu Deresi,

Çınarlı Dere ve Değirmen Dere temsil etmektedir. Samanlıdağ Yükselimi kesiminden, batı taraftan doğu tarafa ilerleyen, Lale Dere, Yalakdere, Kızıklı Dere, (Beyoğlu Dere) ve Hisar Dere gibi akarsulardır (Hoşgören, 1995). İzmit Havzası'nın jeomorfolojisi kuzey kesimlerin jeomorfolojisini temsil eden Kocaeli penepleni, güney kesimlerin jeomorfolojisini temsil eden Samanlı yükselimi ve orta kesimi temsil eden İzmit Havzası olarak üç kısımda açıklanmaktadır. İnceleme alanı ve civarının jeomorfoloji haritası Şekil 3.1'de gösterilmektedir.

3.1. Kocaeli Penepleni

İzmit Havzası'nın kuzey kesimleri Kocaeli Yarımadası'nın (Kocaeli penepleni) güney-güneydoğu kısımlarına karşılık gelir. Bu kesimler aynı zamanda Karadeniz ile İzmit Körfezi (Marmara Denizi) ara noktasındaki su bölümü sahasına karşılık gelir ve dolayısıyla yarımada'nın en yüksek kesimini temsil eder. Kocaeli Yarımadası bütünüyle aşınım yüzeyi kökenli bir plato saha alanıdır. Sonuç olarak Pliyosen'de peneplenleşen alan, Postalpin tektonik olaylar sırasında, güney kesimi daha fazla yükselmiş ve sonrasında akasularla yarılp parça olarak plato haline getirilmiştir (Ertek, 1995). Kocaeli peneplenin inceleme alanı içerisinde Akpınar Tepesi (240 m), Arızlı tepesi (304 m), Umuttepe (377 m), Sekbanlı (160 m), Sepetçi (216 m), Yassıbağ (246 m) yüksek kesimleri temsil eder. Çınarlıdere ve Bıçkıdere göleti (Gölkaypark) bu alan içinde en önemli su kaynağı olarak bulunur (Ertek, 1995).

3.2. Samanlıdağ Yükselimi

İzmit Havzası'nın güney kesimlerini doğu-batı doğrultulu yüksek bir kütle oluşumu olan Samanlıdağ Yükselimi orta bölümünü meydana getirir. İzmit Körfezi ile Sapanca Gölü arasında 0-40 m yükseltide bir alüvyal taban doğuya doğru daralarak uzanır. Bu düzlüklerin güneybatısında kuzeydoğu yönünde açılan ve birbirine paralel olarak uzanan vadilerin plato yüzeylerini derin bir şekilde yarıkları görülür (Kazıklı ve Hisar dereleri). Bahsedilen düzlüğün ve Sapanca Gölü'nün güneyinde u Dağları'nın çok dik yamaçları başlar. Doğuda ortalama rtmeydana gelen bu bölüm Adapazarı Ovası'na kadar uzanır. Büyük bir kısmı ormanlarla kaplı olan bu bölüm Kartepe (1601 m) zirvesiyle dikkat çeker. Günümüzde bu çöküntünün kenarlarında aşınma, içerisinde ise çökeltme sürmekte, bölge morfolojik gelişimine hızla devam etmektedir (Bilgin, 1968).

3.3. İzmit Havzası Düzlüğü

İzmit Havzası, kuzeyde Kocaeli penepleni, güneyde Samanlıdağ Yükselimi, doğusunda Sapanca gölü, batısında ise Marmara denizi ile sınırlanmaktadır. İzmit Havzası jeomorfolojik olarak bir ova şeklindedir. Bu kıyı ovası çevresi yüksek sahalardan akarsularla taşınan malzemenin körfezin doğu ucunda birikimi sonucu oluşmuş alüvyal bir sahadır. Ovanın körfeze doğru gelişimi günümüzde de sürmekte ve körfez bu kısımda giderek sığlaşmakta ve gerilemektedir. Körfezin doğu ucunda yer alan bataklık alan ovanın bu yönde geliştiğini gösteren güzel bir kanıtıdır (Göney, 1964). İzmit Havzası doğu batı yönünde 18-20 km, kuzey güney yönünde ise 8-10 km genişliğinde asimetrik bir havza görünümündedir.

3.4. Morfotektonik Gelişim

İzmit Körfezi çanağı Neojen zamanında oluşmaya başlayarak ve Kuvaterner zamanındaki önemli faylanmalar sonucunda son görünümünü almıştır. Günümüz körfezin her iki tarafındaki nisbeten yüksek yerlerde yer alan Miyosen formasyonlarının kıvrılmış olmaları onların Alpin orojenik hareketlere (Attik evresi) maruz kaldıklarını ifade eder (Verrios ve diğ., 2004).

Kocaeli bölgesi Pliyosenin son kısmında aşınım süre zarfına girmiş ve bu esnada nisbeten yüksek kesimlerin aşınımı sonucunda alçaltılıp düzleştirilerek peneplen haline dönüştürülmüştür (Üst Pliyosen Penepleni). Günümüzde bu peneplen Kocaeli Yarımadası'nda kapsamlı olarak bir yayılım alanına mevcuttur. Peneplenin korelatı olan Pliyosen depolarıysa çevre alçak sahalarda biriktirilmiştir. Bu depolarda kıvrımlı yapı görülmemektedir. Depoların tabakaları meyillenmiş ve kısım kısım da kırılmış biçimde bulunmaktadır (Zygouri ve diğ., 2004).

Pliyosen depolarının özelliğinden de anlaşılması üzere saha, sonrasında epirojenik kratojenik karakterdeki Post Alpin tektonik faaliyetin etkisi altına girerek ve bu esnada geniş çapta faydalanma olaylarına etken kalmıştır. Bu durumun sonucuna bağlı olarak güncel durumda İzmit Körfezi'nin olduğu kesimiyle batı ve doğu uzantılarını güney ve kuzey kenar taraflarındaki faylanmalara (Kuzey Anadolu Fay Zonu'na ait faylar) bağımlı olarak çökmesiyle, her iki kısımdaki Kocaeli Yarımadası'yla Samanlıdağ kesimi yığınları yükselmiştir. Böylelikle uzun, dar ve dip

bir çöküntü hendeği (graben) kısmında İzmit Körfezi çanağı meydana gelmiştir (Zygouri ve diğ., 2004).

Geç Pleyistosen'de (Tireniyen) inceleme alanı içerisinde Akdeniz transgresyon olayına maruz kalan; Marmara Denizi ve neticesiyle İzmit Körfezi çanakları Akdeniz suları oyalamasıyla İzmit Körfezi ortaya çıkmıştır. Günümüz İzmit Körfezi'nin güney ve kuzey çerçeveyi teşkil eden nisbeten güçlü kütlelerin yanlarında bu transgresyon olaylarına ait denizel taraçalar olmaktadır (Kokkalas ve diğ., 2004).

Faylanma şeklindeki tektonik hareketler daha sonra da devam etmiş ve bunlara bağlı olarak, aslında en çok 35-40 m yükseltide bulunmaları gereken Tireniyen depoları 60-70 m'lik yükseltilere çıkmışlardır. Depoların tabakalarında ayrıca 10 dereceye varan eğimlenmeler meydana gelmiştir. Post Alpin tektonik hareketler halen sismik sarsıntılar şeklinde kendini göstermektedir (Kokkalas ve diğ., 2004).

Son kısımda Flandriyen transgresyon olayına maruz kalmış İzmit Körfezi, çerçevesindeki nisbeten üst taraf kesimlerden akarsu yoluyla taşınan aşınım malzemelerinin kıyılarda birikmesiyle oluşan kıyı ve delta ovaları nedeniyle giderek daralma meydana gelmektedir (Kokkalas ve diğ., 2004).

4. VERİ KAYNAKLARI

Günümüzde hemen hemen her konuda analiz ve değerlendirme için veri kaynaklarına ihtiyaç vardır. İnceleme yapılacak alan ve incelemenin kapsamına göre veri setleri toplanması gerekmektedir. Bir alanın mühendislik jeolojisi değerlendirmesi yapılması için gerekli verilerin elde edilmesi önem arz etmektedir. Bu bölüm kapsamında tez çalışması için gerekli olan veri setleri açıklanmaktadır. Bu veri setleri jeolojik, jeomorfolojik, mühendislik jeolojisi ve CBS verilerini kapsamaktadır.

4.1. Jeolojik Veriler

Jeolojik veriler, bir alanda yer alan birimlerin birbiriyle olan ilişkilerini, yaşlarını, formasyonların özellikleri, litolojik bilgileri, fay, diskordans, çatlak, kırık, gibi bilgiler içerir. Bu tez kapsamında arazi çalışmaları ile inceleme alanında yer alan formasyon ve birimlerin özellikleri, litolojileri, süreksizlikleri ve ilişkileri ile ilgili veriler ve bilgiler mostra başında toplanmıştır. Ayrıca, 1/5000 ve 1/25000 ölçekli jeoloji haritaları CBS ortamında oluşturularak analiz ve sonuç haritalarının oluşturulması için altlık haritalar olarak kullanılmıştır. 17 Ağustos 1999 depremi yüzey kırığı olan KAF inceleme alanı jeomorfoloji ve jeoloji haritası üzerine CBS yardımıyla çizilmiştir.

4.2. Jeomorfolojik Veriler

İzmit ve civarının jeomorfolojisinin şekillenmesi bölge jeolojisi ile yakından ilişkilidir. Mühendislik jeolojisi çalışmalarında jeomorfoloji yüzey şekillerinin ortaya konması için gerekli bir veri setidir. Bu tez kapsamında sayısal olarak elde edilen 1/25000 ölçekli sayısal kontür verileri kullanılarak inceleme alanın ve civarının jeomorfoloji haritası 3D olarak oluşturulmuştur. İnceleme alanın ve civarının jeomorfolojisinin görüntü olarak ortaya konulması yanında eğim haritaları da oluşturulmuştur. Eğim değerlerinin değişimi ve hangi aralıkta olduğunun gösteren tematik harita yerleşim alanlarının seçiminde baz alınan bir CBS katmanıdır.

Jeomorfolojik verilerin sağladığı ipuçları inceleme alanı ve civarının jeomorfolojik evriminin yorumlanmasına olanak tanır. İzmit Havzası'nın doğusundaki, akarsuların çeşitli etmenlerle taşıdığı materyallerin birikmesi sonucu oluşan alüvyal saha ise ova niteliği taşımaktadır.

4.3. Mühendislik Jeolojisi Verileri

Mühendislik jeolojisi verileri, jeolojik ve jeomorfolojik verilerin yanında mühendislik projesi kapsamında yapılan araştırma amaçlı arazi ve laboratuvar deney sonuçlarını da içermektedir. Bu tez kapsamında inceleme alanı ve civarında yapılmış olan yer ortamı araştırma raporlarında yer alan arazi ve laboratuvar verileri kullanılmıştır. Bu raporlar Kocaeli Büyükşehir Zemin ve Deprem İnceleme Şube Müdürlüğü'nden elde edilmiştir.

Araziden veri elde etme kapsamında, araştırma çukuru, sondaj, arazi deneyleri (SPT) yapılmış, sondajlardan elde edilen örselenmiş ve örselenmemiş zemin numunelerinin fiziksel özellikleri inceleme alanı için kullanılan arazide elde edilmiş mühendislik jeolojisi verileridir. Laboratuvar deneyleri ise kayalar için tek eksenli ve üç eksenli basınç, zeminler için serbest basınç, elek analiz, Atterberg kıvam limitleri deneylerinden elde edilen laboratuvar deney sonuçları mühendislik jeolojisi verileri olarak kullanılmıştır.

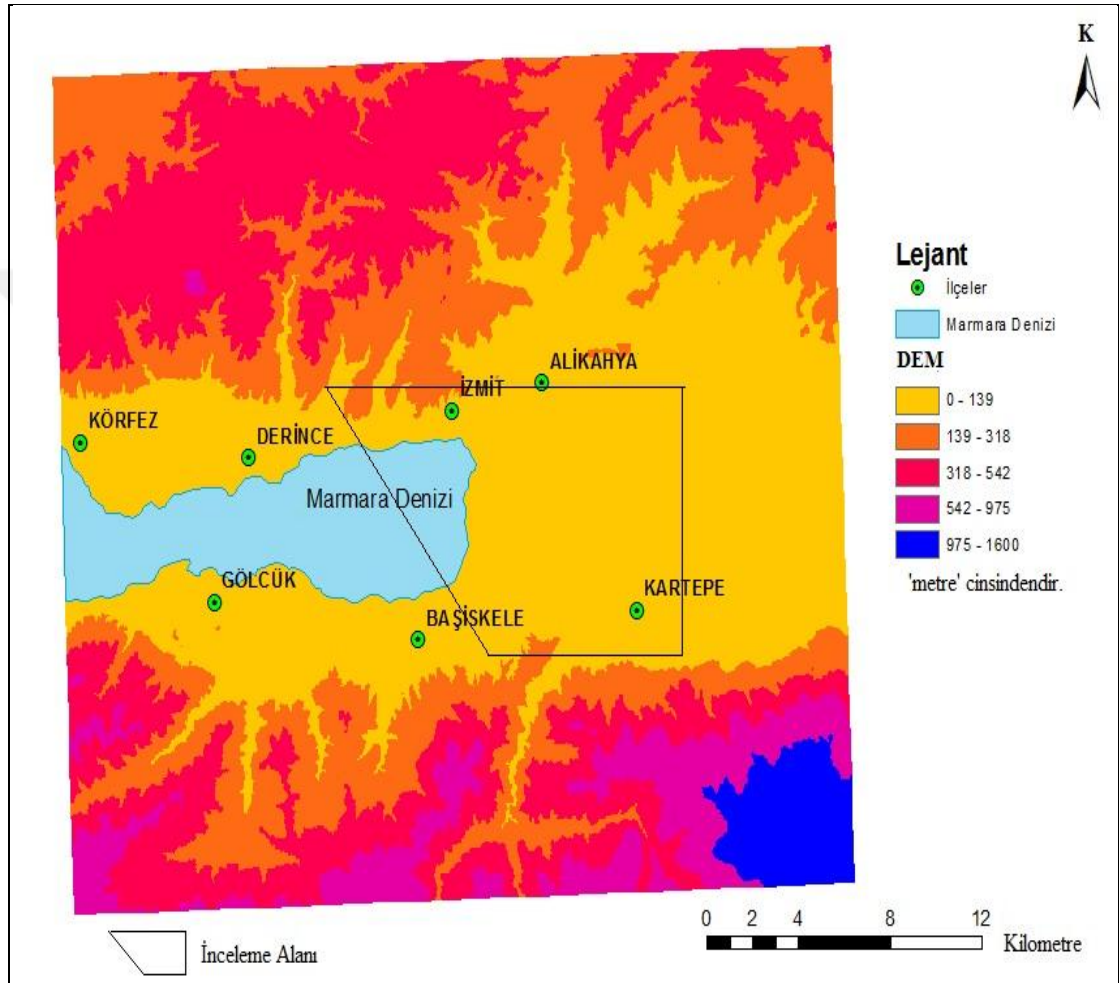
4.4. Coğrafi Bilgi Sistemi Verileri

CBS verileri sayısal ve analog olmak üzere iki formatta bulunabilir. Ayrıca bu veriler nokta, çizgi ve alan grafik verileri şeklinde katmanlar halinde hazırlanır. Bu tez kapsamında inceleme alanı ve civarı için, sondaj noktaları, jeoloji, jeomorfoloji, katmanları oluşturulmuştur. Ayrıca SPT, zemin sınıfları ve yeraltı su seviyeleri CBS programları yardımıyla farklı katmanlar şeklinde oluşturulmuş ve haritaları çıktı olarak alınmıştır. ArcGIS programından yararlanarak mekansal verilerden (sayısal münhane verileri) elde edilen yeni veriler aşağıda belirtilmiştir.

4.4.1. Çalışma alanının DEM haritası

DEM haritası yükseklik verilerinin raster formatında gösterimi olarak ifade edilir. Şekil 4.1'deki haritada yüksekliklerin dağılışının düzgün ve birbiri içine geçmeyen

yapısı görülmektedir. DEM haritasında yükseltilerin değiştiği alanlar farklı renk grubu ile ifade edilir. Şekil 4.1 inceleme alanı ve civarının yükseklik değişimlerini sarıdan (düşük kotlu alanlar) mavi renk (yüksek kotlu alanlar) olarak göstermektedir. İzmit Havzası sarı renk ile gösterilen alanda 0 ila 45 m kotlarında yer almaktadır. İnceleme alanı içerisinde yükseklikler 0 ila 1600 m arasında değişmektedir.

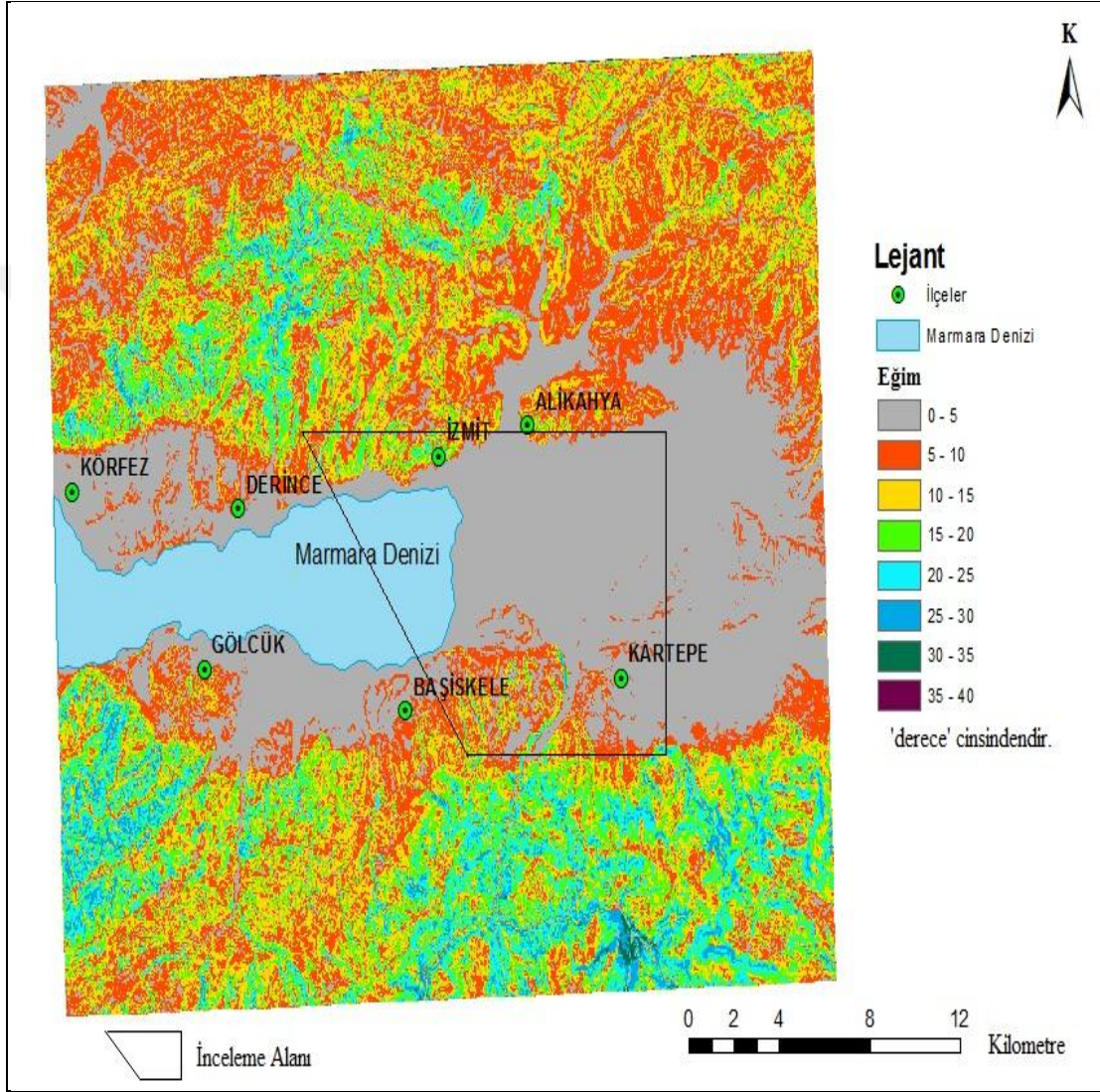


Şekil 4.1. Çalışma alanının DEM haritası

4.4.2. Çalışma alanının eğim haritası

Eğim haritası kullanılacak çalışmaya bağlı olarak yüzde veya derece olarak ifade edilebilir. Eğim yatay mesafeler arasında bağlantılı olarak yüksekliğin arazinin koşullarının değişimini ifade eden ölçümüdür. Bu haritalama eğim derecesine göre yapılaşmanın, ulaşımın, arazi engebесinin hangi noktalarda değişim sağladığını göstererek bize öngörü sağlayarak bilgi sağlar ve yardımcı olur. Şekil 4.2 inceleme alanı ve civarının griden (düşük eğim dereceli alanı) mor renk (yüksek eğim dereceli

alanı) olarak eğimleri göstermektedir. İnceleme alanı içerisinde eğim dereceleri 0 ila 40 dereceleri arasında değişmektedir. İnceleme alanı İzmit Havzası ve batı kesimlerinde eğim 0-5 derece arasında değişmektedir. Bu değerler inceleme alanın yükseltileri olan kuzey ve güney kesimlerde artarak 5-25 derece arasında eğim gösterirler.

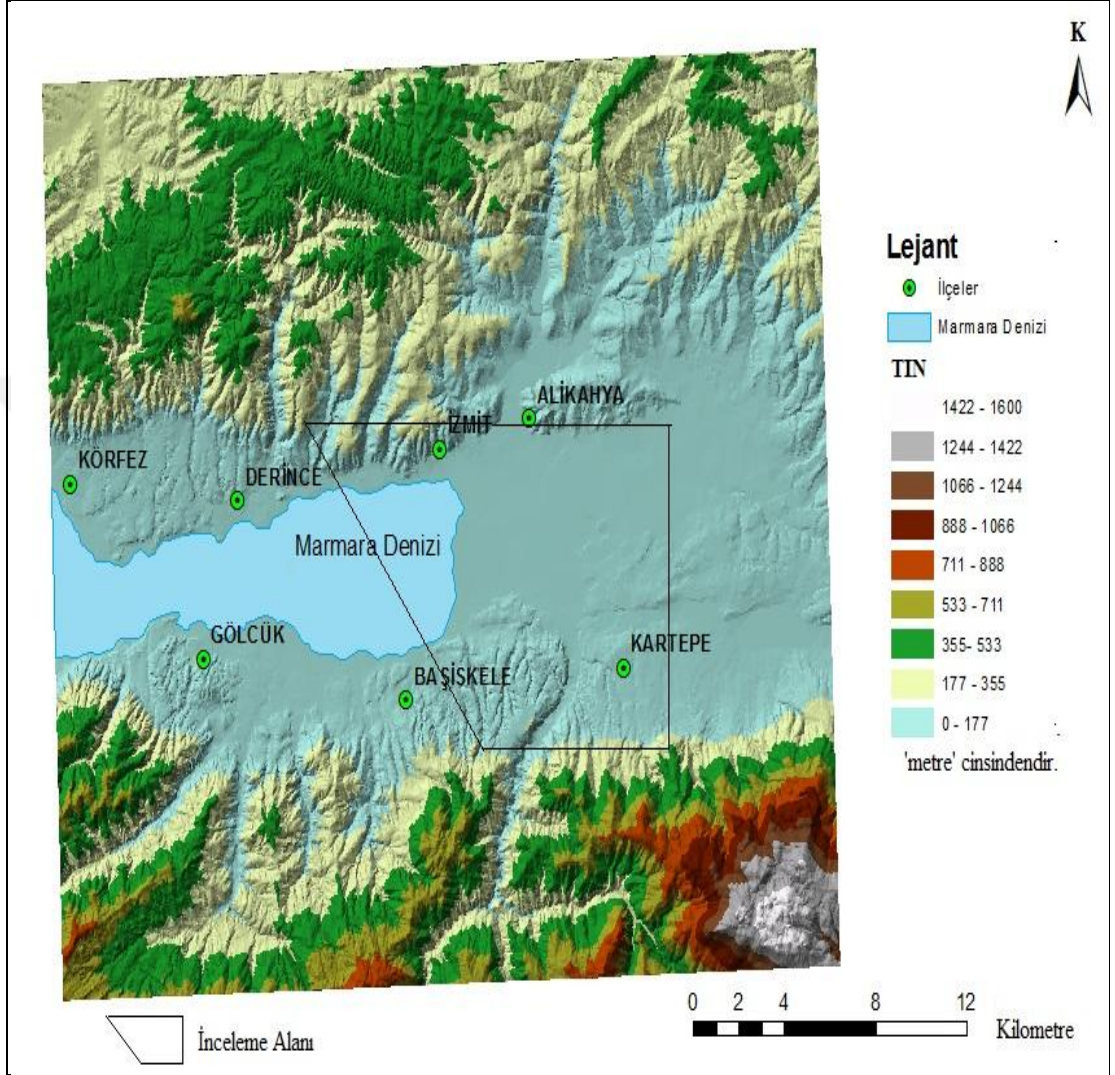


Şekil 4.2. Çalışma alanının eğim haritası

4.4.3. Çalışma alanının TIN haritası

TIN haritaları, çalışma alanının jeomorfolojisini vektörel görünümünü sağlamaktadır. Burada kıyı şeridinden zirveye kadar olan yüzey şekillerini sınıflandırarak renklerle görünümünü sağlamaktadır. Jeomorfolojik görünümü sağladığından dağların nasıl olduğunu ve akarsuların nerelerden su taşıdığını bu haritadan kolayca anlaşılmasını

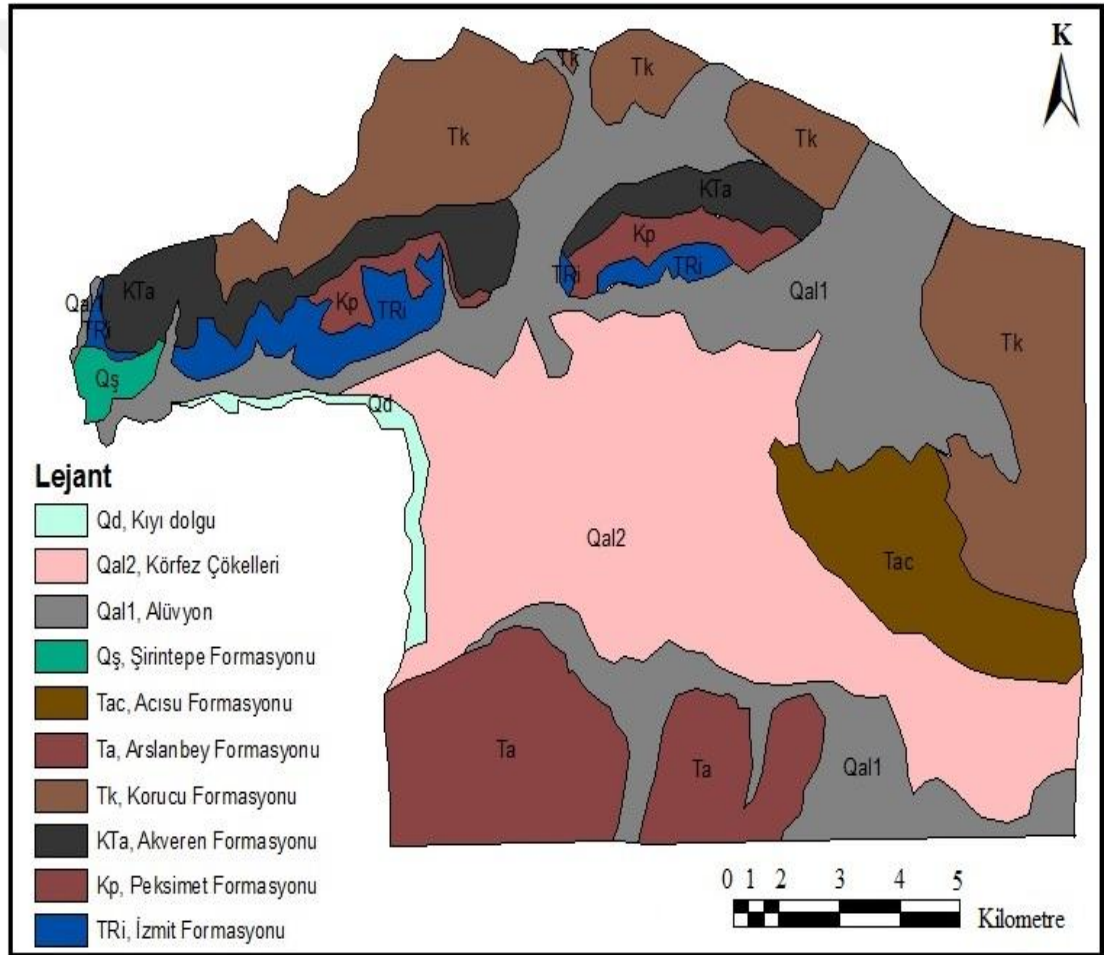
sağlamaktadır. İnceleme alanı ve civarı TIN haritası yükseklik bilgisini vermesi nedeniyle yapılacak mühendislik projelerinin yer seçimi için önemli bir bilgi sağlamaktadır.



Şekil 4.3. Çalışma alanının TIN haritası

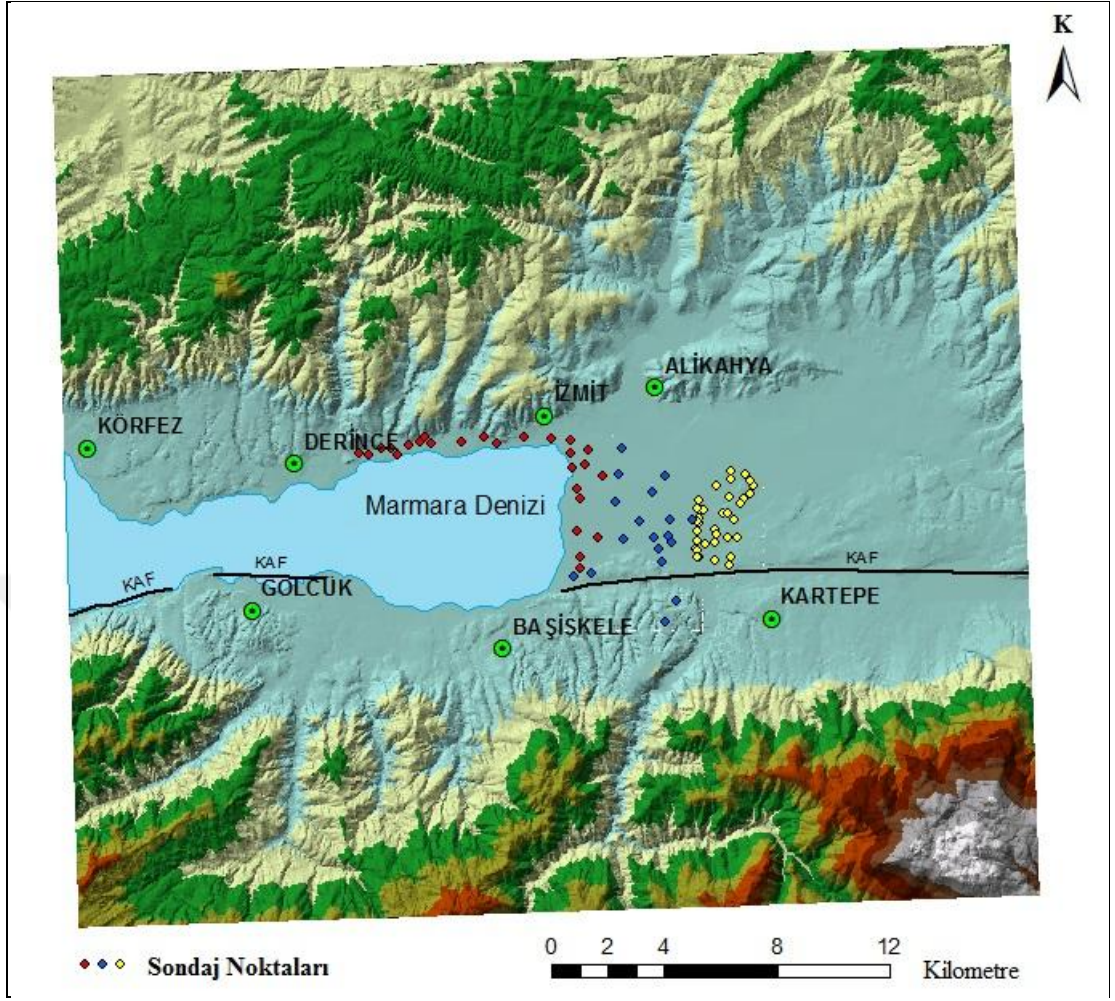
5. MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ

Önceki bölümlerde jeolojik özellikleri sunulan birimlerin mühendislik jeolojisi veya jeoteknik özelliklerinin tanımlanmasında bölgede genelde belediyeler tarafından "Yerleşime Uygunluk" projeleri dahilinde yapılan sondaj, jeofizik ölçüm, SPT ve laboratuvar deney sonuç ve verilerinden yararlanılmıştır. Şekil 5.1'de 1/5000 ölçekli İzmit ve civarının jeolojisi haritası sunulmuştur (Coruk ve diğ., 2001). Aşağıdaki bölümlerde birimlerin genel mühendislik özelliklerini içeren bilgiler verilmektedir.



Şekil 5.1. İzmit kıyı kesim ve havzasının 1/5000 ölçekli jeoloji haritası

İzmit Havzası ve kıyı kesimindeki sondaj noktaları lokasyonları Şekil 5.2'de gösterilmektedir. Tez çalışmasında bu sondajlardan elde edilen zemin verileri kullanılmıştır.



Şekil 5.2. İzmit Havzası ve kıyı kesimindeki sondaj noktaları lokasyonları

Alüvyon (Qa1) genelde kum, silt ve kil boyutundaki çökellerin oluşmakta ve bu çökellerin mühendislik jeolojisi özelliklerinin değişim aralığı Tablo 5.1’de verilmektedir.

Tablo 5.1. İzmit kıyı kesimi alüvyonların mühendislik jeolojisi özellikleri

Parametre	Tanımlama	
Litoloji	Orta sıkı killi siltli kum (SC-SM), katı kil (CH-CL)	
SPT- N_{30}	0-15	
Serbest Basınç Dayanımı (q_u) (kg/cm^2)	1.2-3.0	
V_s (m/s)	0-180	
Yerel Zemin Sınıfı	ZE	
Spektrum Karakteristik Periyotları (s)	$T_A = 0.15$	0.75
q_{all} (ton/m^2)	8.0-12	

Körfez çökelleri (Qa12) genelde kil veya siltli kil düzeyinden oluşan birim yaklaşık 25 m derinlikte siltli kum düzeylerine geçer ve bu birimlerin mühendislik jeolojisi özellikleri değişim aralığı Tablo 5.2’de verilmektedir.

Tablo 5.2. İzmit kıyı kesimin körfez çökellerin mühendislik jeolojisi özellikleri

Parametre	Tanımlama	
Litoloji	Yumuşak-orta katı kil-siltli kil (CH-CL)	
SPT- N_{30}	0-15	
Serbest Basınç Dayanımı (q_u) (kg/cm^2)	0.3-1.2	
V_s (m/s)	0-180	
Yerel Zemin Sınıfı	ZE	
Spektrum Karakteristik Periyotları (s)	$T_A = 0.15$	0.75 s
q_{all} (ton/m^2)	5.0-10.0	

5.1. Zemin Sınıflamasında Kullanılan Parametreler

5.1.1. V_s (Kayma hızı dalgası)

Kayma hızı dalgası (V_s) ölçümleri, zeminlerin elastik parametre çalışmalarının saptanmasında, inşaa edilecek yapıların temel zeminine ait dinamik parametrelerin hesaplanmasında günümüz çalışmalarında en yaygın kullanılan jeofizik yöntemlerden biridir. Özellikle depremlerden sonra kentsel dönüşüm çalışmalarında hızlı bir veri elde etmek için zemin ve yapılara hasar vermemesi nedeniyle oldukça sık bir şekilde kullanılmaktadır. Dolgu tabakasının kalınlığının ve ana kaya derinliğinin araştırılmasında, zeminlerin sınıflandırılması ve sökülebilirliğinin belirlemek için sismik kırılma yöntemleri oldukça başarılı sonuç vermektedir. Tüm sığ kırılma çalışmaları, yerin yapısında yapay olarak oluşturulan elastik dalgaların alıcılara (jeofon) ilk varış zamanının kayıt edilmesi noktasına dayanır. Elastik dalgaların değişik ortamlarda çeşitli hızlarla yayılım gösterdiği bilinmektedir. Bu duruma göre yerin yapısında oluşturulan elastik dalgaların belirli mesafedeki alıcılara varış zamanları jeofon ile kayıt edilmesiyle elastik dalgaların ortam içindeki yayılma hızı bulunur. $V_{S30\text{ort}}$ Denklem (5.1)’deki formül kullanılarak hesaplanır.

$$V_{S30ort} = 30 / ((h_1/V_{s1}) + + (h_6)/V_{s6})) \quad (5.1)$$

Yapılan sismik çalışmalardan elde edilen ölçümlerin hesaplanması Denklem (5.1)'deki gibidir. Bu hesaplamadan çıkan V_{s30} değeriyle zemin sınıflaması belirlenir (NEHRP, 2003).

5.1.2. SPT (Standart penetrasyon testi)

SPT deneyi yerinde (in-situ) yapılan bir deneydir. Bu deney, penetrometre adı verilen çelikten yapılmış özel bir numune alıcı tüpün standart enerji kullanılarak darbe ile zemine çakılması sırasında oluşan direncin saptanması prensibine dayanır.

Dış çapı 50.0 mm, iç çapı 34.9 mm olan standart yarık tüp 63.5 kg ağırlığında bir tokmak ile 76.2 cm yükseklikten serbest olarak düşürülerek, zemine 15'er cm'lik 3 giriş (=45 cm) için vurulması gereken darbe sayıları saptanır. Son iki 15 cm'lik ilerleme için darbe sayısının toplamı N_{30} şeklinde veya SPT-N olarak gösterilir. SPT deneyleri özellikle alüvyonların ve Pliyo-kuvaterner çökellerin çakıl içermesi dolayısıyla çok güvenilir olmadıkları bilinmekte olup değerlendirmeler buna göre yapılmıştır.

Standart Penetrasyon deneylerinin bulguları genelde, daneli zeminlerin relatif sıkılık ve taşıma gücü değerlerini belirlemek için kullanılmaktadır. Daneli zeminler için önerilen SPT-N ve zeminlerin sıkılığı ilişkisine göre Tablo 5.5'teki gibidir.

SPT-N sayıları temel tasarım çalışmalarında kullanılması yeraltı suyu ve derinlik etkilerine karşı düzeltilmelerin yapılması söz konusudur. SPT-N değerlerine C_N kohezyonsuz zeminlerde uygulanan jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısı, C_R tij boyu düzeltme katsayısı, C_S numune alıcı tipi düzeltme katsayısı, C_B sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı, C_E enerji oranı düzeltme katsayısı düzeltilmesi uygulanmıştır. SPT- N_{60} değerleri Tablo 5.3'teki parametrelere göre hesaplanmıştır.

Araziden elde edilmiş ham SPT verileri N , $N_{1,60} = N \cdot C_N \cdot C_R \cdot C_S \cdot C_B \cdot C_E$ denklemi kullanılarak $N_{1,60}$ değerine düzeltilmiştir.

$$N_{1,60} = N \cdot C_N \cdot C_R \cdot C_S \cdot C_B \cdot C_E \quad (5.2)$$

$$N_{1,60} = N_{60} \cdot C_N \quad (5.3)$$

$$N_{60} = 0,75 \cdot N_{30} \cdot C_R \quad (5.4)$$

Burada C_N kohezyonsuz zeminlerde uygulanan jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısını, C_R tij boyu düzeltme katsayısını, C_S numune alıcı tipi düzeltme katsayısını, C_B sondaj delgi çapı düzeltme katsayısını, C_E enerji oranı düzeltme katsayısını göstermektedir. Tablo 5.3 SPT-N ham verilerine uygulanan düzeltme katsayılarını vermektedir.

Tablo 5.3. SPT düzeltme katsayıları

Düzeltilme Katsayısı	Değişken	Değer
C_R	3m ile 4m aralığında	0.75
	4m ile 6m aralığında	0.85
	6m ile 10m aralığında	0.95
	10m'den derin	1.00
C_S	Standart numune alıcı (iç tüpü olan)	1.00
	İç tüpü olmayan numune alıcı	1.10-1.30
C_B	Çap 65mm-115mm arasında	1.00
	Çap 150mm	1.05
	Çap 200mm	1.15
C_E	Güvenli tokmak	0.60-1.17
	Halkalı tokmak	0.45-1.00
	Otomatik darbeli tokmak	0.90-1.60

C_N derinlik düzeltme katsayısı Denklem (5.5) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma'_{vo}}} \leq 1,7 \quad (5.5)$$

Burada σ'_{vo} (kN/m²) deney derinliğindeki efektif düşey gerilme değeri olup SPT deneyi yapıldığı arazi koşullarına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Tablo 5.4 kohezyonlu zeminler için SPT-N, serbest basınç dayanımı ve kıvamlılık ilişkisini tanımlamaktadır.

Tablo 5.4. Kohezyonlu zeminler için SPT-N, serbest basınç dayanımı ve kıvamlilik ilişkisi (Terzaghi ve Peck, 1947)

SPT-N ₃₀	Serbest Basınç Direnci (q _u) kg/cm ²	Kıvam
< 2	< 0.25	Çok yumuşak
2-4	0.25-0.50	Yumuşak
4-8	0.50-1.00	Orta
8-15	1.00-2.00	Katı
15-30	2.00-4.00	Çok katı
> 30	> 4.00	Sert

Standart Penetrasyon deneylerinin bulguları genel olarak, daneli zeminlerin bağıl sıklık ve taşıma gücü değerlerini belirlemek için kullanılmaktadır. Daneli zeminler için önerilen SPT-N ve relatif sıklık ilişkisi durumu Tablo 5.5'teki gibidir.

Tablo 5.5. SPT sonuçlarına göre kohezyonsuz zeminlerin sıklığı (Terzaghi ve Peck, 1967)

Darbe Sayısı-N	Zeminin değerlendirilmesi
0-4	Çok Gevşek
5-10	Gevşek
11-30	Orta Sıkı
31-50	Sıkı
>50	Çok Sıkı

Hesaplanan serbest basınç dayanım değerlerine ve Tablo 5.4'den karşılık gelen düzeltilmemiş SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre serbest basınç dayanımı ve kıvamlilik ilişkisi ve kohezyonsuz zeminlerin sıklığı Tablo 5.4 ve Tablo 5.5'e göre belirlenmiştir

5.1.3. Cu (Drenajsız kayma mukavemeti)

Drenajsız kayma mukavemeti (C_u), suya doymuş kil toplulukların mühendislik çalışmalarında yükleme esnasında boşluk suyu basıncının sönümlenmesi veya konsolidasyonun meydana gelmesi için zamanın olmadığı kabul edilen, yüklemelerin mümkün olduğunca hızlı olduğu kritik tasarım durumlarında kullanılmaktadır. Örnek olarak, normal konsolide killer üzerine yapılan dolguların ve yapı temellerinin stabilitesi verilebilir. Dolayısıyla bu tip tasarımlarda C_u'nun bilinmesi gerekmektedir. Zemin mekaniği uygulama noktalarında, ince daneli zemin içeriğinin drenajsız

kayma mukavemeti, genel olarak laboratuvar ortamında serbest basınç (SB), üç eksenli konsolidasyonsuz drenajsız basınç (KD) deneyleri ve laboratuvar Veyn deneyi ile arazi de ise arazi Veyn (AV) deneyleri ile doğrudan belirlenmektedir. Arazi penetrasyon deneyleri olan SPT ve koni penetrasyon deneyleri ile dolaylı olarak belirlenebilmektedir. Ayrıca laboratuvar ve arazide cep penetrometreleri de kullanılmakta; arazide ayrıca, kullanımı gelişme gösteren, pressiometre deneyleri de kullanılmaktadır. Drenajsız kayma mukavemeti (C_u), tez çalışmasında inceleme alanındaki zeminlerin yerel zemin sınıflamasındaki yerlerini belirlemede kullanılmıştır.

5.2. Zemin Sınıflaması

İnceleme alanı zeminlerinin sınıflanması amacıyla TBDY (2018) yerel zemin sınıflaması kullanılmıştır. Bu zemin sınıflaması sismik ve sondaj çalışmalarından elde edilen zemin verilerden V_{s30} , SPT- N_{30} ve C_{u30} parametrelerini baz almaktadır. Bu sınıflamaya göre zeminler zemin türü ve V_{s30} , SPT- N_{30} ve C_{u30} parametrelerine göre yerel zemin sınıflarına (ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF) ayrılır (Tablo 5.6). Bu değer aralıkları bize tez çalışmasında zemin cinsi içeriğini, zemin sınıfını ve V_{s30} , SPT- N_{30} ve C_{u30} değerini vermekte kullanılmaktadır.

Tablo 5.6. Yerel zemin sınıflaması (TBDY, 2018)

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

Yerel zemin sınıflamasına bakılırken sondaj verilerinden yararlanılmıştır. Araziden elde edilen ham SPT değerleri kullanılarak N_{60} değerleri $N_{60}=0,75 \cdot N_{30} \cdot C_R$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Tablo 5.7, SPT- N_{30} ham verilerine uygulanan C_R düzeltme katsayılarını vermektedir. Hesaplanan SPT- N_{60} değerleri İzmit, Kullar ve Köseköy bölgelerinde Tablo 5.6'daki parametrelere göre değerlendirilip açıklanmaktadır.

Tablo 5.7. Tij boyu düzeltme katsayısı (C_R)

Düzeltilme Katsayısı	Değişken	Değer
C_R	3m ile 4m aralığında	0.75
	4m ile 6m aralığında	0.85
	6m ile 10m aralığında	0.95
	10m'den derin	1.00

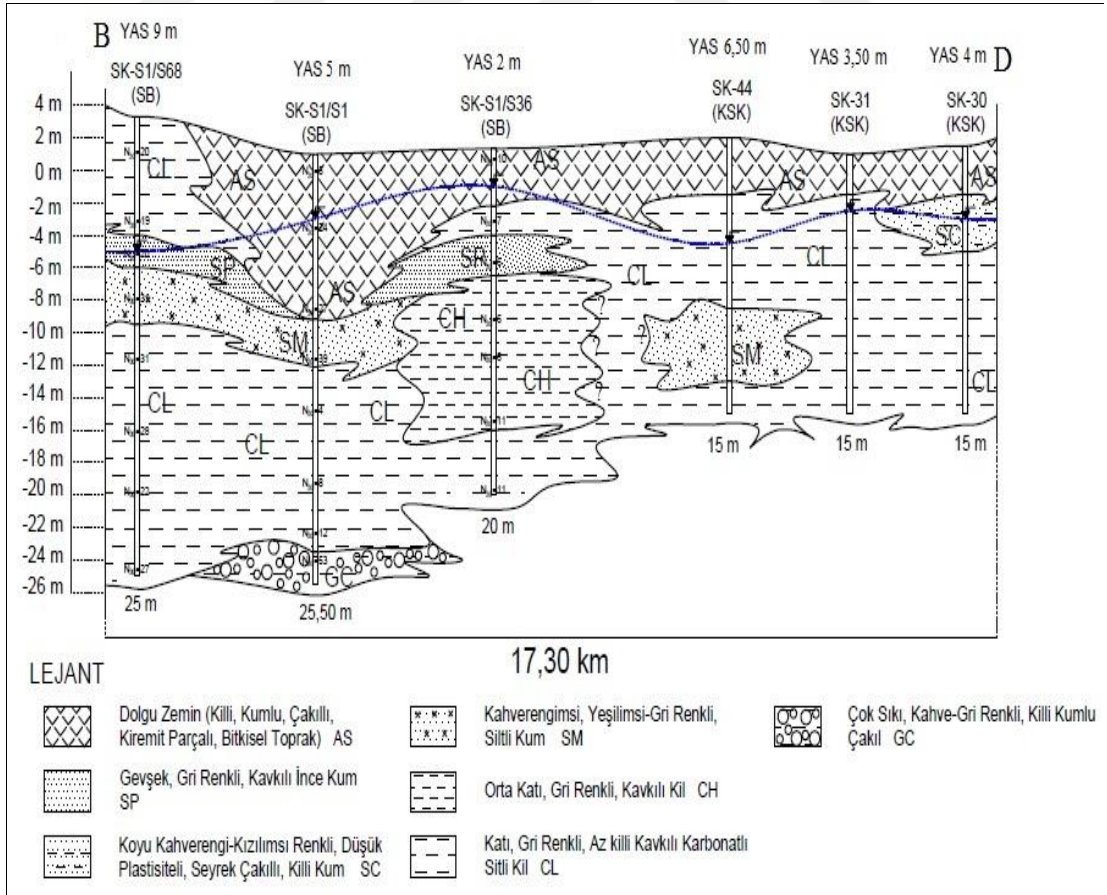
5.3. İzmit - Köseköy Arası Mühendislik Jeolojisi

İzmit-Köseköy arası mühendislik jeolojisi değerlendirmesi amacıyla jeolojik, yapısal, morfolojik özellikler yanında zemin parametrelerinin özellikleri, yeraltı suyu seviyesi değişim yönünden incelenmiştir.

Bu alanda kıyı kesimlerinde eski alüvyonlar (Qal1), iç kesimlere doğru gidildikçe daha genç çökellerden Körfez çökelleri (Qal2) ve havzanın doğu kesimine doğru Acısı formasyonu yer alır. Bu alanın yapısal olarak bölgeyi etkileyen ana süreksizlik olan KAF'a uzaklığı batı kesimde 8-10 km olup doğu kesimindeki Köseköy alanında ise 2-3 km olduğu görülmektedir. Jeomorfolojik olarak düz alanlar kategorisine girip $3-5^\circ$ arasında bir eğime sahip olup KB-GD yönlü olarak dağlık yükselim olarak ilerlemektedir. Batı kesimde eğim 4-5 derece olup orta alanda ise 1-2 derecededir. Doğuya doğru gidildikçe eğim 1-2 derece daha artmaktadır. Bu kesimde zemin profili kesidi için seçilen sondajlar Şekil 5.3'te ve bu kesit boyunca çıkarılan zemin profili Şekil 5.4'te görülmektedir. Bu profilde İzmit Havzası düzlüğünde dolgu zeminin 6-7 metrelere varan kalınlıklarda olduğu doğu kesimde bulunan Köseköy alanında ise dolgu zemin 2-3 metre kalınlıkta olduğu görülmektedir.



Şekil 5.3. İzmit-Köseköy bölgesi arasında zemin profili kesidi için kullanılan sondajlar



Şekil 5.4. İzmit-Köseköy arasındaki alanın zemin profili

Genellikle düşük plastisiteli kil (CL) birimin hakim olduğu alanda İzmit'in orta kesiminde karmaşık bir durum görölmektedir. Bu kesimde siltli kum (SM) ve ince kum (SP) birimleri düşük plastisiteli kil arasına girdiği görölmektedir (Şekil 5.4). Yer altı suyu doğu kesimde Köseköy civarında 6-7 metrelerde başlayarak orta kesimde dalgalanma görölmektedir. Bu dalgalanma 6-7 metrelerden başlayıp 1-2 metreye kadar düştüğü belirlenmiştir. Batı'daki Derince sınırında yine 8-9 metre de devam ettiği Şekil 5.4 de görölmektedir

İzmit-Köseköy arasındaki alanın zemin profilinde batı kesimde yer alan Derince sınırında yer altı su seviyesi 8-9 metre derinlikte görölmektedir. SK-S1/S1 ile gösterilen yerde yer altı suyu 4-5 metre civarında görülür. İzmit kıyı kesimin yakın civarına gelindiğinde SK-S1/S36 ile gösterilen yerde deniz seviyesi civarında 2-3 metre derinlikte yer altı su seviyesi görülür. Kullar kesimine gelindiğinde SK-44'de yer altı suyu 6-7 metre derinliktedir. Köseköy bölgesindeki SK-31 ve SK-32 sondajlarında ise yer altı su derinliği 5-6 metrelerde değişim göstermektedir.

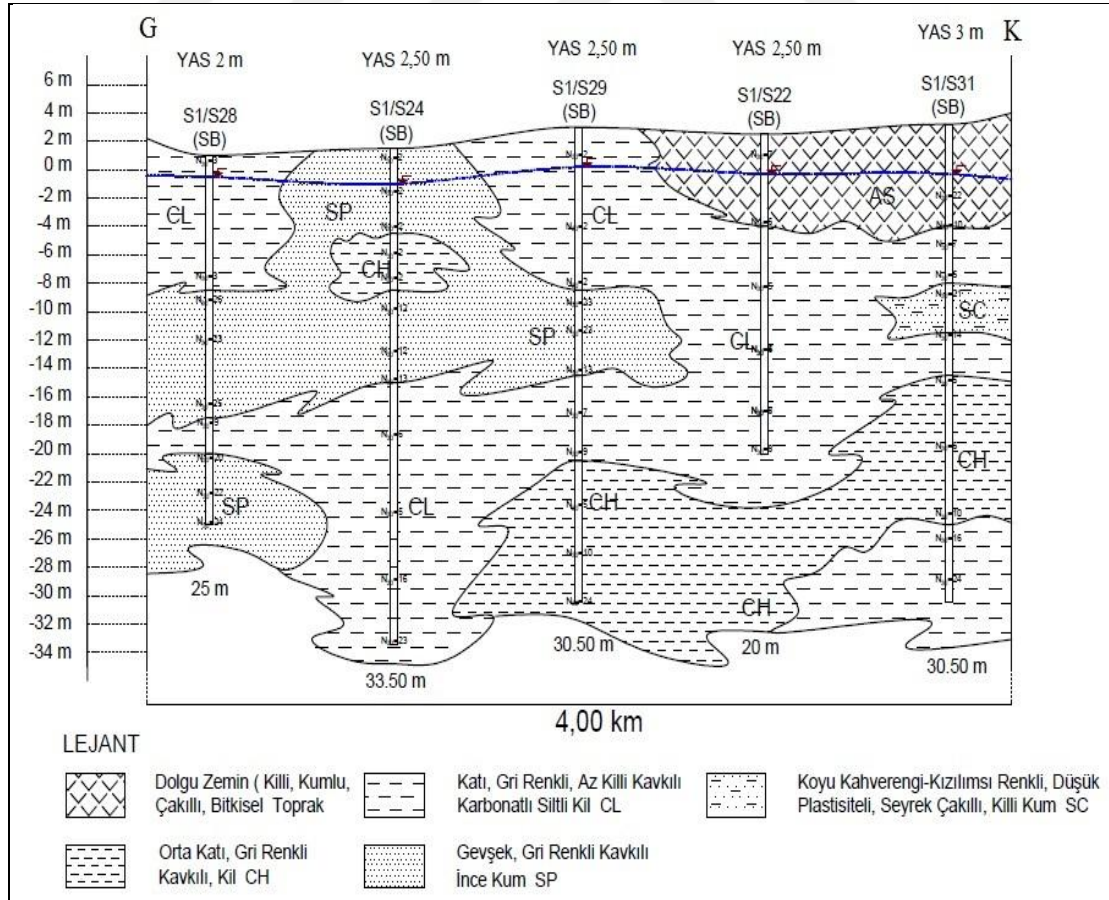
5.4. İzmit Kıyı Kesimin Mühendislik Jeolojisi

İzmit kıyı kesiminin mühendislik jeolojisi değerlendirmesi amacıyla İzmit Körfezi kıyılarına paralel uzanan kuzey güney yönlü bir zemin kesidi çıkarılmıştır. İzmit kıyı kesiminde zemin profili kesidi için kullanılan sondajlar Şekil 5.5'te ve İzmit kıyı alanında mühendislik jeolojisi zemin profili ayrıntılı olarak Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Bu alanda mühendislik jeolojisi değerlendirmeleri kapsamında jeolojik, yapısal, morfolojik özellikler yanında zemin parametrelerinin özellikleri, yeraltı suyu seviyesi değişim yönünden incelenmiştir.

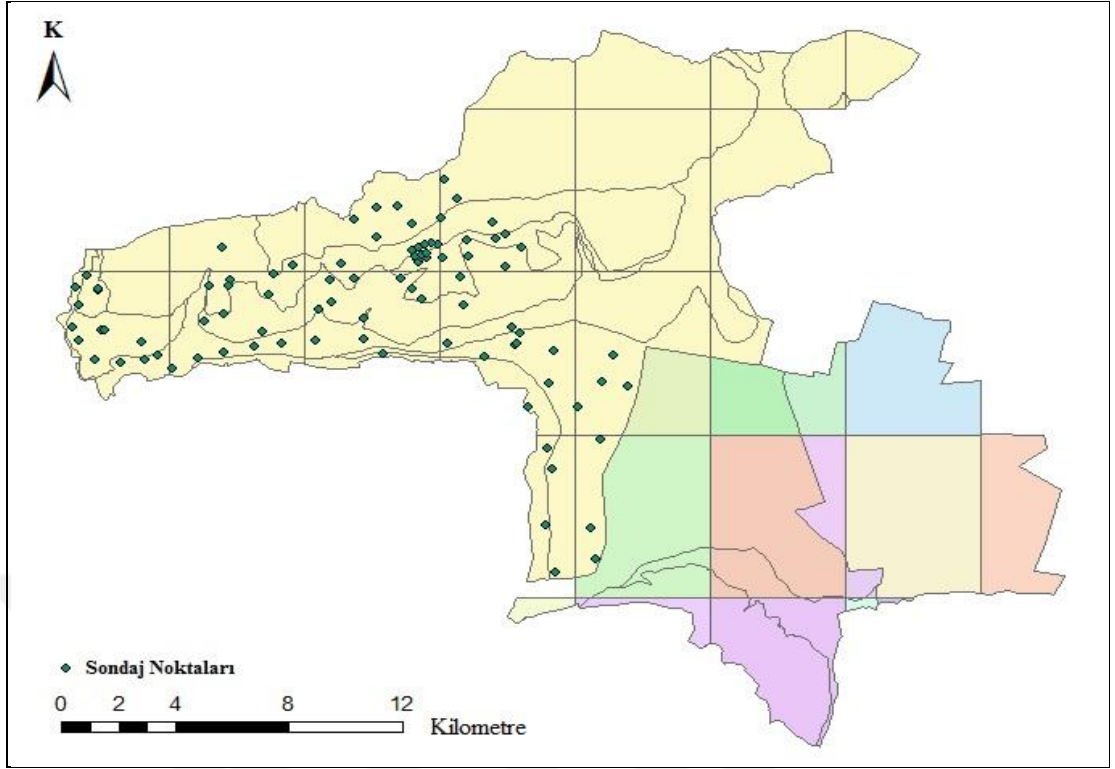
Şekil 5.6'daki profilde İzmit Havzası kıyısında dolgu zeminin kuzey kesimde 6-7 metrelere varan kalınlıklarda olduğu görölmekte, güney kesimde ise dolgu zemin görölmemektedir. Genellikle düşük plastisiteli kil (CL) birimin hakim olduğu alanda İzmit'in kıyı kesiminde karmaşık bir durum görölmektedir. Bu kesimde ince kum (SP) birimleri düşük plastisiteli kil arasına girdiği görölmektedir (Şekil 5.6). Yer altı suyu bakımından eşit dağılım görölmektedir. Kıyı kesimde olmasından dolayı deniz seviyesi civarına yakın olarak 2-3 metre derinlikte olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.5. İzmit kıyı alanında zemin profili kesidi için kullanılan sondajlar



Şekil 5.6. İzmit kıyı alanı zemin profili



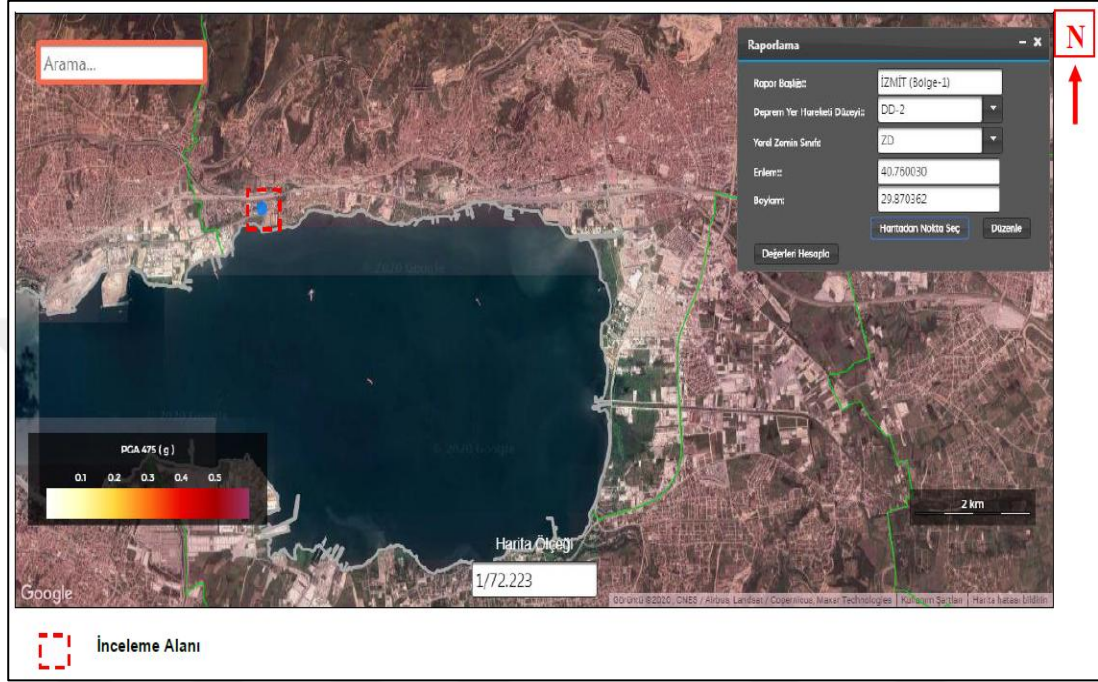
Şekil 5.7. İzmit kıyı kesiminde yapılmış sondaj noktaları

Bu alanda zemin değerlendirmesi amaçlı dört farklı bölge belirlenmiştir. İlk olarak Derince sınırındaki İzmit kıyı alanından bir alan Bölge 1 olarak incelenmiştir. Tablo 5.8’de bu bölge için SPT verileri, Şekil 5.8’de de bölgenin inceleme alanındaki konumu gösterilmiştir.

Tablo 5.8. İzmit kıyı alanı Bölge 1’deki SPT verileri

Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS	Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS	Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS
SK-11	SPT-1	1.50-1.95	43	24.19	ZD	SK-13	SPT-1	1.50-1.95	7	3.938	ZD	SK-12	SPT-1	1.50-1.95	7	3.938	ZE-ZD
	SPT-2	3.00-3.45	9	5.063			SPT-2	3.00-3.45	20	12.75			SPT-2	3.00-3.45	7	3.938	
	SPT-3	4.50-4.95	25	15.94			SPT-3	4.50-4.95	22	14.03			SPT-3	4.50-4.95	6	3.825	
	SPT-4	6.00-6.45	30	21.38			SPT-4	6.00-6.45	26	18.53			SPT-4	6.00-6.45	8	5.7	
	SPT-5	7.50-7.95	32	22.8			SPT-5	7.50-7.95	24	17.1			SPT-5	7.50-7.95	10	7.125	
	SPT-6	9.00-9.45	30	21.38			SPT-6	9.00-9.45	32	22.8			SPT-6	9.00-9.45	18	12.83	
	SPT-7	10.50-10.95	31	23.25			SPT-7	10.50-10.95	29	21.75			SPT-7	10.50-10.95	23	17.25	
	SPT-8	12.00-12.45	34	25.5			SPT-8	12.00-12.45	34	25.5			SPT-8	12.00-12.45	26	19.5	
							SPT-9	13.50-13.95	36	27			SPT-9	13.50-13.95	25	18.75	
							SPT-10	15.00-15.45	34	25.5			SPT-10	15.00-15.45	26	19.5	
					SK-14	SPT-1	1.50-1.95	20	11.25	ZD-ZC	SPT-11	16.50-16.95	31	23.25			
						SPT-2	3.00-3.45	19	12.11		SPT-12	18.00-18.45	30	22.5			
						SPT-3	4.50-4.95	23	14.66		SPT-13	19.50-19.95	25	18.75			
						SPT-4	6.00-6.45	37	26.36								
						SPT-5	7.50-7.95	35	24.94								
						SPT-6	9.00-9.45	63	44.89								
						SPT-7	10.50-10.95	62	46.5								
						SPT-8	12.00-12.45	80	60								
SPT-9	13.50-13.95	77	57.75														
SPT-10	15.00-15.45	86	64.5														

Bu alanda yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen bilgilere göre değişen kalınlıklarda koyu kahve renkli killi, siltli, iri çakıllı örtü birimi yer almaktadır. Bu örtü biriminin altında ise açık-koyu kahve renkli, kumlu, killi-siltli birim, küçük-iri taneli çakıllı-killi birim (alüvyonal birim) yer almaktadır.



Şekil 5.8. İzmit kıyı alanı Bölge 1 lokasyonu

Elde edilen serbest basınç dayanım değerlerine ve Tablo 5.4 ve Tablo 5.5'te karşılık gelen düzeltilmemiş SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre zemin özellikli birimin sıklık değerlendirilmesi gevşek-orta sıkı ve kıvam durumuna göre ise çok katı kıvam özellikli olduğu görülmektedir.

Bu alanda yapılmış araştırma sondajlarından elde edilen SPT verileriyle SPT-N₃₀ değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan SPT-N₃₀ değerleriyle AFAD verileri kullanılarak zemin sınıflaması yapılmıştır. Yapılan zemin sınıflamasında İzmit kıyı alanı Bölge 1'de zemin sınıfı ZD olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.9 ve Tablo 5.10'da bulunan zemin sınıflarının harita spektral ivme katsayıları (S_S , S_1), yerel zemin etki katsayıları (F_S , F_1), tasarım spektral ivme katsayıları (S_{DS} , S_{D1}), yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_A , T_B), düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_{AD} , T_{BD}) değerlerinin hesaplaması AFAD standartlarına göre yapılmıştır. Bulunan değerler Tablo 5.11'de

gösterilmiştir. Hesaplanan bu değerler ilgili zemin sınıfı üzerinde yapılacak olan mühendislik yapılarının inşaatında göz önünde bulundurulacak parametrelerdir.

Tablo 5.9. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_s = 1,668$ için $F_s = 1,000$

Tablo 5.10. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_1 = 0,454$ için $F_1 = 1,846$

Tasarım Spektral İvme Katsayıları;

$$S_{DS} = S_s * F_s = 1.668 * 1.000 = 1.668$$

$$S_{D1} = S_1 * F_1 = 0.454 * 1.846 = 0.838$$

S_{DS} = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

S_{D1} = 1.0 saniyedeki periyot için spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

Tablo 5.11. İzmit kıyı alanı Bölge 1 için AFAD verileri

Yerel Zemin Sınıfı	ZD	
En büyük yer ivmesi (PGA)	0.683	
En büyük yer hız ivmesi (PGV)	58,700	
Harita Spektral İvme Katsayı	$S_s = 1.668$	$S_1 = 0.454$
Yerel Zemin Etki Katsayısı	$F_s = 1.000$	$F_1 = 1.846$
Tasarım Spektral İvme Katsayıları	$S_{DS} = 1.668$	$S_{D1} = 0.838$
Yatay Yönde Elastik Tasarımı İvme Spektrum Köşe Periyotları (s)	$T_A = 0.100$	$T_B = 0.502$
Düşey Yönde Elastik Tasarımı İvme Spektrum Köşe Periyotları (s)	$T_{AD} = 0.033$	$T_{BD} = 0.167$

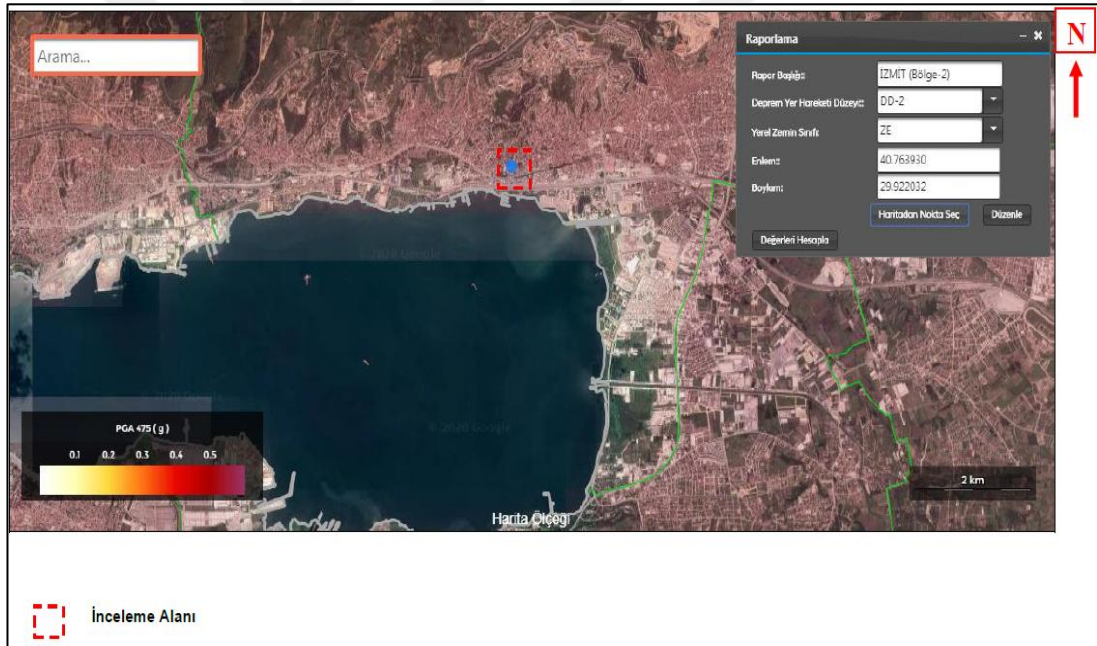
Tablo 5.12. İzmit kıyı alanı Bölge 2'deki SPT verileri

Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS	Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS	Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS
SK-46	Spt-1	1.50-1.95	40	22.5	ZE	SK-70	Spt-1	1.50-1.95	4	2.25	ZE	SK-91	Spt-1	1.00-1.45	5	2.8125	ZE
	Spt-2	3.00-3.45	17	9.56			Spt-2	3.00-3.45	6	3.375			Spt-2	2.50-2.95	24	13.5	
	Spt-3	4.50-4.95	17	10.8			Spt-3	4.50-4.95	4	2.55			Spt-3	4.00-4.45	23	14.663	
	Spt-4	6.00-6.45	2	1.43			Spt-4	6.00-6.45	6	4.275			Spt-4	5.50-5.95	7	4.4625	
	Spt-5	7.50-7.95	4	2.85			Spt-5	7.50-7.95	6	4.275			Spt-5	7.00-7.45	27	19.238	
	Spt-6	9.00-9.45	4	2.85			Spt-6	9.00-9.45	6	4.275			Spt-6	8.50-8.95	28	19.95	
	Spt-7	10.50-10.95	6	4.5			Spt-7	10.50-10.95	4	3			Spt-7	10.00-10.45	39	29.25	
	Spt-8	12.00-12.45	8	6			Spt-8	13.50-13.95	5	3.75			Spt-8	11.50-11.95	27	20.25	
	Spt-9	13.50-13.95	8	6			Spt-9	15.00-15.45	6	4.5			Spt-9	14.50-14.95	5	3.75	
	Spt-10	16.50-16.95	6	4.5			Spt-10	16.50-16.95	4	3			Spt-10	16.00-16.45	5	3.75	
	Spt-11	18.00-18.45	8	6			Spt-11	18.00-18.45	5	3.75			Spt-11	17.50-17.95	5	3.75	
	Spt-12	19.50-19.95	9	6.75			Spt-12	20.00-20.45	6	4.5			Spt-12	19.00-19.45	8	6	
													Spt-13	20.50-20.95	6	4.5	
													Spt-14	22.00-22.45	12	9	
													Spt-15	23.50-23.95	53	39.75	
													Spt-16	25.00-25.45	11	8.25	

Bu alanda zemin değerlendirmesi amaçlı ikinci yer olarak İZmit kıyısının Orduevi mevkisi İZmit kıyı alanı Bölge 2 olarak incelenmiştir. Tablo 5.12’de bu bölge için SPT verileri, Şekil 5.9’da da bölgenin harita üzerindeki konumu gösterilmiştir.

Bu alanda yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen bilgilere göre değişen kalınlıklarda açık kahve renkli killi, siltli örtü birimi yer almaktadır. Bu örtü biriminin altında ise açık-koyu kahve renkli, killi-siltli birim, küçük taneli çakıllı-killi birim (alüvyonal birim) yer almaktadır.

Hesaplanan serbest basınç dayanım değerlerine ve Tablo 5.4 ve Tablo 5.5’te karşılık gelen düzeltilmemiş SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre zemin özellikli birimin sıklık değerlendirilmesi gevşek-orta sıkı ve kıvam durumuna göre ise katı kıvam özellikli olduğu görölmektedir.



Şekil 5.9.İZmit kıyı alanı Bölge 2 lokasyonu

Bu alanda yapılmış araştırma sondajlarından elde edilen elde edilen SPT verileriyle SPT-N₃₀ değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan SPT-N₃₀ değerleriyle AFAD verileri kullanılarak zemin sınıflaması yapılmıştır. Yapılan zemin sınıflamasında İZmit kıyı alanı Bölge 2’de zemin sınıfı ZE olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.13 ve Tablo 5.14’te bulunan zemin sınıflarının harita spektral ivme katsayıları (S_s , S_1), yerel zemin etki katsayıları (F_s , F_1), tasarım spektral ivme

katsayıları (S_{DS} , S_{D1}), yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_A , T_B), düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_{AD} , T_{BD}) değerlerinin hesaplaması AFAD standartlarına göre yapılmıştır. Bulunan değerler Tablo 5.15'te gösterilmiştir. Hesaplanan bu değerler ilgili zemin sınıfı üzerinde yapılacak olan mühendislik yapılarının inşaatında göz önünde bulundurulacak parametrelerdir.

Tablo 5.13. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZE ve $S_s = 1,663$ için $F_s = 0,800$

Tablo 5.14. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZE ve $S_1 = 0,452$ için $F_1 = 2,296$

Tasarım Spektral İvme Katsayıları;

$$S_{DS} = S_S * F_S = 1.663 \times 0.800 = 1.330$$

$$S_{D1} = S_1 * F_1 = 0.452 \times 2.296 = 1.038$$

S_{DS} = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

S_{D1} = 1.0 saniyedeki periyot için spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

Tablo 5.15. İzmit kıyı alanı Bölge 2 için AFAD verileri

Yerel Zemin Sınıfı	ZE	
En büyük yer ivmesi (PGA)	0.680	
En büyük yer hız ivmesi (PGV)	57,592	
Harita Spektral İvme Katsayı	$S_S = 1.663$	$S_1 = 0.452$
Yerel Zemin Etki Katsayısı	$F_S = 0,800$	$F_1 = 2.296$
Tasarım Spektral İvme Katsayıları	$S_{DS} = 1.330$	$S_{D1} = 1,038$
Yatay Yönde Elastik Tasarımı İvme Spektrum Köşe Periyotları (s)	$T_A = 0.156$	$T_B = 0.780$
Düşey Yönde Elastik Tasarımı İvme Spektrum Köşe Periyotları (s)	$T_{AD} = 0.052$	$T_{BD} = 0.260$

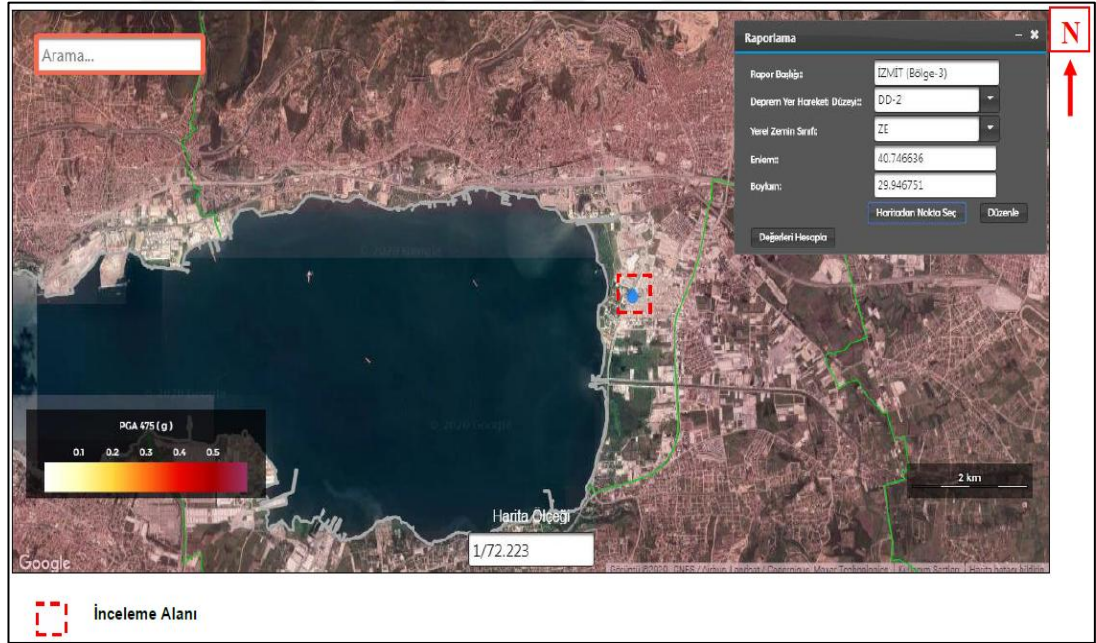
Bu alanda zemin değerlendirmesi amaçlı üçüncü yer olarak İzmit kıyısının sanayi bölgesi ile ifade edilen kısmı İzmit kıyı alanı Bölge 3 olarak incelenmiştir. Tablo 5.16’da bu bölge için SPT verileri, Şekil 5.10’da da bölgenin harita üzerindeki konumu gösterilmiştir.

Bu alanda yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen bilgilere göre değişen kalınlıklarda açık-koyu kahve renkli killi, siltli, küçük çakıllı örtü birimi yer almaktadır. Bu örtü biriminin altında ise koyu kahve, gri ve sarımtırak renkli, kumlu, killi-siltli birim ve ince çakıllı-killi birim (alüvyonal birim) yer almaktadır.

Hesaplanan serbest basınç dayanım değerlerine ve Tablo 5.4 ve Tablo 5.5’te karşılık gelen düzeltilmemiş SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre zemin özellikli birimin sıklık değerlendirilmesi çok gevşek-gevşek-orta sıkı ve kıvam durumuna göre ise orta-katı kıvam özellikli olduğu görülmektedir

Tablo 5.16. İzmit kıyı alanı Bölge 3'deki SPT verileri

Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS	Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS	Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS
SK-52	SPT-1	1.50-1.95	7	3.94	ZE	SK-53	SPT-1	1.50-1.95	5	2.81	ZE	SK-60	Spt-1	1.50-1.95	0	0	ZE
	SPT-2	3.00-3.45	6	3.38			SPT-2	3.00-3.45	3	1.69			Spt-2	3.00-3.45	4	2.25	
	SPT-3	4.50-4.95	3	1.91			SPT-3	4.50-4.95	3	1.91			Spt-3	4.50-4.95	2	1.28	
	SPT-4	6.00-6.45	3	2.14			SPT-4	6.00-6.45	2	1.43			Spt-4	6.00-6.45	9	6.41	
	SPT-5	7.50-7.95	3	2.14			SPT-5	7.50-7.95	5	3.56			Spt-5	7.50-7.95	10	7.13	
	SPT-6	9.00-9.45	5	3.56			SPT-6	9.00-9.45	14	9.98			Spt-6	9.00-9.45	4	2.85	
	SPT-7	10.50-10.95	5	3.75			SPT-7	10.50-10.95	9	6.75			Spt-7	10.50-10.95	5	3.75	
	SPT-8	12.00-12.45	5	3.75			SPT-8	12.00-12.45	7	5.25			Spt-8	12.00-12.45	5	3.75	
	SPT-9	13.50-13.95	4	3			SPT-9	13.50-13.95	6	4.5			Spt-9	13.50-13.95	5	3.75	
	SPT-10	16.50-16.95	7	5.25			SPT-10	16.50-16.95	5	3.75			Spt-10	15.00-15.45	9	6.75	
	SPT-11	18.00-18.45	8	6			SPT-11	18.00-18.45	5	3.75			Spt-11	18.00-18.45	5	3.75	
	SPT-12	19.50-19.95	8	6			SPT-12	19.50-19.95	8	6			Spt-12	19.50-19.95	8	6	
													Spt-13	21.00-21.45	14	10.5	
													Spt-14	22.50-22.95	17	12.8	
													Spt-15	24.00-24.45	20	15	
													Spt-16	25.50-25.95	22	16.5	
													Spt-17	27.00-27.45	25	18.8	



Şekil 5.10. İzmit kıyı alanı Bölge 3 lokasyonu

Bu alanda yapılmış araştırma sondajlarından elde edilen SPT verileriyle $SPT-N_{30}$ değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan $SPT-N_{30}$ değerleriyle AFAD verileri kullanılarak zemin sınıflaması yapılmıştır. Yapılan zemin sınıflamasında İzmit kıyı alanı Bölge 3'de zemin sınıfı ZE olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.17 ve Tablo 5.18’de bulunan zemin sınıflarının harita spektral ivme katsayıları (S_S , S_1), yerel zemin etki katsayıları (F_S , F_1), tasarım spektral ivme katsayıları (S_{DS} , S_{D1}), yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_A , T_B), düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_{AD} , T_{BD}) değerlerinin hesaplaması AFAD standartlarına göre yapılmıştır. Bulunan değerler Tablo 5.19’da gösterilmiştir. Hesaplanan bu değerler ilgili zemin sınıfı üzerinde yapılacak olan mühendislik yapılarının inşaatında göz önünde bulundurulacak parametrelerdir.

Tablo 5.17. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki katsayısı F_S					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZE ve $S_S = 1,728$ için $F_S = 0,800$

Tablo 5.18. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZE ve $S_1 = 0,469$ için $F_1 = 2,262$

Tasarım Spektral İvme Katsayıları;

$$S_{DS} = S_S * F_S = 1.728 \times 0.800 = 1.382$$

$$S_{D1} = S_1 * F_1 = 0.0469 \times 2.262 = 1.061$$

S_{DS} = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

S_{D1} = 1.0 saniyedeki periyot için spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

Tablo 5.19. İzmit kıyı alanı Bölge 3 için AFAD verileri

Yerel Zemin Sınıfı	ZE	
En büyük yer ivmesi (PGA)	0.706	
En büyük yer hız ivmesi (PGV)	60,146	
Harita Spektral İvme Katsayı	$S_S = 1.728$	$S_1 = 0.469$
Yerel Zemin Etki Katsayısı	$F_S = 0,800$	$F_1 = 2.262$
Tasarım Spektral İvme Katsayıları	$S_{DS} = 1.382$	$S_{D1} = 1,061$
Yatay Yönde Elastik Tasarım İvme Spektrum Köşe Periyotları (s)	$T_A = 0.153$	$T_B = 0.767$
Düşey Yönde Elastik Tasarım İvme Spektrum Köşe Periyotları (s)	$T_{AD} = 0.051$	$T_{BD} = 0.256$

Bu alanda zemin değerlendirmesi amaçlı dördüncü yer olarak İzmit kıyısının en güneyindeki Başiskele sınırını ifade eden İzmit kıyı alanı Bölge 4 olarak incelenmiştir. Tablo 5.20’de bu bölge için SPT verileri, Şekil 5.11’de de bölgenin harita üzerindeki konumu gösterilmiştir.

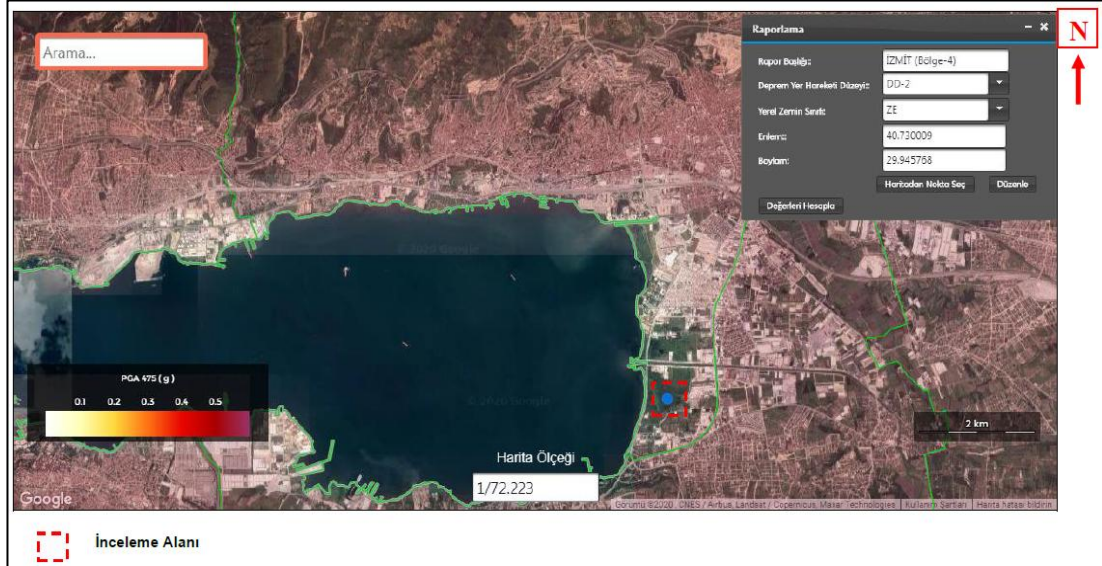
Bu alanda yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen bilgilere göre değişen kalınlıklarda koyu kahve renkli killi, siltli, iri çakıllı örtü birimi yer almaktadır. Bu örtü biriminin altında ise açık-koyu kahve renkli, kumlu, killi-siltli birim ve ince-iri çakıllı-killi birim (alüvyonal birim) yer almaktadır.

Hesaplanan serbest basınç dayanım değerlerine ve Tablo 5.4 ve Talo 5.5’te karşılık gelen düzeltilmemiş SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre zemin

özellikli birimin sıklık değerlendirilmesi çok gevşek-gevşek ve kıvam durumuna göre ise yumuşak-orta-katı kıvam özellikli olduğu görülmektedir.

Tablo 5.20. İzmit kıyı alanı Bölge 4'deki SPT verileri

Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS	Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS	Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS
SK-54	SPT-1	1.50-1.95	2	1.13	ZE	SK-56	SPT-1	1.50-1.95	9	5.063	ZE	SK-57	SPT-1	1.50-1.95	6	3.375	ZE
	SPT-2	3.00-3.45	2	1.13			SPT-2	4.50-4.95	21	13.39			SPT-2	3.00-3.45	5	2.813	
	SPT-3	4.50-4.95	2	1.28			SPT-3	6.00-6.45	2	1.425			SPT-3	4.50-4.95	5	3.188	
	SPT-4	6.00-6.45	2	1.43			SPT-4	7.50-7.95	2	1.425			SPT-4	6.00-6.45	18	12.83	
	SPT-5	7.50-7.95	2	1.43			SPT-5	9.00-9.45	20	14.25			SPT-5	7.50-7.95	18	12.83	
	SPT-6	9.00-9.45	12	8.55			SPT-6	10.50-10.95	22	16.5			SPT-6	9.00-9.45	16	11.4	
	SPT-7	10.50-10.95	13	9.75			SPT-7	12.00-12.45	9	6.75			SPT-7	10.50-10.95	18	13.5	
	SPT-8	12.00-12.45	12	9			SPT-8	13.50-13.95	10	7.5			SPT-8	12.00-12.45	4	3	
	SPT-9	13.50-13.95	13	9.75			SPT-9	15.00-15.45	7	5.25			SPT-9	13.50-13.95	5	3.75	
	SPT-10	15.00-15.45	7	5.25			SPT-10	16.50-16.95	8	6			SPT-10	15.00-15.45	5	3.75	
	SPT-11	16.50-16.95	7	5.25			SPT-11	18.00-18.45	6	4.5			SPT-11	16.50-16.95	7	5.25	
	SPT-12	18.00-18.45	6	4.5			SPT-12	19.50-19.95	7	5.25			SPT-12	19.50-19.95	9	6.75	
	SPT-13	19.50-19.95	8	6			SPT-13	21.00-21.45	7	5.25			SPT-13	21.00-21.45	48	36	
							SPT-14	22.50-22.95	8	6			SPT-14	22.50-22.95	66	49.5	
							SPT-15	24.00-24.45	66	49.5			SPT-15	24.55-25.00	67	50.25	
							SPT-16	25.50-25.95	94	70.5							



Şekil 5.11. İzmit kıyı alanı Bölge 4 lokasyonu

Bu alanda yapılmış araştırma sondajlarından elde edilen SPT verileriyle SPT-N₃₀ değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan SPT-N₃₀ değerleriyle AFAD verileri kullanılarak zemin sınıflaması yapılmıştır. Yapılan zemin sınıflamasında İzmit kıyı alanı Bölge 4'de zemin sınıfı ZE olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.21 ve Tablo 5.22’de bulunan zemin sınıflarının harita spektral ivme katsayıları (S_S , S_1), yerel zemin etki katsayıları (F_S , F_1), tasarım spektral ivme katsayıları (S_{DS} , S_{D1}), yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_A , T_B), düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_{AD} , T_{BD}) değerlerinin hesaplaması AFAD standartlarına göre yapılmıştır. Bulunan değerler Tablo 5.23’de gösterilmiştir. Hesaplanan bu değerler ilgili zemin sınıfı üzerinde yapılacak olan mühendislik yapılarının inşaatında göz önünde bulundurulacak parametrelerdir.

Tablo 5.21. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki katsayısı F_S					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZE ve $S_S = 1,766$ için $F_S = 0,800$

Tablo 5.22. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZE ve $S_1 = 0,478$ için $F_1 = 2,244$

Tasarım Spektral İvme Katsayıları;

$$S_{DS} = S_s * F_s = 1.766 \times 0.800 = 1.413$$

$$S_{D1} = S_1 * F_1 = 0.0478 \times 2.244 = 1.073$$

S_{DS} = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

S_{D1} = 1.0 saniyedeki periyot için spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

Tablo 5.23. İzmit kıyı alanı Bölge 4 için AFAD verileri

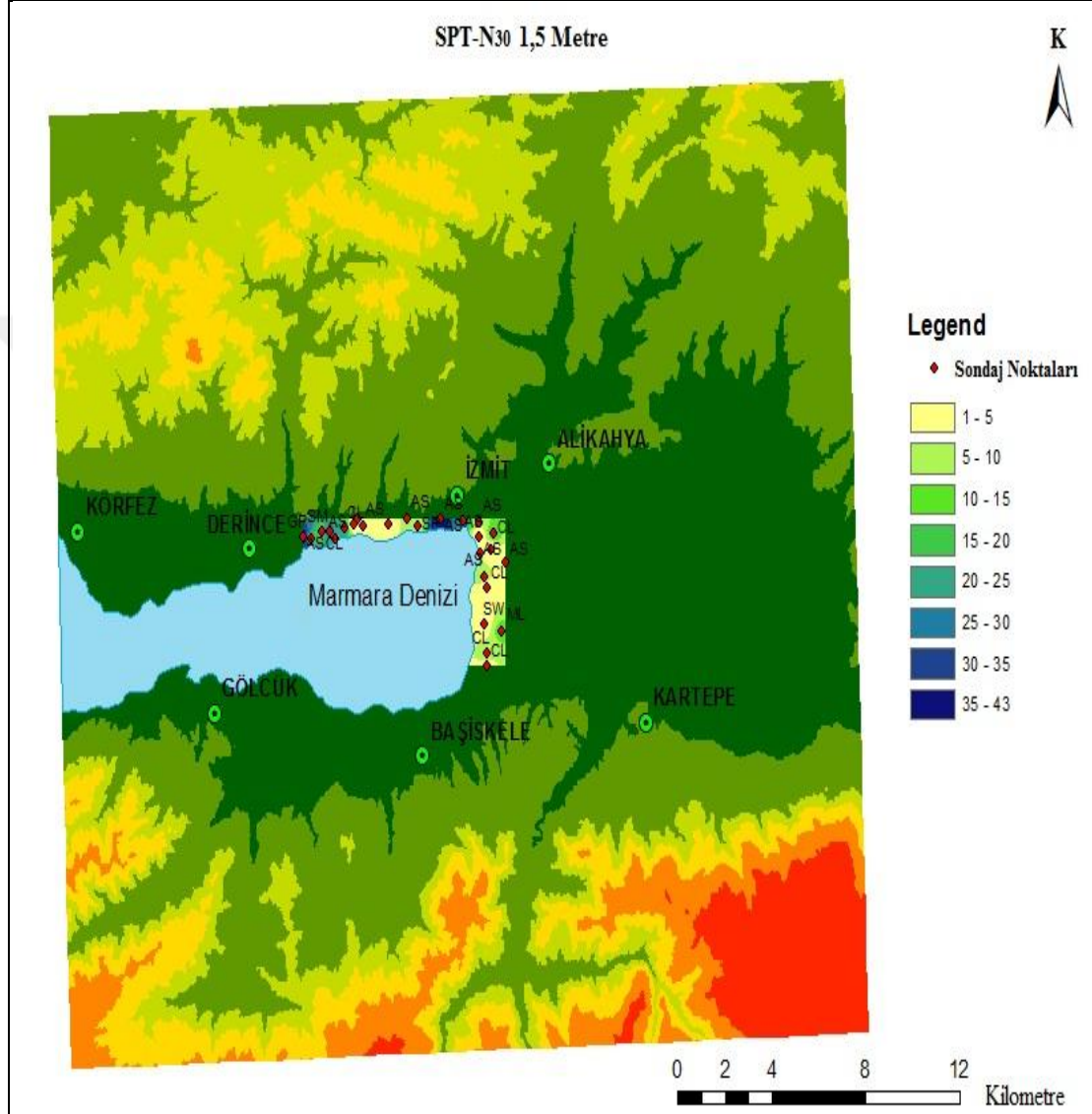
Yerel Zemin Sınıfı	ZE	
En büyük yer ivmesi (PGA)	0.721	
En büyük yer hız ivmesi (PGV)	59,761	
Harita Spektral İvme Katsayı	$S_s = 1.766$	$S_1 = 0.478$
Yerel Zemin Etki Katsayısı	$F_s = 0,800$	$F_1 = 2.244$
Tasarım Spektral İvme Katsayıları	$S_{DS} = 1.413$	$S_{D1} = 1,073$
Yatay Yönde Elastik Tasarımı İvme Spektrum Köşe Periyotları (s)	$T_A = 0.152$	$T_B = 0.759$
Düşey Yönde Elastik Tasarımı İvme Spektrum Köşe Periyotları (s)	$T_{AD} = 0.051$	$T_{BD} = 0.253$

5.4.1. İzmit kıyı alanının SPT-N₃₀ değerlerinin derinliğe göre değişimi

İzmit kıyı kesimi için yapılmış olan sondajlardan elde edilen SPT-N₃₀ değerleri ile kıyı boyunca zeminlerin 1.5 metre, 3 metre, 4.5 metre, 6 metre derinliklerine göre SPT-N₃₀ dağılımı ve zemin değişimi ve laboratuvar deney sonuçlarından da zemin türleri CBS ortamında sayısal olarak haritalanmıştır. ArcGIS 10 ve QGIS 3.12 programları yardımıyla SPT-N₃₀ ve zemin dağılım haritaları yapılmıştır.

Bu bölgedeki sondajların 1.5 metre derinlikteki SPT-N₃₀ değerlerinden elde edilen dağılım haritası Şekil 5.12’de görülmektedir. Şekil 5.12’de görüldüğü gibi açık sarı renkli gösterilen alanlar SPT-N₃₀ değeri en düşük olduğu alanlardır. Koyu mavi olarak gösterilen alanlar ise SPT-N₃₀ değerinin en yüksek olduğu alanları ifade etmektedir. İzmit Havzası’nın kıyı kesimi oluşturan alanlarda zeminlerin SPT-N₃₀

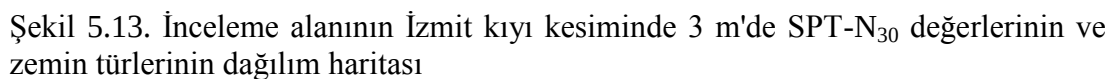
değerleri 1-5 arasında değişmektedir. Buradaki zemin içerik olarak alüvyon zeminin taşınarak gelen malzemelerden oluştuğunu görülür Zeminin suya yakın olmasından dolayı da zeminde çok gevşek çakıl, kum, yer yer kil ve silt içeriğinin de bulunduğu zemin birliklerinden oluşmaktadır.



Şekil 5.12. İnceleme alanının İzmit kıyı kesiminde 1,5 m'de SPT-N₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası

İzmit'in Derince'ye bağlanan kıyı kesimi SPT-N₃₀ değerinin en yüksek değere ulaştığı noktada olduğu ve burada içerik olarak da dolgu zeminin çok olmadığı Şekil 5.12'de görülür. Burada da orta sıkı, açık kahve renkli, karbonatlı, killi siltli kumlu çakıl zemin birliklerinden oluştuğu görülmektedir. Bazı kesimlerde ise dolgu zemin

Güney kesimdeki sondajlar ise yani İzmit Havzasıyla Armutlu Yarımadası'nın kesişen kısmında yoğunluklu olarak siltli kil zemin birimi görülmektedir. Kuzey kesime göre orta-sıkı veya yumuşak, gri-kahve renkli siltli kil içeriği bulunmaktadır.



54

İzmit kıyı kesimi çalışmasında yapılmış olan sondajlardan alınan sondaj verileri ve SPT-N₃₀ değerlerinden veriler ile kıyı boyunca zeminlerin 3 metre derinliklerine göre dağılımını ifade etmektedir.

Marmara Denizi'nin doğu kesimi, İzmit Havzası içerisindeki kıyı kesim 3 metre de SPT-N₃₀ değerinin en düşük seviye olarak gösterilmektedir. Buradaki değerler ise 2-5 ve 5-10 SPT-N₃₀ değeri ile belirtilir. Zemin içeriği olarak siltli kil içeriğinin fazla olduğu kum ve dolgu zemine de yer yer görüldüğü alandır. Siltli kil içeriğinin olduğu yerlerde çok yumuşak, gri renkli olup kumlu yerler de ise çok gevşek, gri renkli ve kabuklu ince kum içeriği alınan numunelerden görülmektedir.

İzmit kıyısı içerisinde yer alan sondajlar ise SPT-N₃₀ değeri bakımından yer yer farklı sonuçlar gösterse de kıvam olarak orta-katı seviyededir. Orta kısımda zemin içeriği olarak siltli kil görülmekte olup batıya doğru ara kesimde kalan bölüm ise dolgu zemin görülmektedir. En batı kısımda kalan alan ise SPT-N₃₀ değeri bakımından 20-24 değer aralığında olduğu killi siltli kumlu çakıl ve yer yer de killi kumlu çakıl birim olarak görülmektedir. Bu birim gevşek tutturulmuş olup kahve-gri renkli görünümündedir.

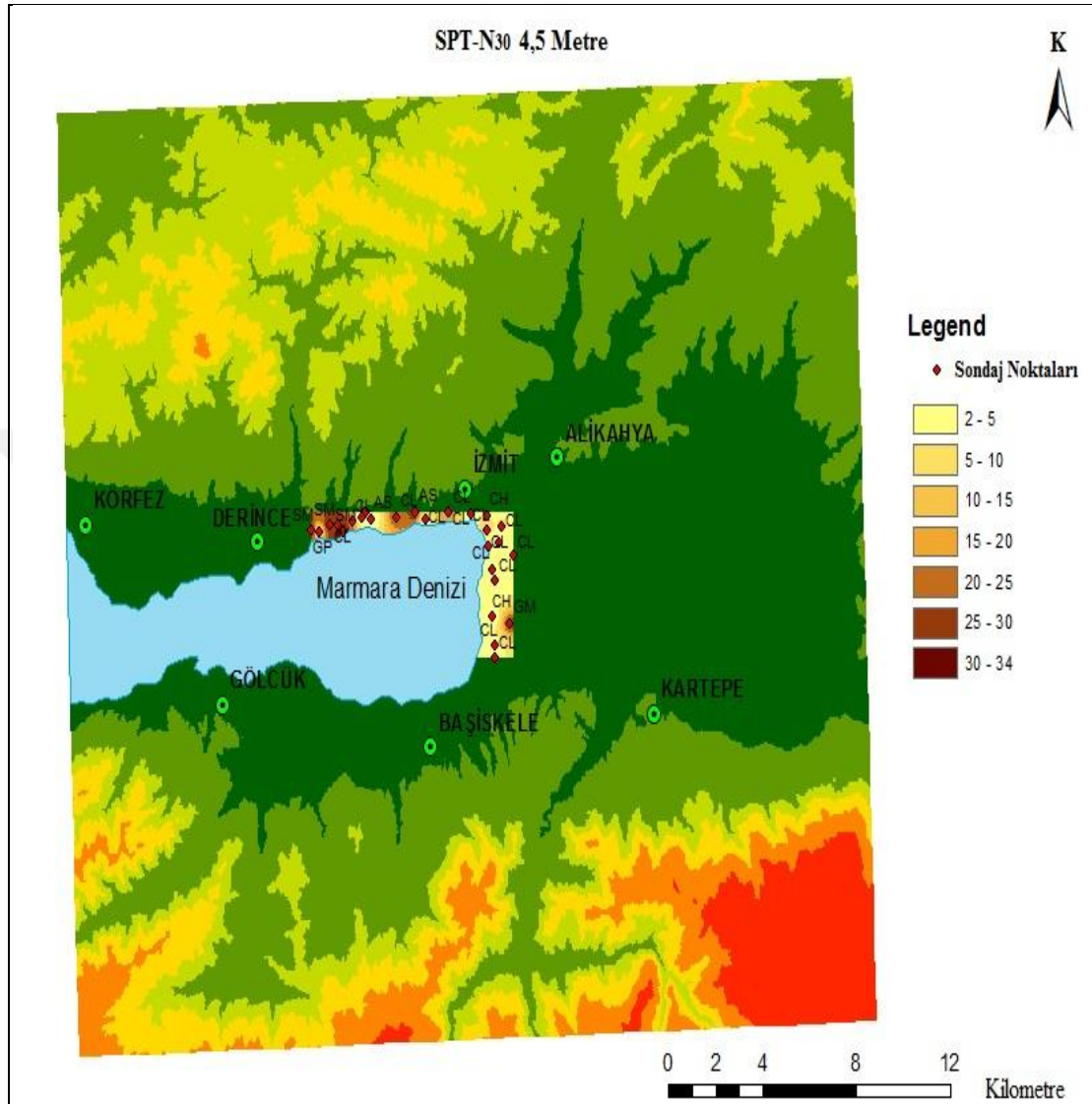
İzmit Havzası'nın en alt kısmında yer alan kısım ise SPT-N₃₀ değeri bakımından en düşük değere sahiptir. Zemin cinsi olarak siltli kil birimi mevcuttur. Kıvam olarak orta katı ve yumuşak olup gri-kahverengi görünümündedir.

Şekil 5.14'te görüldüğü gibi açık sarı renkli gösterilen alanlar SPT-N₃₀ değeri en düşük olduğu alanlardır. Koyu kahverengi renk ile gösterilen alanlar ise SPT-N₃₀ değerinin en yüksek olduğu alanı gösterir.

İzmit kıyı kesimi çalışmasında yapılmış olan sondajlardan alınan sondaj verileri ve SPT-N₃₀ değerlerinden değerler ile kıyı boyunca zeminlerin 4,5 metre derinliklerine göre dağılımını gösterilmektedir.

İzmit Havzası kesiminde 4.5 metre de alınan değerlerden SPT-N₃₀ değeri bakımından 2-5 aralığı ile düşük değerler söz konusudur. Zemin içeriğine bakıldığı zaman siltli kil yoğun bir alana yaygın olarak yayılmış çok yumuşak-yumuşak olup gri renkli

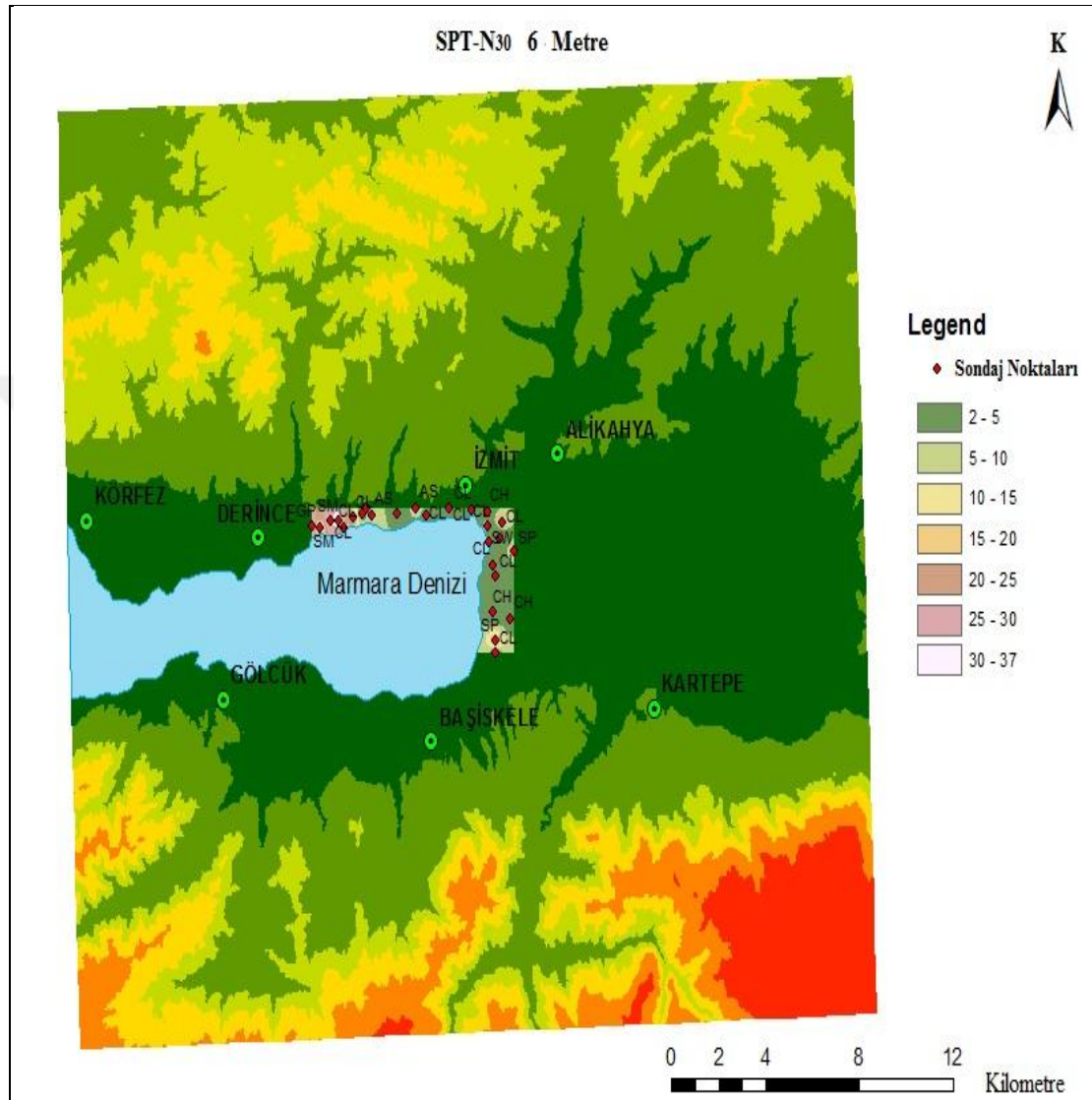
görünümündedir. İç kısımda bazı noktalarda açık kahve-yeşil renkli siltli kil birimi de görülmektedir.



Şekil 5.14. İnceleme alanının İzmit kıyı kesiminde 4,5 m'de SPT-N₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası

Kocaeli Yarımadası'nın kıyı alanında SPT₃₀ değeri değişken olup orta kesimdeki yer SPT-N₃₀ değeri bakımından 15-20 ve 20-25 değerlere sahip bir alanı içermektedir. Bu kısımda zemin cinsi olarak da siltli kil birimi görülüp yumuşak, orta-katı kıvamlı, gri renkli, kavkılı şeklindedir. Doğu kısmında ise SPT-N₃₀ değeri olarak en yüksek 30-34 değer aralığına sahip olup zemin cinsi olarak da çakıllı kum birimi görülmektedir. Bu birim orta-sıkı olup, açık kahve-kahve renkli ve siyah görünümündedir. Bazı kısımlarda karbonatlı kumlu çakıl şeklinde de görülmektedir.

İzmit Havzası'nın Başiskele sınırında ise SPT-N₃₀ değer aralığı olarak en düşük 2-5 değer aralığına sahip olup zemin olarak alınan sondaj numunelerden siltli kil görülmektedir. Yumuşak, orta-katı olup gri-kahve renkli görünümündedir.



Şekil 5.15. İnceleme alanının İzmit kıyı kesiminde 6 m'de SPT-N₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası

Şekil 5.15’de görüldüğü gibi koyu yeşil renkle gösterilen alanlar SPT- N_{30} değeri en düşük olduğu alanlardır. Açık mavi ile gösterilen alanlar ise SPT- N_{30} değerinin en yüksek olduğu alanı belirtir.

İzmit kıyı kesimi çalışmasında yapılmış olan sondajlardan alınan sondaj verileri ve SPT-N₃₀ değerlerinden değerler ile kıyı boyunca zeminlerin 6 metre derinliklerine göre dağılımını ifade eder.

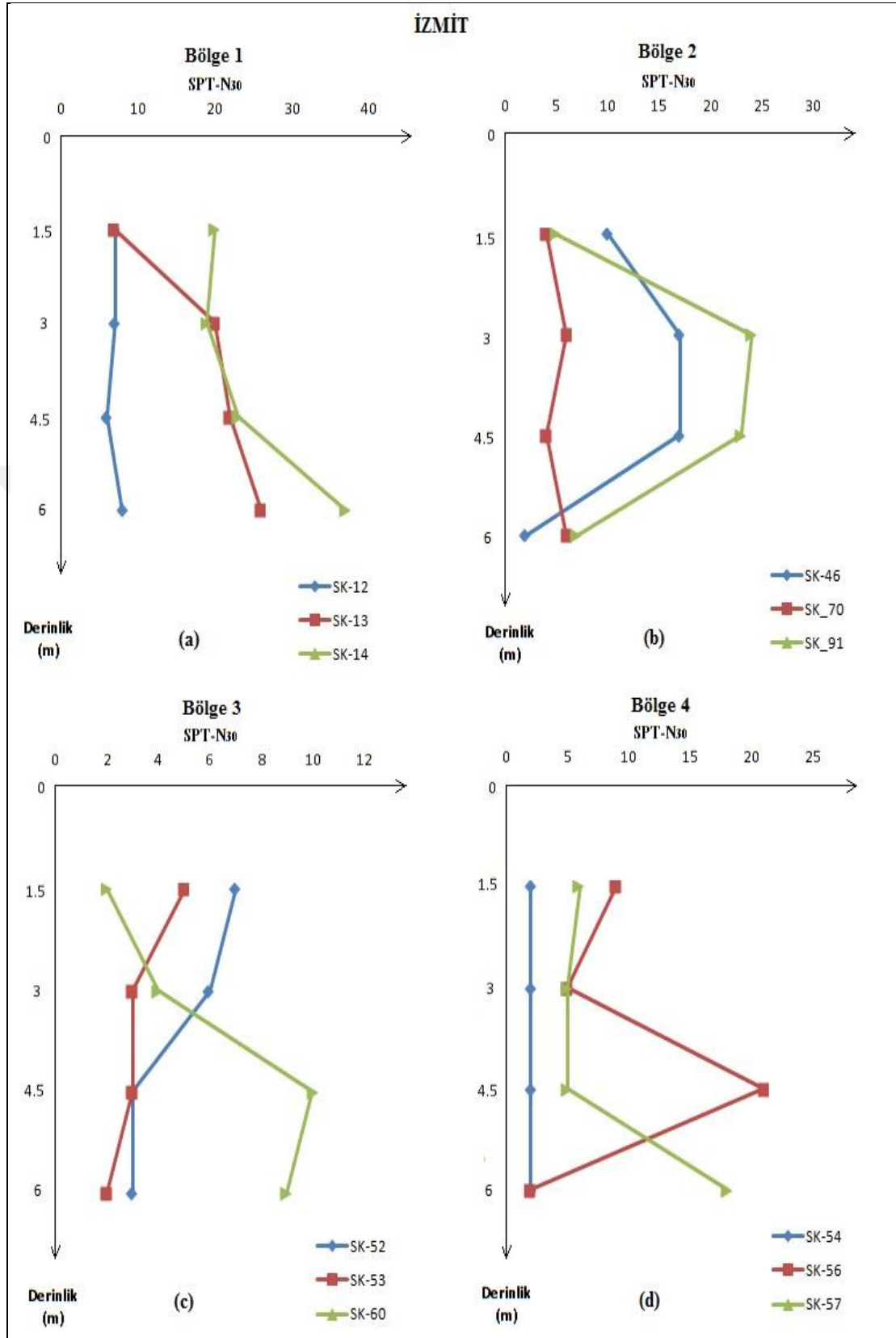
İzmit Havzası'nın kıyı kesimdeki sondajların 6 metre derinlikteki SPT-N₃₀ değerleri, 2-5 değeri arasında olup en düşük seviyede olduğu bölümdür. Zemin birliğine bakıldığında yoğunluklu olarak siltli kilin olduğu bazı noktalarda sadece kil birim içerdiği görülmektedir. Siltli kil birimler yumuşak, gri-kahve renkli olup sadece kil birim olarak görülen yerler ise çok yumuşak, gri renkli içeriğe sahiptir.

Derince ilçesine yakın olan kısım ise SPT-N₃₀ değer aralığı olarak maksimum değerde 30-37 arasındadır. Burada değeri yüksek birim siltli kumlu çakıldır. Bu birim sıkı tutturulmuş olup açık kahve-kahverenkli görünümündedir. Yakın noktalarda alınan sondaj verilerinde de birimler killi kumlu çakıl ve çakıllı kum şeklindedir. Bu birimler genelde orta-sıkı olup kahve-gri renklidir.

İzmit Havzası'nın Başiskele sınırındaki alan ise SPT-N₃₀ dağılım haritasında 15-20 değeri arasındadır (Şekil 5.15). Zemin içeriği bakımından ince kum ve siltli kil birimi görülmektedir. İnce kum orta-sıkı, gri renkli içinde yer yer çakıl olup siltli kil ise yumuşak kıvamlı olup gri-kahve renklidir.

İzmit kıyı kesimi için yapılmış olan sondaj verilerinden SPT-N₃₀ değerleri ile kıyı kesiminin 6 metre derinliğe kadar çizgisel grafikleri Şekil 5.16'da gösterilmiştir. İzmit kıyı kesimin geniş olmasından ve sondaj verilerinin fazla olmasından dolayı 4 bölgeye ayrılmıştır.

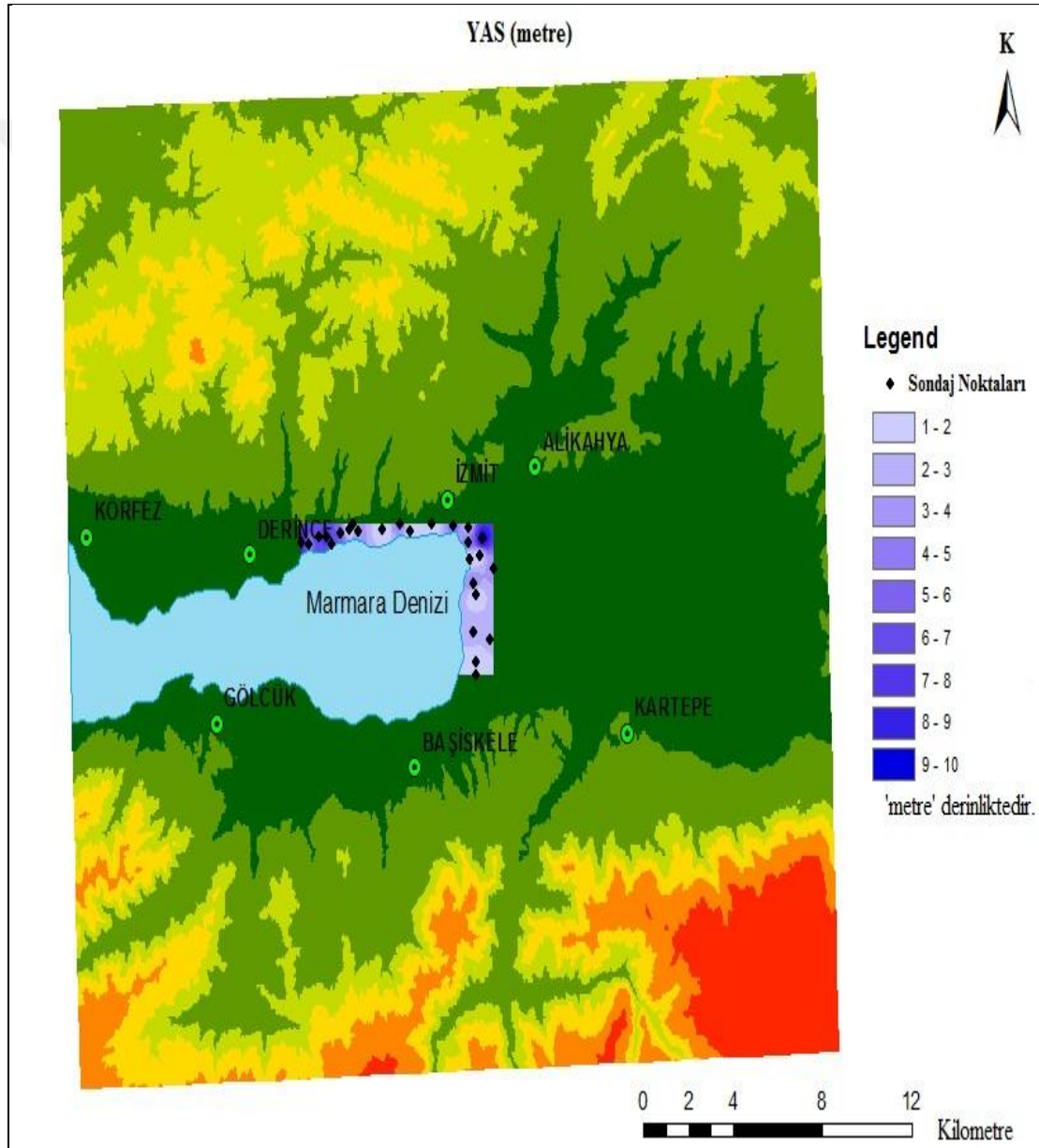
Bölge 1 için Derince sınırındaki SK-12, SK-13, SK-14 sondaj verileriyle 5-40 arasındaki SPT-N₃₀ değerlerinin çizgisel grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.16a). Bölge 2 için İzmit kıyı alanı orta kesiminin SK-46, SK-70, SK-91 sondaj verileriyle 2-25 arasındaki SPT-N₃₀ değerlerinin çizgisel grafiğini oluşturulmuştur (Şekil 5.16b). Bölge 3 için İzmit kıyı alanı sanayi tarafındaki SK-52, SK-53, SK-60 sondaj verileriyle 2-12 arasındaki SPT-N₃₀ değerlerinin çizgisel grafiğini oluşturulmuştur (Şekil 5.16c). Bölge 4 için İzmit kıyı alanı sanayi tarafındaki SK-54, SK-56, SK-57 sondaj verileriyle 2-25 arasındaki SPT-N₃₀ değerlerinin çizgisel grafiğini oluşturulmuştur (Şekil 5.16d).



Şekil 5.16. İzmir kıyı kesiminde SPT-N₃₀ değerinin 6 m derinliğe kadar olan kısmının çizgisel grafiği

5.4.2. İzmit kıyı alanının yer altı su seviyesi (YASS) dağılımı

İzmit kıyı alanının inceleme alanı kapsamında yapılan sondajlarda elde edilen yer altı su seviyesi değerleri Şekil 5.17’de gösterilmektedir. İzmit bölgesi için, YASS Derince’ye yakın olan kesimde 6-8 metre derinlikler arasında değişmektedir. İzmit bölgesinin sahil kesimleri ise 1-3 metre aralığında değişen yer altı su seviyelerine sahip olduğu ve iç kesimlerine doğru ilerledikçe yer altı su seviyesinin 8-10 metre derinliklere düştüğü gözlemlenmiştir.

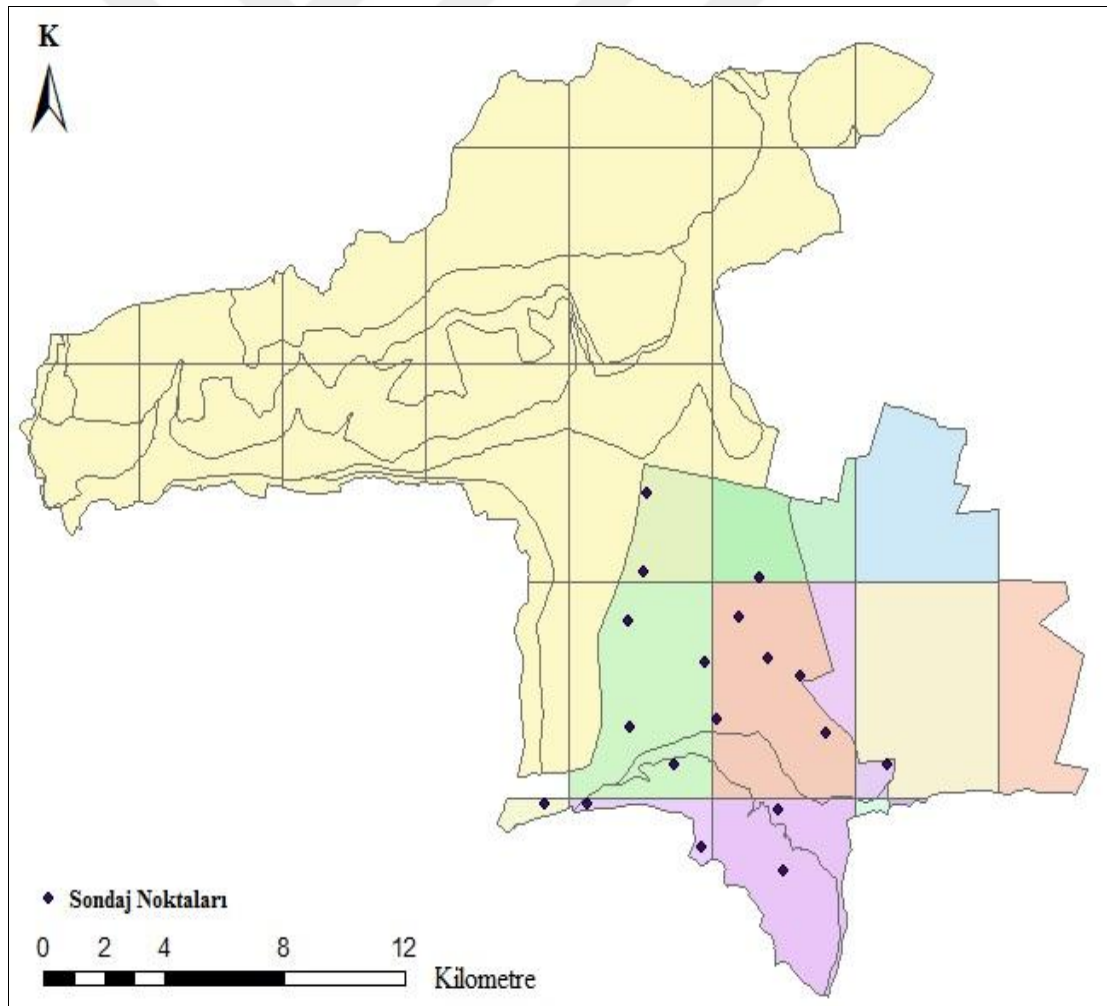


Şekil 5.17. İzmit kıyı alanının yer altı su seviyesi dağılımı

5.5. Kullar Bölgesinin Mühendislik Jeolojisi

Kullar bölgesinin belli noktalarında yapılan sondajlar Şekil 5.18’de gösterilmektedir. Bu alanda jeolojik, yapısal, morfolojik özellikler, yanında zemin parametrelerinin özellikleri, yeraltı suyu seviyesi değişimi mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir.

Bu alanda eski alüvyonlar (Qal1) ve iç kesimlere gidildikçe daha genç çökellerden Körfez çökelleri (Qal2) yer alır. Bu alanın yapısal olarak bölgeyi etkileyen ana süreksizlik olan KAF’a uzaklığı ise 2-3 km olduğu görülmektedir. Jeomorfolojik olarak düz alanlar kategorisine girip 2-3° arasında bir eğime sahip olup GD yönlü olarak arazi yükselinde ilerlemektedir. Batı kesimde eğim düşük olup doğuya doğru gidildikçe eğim 1-2° daha artmaktadır.



Şekil 5.18. Kullar kesiminden alınan sondaj noktaları

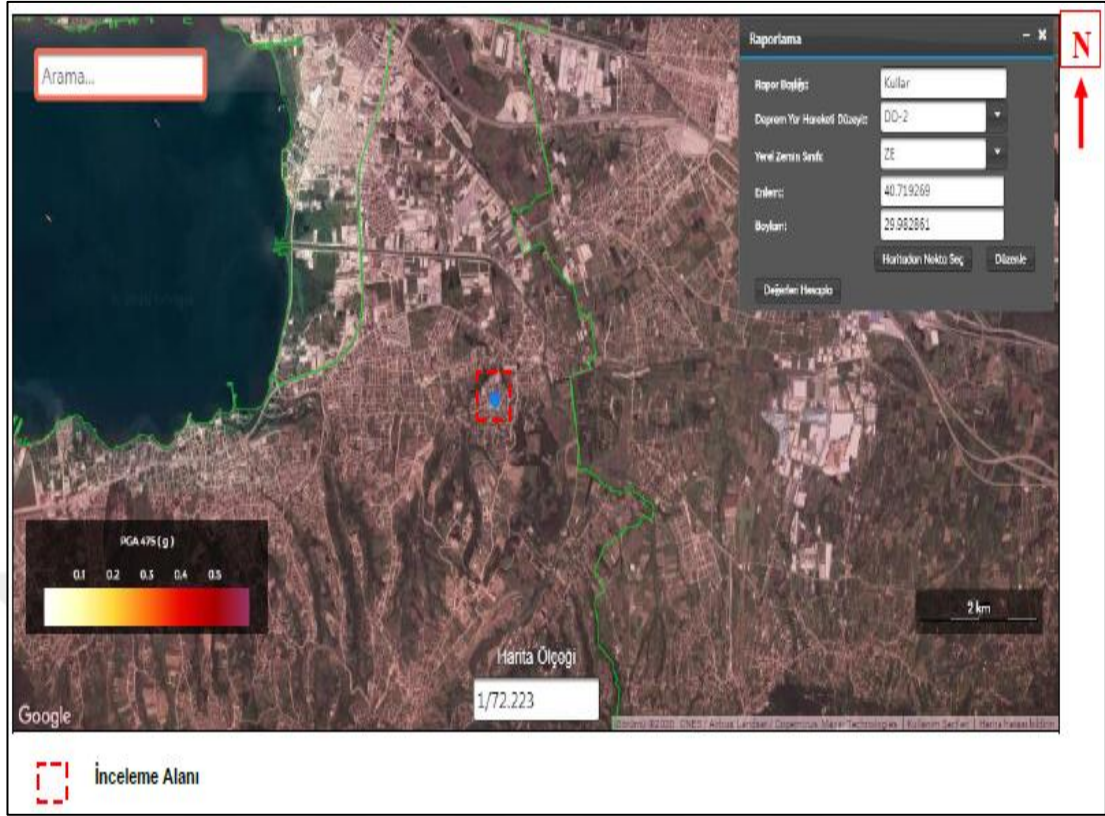
Kullar kesimini oluşturan alan, kıyı bölgesinden içeri doğru girildiği bölümü oluşturur. Kıyı dolgusundan geçilip alüvyon birimin en yoğun olarak görülen kesimidir. Burada körfezin uç kısmını oluşturduğundan güncel olarak da büyük yapılar yapılmadığı ve tek katlı yapıların mevcut olduğu sanayi kesimidir. Yer altı suyu deniz seviyesinden 2-3 metre daha derinde görülmektedir. Bu alanda zemin değerlendirmesi amaçlı Tablo 5.24’de SPT verileri, Şekil 5.19’da da bölgenin harita üzerindeki konumu gösterilmiştir.

Kullar alanında yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen bilgilere göre değişen kalınlıklarda açık-koyu kahve renkli killi, siltli örtü birimi yer almaktadır. Bu örtü biriminin altında ise yüzeye yakın kısmı açık gri renkli, derinlere doğru koyu gri renkli, killi, siltli, kumlu birim (alüvyonal birim) yer almaktadır.

Tablo 5.24. Kullar bölgesi'ndeki SPT verileri

Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS	Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS	Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS
SK-1	SPT-1	1.50-1.95	25	14.063	ZE	SK-11	SPT-1	1.50-1.95	3	1.6875	ZE	SK-17	SPT-1	1.50-1.95	5	2.8125	ZE
	SPT-2	3.00-3.45	27	15.188			SPT-2	3.00-3.45	9	5.0625			SPT-2	3.00-3.45	15	8.4375	
	SPT-3	6.00-6.45	17	12.113			SPT-3	6.00-6.45	10	7.125			SPT-3	4.50-4.95	14	8.925	
	SPT-4	7.50-7.95	16	11.4			SPT-4	7.50-7.95	21	14.963			SPT-4	6.00-6.45	16	11.4	
	SPT-5	9.00-9.45	15	10.688			SPT-5	9.00-9.45	15	10.688			SPT-5	7.50-7.95	18	12.825	
	SPT-6	12.00-12.45	17	12.75			SPT-6	10.50-10.95	15	11.25			SPT-6	9.00-9.45	17	12.113	
	SPT-7	13.50-13.95	16	12			SPT-7	12.00-12.45	17	12.75			SPT-7	10.50-10.95	18	13.5	
	SPT-8	15.00-15.45	26	19.5			SPT-8	13.50-13.95	17	12.75			SPT-8	12.00-12.45	18	13.5	
SK-2	SPT-1	1.50-1.95	26	14.625	ZE	SK-12	SPT-9	15.00-15.45	18	13.5	ZE	SK-18	SPT-9	13.50-13.95	19	14.25	ZE
	SPT-2	3.00-3.45	27	15.188			SPT-1	1.50-1.95	7	3.9375			SPT-10	15.00-15.45	20	15	
	SPT-3	6.00-6.45	18	12.825			SPT-2	3.00-3.45	10	5.625			SPT-1	1.50-1.95	6	3.375	
	SPT-4	7.50-7.95	17	12.113			SPT-3	6.00-6.45	13	9.2625			SPT-2	3.00-3.45	15	8.4375	
	SPT-5	9.00-9.45	16	11.4			SPT-4	7.50-7.95	17	12.113			SPT-3	6.00-6.45	17	12.113	
	SPT-6	10.50-10.95	18	13.5			SPT-5	9.00-9.45	18	12.825			SPT-4	7.50-7.95	18	12.825	
	SPT-7	12.00-12.45	16	12			SPT-6	10.50-10.95	17	12.75			SPT-5	9.00-9.45	17	12.113	
	SPT-8	15.00-15.45	18	13.5			SPT-7	12.00-12.45	18	13.5			SPT-6	10.50-10.95	20	15	
							SPT-8	15.00-15.45	18	13.5			SPT-7	12.00-12.45	18	13.5	
													SPT-8	13.50-13.95	20	15	
													SPT-9	15.00-15.45	21	15.75	

Elde edilen serbest basınç dayanım değerlerine ve Tablo 5.4 ve Tablo 5.5’te karşılık gelen düzeltilmemiş SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre zemin özellikli birimin sıklık değerlendirilmesi gevşek-orta sıkı ve kıvam durumuna göre ise katı-çok katı kıvam özellikli olduğu görülmektedir.



Şekil 5.19. Kullar bölgesi lokasyonu

Bu alanda yapılmış araştırma sondajlarından elde edilen SPT verileriyle $SPT-N_{30}$ değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan $SPT-N_{30}$ değerleriyle AFAD verileri kullanılarak zemin sınıflaması yapılmıştır. Yapılan zemin sınıflamasında Kullar bölgesinde zemin sınıfı ZE olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.25 ve Tablo 5.26’da bulunan zemin sınıflarının harita spektral ivme katsayıları (S_S , S_1), yerel zemin etki katsayıları (F_S , F_1), tasarım spektral ivme katsayıları (S_{DS} , S_{D1}), yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_A , T_B), düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_{AD} , T_{BD}) değerlerinin hesaplaması AFAD standartlarına göre yapılmıştır.

Bulunan değerler Tablo 5.27’de gösterilmiştir. Hesaplanan bu değerler ilgili zemin sınıfı üzerinde yapılacak olan mühendislik yapılarının inşaatında göz önünde bulundurulacak parametrelerdir.

Tablo 5.25. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZE ve $S_s = 1,795$ için $F_s = 0,800$

Tablo 5.26. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZE ve $S_1 = 0,485$ için $F_1 = 2,230$

Tasarım Spektral İvme Katsayıları;

$$S_{DS} = S_s * F_s = 1.795 \times 0.800 = 1.436$$

$$S_{D1} = S_1 * F_1 = 0.0485 \times 2.230 = 1.082$$

S_{DS} = kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

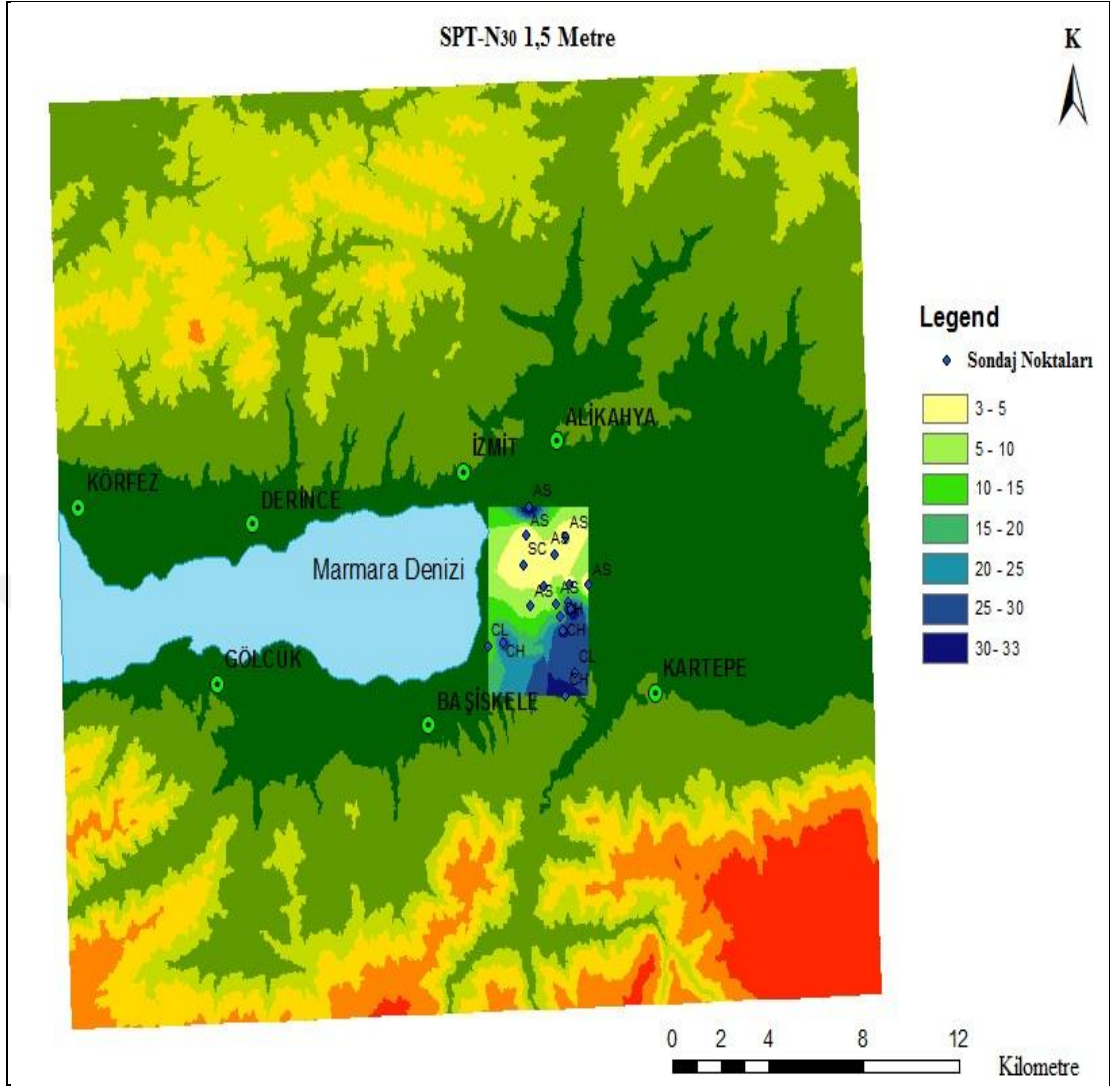
S_{D1} = 1.0 saniyedeki periyot için spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

Tablo 5.27. İzmit Kullar bölgesi için AFAD verileri

Yerel Zemin Sınıfı	ZE	
En büyük yer ivmesi (PGA)	0.733	
En büyük yer hız ivmesi (PGV)	58,886	
Harita Spektral İvme Katsayı	$S_S = 1.795$	$S_1 = 0.485$
Yerel Zemin Etki Katsayısı	$F_S = 0,800$	$F_1 = 2.230$
Tasarım Spektral İvme Katsayıları	$S_{DS} = 1.436$	$S_{D1} = 1,082$
Yatay Yönde Elastik Tasarımı İvme Spektrum Köşe Periyotları (s)	$T_A = 0.151$	$T_B = 0.753$
Düşey Yönde Elastik Tasarımı İvme Spektrum Köşe Periyotları (s)	$T_{AD} = 0.050$	$T_{BD} = 0.251$

5.5.1. Kullar bölgesinin SPT- N_{30} değerlerinin derinliğe göre değişimi

İzmit Havzası'nın orta bölümünde yer alan yapılmış sondaj çalışmalarından alınan sondaj verileri ve SPT- N_{30} değerlerinden aralıklar ile İzmit kıyısı ile Köseköy alanı arasındaki zeminlerin 1.5 metre, 3 metre, 4.5 metre, 6 metre derinliklerine SPT- N_{30} dağılımı ve zemin türleri haritaları CBS yardımıyla üretilmiştir. ArcGIS 10 ve QGIS 3.12 programları yardımıyla SPT- N_{30} ve zemin dağılım haritaları yapılmıştır. Bu bölgedeki sondajların 1.5 metre derinlikteki SPT- N_{30} değerlerinden elde edilen SPT- N_{30} ve birleştirilmiş zemin dağılım haritası Şekil 5.20'da görülmektedir.



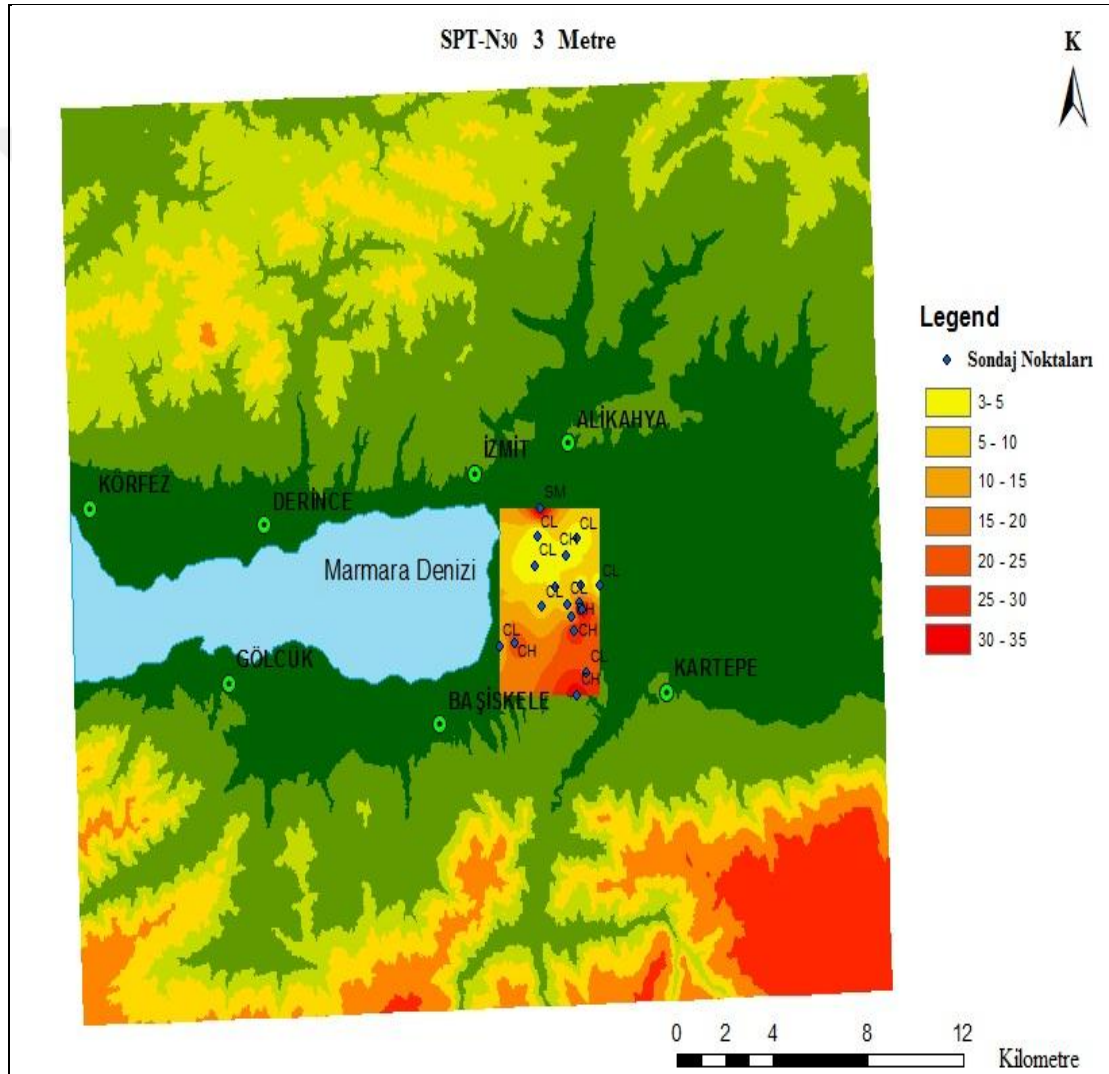
Şekil 5.20. İnceleme alanı Kullar bölgesinde 1,5 m'de SPT-N₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası

Şekil 5.20'de görüldüğü gibi sarı renkle gösterilen alanlar SPT-N₃₀ değeri en düşük düşük alanlardır. Koyu mavi ile gösterilen alanlar ise SPT-N₃₀ değerinin en yüksek olduğu alanı ifade eder.

İzmit Havzası'nın düzlüğü ortasında kalan alan SPT-N₃₀ değer aralığı bakımından en düşük 3-5 açık sarı şeklinde dağılımı gösterilmiştir. Burada havzanın içinde kalmasından dolayı zeminin tutturulma oranı düşük olduğundan kaynaklanmaktadır. Zemin içeriği olarak 1,5 metre de nebati toprak ve dolgu zemin mevcuttur. Bazı kesimlerdeki sondajlarda killi kum birimleri ince taneli ve yeşil renkli olarak görülmüştür.

İzmit Havzası'nın Kocaeli Yarımadası'na ve Armutlu Yarımadası'na bakan noktalarında ise SPT-N₃₀ değer aralıkları koyu mavi renkte olup maksimum değerler olan 30-33 değerleri görülür.

Güney kesimde bu değerler daha fazla olup içerik olarak killi birim ve siltli kil zemin içeriği görülmektedir. Killi birim, içerisinde iri çakıllı yer yer kumlu orta plastisiteli ve kahverengi görünümündedir. Siltli kil içeriğinde koyu yeşil renkte görünümü olup az oranda çakıl da içermektedir.



Şekil 5.21. İnceleme alanı Kullar bölgesinde 3 m'de SPT-N₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası

Şekil 5.21'de görüldüğü gibi sarı renkle gösterilen alanlar SPT-N₃₀ değeri en düşük olduğu alanlardır. Koyu kırmızı ile gösterilen alanlar ise SPT-N₃₀ değerinin en yüksek olduğu alanı ifade eder.

İzmit Havzası'nın orta bölümünde yer alan yapılmış sondaj çalışmalarından alınan sondaj verileri ve SPT-N₃₀ değerlerinden aralıklar ile İzmit kıyısı ile Köseköy alanı arasındaki zeminlerin 3 metre derinliklerine göre dağılımını gösterilir.

İzmit Havzası'nın orta kısmında 3 metre derinlik için SPT-N₃₀ değer aralığı bu noktada 3-5 değeri olarak sarı renkte minimum olarak gösterilmiştir. Burası ayrıca sanayi alanı olarak kullanıldığı için tek katlı yapılar mevcuttur. Çoğunluk olarak siltli kil içeriği görülen bu alan birkaç noktada sadece kil olarak da görülmektedir. Siltli kil yüksek plastisiteli olup koyu kahve renklidir. Kil birim içeriği yüksek plastisiteli olup yeşilimsi-mavi renktedir.

İzmit Havzası'nın kuzey kesiminde yer alan SPT-N₃₀ değer aralığı olarak 25-30 değeri arasında olup iyi bir değer olarak gösterilir. İçerik olarak killi ince taneli kum olup yeşilimsi-mavi renktedir.

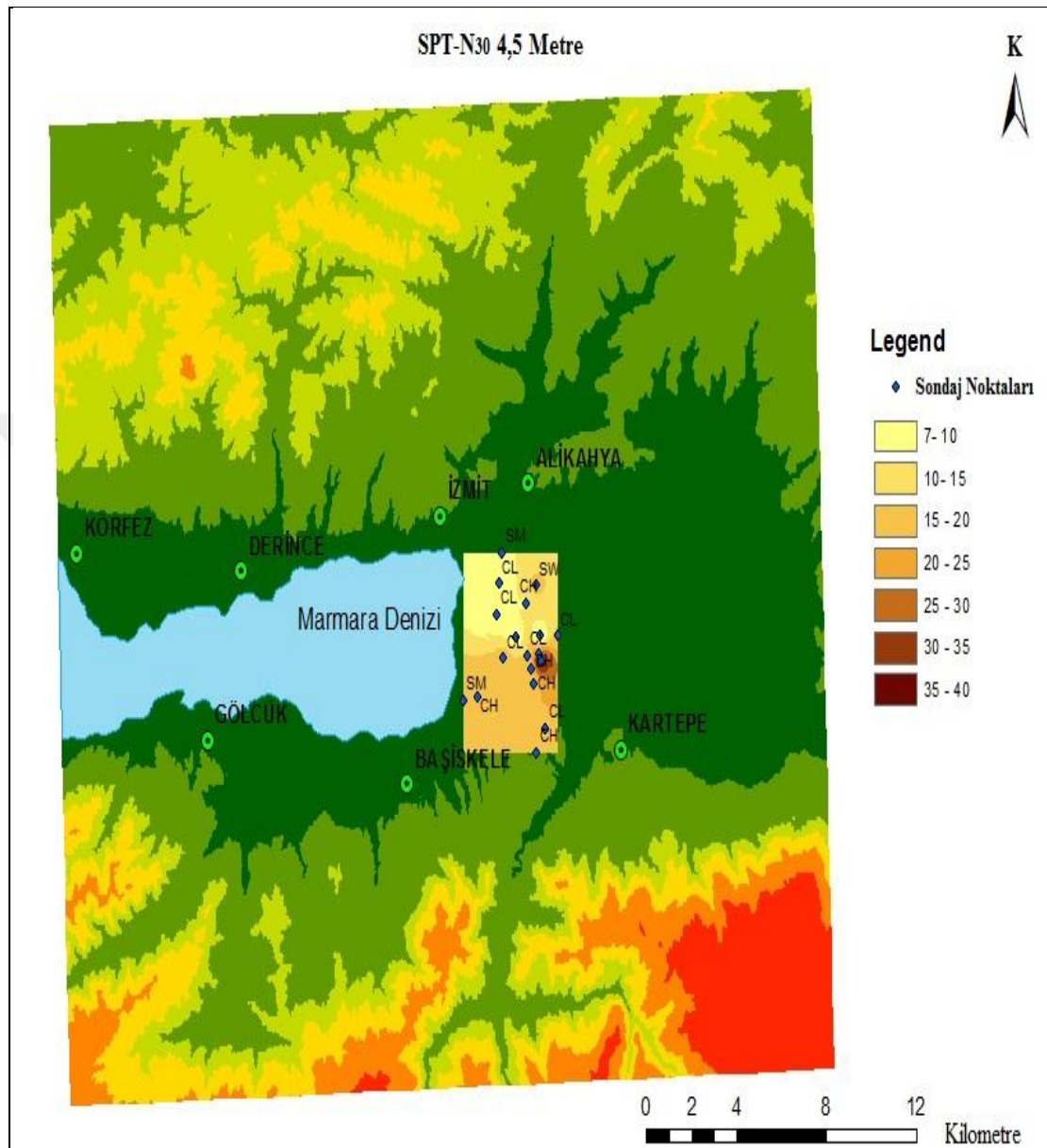
Güney kesimde yer alan noktalardaki veriler ise bu alanın SPT-N₃₀ değerleri arasında 30-35 maksimum değer aralığında olduğunu ifade etmektedir. Bu alan KAFZ'na yakın olup Armutlu Yarımadası'yla da kesişen kısımdır. Siltli kil ve kumlu kil zemin içeriği olarak kil ağırlıklı bir zemine sahiptir. Her iki birimde orta plastisiteli olup kumlu kil kahverengi renkli olup siltli kil ise yeşil renkte görülmektedir.

Şekil 5.22'de görüldüğü gibi sarı renkle gösterilen alanlar SPT-N₃₀ değeri en düşük olduğu alanlardır. Koyu kahverengi ile gösterilen alanlar ise SPT-N₃₀ değerinin en yüksek olduğu alanı gösterir.

İzmit Havzası'nın orta bölümünde yer alan yapılmış sondaj çalışmalarından alınan sondaj verileri ve SPT-N₃₀ değerlerinden aralıklar ile İzmit kıyısı ile Köseköy alanı arasındaki zeminlerin 4.5 metre derinliklerine göre dağılımını ifade etmektedir.

İzmit Havzası'nın Kullar'ı içerdiği bölge SPT-N₃₀ değeri bakımından havza düzlüğünden kuzeye doğru gidildikçe 10-15 değer aralığını, havza düzlüğünden güneye doğru gidildikçe 7-10 değer aralığında bir azalma göstererek minimum değeri ifade eder. Orta bölümde siltli kil yoğun bir alana yayılmış olarak görülmektedir. Orta bölümden kuzeye doğru siltli kil yine görülmektedir. Siltli kil

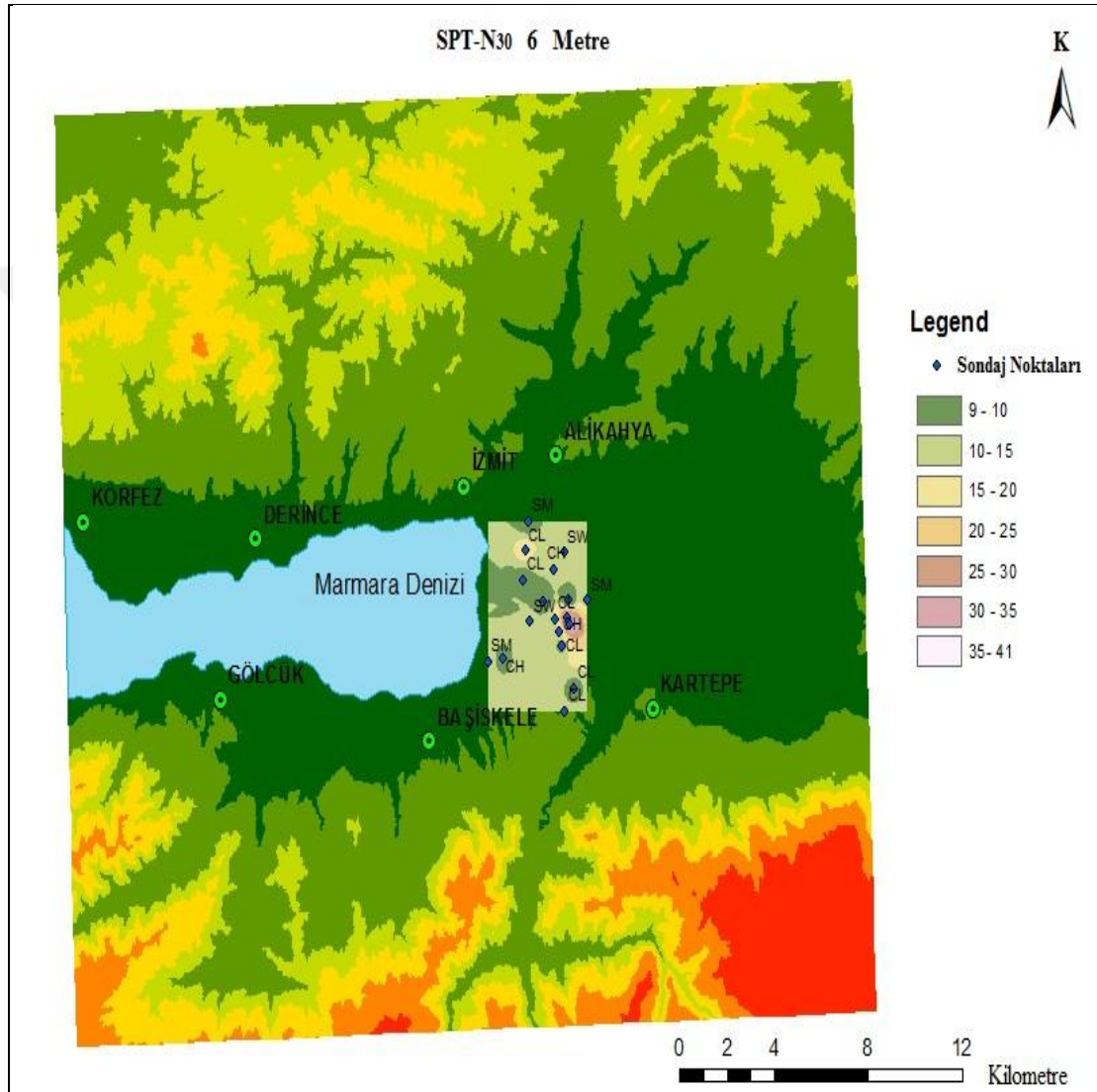
içeriği orta plastisiteli kıvama sahip yeşilimsi-mavi renktedir. Kuzey tarafta yer alan birim ise ince taneli kum birimi olup yeşilimsi-mavi renktedir.



Şekil 5.22. İnceleme alanı Kullar bölgesinde 4.5 m'de SPT-N₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası

Orta bölümün doğu tarafına doğru Şekil 5.22’de görüldüğü gibi SPT-N₃₀ değeri 4.5 metrede 35-40 değeri en yüksek seviyede görülmüştür. Kıyı kesimden uzaklaştıkça SPT-N₃₀ değeri hem artış gösteriyor hem de zemin olarak tutturulma oranı artmaktadır Derinlik arttıkça bu değerler bize daha net bilgi vermektedir. Zemin içeriği olarak ince ve orta taneli yeşil-kahve renkli killi kumlu çakıllı birim görülmektedir.

Havza düzlüğünün güneye bakan kısımda yer alan noktalar ise SPT-N₃₀ değer grafiğinde 20-25 aralığını belirterek orta bir değer olduğunu gösterir. Güney kısımdan hemen hemen orta alan kadar bu şekilde devam etmektedir. Bu noktadaki birimler siltli kil ve çakıllı kumlu kil içeriği olarak görülmektedir. Orta plastisite kıvama sahip olup sarımsı-kahve renkli görünüme sahiptir.



Şekil 5.23. İnceleme alanı Kullar bölgesinde 6 m'de SPT-N₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası

Şekil 5.23'de görüldüğü gibi koyu yeşil renkle gösterilen alanlar SPT-N₃₀ değeri en düşük olduğu alanlardır. Açık mavi ile gösterilen alanlar ise SPT-N₃₀ değerinin en yüksek olduğu alanı belirtir.

İzmit Havzası'nın orta bölümünde yer alan yapılmış sondaj çalışmalarından alınan sondaj verileri ve SPT-N₃₀ değerlerinden aralıklar ile İzmit kıyısı ile Köseköy alanı arasındaki zeminlerin 6 metre derinliklerine göre dağılımını ifade edilir.

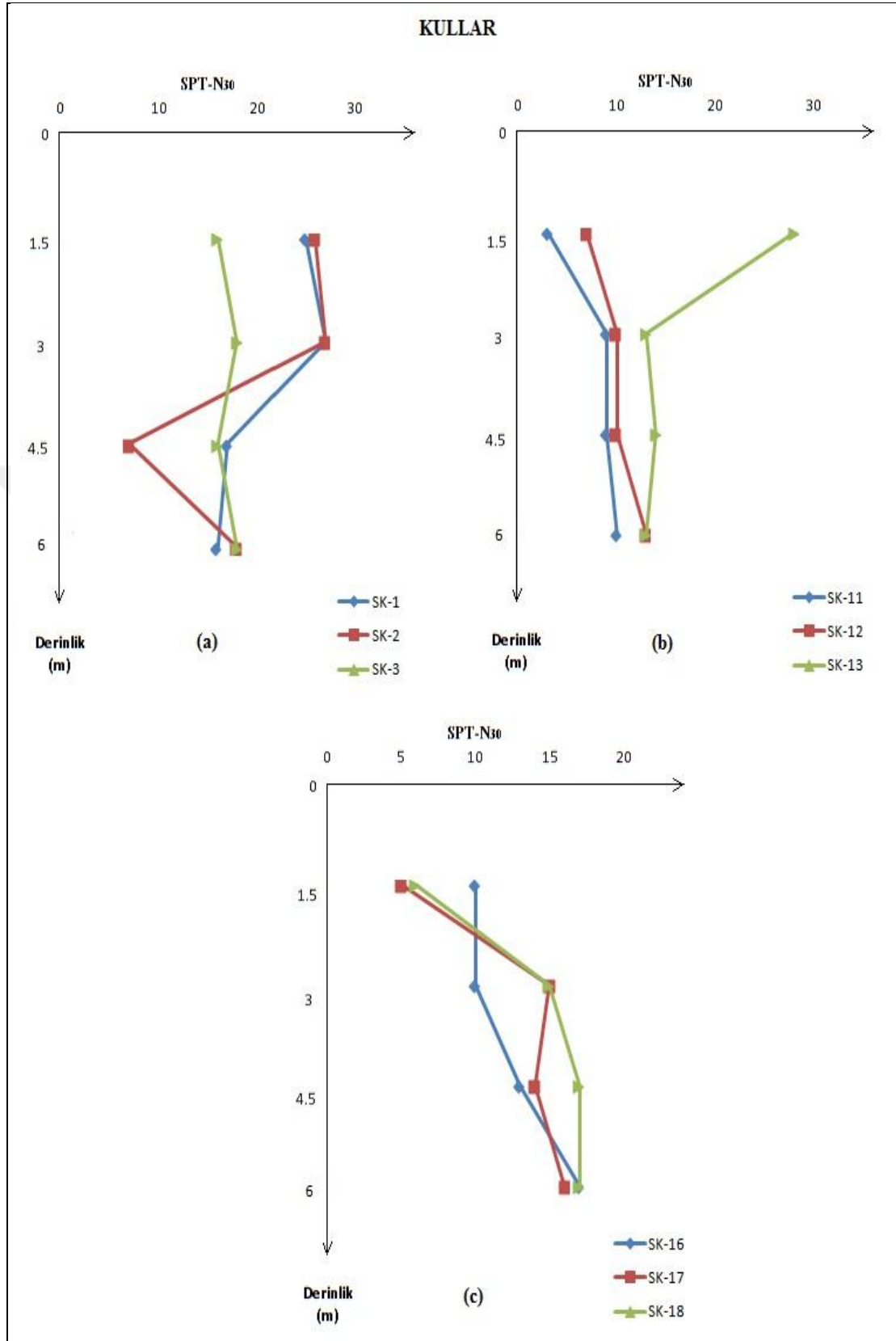
İzmit Havzası içerisinde Kullar alanının orta kısmından batıya uzanan kısmı SPT-N₃₀ değer aralığı bakımından 7-10 arasında olup en düşük değeri gösterir. Orta kısmından batıya doğru uzanan kısım ise SPT-N₃₀ değer aralığı bakımından 35-41 arasında olup maksimum değer aralığını gösterir.

İzmit Havzası içerisinde Kullar alanı orta kesimden ayrılan bölüm kuzeye ve güneye bakan kısımları SPT-N₃₀ değer aralığı bakımından 10-15 ile 20-25 arasındaki değerler olup geniş olarak alana dağılımı görülür.

Batı'ya doğru minimum değeri ifade eden birimin içeriği olarak da orta plastisiteli kil birimi ile siltli kil birimi görünüm olarak da yeşilimsi-mavi renkli görünüm vermektedir. Doğu'ya doğru ilerleyen alanda ise maksimum seviyedeki SPT-N₃₀ değeri içeriğinde orta taneli kumlu çakıllı birim mevcut olup görünüm olarak da kahve renkli yapıya sahiptir.

Kullar bölgesi için yapılmış olan sondaj verilerinden SPT-N₃₀ değerleri ile 6 metre derinliğe kadar çizgisel grafikleri Şekil 5.24'de gösterilmiştir. Kullar bölgesinin yapısına göre 3 eşit şekilde dağılım gösterilecek grafik oluşturulmuştur.

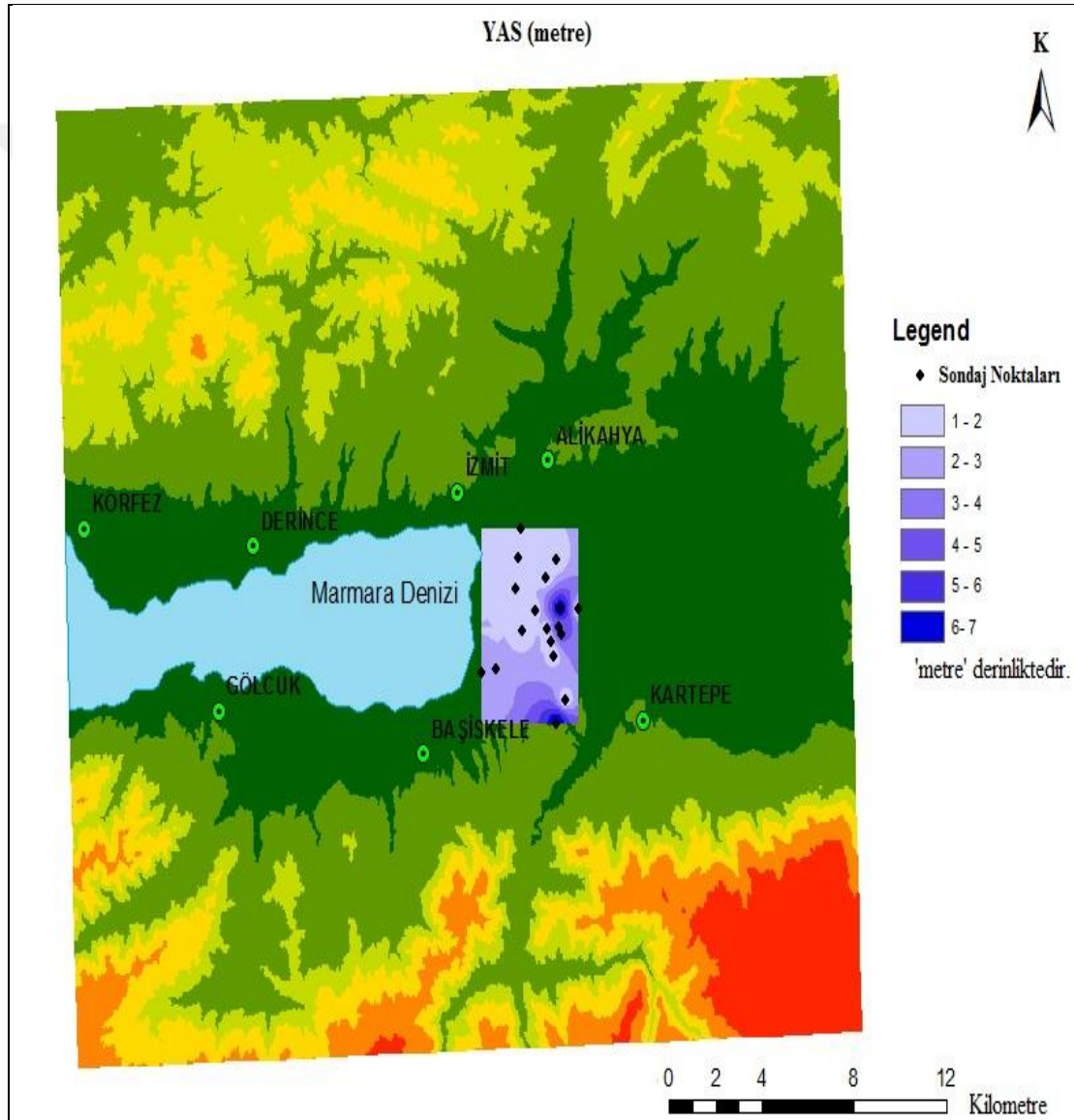
Bu alanlarda sırasıyla alınan SPT-N₃₀ değerlerinin kuzey, orta kesim ve güney olarak sıralanmıştır. Kuzey kesim için SK-1, SK-2, SK-3 sondaj verileriyle 5-30 arasındaki SPT-N₃₀ değerlerinin çizgisel grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.24a). Orta kesim için SK-11, SK-12, SK-13 sondaj verileriyle 2-30 arasındaki SPT-N₃₀ değerlerinin çizgisel grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.24b). Güney kesim için SK-16, SK-17, SK-18 sondaj verileriyle 5-20 arasındaki SPT-N₃₀ değerlerinin çizgisel grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.24c).



Şekil 5.24. Kullar bölgesinde SPT- N_{30} değerinin 6 m derinliğe kadar olan kısmının çizgisel grafiği

5.5.2. Kullar bölgesindeki yer altı su seviyesinin (YASS) dağılımı

Kullar bölgesindeki yapılan sondajlarda elde edilen yer altı su seviyesi değerlerinin dağılımı Şekil 5.25’de gösterilmektedir. Kullar bölgesi için, kuzey kesiminde 1-2 metre derinlikler arasında değişmektedir. Güneydoğu tarafına doğru ilerledikçe yer altı su seviyesinin ani bir değişimle 2-7 metre aralığında değiştiği gözlenmiştir. Kullar bölgesinin güneyine doğru ise daha kademeli bir şekilde yer altı su seviyesinin 2 metreden 7 metreye düştüğü görülmektedir.

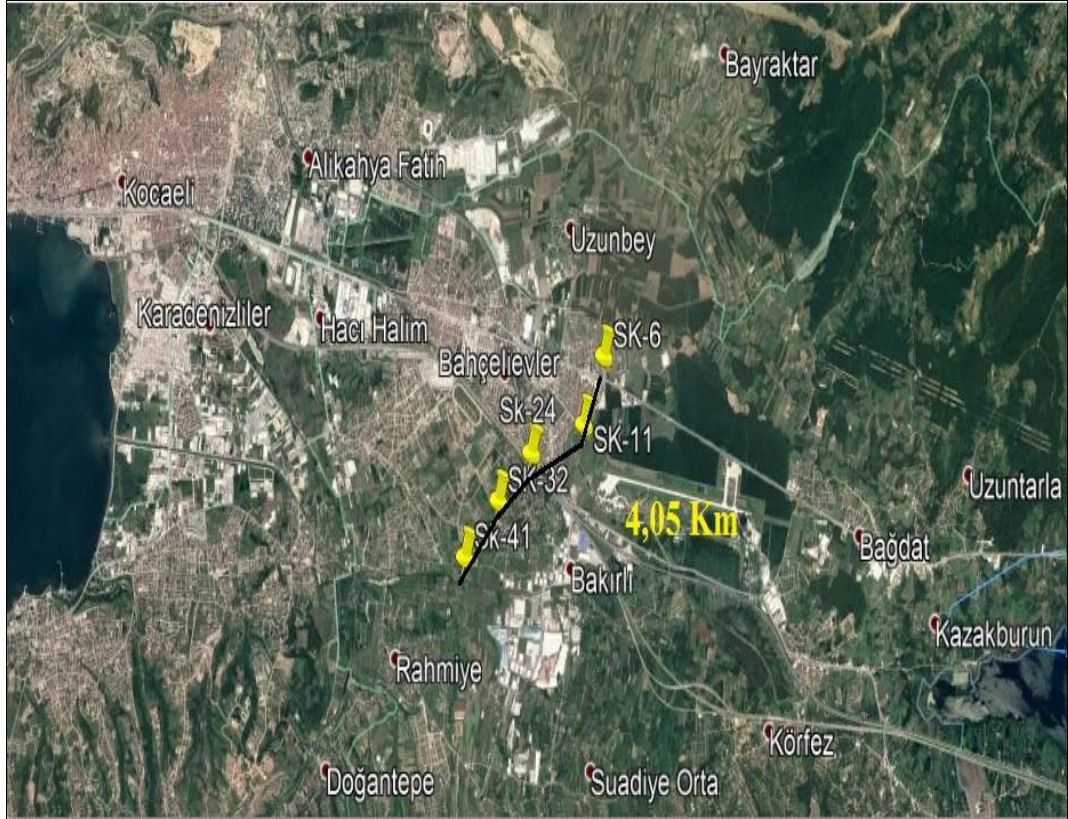


Şekil 5.25. Kullar bölgesinin yer altı su seviyesi dağılımı

5.6. Köseköy Alanının Mühendislik Jeolojisi

Köseköy'ün alanı Sapanca Gölü ve Marmara Denizi'nin bitiş noktası olan İzmit Körfezi'nin tam arasında kalmaktadır. Depremselliğin fazla olduğu bu bölgede KAF hattına yakınlığı ve jeomorfolojik olarak da önemli bir yerdedir. Kartepe eteklerinin hemen alt tarafında olması sıcak-soğuk geçişinin ani olduğu iklim olayına da önemli bir noktadır. Jeolojik olarak alüvyal genç birimlerden oluşan bu kesimlerin sondaj verilerine dayanarak yapılan zemin profilinin kesit çizgisi Şekil 5.26 ve zemin profili Şekil 5.27'de gösterilmektedir.

Köseköy alanında yapılan sondaj noktalarından zemin profili için kullanılan sondajlar Şekil 5.26'da ve mühendislik jeolojisi amaçlı zemin profili ayrıntılı olarak Şekil 5.27'de gösterilmiştir. Bu alanda jeolojik, yapısal, morfolojik özellikler, yanında zemin parametrelerinin özellikleri, yeraltı suyu seviyesi değişim yönünden incelenmiştir.

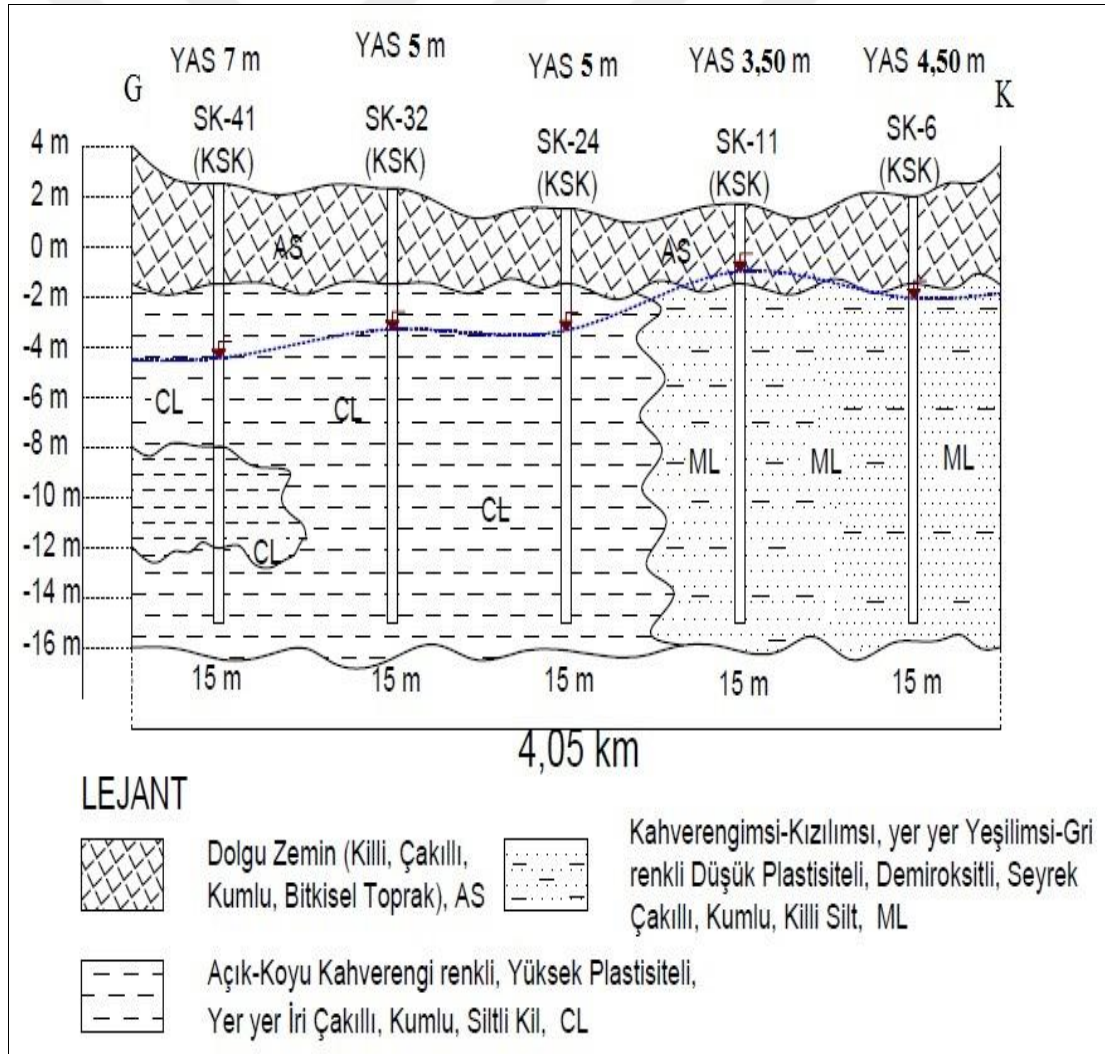


Şekil 5.26. Köseköy zemin profili için kullanılan sondaj noktaları

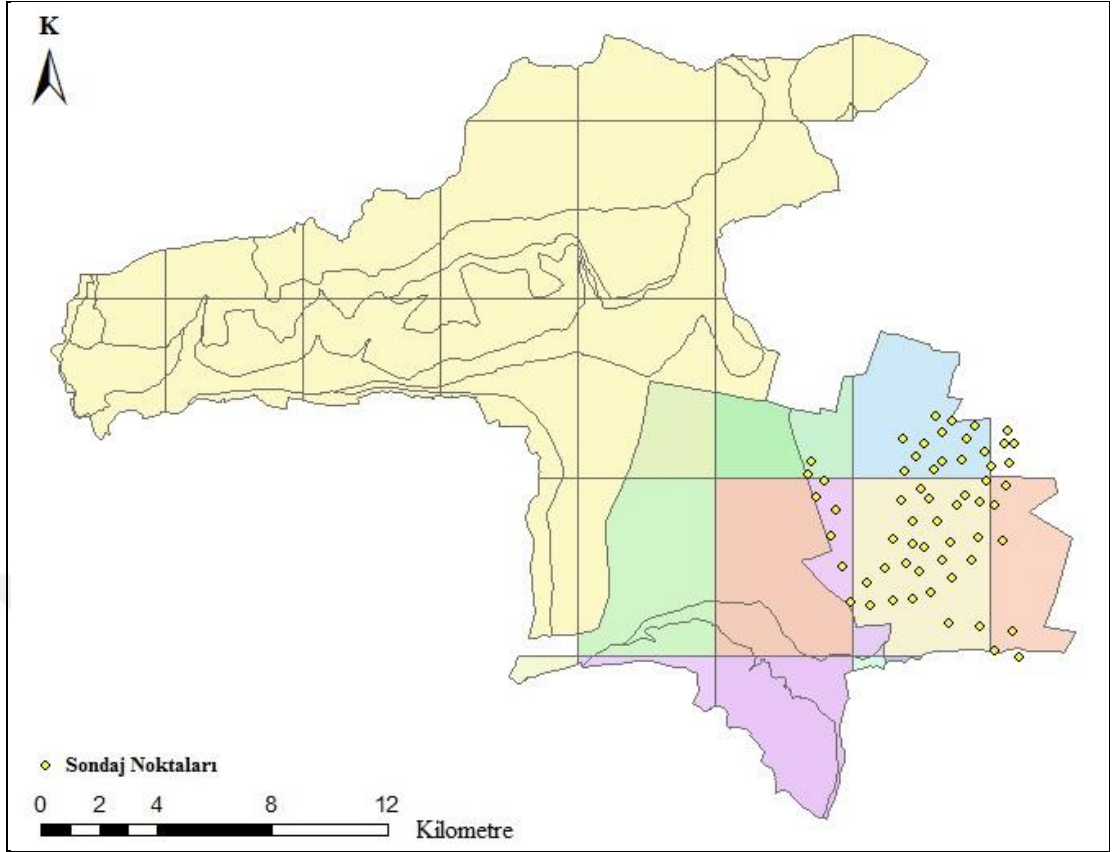
Bu alanda eski alüvyon (Qal1) daha genç çökellerden Körfez çökelleri (Qal2) yer alır. Bu alanın yapısal olarak bölgeyi etkileyen ana süreksizlik olan KAF'a uzaklığı 1-2 km arasında değişmektedir.

Jeomorfolojik düz alanlar kategorisine girip 3-5° arasında bir eğime sahip olup GD yönlü olarak arazi yükseliminde ilerlemektedir

Bu profilde Köseköy alanında dolgu zeminin 4-6 metrelere varan kalınlıklarda olduğu görülmektedir. Genellikle yüksek plastisiteli kil (CL) birimin hakim olduğu alanda kuzey kesiminde düşük plastisiteli killi silt (ML) görülmektedir (Şekil 5.27). Yer altı suyu bakımından bakıldığında kuzey kesimde 3-4 metrelerde görülürken güney kesime doğru ise 7-8 metre civarlarına kadar düştüğü görülmektedir.



Şekil 5.27. Köseköy alanının zemin profili



Şekil 5.28. Köseköy alanında yapılmış sondaj noktaları

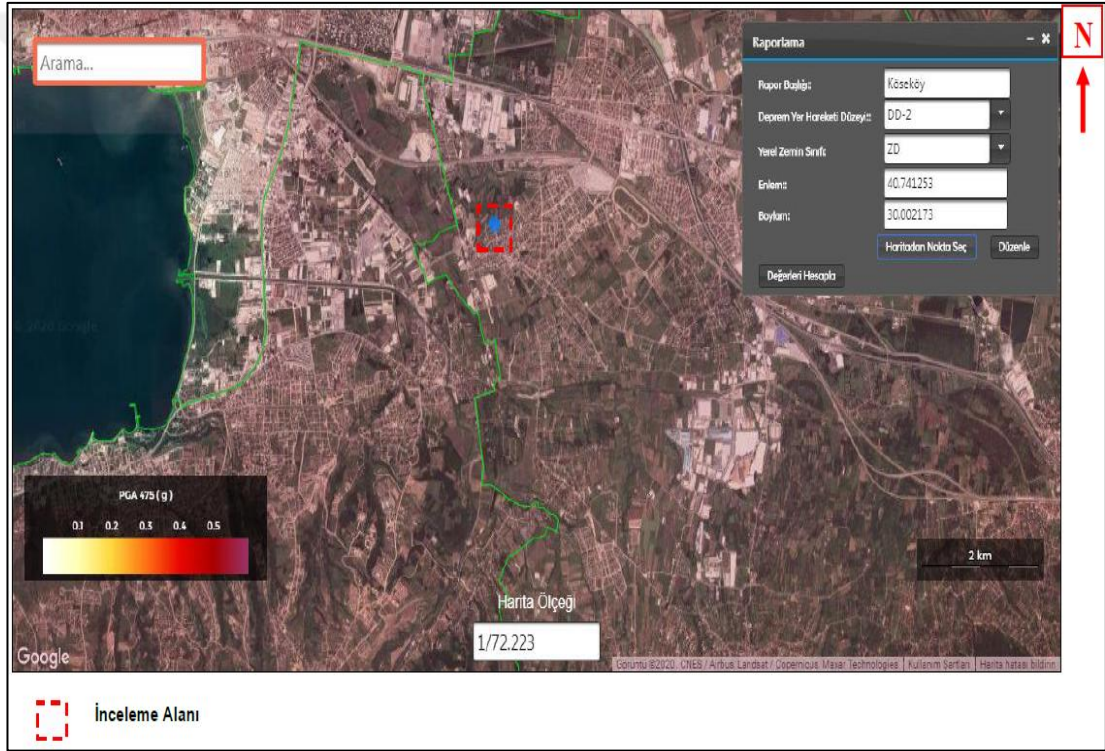
Bu alanda zemin değerlendirmesi amaçlı Tablo 5.28’de SPT verileri, Şekil 5.29’da da bölgenin harita üzerindeki konumu gösterilmiştir.

Tablo 5.28. Köseköy bölgesindeki SPT verileri

Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS	Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS	Sondaj No	Numune No	Metre	N30	N60	ZS
Sk_3	SPT-1	1.50-1.95	16	9	ZD	Sk_22	SPT-1	1.50-1.95	19	10.69	ZD	Sk_11	SPT-1	1.50-1.95	26	14.625	ZD
	SPT-2	3.00-3.45	15	8.4375			SPT-2	4.50-4.95	28	17.85			SPT-2	4.50-4.95	29	18.4875	
	SPT-3	7.50-7.95	30	21.375			SPT-3	6.00-6.45	29	20.66			SPT-3	7.50-7.95	16	11.4	
	SPT-4	9.50-9.95	43	30.6375			SPT-4	7.50-7.95	48	34.2			SPT-4	10.50-10.95	28	21	
	SPT-5	12.50-12.95	45	33.75			SPT-5	9.00-9.45	34	24.23			SPT-5	12.50-12.95	30	22.5	
	SPT-6	14.50-14.95	R+	0			SPT-6	10.50-10.95	23	17.25			SPT-6	14.50-14.95	R+	0	
Sk_15	SPT-1	1.50-1.95	9	5.0625	ZD	Sk_27	SPT-7	12.00-12.45	23	17.25	ZD	Sk_59	SPT-1	1.50-1.95	21	11.8125	ZD
	SPT-2	4.50-4.95	16	10.2			SPT-8	13.50-13.95	40	30			SPT-2	4.50-4.95	39	24.8625	
	SPT-3	7.50-7.95	19	13.5375			SPT-9	15.50-15.95	36	27			SPT-3	7.50-7.95	33	23.5125	
	SPT-4	10.50-10.95	23	17.25			SPT-10	16.50-16.95	43	32.25			SPT-4	10.50-10.95	42	31.5	
	SPT-5	13.50-13.95	26	19.5			SPT-1	1.50-1.95	40	22.5			SPT-5	12.50-12.95	28	21	
	SPT-6	16.50-16.95	27	20.25			SPT-2	4.50-4.95	37	23.59			SPT-6	14.50-14.95	31	23.25	
	SPT-7	19.50-19.95	27	20.25		SPT-3	7.50-7.95	40	28.5								
	SPT-8	22.00-22.45	26	19.5		SPT-4	10.50-10.95	28	21								
	SPT-9	25.50-25.95	28	21													
	SPT-10	27.00-27.45	28	21													
	SPT-11	29.50-29.95	42	31.5													

Bu alanda yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen bilgilere göre değişen kalınlıklarda gri renkli, krem renkli killi-kumlu (tamamen ayrılmış) birim örtü birimi yer almaktadır. Bu örtü biriminin altında ise yüzeye yakın kısmı koyu kahve renkli, kıvımsız killi, siltli ve çakıllı birim, derinlere doğru açık-koyu kahve renkli, kumlu, killi-siltli birim, küçük-iri taneli çakıllı-killi birim (alüvyonal birim) yer almaktadır.

Hesaplanan serbest basınç dayanım değerlerine ve Tablo5.4 ve Tablo5.5'te karşılık gelen düzeltilmemiş SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre zemin özellikli birimin sıklık değerlendirilmesi orta sıkı ve kıvam durumuna göre ise çok katı kıvam özellikli olduğu görülmektedir.



Şekil 5.29. Köseköy alanı lokasyonu

Bu alanda yapılmış araştırma sondajlarından elde edilen SPT verileriyle SPT-N₃₀ değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan SPT-N₃₀ değerleriyle AFAD verileri kullanılarak zemin sınıflaması yapılmıştır. Yapılan zemin sınıflamasında Köseköy alanında zemin sınıfı ZD olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.29 ve Tablo 5.30'da bulunan zemin sınıflarının harita spektral ivme katsayıları (S_s , S_1), yerel zemin etki katsayıları (F_s , F_1), tasarım spektral ivme

katsayıları (S_{DS} , S_{D1}), yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_A , T_B), düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_{AD} , T_{BD}) değerlerinin hesaplaması AFAD standartlarına göre yapılmıştır. Bulunan değerler Tablo 5.31’de gösterilmiştir. Hesaplanan bu değerler ilgili zemin sınıfı üzerinde yapılacak olan mühendislik yapılarının inşaatında göz önünde bulundurulacak parametrelerdir.

Tablo 5.29. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_s = 1,762$ için $F_s = 1,000$

Tablo 5.30. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_1 = 0,478$ için $F_1 = 1,822$

Tasarım Spektral İvme Katsayıları;

$$S_{DS} = S_S * F_S = 1.762 \times 1.000 = 1.762$$

$$S_{D1} = S_1 * F_1 = 0.478 \times 1.822 = 0.871$$

S_{DS} = kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

S_{D1} = 1.0 saniyedeki periyot için spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

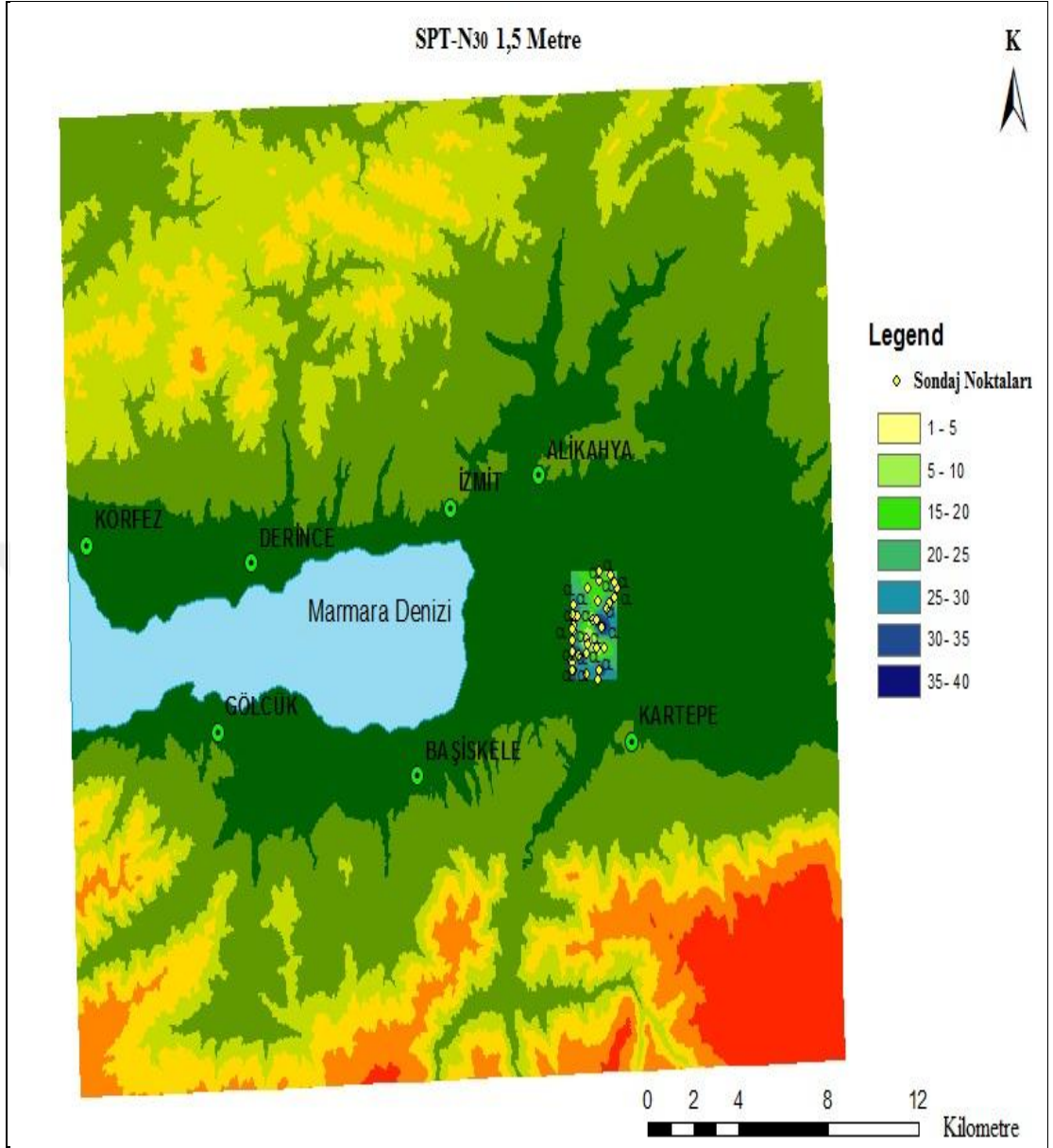
Tablo 5.31. Köseköy için AFAD verileri

Yerel Zemin Sınıfı	ZD	
En büyük yer ivmesi (PGA)	0,720	
En büyük yer hız ivmesi (PGV)	60,200	
Harita Spektral İvme Katsayı	$S_S = 1,762$	$S_1 = 0,478$
Yerel Zemin Etki Katsayısı	$F_S = 1,000$	$F_1 = 1,822$
Tasarım Spektral İvme Katsayıları	$S_{DS} = 1,762$	$S_{D1} = 0,871$
Yatay Yönde Elastik Tasarımı İvme Spektrum Köşe Periyotları (s)	$T_A = 0,099$	$T_B = 0,494$
Düşey Yönde Elastik Tasarımı İvme Spektrum Köşe Periyotları (s)	$T_{AD} = 0,033$	$T_{BD} = 0,165$

5.6.1. Köseköy bölgesinin SPT- N_{30} değerlerinin derinliğine göre değişimi

İzmit Havzası'nın orta kısmında yer alan, Marmara Denizi ile Sapanca Gölü arasında kalan Köseköy bölgesinde yapılmış sondaj çalışmalarından alınan sondaj verileri ve SPT- N_{30} değerlerinden zeminlerin 1.5 metre, 3 metre, 4.5 metre, 6 metre derinliklerine göre SPT- N_{30} dağılımı ve zemin türleri haritaları CBS yardımıyla üretilmiştir. ArcGIS 10 ve QGIS 3.12 programları yardımıyla SPT- N_{30} ve Zemin dağılım haritaları yapılmıştır.

Bu bölgedeki sondajların 1.5 metre derinlikteki SPT- N_{30} değerlerinden elde edilen dağılım haritası Şekil 5.30'da görülmektedir.



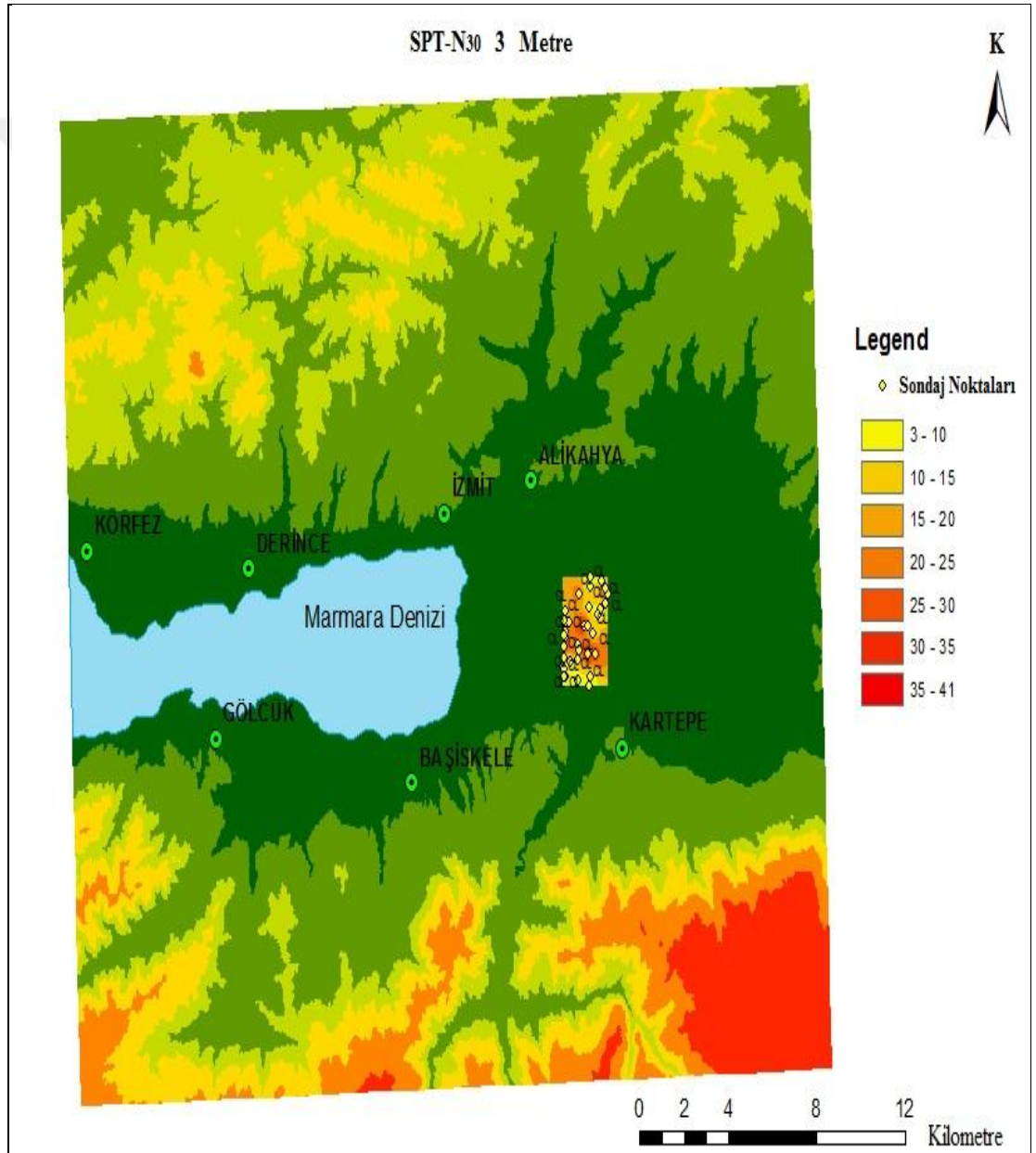
Şekil 5.30. İnceleme alanı Köseköy bölgesinde 1.5 m'de SPT-N₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası

Şekil 5.30'da gösterildiği gibi sarı renkle gösterilen alanlar SPT-N₃₀ değeri en düşük olduğu alanlardır. Koyu mavi ile gösterilen alanlar ise SPT-N₃₀ değerinin en yüksek olduğu alanı gösterir.

Köseköy alanının orta düzlüğün batı tarafına bakan iç kısımda 1-5 aralığında 1.5 metre de en düşük görülen kısımdır. Buradaki birim düşük plastisite ile tutturulmuş yeşilimsi-gri renkli siltli kil görülmektedir. İçerisinde ayrıca çakıl ve kum miktarı da belli bir miktarda bulunmaktadır. Diğer tarafta orta kısmın doğu tarafa bakan iç kısımda ise 35-40 değer aralığında 1.5 metre de en yüksek aralığa sahip kısımdır.

İçeriğinde yüksek plastisite ile tutturulmuş koyu kahverengi yeşilimsi-gri renkli seyrek çakıllı, kumlu, siltli kil birimi görülmektedir.

Bu alanda genel olarak bakıldığında SPT-N₃₀ değerleri 1.5 metre de çok düşük değer az miktarda olup bu kısım kuzey kesimde ağırlık göstermektedir. Buradaki değer aralığı 1-5 ve 5-10 SPT-N₃₀ değer aralığını ifade eder. Güney kısımda ise bu alandaki yüksek değer aralığını gösteren noktalar olup SPT-N₃₀ değerleri 25-30 ve 30-35 arasında değişmektedir.



Şekil 5.31. İnceleme alanı Köseköy bölgesinde 3 m'de SPT-N₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası

Şekil 5.31’de görüldüğü gibi sarı renkle gösterilen alanlar SPT-N₃₀ değeri en düşük olduğu alanlardır. Koyu kırmızı ile gösterilen alanlar ise SPT-N₃₀ değerinin en yüksek olduğu alanı gösterir.

İzmit Havzası’nın doğu kısmında yer alan Marmara Denizi’nin bitişi ile Sapanca Gölü arasında kalan Köseköy alanının yapılan sondaj çalışmalarından alınan sondaj verileri ve SPT-N₃₀ değerlerinden aralıkları ile Köseköy alanındaki zeminlerin 3 metre derinliklerine göre dağılımını ifade edilir.

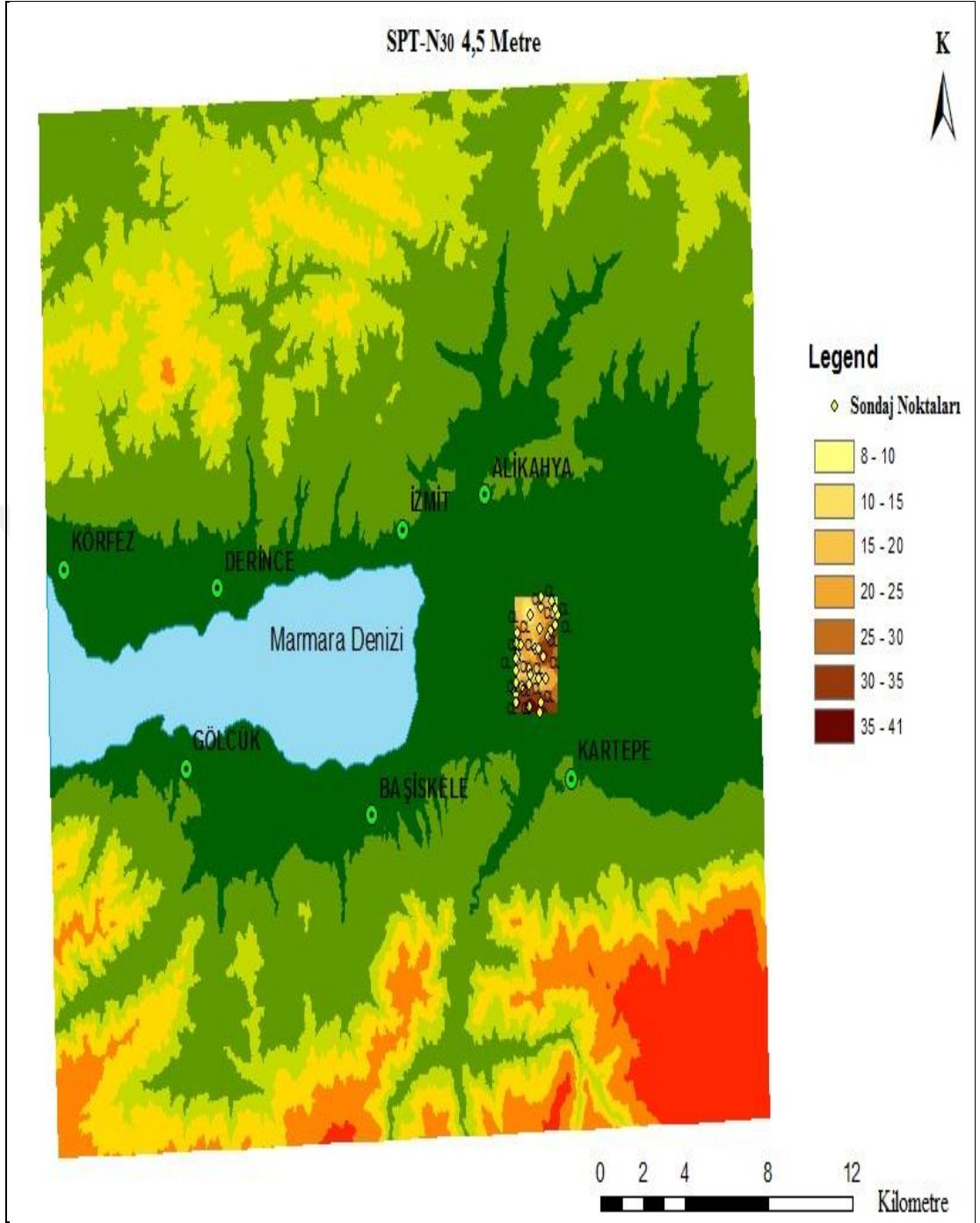
Köseköy bölgesinin iç kısmında kalan alanın orta tarafını oluşturan bölümde doğu batı doğrultulu uzanan kısmında Şekil 5.31’de belirtildiği gibi SPT-N₃₀ değer aralıklarının maksimum görüldüğü 35-41 aralığını gösterir. Bu bölümde orta ve yüksek plastisiteli, koyu kahve renkli kızılımsı renkli, çakıllı, kumlu, siltli kil birimi içerik olarak yüksek değer aralığını belirtir.

Köseköy bölgesinde güneybatı kısmında kalan alanın SPT-N₃₀ değer aralıklarının minimum görüldüğü 3-10 aralığını gösterir. Bu düşük değer bir kısmı da kuzeydoğu tarafına bakan alanı da kapsar. Bu bölümü kapsayan düşük değer içeriğinde düşük plastisiteli, kahverengi, yeşilimsi-gri renkli, kumlu sitli kil birimi görülmektedir.

Şekil 5.32’de görüldüğü gibi sarı renkle gösterilen alanlar SPT-N₃₀ değeri en düşük olduğu alanlardır. Koyu kahverengi ile gösterilen alanlar ise SPT-N₃₀ değerinin en yüksek olduğu alanı belirtir.

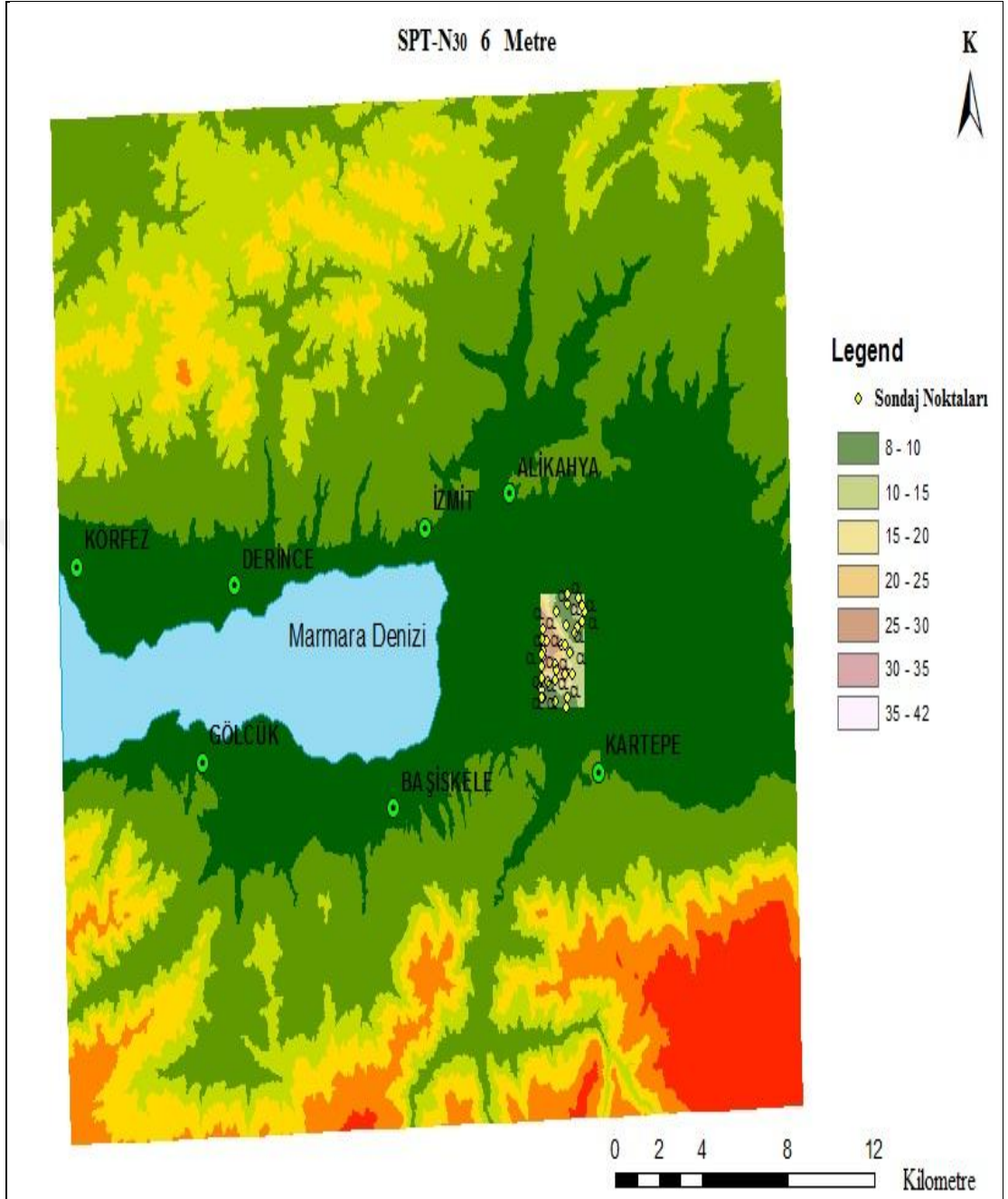
İzmit Havzası’nın doğu kısmında yer alan Marmara Denizi’nin bitişi ile Sapanca Gölü arasında kalan Köseköy alanının yapılan sondaj çalışmalarından alınan sondaj verileri ve SPT-N₃₀ değerlerinden aralıkları ile Köseköy alanındaki zeminlerin 4.5 metre derinliklerine göre dağılımını gösterilir.

İzmit Havzası’nın doğu tarafında bulunan Köseköy alanının kuzey kesimi 4.5 metre de SPT-N₃₀ değerlendirmesinde 8-10 aralığı olarak en düşük değeri ifade ederek açık sarı renk olarak gösterilir. Kuzey kesimden güneye doğru gidildikçe SPT-N₃₀ değeri artmaktadır. Kuzey kesimde bu düşük değer içerisinde düşük plastisiteli kahverengimsi-kızılımsı yer yer yeşilimsi gri renkli, seyrek çakıllı, kumlu, siltli kil birimi görülür.



Şekil 5.32. İnceleme alanı Köseköy bölgesinde 4.5 m'de SPT-N₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası

İzmit Havzası içerisinde doğu kısımdaki Köseköy'ün, güney kesimindeki alanın 4,5 metre derinliğindeki SPT-N₃₀ değerlendirmesinde 35-41 aralığını maksimum seviyede koyu kahverengi renk tonuyla da Şekil 5.32'de gösterilir. Güney kesimdeki alanda önemli bir yer tutan bu birim içeriği olarak yüksek plastisiteli, açık-koyu kahverengi renkli, kumlu siltli kil birimi görülmektedir.



Şekil 5.33. İnceleme alanı Köseköy bölgesinde 6 m'de SPT-N₃₀ değerlerinin ve zemin türlerinin dağılım haritası

Şekil 5.33'de görüldüğü gibi koyu yeşil renkle gösterilen alanlar SPT-N₃₀ değeri en düşük olduğu alanlardır. Açık mavi ile gösterilen alanlar ise SPT-N₃₀ değerinin en yüksek olduğu alanı belirtir.

İzmit Havzası'nın doğu kısmında yer alan Marmara Denizi'nin bitişi ile Sapanca Gölü arasında kalan Köseköy alanının yapılan sondaj çalışmalarından alınan sondaj

verileri ve SPT-N₃₀ değerlerinden aralıkları ile Köseköy alanındaki zeminlerin 6 metre derinliklerine göre dağılımını gösterir.

Köseköy alanının içerisinde SPT-N₃₀ dağılımının dağınık bir yapıya sahip olduğu 6 metre de güneybatı taraflı alan ile kuzeydoğu taraflı alan Şekil 5.33’de de görüldüğü gibi 8-10 arasında minimum değeri ifade eder.

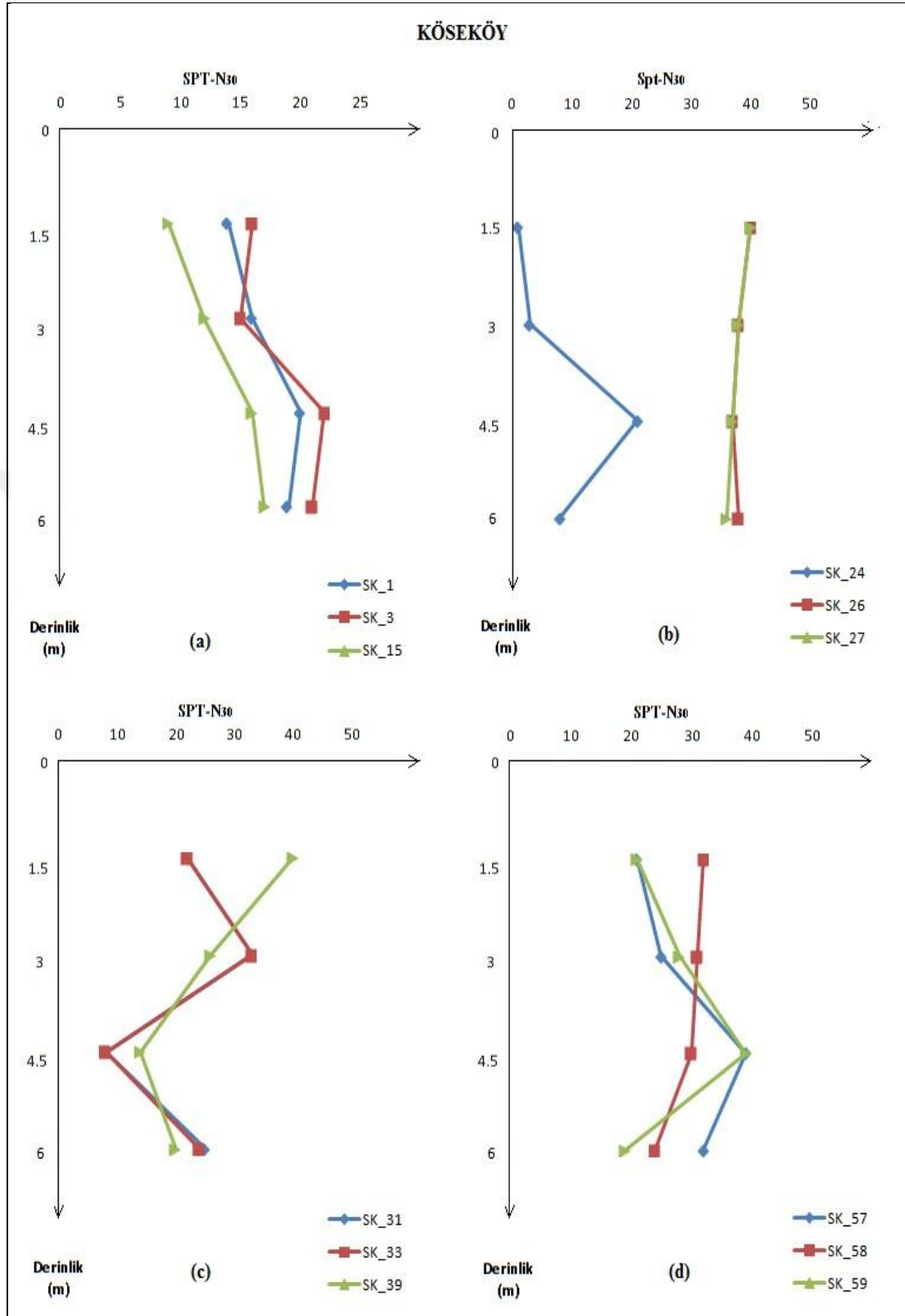
Bunu çevreleyen orta kısım ise 15-20 ve 20-25 aralığı olarak orta değer SPT-N₃₀ dağılımını gösterir. Köseköy alanının orta kısmındaki bölümün batıya bakan tarafı ise 35-42 aralığı SPT-N₃₀ dağılımının en yüksek değer aralığını belirtir.

Bu alanın güneybatı ile kuzeydoğu tarafındaki minimum SPT-N₃₀ değerini veren birim, düşük plastisiteli, kahverengi, yeşilimsi-gri renkli, kumlu, siltli kil birimidir.

Köseköy bölgesinin orta kısmındaki alanın batıya bakan tarafı 35-42 değer aralığında olup birim içeriğine bakıldığında yüksek plastisiteli, koyu kahverengi kıvrımsı renkli, seyrek çakıllı, kumlu, siltli kil birimi görülür.

Köseköy bölgesi için yapılmış olan sondaj verilerinden SPT-N₃₀ değerleri ile 6 metre derinliğe kadar çizgisel grafikleri Şekil 5.34’de gösterilmiştir. Köseköy bölgesinin yapısına göre 4 eşit şekilde dağılım gösteren grafikler oluşturulmuştur.

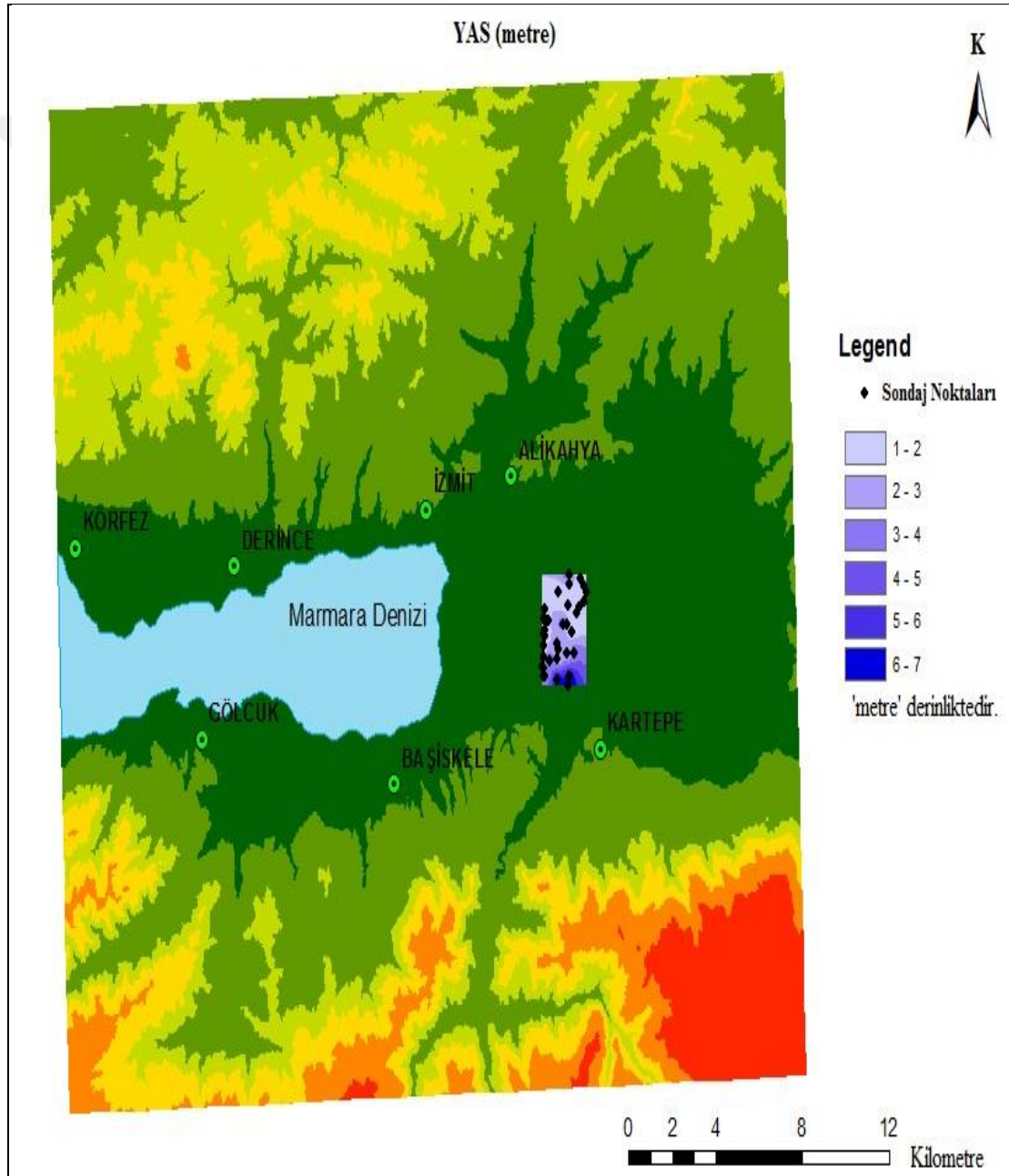
Bu alanlarda sırasıyla alınan SPT-N₃₀ değerlerinin kuzey, doğu, batı ve güney kesimler olarak sıralanmıştır. Kuzey kesim için SK-1, SK-3, SK-15 sondaj verileriyle 8-25 arasındaki SPT-N₃₀ değerlerinin çizgisel grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.34a). Doğu kesim için SK-24, SK-26, SK-27 sondaj verileriyle 1-40 arasındaki SPT-N₃₀ değerlerinin çizgisel grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.34b). Batı kesim için SK-31, SK-33, SK-39 sondaj verileriyle 10-40 arasındaki SPT-N₃₀ değerlerinin çizgisel grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.34c). Güney kesim için SK-57, SK-58, SK-59 sondaj verileriyle 15-40 arasındaki SPT-N₃₀ değerlerinin çizgisel grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.34d).



Şekil 5.34.Köseköy bölgesinin SPT- N_{30} değeri 6 m derinliğe kadar olan kısmının çizgisel grafiği

5.6.2. Köseköy bölgesindeki yer altı su seviyesinin (YASS) dağılımı

İzmit Havzasının orta kesiminde yer alan Köseköy bölgesinde yapılan sondajlarda elde edilen yer altı su seviyesi değerlerinin dağılımı Şekil 5.35’de gösterilmiştir. Köseköy bölgesinin kuzey kesiminde YASS 1-2 metre derinlikler arasında değişmektedir. Bölgenin orta kesimlerinde yer altı su seviyesinin 2-5 metre aralığında değiştiği ve güneyinde ise yer altı su seviyesinin 6-7 metrelere kadar düştüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 5.35. Köseköy bölgesinin yer altı su seviyesi dağılımı

6. ARAŞTIRMA BULGULARI

Tez çalışmasında İzmit Havzasının batı kesiminin mühendislik jeolojisi kapsamında çalışılan bölgede yapılmış sondaj çalışmaları verileri alınarak İzmit-Köseköy arası alanın yeraltı zemin profili ve SPT-N₃₀ değerlerinin derinlikle değişimi ortaya konmuştur.

İzmit kıyı kesiminde belirlenen 4 bölgede genel olarak SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre zemin özellikli birimin sıklık değerlendirilmesi çok gevşek-gevşek-orta sıkı ve kıvam durumuna göre ise yumuşak-çok katı-orta-katı kıvam özellikli olduğu görülmektedir.

Kullar alanında SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre zemin özellikli birimin sıklık değerlendirilmesi gevşek-orta sıkı ve kıvam durumuna göre ise katı-çok katı kıvam özellikli olduğu görülmektedir.

Köseköy alanında SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre zemin özellikli birimin sıklık değerlendirilmesi orta sıkı ve kıvam durumuna göre ise çok katı kıvam özellikli olduğu görülmektedir.

Bu alanda yapılan sondaj çalışmalarında yeraltı suyu seviyesi (YASS) ölçüm çalışmaları yapılmıştır. Bu durumda İzmit bölgesi sondaj kuyularında ölçüm sonucu yeraltı suyu seviyesinin (YASS) 1-10 metre arasında değişim gösterir. Kullar bölgesi sondaj kuyularında ölçüm sonucu yer altı suyu seviyesinin (YASS) 1-7 metre arasında değişim gösterir. Köseköy bölgesi sondaj kuyularında ölçüm sonucu yeraltı suyu seviyesinin (YASS) 1-7 metre arasında olduğu gözlemlenmiştir.

İzmit-Köseköy arası alanıda yapılan sondaj çalışmalarından SPT-N₃₀ değer verilerine bakılarak İzmit kıyı kesimi zeminleri için serbest basınç dayanımı (q_u) 0.3-2.0 kg/cm² ve SPT-N₃₀ değerleri 0-15 ila 15-50 arasında değişen orta sıkı killi kum ve yumuşak killi silt birimleridir. Kullar kesimi zeminleri için serbest basınç dayanımı (q_u) 0.5-2.0 kg/cm² ve SPT-N₃₀ değerleri 15-50 arasında değişen gevşek-orta sıkı killi, siltli ve kumlu birimlerdir. Köseköy kesimi zeminleri için serbest basınç

dayanımı (q_u) 2.0-4.0 kg/cm² ve SPT-N₃₀ değerleri 15-50 arasında değişen çok katı ince-iri taneli çakıllı-killi birimlerdir.

İzmit-Köseköy arasındaki alanın kıyı kesimlerinde eski alüvyonlar (Qal1), iç kesimlere doğru gidildikçe daha genç çökellerden Körfez çökelleri (Qal2) ve havzanın doğu kesimine doğru Acısı formasyonu yer alır. Jeomorfolojik olarak düz alanlar kategorisine girip 3-5° arasında bir eğime sahip olup KB-GD yönlü olarak dağlık yükselim olarak ilerlediği görülür.

İzmit-Köseköy arasındaki alanda İzmit Havzası düzlüğünde dolgu zeminin 6-7 metrelere varan kalınlıklarda olduğu görülmektedir. Köseköy alanında ise dolgu zemin 2-3 metre kalınlıkta olduğu ifade edilir. Genellikle düşük plastisiteli kil (CL) birimin hakim olduğu alanda İzmit'in orta kesiminde karmaşık bir durum belirlenmiştir. Bu kesimde siltli kum (SM) ve ince kum (SP) birimleri düşük plastisiteli kil arasına girdiği görülmektedir

İzmit Havzası kıyısında dolgu zeminin kuzey kesimde 6-7 metrelere varan kalınlıklarda olduğu görülür, güney kesimde ise dolgu zemin görülmemektedir. Genellikle düşük plastisiteli kil (CL) birimin hakim olduğu alanda İzmit'in kıyı kesiminde karmaşık bir durum görülmektedir. Bu kesimde ince kum (SP) birimleri düşük plastisiteli kil arasına girdiği görülmektedir

Köseköy alanında eski alüvyon (Qal1) daha genç çökellerden Körfez çökelleri (Qal2) yer alır. Bu profilde Köseköy alanında dolgu zeminin 4-6 metrelere varan kalınlıklarda olduğu görülür. Genellikle yüksek plastisiteli kil (CL) birimin hakim olduğu alanda kuzey kesiminde düşük plastisiteli killi silt (ML) görülmektedir.

Kuzeyde kesimde Kocaeli Penepleni ve güneyde kesimde Samanlıdağ Yükselimi Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile ayrılmaktadır. Bu fayla birlikte güney kesimde Samanlıdağ Yükselimi'nin fazla olması ve sıcak-soğuk etkileşiminden dolayı ayrışma burada daha çok gerçekleşerek çakıl oranının fazla olmasını, kuzey kesimde ise silt ve kil oranının fazla olması yapılan sondaj çalışmalarında en belirgin özellik olarak görülmektedir.

İzmit kıyı kesimi Bölge 1 için alınan sondaj verileri ve mühendislik parametrelerden yerel zemin sınıfı-ZD, en büyük yer ivmesi (PGA)-0.683, en büyük yer hız ivmesi (PGV)- 58,700, harita spektral ivme katsayı- $S_S= 1.668$ - $S_1= 0.454$, yerel zemin etki katsayısı- $F_S= 1.000$ - $F_1= 1.846$, tasarım spektral ivme katsayıları- $S_{DS}= 1.668$ - $S_{D1}= 0.838$, yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s) $T_A= 0.100$ - $T_B= 0.502$, düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s)- $T_{AD}= 0.033$ - $T_{BD}= 0.167$ sonuçları belirlenmiştir. Belirlenen sonuçlara göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi girer.

İzmit kıyı kesimi Bölge 2 için alınan sondaj verileri ve mühendislik parametrelerden; yerel zemin sınıfı-ZE, en büyük yer ivmesi (PGA)-0.680, en büyük yer hız ivmesi (PGV)-57,592, harita spektral ivme katsayı- $S_S= 1.663$ - $S_1= 0.452$, yerel zemin etki katsayısı- $F_S=0,800$ - $F_1= 2,296$, tasarım spektral ivme katsayıları- $S_{DS}= 1.330$ - $S_{D1}= 1.038$, yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s) $T_A= 0.156$ - $T_B= 0.780$, düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s)- $T_{AD}= 0.052$ - $T_{BD}= 0.260$ sonuçları belirlenmiştir. Belirlenen sonuçlara göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi girer.

İzmit kıyı kesimi Bölge 3 için alınan sondaj verileri ve mühendislik parametrelerden; yerel zemin sınıfı-ZE, en büyük yer ivmesi (PGA)-0.706, en büyük yer hız ivmesi (PGV)-60.146, harita spektral ivme katsayı- $S_S= 1.728$ - $S_1= 0.469$, yerel zemin etki katsayısı- $F_S=0,800$ - $F_1= 2,262$, tasarım spektral ivme katsayıları- $S_{DS}= 1.382$ - $S_{D1}= 1.061$, yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s) $T_A= 0.153$ - $T_B= 0.767$, düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s)- $T_{AD}= 0.051$ - $T_{BD}= 0.256$ sonuçları belirlenmiştir. Belirlenen sonuçlara göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi girer.

İzmit kıyı kesimi Bölge 4 için alınan sondaj verileri ve mühendislik parametrelerden; yerel zemin sınıfı-ZE, en büyük yer ivmesi (PGA)-0.721, en büyük yer hız ivmesi (PGV)-59.761, harita spektral ivme katsayı- $S_S= 1.766$ - $S_1= 0.478$, yerel zemin etki katsayısı- $F_S=0,800$ - $F_1= 2,244$, tasarım spektral ivme katsayıları- $S_{DS}= 1.413$ - $S_{D1}= 1.073$, yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s) $T_A= 0.152$ - $T_B= 0.759$, düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s)- $T_{AD}=$

0.051- $T_{BD} = 0.253$ sonuçları belirlenmiştir. Belirlenen sonuçlara göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi girer.

Kullar alanı sondaj verileri ve mühendislik parametrelerden yerel zemin sınıfı-ZE, en büyük yer ivmesi (PGA)-0.733, en büyük yer hız ivmesi (PGV)-58.886, harita spektral ivme katsayı- $S_S = 1.795$ - $S_1 = 0.485$, yerel zemin etki katsayısı- $F_S = 0.800$ - $F_1 = 2.230$, tasarım spektral ivme katsayıları- $S_{DS} = 1.436$ - $S_{D1} = 1.082$, yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s) $T_A = 0.151$ - $T_B = 0.753$, düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s)- $T_{AD} = 0.050$ - $T_{BD} = 0.251$ sonuçları belirlenmiştir. Belirlenen sonuçlara göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi girer.

Köseköy alanı sondaj verileri ve mühendislik parametrelerden yerel zemin sınıfı-ZD, en büyük yer ivmesi (PGA)-0.720, en büyük yer hız ivmesi (PGV)-60.200, harita spektral ivme katsayı- $S_S = 1.762$ - $S_1 = 0.478$, yerel zemin etki katsayısı- $F_S = 1.000$ - $F_1 = 1.822$, tasarım spektral ivme katsayıları- $S_{DS} = 1.762$ - $S_{D1} = 0.781$, yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s) $T_A = 0.099$ - $T_B = 0.494$, düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s)- $T_{AD} = 0.033$ - $T_{BD} = 0.165$ sonuçları belirlenmiştir. Belirlenen sonuçlara göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi girer.

.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında İzmit Havzası batı kesiminin mühendislik jeolojisi incelenmiştir. Bu amaçla jeolojik, jeomorfolojik ve mühendislik jeolojisi verileri inceleme alanı için toplanmıştır. Elde edilen veriler ile CBS programlarında gerekli haritaların üretilmesi ve analiz sonuçlarının görüntülenmesi gerçekleştirilmiştir.

İzmit Havzası ve kıyı kesimlerde birçok noktada yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen SPT değerleri ve derinlikle litoloji değişimleri verileri ile İzmit'in kıyı kesimi, Kullar bölgesi ve Köseköy bölgesi zemin profilleri çıkartılarak bu profillerde yeraltı su seviyeleri belirtilmiştir.

İzmit kıyı kesiminin SPT-N₃₀ verileri 1.5 m, 3 m, 4.5 m ve 6 metrelerdeki değerlerinin ve zemin cinslerinin dağılımı İzmit kıyı alanı için belirlenmiştir. Bu alanda zeminin mühendislik jeolojisi özellikleri (dayanım, kıvam, sıkılık, zemin sınıfı vb.) ve zemin dağılımı ortaya konmuştur. Buna göre yapay dolgunun Marmara Denizi'nin kıyılarında çok görüldüğü, iç kesime gidildikçe killi ve siltli zeminlerin hakim olduğu ve bu zeminlerin ince tane oranının artmakta olduğu bunun yanında kum ve çakıl oranının azaldığı zemin verilerden belirlenmiştir. İzmit kıyısının batı kısmında Derince'ye bağlanan kesimde zeminlerin İzmit'in doğudaki kıyısına nazaran dayanımın bu noktalarda daha yüksek olduğu SPT-N₃₀ değerlerinden elde edilir. İzmit kıyısının zemin sınıflaması olarak alınmış değerlerden sonuç olarak ZE sınıfına girmektedir. Bu durum SPT-N₃₀ değeri <15 darbe sayısından az olan zeminleri belirtmektedir.

Kullar, İzmit Havzası'nın kuzey ve güney yükseltilerinin ortasında kalan alandır. SPT-N₃₀ değerlerinin 1.5 m, 3 m, 4.5 m ve 6 metrelerde yeraltı dağılımları ve zemin cinslerinin nasıl dağılım gösterdiği Kullar yerleşim alanı için belirlenmiştir. Düşük metrajlarda dolgu alan orta havza kısmında görülmekte olup kuzey ve güney kımında geçişli birimler görülmektedir. Üst metrajlarda ise alınmış olan sondaj verilerin SPT-N₃₀ değerlerinden dayanımın arttığı ve içeriğinde siltli kil geniş bir alana yayıldığı verilerden belirlenmiştir. Kullar kesiminin zemin sınıflaması olarak alınmış

değerlerden sonuç olarak ZE sınıfına girmektedir. Bu durum SPT-N₃₀ değeri <15 darbe sayısından az olan zeminleri belirtmektedir.

Köseköy alanı, İzmit Havzası'nın en doğusunda kalan kısımdadır. İzmit Havzası'nın doğu kısmında yer alan Köseköy, Kullar ile Sapanca Gölü arasında kalan alanda bulunur. SPT-N₃₀ değerlerinin 1.5 m, 3 m, 4.5 m ve 6 metrelerde yeraltı dağılımları ve zemin cinslerinin nasıl dağılım gösterdiği nerelerde dayanımın yüksek olduğu içeriğinde düşük metrajlardan yüksek metrajlara kadar genel bir siltli kil birimi mevcut olduğu alınan numune ve verilerden belirtilmiştir. Diğer İzmit kıyısı ve Kullar alanına göre yüksek dayanımı olan bir zemine sahiptir. Köseköy kesiminin zemin sınıflaması olarak alınmış değerlerden sonuç olarak ZD-ZE sınıfına girmektedir. Bu durum SPT-N₃₀ değeri 15-50 arasını ZD sınıfını ve <15 darbe sayısından az olan olan zeminleri belirtmektedir.

KAFZ ile ayrılan Samanlıdağ yükselimi ile Kocaeli penepleni jeomorfolojik olarak birbirlerinden farklı yükselimler ve topoğrafik eğimler sunarlar. Daha genç bir oluşum olan Samanlıdağ yükselimi jeomorfolojik olarak daha yüksek kotlara ve eğimlere sahiptir. Bundan dolayı İzmit Havzasına fluvial ve sellenme yoluyla çakıl boyutlu malzeme Samanlıdağ yükseltilerinden daha fazla gelmektedir. Samanlıdağ yükselimine nazaran daha düşük kotlara ve eğimlere sahip Kocaeli penepleni ise havzaya daha çok ince taneli (kil, silt ve ince kum) sedimanlar sağladığı havza içinde alınmış kuzey-güney ve doğu-batı yönlü zemin profillerinden anlaşılmıştır.

Kıyı kesimin, iç kesimlere göre alüvyon içeriğinin zemin birimi olarak daha kötü bir zemini ifade etmektedir. Yapılan çalışmalarda SPT değerleri kıyı kesimin zemin sınıflaması, kıvam ve zemin sıkılık özelliklerine bakıldığında en düşük değerleri ifade etmektedir. Kıyı kesimdeki alüvyonun zeminin sıkılığı, kıvam özelliği ve gevşek tutturulma özelliğinden dolayı iç kesimlerdeki zeminlere göre daha düşük dayanımlı özellik gösterir.

İnceleme alanında yapılan zemin araştırma sondaj çalışmalarında yer altı suyu seviyesi (YASS) ölçüm çalışmaları kapsamında YASS değişimi 1-10 m arasında değiştiği tespit edilmiştir.

İzmit Havzası'nın batı kesiminin mühendislik jeoloji değerlendirmesi kapsamında üretilen SPT-N₃₀, birleştirilmiş zemin sınıfları ve YASS dağılım haritaları CBS yardımıyla üretilmiştir. Bu haritalar zeminlerin dayanım, zemin türü ve suya doygun olup olmadığının görülmesi bakımından önemlidir. Özellikle, KAF'nın inceleme alanına yakınlığından dolayı SPT-N₃₀ değerlerinin düşük, suya doygun kumlu alanların yapılaşma için uygun alanlar teşkil etmediği görülür. Bu alanlarda yapılaşma gerekli mühendislik ve iyileştirme önlemleri alınarak yapılması gerekmektedir.

İzmit Havzası'nın kıyı kesiminin yapılaşma için uygun zemin koşulları sağlamadığı, iç kesimlerde ise, zeminde belirlenen daha uygun değerlere bakılarak gerekli iyileştirme çalışmalarıyla mühendislik projeleri yürütülmelidir. Yeni yerleşim alanların ve yapılaşmanın yapılacağı alanlarda detaylı yer araştırmaları yapılarak mühendislik jeoloji için gerekli sayısal verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Yer ortamı ifade eden sayısal veriler ile yapıların temelini oluşturacak zeminlerin ve kayaların daha detaylı değerlendirmesi sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Abdüsselamoğlu Ş., İstanbul Boğazı Doğusunda Mostra Veren Paleozoyik Arazide Stratigrafik ve Paleontolojik Yeni Müşahadeler, *M.T.A. Dergisi*, 1963, **60**, 1-7.

Azougay A., Rezgi H., Oujidi M., The Use of a Geographic Information System to Study Geotechnical Problems in Urban Areas, *E3S Web Of Conferences*, Salé, Morocco, 12 February 2020.

AFAD, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018, <https://tdth.afad.gov.tr/> (Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2020).

AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritası İnteraktif Web Uygulaması 2018, <https://tdth.afad.gov.tr/> (Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2020).

Akartuna M., Armutlu Yarımadasının Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografiler, 1968, **20**, 105.

Altınlı İ. E., İzmit-Hereke-Kurucadağ Alanının Jeoloji İncelemesi, *MTA Derg.*, 1968, **71**, 1-26.

Baykal F., Şile bölgesinin jeolojisi, *İ.Ü. Fen Fak. Monografi*, 1943, **3**, 233.

Baykal F., Kaya O., İstanbul Silüryeni Hakkında Not, *MTA Derg.*, 1965, **64**, 1-7.

Bilgin T., *Samanlı Dağları*, 1. Baskı, İst. Üniv. Coğ. Enst. Yay., İstanbul, 1968.

Bolat B., Gürpınar O., Yalçın M., İstanbul Ömerli'deki Alüvyal Zeminin Jeoteknik Özellikleri, *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, 2005, **18**(1), 95-111.

Bozkurt A., Kurtuluş C., Demirci C., Suadiye (Kocaeli) Bölgesinde İnşaatlar İçin Mühendislik Jeofiziğinin Altyapı Araştırmalarında Kullanılması, *Uygulamalı Yerbilimleri*, 2008, **7**(1), 16-31.

Coruk Ö., Karakaş A., İzmit ve Yakın Dolayının Jeolojisi ve Mühendislik Jeolojisi, *TMMOB Kocaeli Kent Sempozyumu*, Kocaeli, Türkiye, 4 Haziran 2007.

Coruk Ö., Karakaş A., Özer C., Mert E., İzmit ve Yakın Dolayının Mühendislik Jeolojisi Haritalarının CBS ile Üretilmesi, Kocaeli Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi 1999/19, İzmit, Kocaeli, 2001.

Çakır Ş., İzmit - Körfez (Kocaeli) Dolayının ve Kuzeyinin Stratigrafisi, *Fırat Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu*, Elazığ, Türkiye, 1-9 Ekim 1998.

Çakır Ş., Demirciler-Sağdıklar-Gündoğdu-Tütünçiftlik (Kocaeli) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2000, 101293.

Çavuş N., İzmit Civarının Jeolojisi ve Coğrafi Bilgi Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002, 129454.

El May M., Dlala M., Chenini İ., Urban Geological Mapping Geotechnical Data Analysis for Rational Development Planning, *Engineering Geology*, 2010, **116**(1-2), 129-13.

El May M., Dlala M., Bedday A., Engineering Geological and Geotechnical Survey for Risk Assessment, *Central European Journal of Geosciences*, 2011, **3**(3), 260-270.

Ertek A.T., *Kocaeli Yarımadasının Kuzeydoğu Kesiminin Jeomorfolojisi*, 1.baskı, Çantay Kitabevi, Ankara, 1995.

Göncüoğlu M.C., Erendil M., Tekeli O., Ürgün B., Aksay A.; Kuşçu İ. Geology of the Armutlu Peninsula, IGCP Proj. No:5, Guide Book, *MTA Publication*, 1987, 12-18.

Göncüoğlu M. C., Toprak V., Kuşçu İ., Erler A., Olgun E., Geology of The Western Part of The Central Anatolian Massif, Part 1: Southern Section: Unpubl. Report No.2909, 1991.

Göney S., İzmit Körfezi ve Kuzey Kıyılarının Jeomorfolojisi, *Türk Coğ. Derg.*, 1964, **22-23**(1), 187-199.

Hoşgören M. Y., İzmit Körfezi Havzasının Jeomorfolojisi, İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi (Ed: E. Meriç), *Kocaeli Valiliği Çevre Koruma Vakfı*, 1995, 343-347.

Karaağaç S., Karakaş A., Coruk Ö., İzmit - Tavşantepe Doğusunda Meydana Gelen Kaya Kaymasının Mühendislik Jeolojisi Kapsamında Değerlendirilmesi, *Uygulamalı Yer Bilimleri Dergisi*, 2013, **12**(1), 1-9.

NEHRP, National Earthquake Hazard Reduction Program, Recommended Provisions for Seismic Regulations of New Buildings: Part I, Provisions, FEMA 222A, *Federal Emergency Management Agency*, Washington, D.C. 2003.

Önalan M., Kahramanmaraş Tersiyer Kenar Havzasının Jeolojik Evrimi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 1988, **31**, 1-10.

Pavlovic N., Geotechnical Zoning- Principles, Criteria and Procedure, *Tunneling and Underground Space Technology*, 2006, **21**(3), 228-228.

Terzaghi K., Peck R. B., *Theoretical Soil Mechanics*, 4th ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1947.

Terzaghi K., Peck R. B., *Soil Mechanics in Engineering Practise*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1967.

Tarı U., Tüysüz O., İzmit Körfezi ve Çevresinin Morfotektoniği, *İTÜ dergisi/d mühendislik*, 2008, 7(1), 17-28.

Uzun M., İzmit Körfezi Kıyılarında, Kıyı Jeomorfolojisi-Kıyı Kullanımı İlişkisinin Coğrafi Analizi, *Journal of World of Turks*, 2015, 7(2), 351-375.

Verrios S., Zygouri V., Kokkalas S., Morphotectonic Analysis in The Elikı Fault Zone (Gulf Of Corinth ,Greece), Bulletin of the Geological Society of Greece, XXXVI, *Proceedings of the 10th International Congress*, Thessaloniki, Greece, April 2004.



KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Aşcı M., Doğan B., Karakaş A., Pekşen E., Sertçelik F., Sertçelik İ., Kurtuluş C., Yavuz Yılmaz S., Ahmad M., Mergen K., **Cankurt E.**, İzmit Körfezi-Sapanca Gölü Doğusu Arasının Sığ ve Derin Jeofiziksel Yöntemlerle Kabuk Deformasyonunun Analizi, 7. Yer Elektrik Çalıştayı, Isparta, Türkiye, 07-09 Mayıs 2018.



ÖZGEÇMİŞ

İlkokulu Derince Sabancı Ortakları ve Çalışanları İlköğretim Okulunda okudu. Lise eğitimini Derince Lisesinde okudu. Lisans eğitimi ilk olarak 2011 yılında Niğde Üniversitesi'nde başladı ve ilk yılın sonunda yataygeçiş yaparak Kocaeli Üniversitesi'nde eğitimini 2015 yılında tamamlayıp mezun oldu. 2016 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı ve halen bu bölümde öğrenimine devam ediyor. 2016 yılında 2. Üniversite olarak Eskişehir Anadolu Üniversitesi Açıköğretim programında İşletme bölümünde 4. sınıf olarak devam ediyor.