

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜKÇEKMECE – MARMARA EREĞLİSİ ARASI KIYI VE
DENİZ ÇÖKELLERİNİN JEOMEKANİK DAVRANIŞLARI İLE
DENİZ İÇİ HEYELAN OLASILIKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Can TERZİOĞLU**

Anabilim Dalı : UYGULAMALI JEOLojİ

Programı : JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2005

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜKÇEKMECE – MARMARA EREĞLİSİ ARASI KIYI VE
DENİZ ÇÖKELLERİNİN JEOMEKANİK DAVRANIŞLARI İLE
DENİZ İÇİ HEYELAN OLASILIKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Can TERZİOĞLU
505021300**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28 Aralık 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Ocak 2005**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mahir VARDAR
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Namık ÇAĞATAY
Prof. Dr. Mustafa YILDIRIM (YTÜ)**

OCAK 2005

ÖNSÖZ

Marmara Bölgesi'nin 1. dereceden deprem bölgesi içerisinde yer alması nedeniyle, sismik hareketlerin bölgedeki etkilerini önceden görmek amacıyla “Büyükçekmece – Marmara Ereğlisi Arası Kıyı ve Deniz Alanının Jeomorfolojisi ve Çökellerinin Jeomekanik Özellikleri” TÜBİTAK ve İTÜ tarafından proje konusu haline getirilmiştir. Öğrencilik hayatımda benden hiçbir yardımı esirgemeyen ve proje asistanı olarak çalıştığım bu projeyi, bana “Büyükçekmece – Marmara Ereğlisi Arası Kıyı ve Deniz Çökellerinin Jeomekanik Davranışları ile Deniz İçi Heyelan Olasılıklarının Araştırılması” konulu yüksek lisans çalışması olarak öneren değerli hocam Prof. Dr. Mahir VARDAR'a çok teşekkür ederim.

Projenin genel jeolojisi kapsamında birlikte çalıştığımız ve arazi çalışmalarında bana yardımcı olan Prof. Dr. Namık ÇAĞATAY'a çok teşekkür ederim. Projenin mühendislik jeolojisi kapsamında bana hep yardım eden Yüksek Mühendis Muhterem ÇOPUROĞLU'na, Araştırma Görevlisi Cenk KOÇAK'a, Araştırma Görevlisi Gökhan ŞANS'a, Mühendis Figen ORHUN'a, Mühendis Seçil TUFAN'a, Tekniker Yüksel ILGAR'a teşekkürü borç bilirim.

Kişisel görüşmelerde bana çalışma alanımda yaptıkları çalışmalar hakkında bilgi veren Yüksek Mühendis Sena AKÇER'e ve Araştırma Görevlisi Doğa DÜŞÜNÜR'e çok teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan değerli aileme ve dostlarıma saygı ve sevgilerimle...

Can TERZİOĞLU

Aralık 2004

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Konusu ve Amacı	1
1.2. Coğrafi Konum	2
1.3. Ulaşım ve Yerleşim	2
1.4. Bölgenin Morfolojisi	2
1.5. Bölgenin İklimi	8
1.6. Bölgenin Bitki Örtüsü	9
2. GENEL JEOLojİ	11
2.1. Önceki Çalışmalar	11
2.2. Litoloji ve Stratigrafi	12
2.2.1. Istranca Masifi	13
2.2.2. Gürpınar Formasyonu	16
2.2.3. Marmara Formasyonu	18
2.2.4. Kuşdili Formasyonu	19
2.2.5. Alüvyon	19
2.2. Yapısal Jeoloji	20
2.3. Deniz Jeolojisi	22
2.4. Tektonizma ve Depremsellik	20
3. MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ	35
3.1. Giriş	35
3.2. Karasal ve Denizel Çökellerin Fiziksel Özellikleri	36
3.2.1. İndex Özelliklerle İlgili Genel Tanımlar	36

3.2.2. Su İçeriği, Porozite ve Boşluk Oranı	38
3.2.3. Karasal Numunelerden Elde Edilen Veriler	39
3.2.3.1. SK-1	39
3.2.3.2. SK-2	40
3.2.3.3. SK-4	42
3.2.3.4. SK-5	42
3.2.3.5. SK-6	44
3.2.4. Denizel Numunelerden Elde Edilen Veriler	46
3.2.4.1. TSU02-3 Karotu	46
3.2.4.2. TSU02-4 Karotu	49
3.2.4.3. TSU02-5 Karotu	52
3.2.4.4. TSU02-7 Karotu	55
3.3 Karasal ökellerin Granölometrik Analizi	58
3.3.1. SK-3	58
3.3.2. SK-7	60
3.3.3. SK-8	62
3.4. Karasal ve Denizel ökellerin Mekanik Özellikleri	64
3.4.1. Mekanik Özelliklerle İlgili Genel Tanımlar	64
3.4.2. Karasal Numunelerden Elde Edilen Mekanik Parametreler	66
3.4.2.1. SK-2	66
3.4.2.2. SK-5	66
3.4.2.3. SK-6	67
3.4.3. Denizel Numunelerden Elde Edilen Mekanik Parametreler	68
3.4.3.1. TSU02-3	68
3.4.3.2. TSU02-4	70
3.4.3.3. TSU02-5	72
3.4.3.4. TSU02-7	74
3.5. Karasal ve Denizel ökellerin Kıvam Özellikleri	76
3.5.1. Kıvam Özellikleriyle İlgili Genel Tanımlar	77
3.5.2. Karasal Numunelerden Elde Edilen Kıvam Limitleri	79
3.5.2.1. SK-2	79
3.5.2.2. SK-3	79
3.5.2.3. SK-7	80
3.5.2.4. SK-8	81
3.5.3. Denizel Numunelerden Elde Edilen Kıvam Limitleri	81
3.5.3.1. TSU02-3	81
3.5.3.2. TSU02-4	85
3.5.3.3. TSU02-5	89
3.5.3.4. TSU02-7	93
4. DENİZ İÇİ HEYELAN OLASILIKLARININ İRDELENMESİ	97
5. SONUÇLAR VE TARTIşMA	107
6. REFERANSLAR	110
7. EKLER	112
8. ÖZGEçMİş	131

KISALTMALAR

c	:	Kohezyon
CL	:	Likit limit %50'nin altında plastisitesi düşük veya orta inorganik kil
CH	:	Plastisitesi yüksek inorganik kil
cm	:	santimetre
e	:	Bir zeminin boşluk oranı
gr	:	gram
G_s	:	Dane birim hacim ağırlığı
GÖ	:	Günümüzden önce
I_L	:	Likitlik indeksi
I_p	:	Plastisite indeksi
ISRM	:	Uluslararası kaya mekaniği standartları
KB	:	Kuzeybatı
KD	:	Kuzeydoğu
LL	:	Likit limit
m	:	metre
ML	:	Likit limiti %50'nin altında olan organik kil, organik silt
n	:	Bir zeminin porozitesi
OH	:	Plastisitesi orta veya yüksek organik kil
PL	:	Plastik limit
W_k	:	Deney örneğinin kuru (öz) kısmının ağırlığı
W_n	:	Bir zeminin su içeriği
W_w	:	Deney örneğinin içerdiği suyun ağırlığı
W_T	:	Deney örneğinin toplam ağırlığı
V_b	:	Deney örneğinin boşluk kısmının hacmi olmak üzere
V_k	:	Deney örneğinin kuru (öz) kısmının hacmi
V_T	:	Deney örneğinin toplam hacmi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Projede incelenen karotların kordinat ve derinlik bilgileri	23
Tablo 2.2. İncelenen karotlarda yapılan radyokarbon tarihlendirme analizi	23
Tablo 2.3. Marmara Bölgesi'nde 1500 yılından bu yana meydana gelmiş tarihsel depremler	32
Tablo 3.1. SK – 1 sondajından alınan numunelerin fiziksel özellikler tablosu	39
Tablo 3.2. SK – 2 sondajından alınan numunelerin fiziksel özellikler tablosu	41
Tablo 3.3. SK – 4 fiziksel özellikler tablosu	42
Tablo 3.4. SK – 5 fiziksel özellikler tablosu	43
Tablo 3.5. SK – 6 fiziksel özellikler tablosu	45
Tablo 3.6. TSU02-3 karotundan 10 cm aralıklarla elde edilen kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, su yüzdesi, porozite ve boşluk oranı değerleri	47
Tablo 3.7. TSU02-4 karotunda 10 cm aralıklı kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, su yüzdesi, porozite ve boşluk oranı değerleri	49
Tablo 3.8. TSU02-5 karotunda 10 cm aralıklı kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, su yüzdesi, porozite ve boşluk oranı değerleri	52
Tablo 3.9. TSU02-7 karotunda 10 cm aralıklı kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, su yüzdesi, porozite ve boşluk oranı değerleri	55
Tablo 3.10. SK-3 sondaj kuyusunun 1. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu	58
Tablo 3.11. SK-3 sondaj kuyusunun 5. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu	59
Tablo 3.12. SK-3 sondaj kuyusunun 10. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu	60
Tablo 3.13. SK-7 sondaj kuyusunun 3. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu	61
Tablo 3.14. SK-7 sondaj kuyusunun 8. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu	61
Tablo 3.15. SK-8 sondaj kuyusunun 4. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu	62
Tablo 3.16. SK-8 sondaj kuyusunun 6. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu	63
Tablo 3.17. SK-2' den alınan karotların mekanik özellikler tablosu	66
Tablo 3.18. SK-5' ten alınan karotların mekanik özellikler tablosu	67
Tablo 3.19. SK-6' den alınan karotların mekanik özellikler tablosu	68
Tablo 3.20. TSU02-3 karotuna ait 5 er cm aralıklı penetrometre ve veyn kesme dayanım değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler	69

Tablo 3.21. TSU02-4 karotuna ait 5 er cm aralıklı penetrometre ve veyn kesme dayanım değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler	70
Tablo 3.22. TSU02-5 karotuna ait 5 er cm aralıklı penetrometre ve veyn kesme dayanım değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler	73
Tablo 3.23. TSU02-7 karotuna ait 5 er cm aralıklı penetrometre ve veyn kesme dayanım değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler	75
Tablo 3.24. SK – 2 Kıvam limitleri tablosu	79
Tablo 3.25. SK – 3 Kıvam limitleri tablosu	80
Tablo 3.26. SK – 7 Kıvam limitleri tablosu	80
Tablo 3.27. SK – 8 Kıvam limitleri tablosu	81
Tablo 3.28. TSU02 – 3 karotunda 10 cm aralıklı kıvam özellik değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler	82
Tablo 3.29. TSU02-3 karotuna ait 10 cm aralıklı zemin sınıflaması	84
Tablo 3.30. TSU02-4 karotunda 10 cm aralıklı kıvam özellik değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler.	85
Tablo 3.31. TSU02-4 karotuna ait 10 cm aralıklı zemin sınıflaması	88
Tablo 3.32. TSU02-5 karotunda 10 cm aralıklı kıvam özellik değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler.	89
Tablo 3.33. TSU02-5 karotuna ait 10 cm aralıklı zemin sınıflaması	92
Tablo 3.34. TSU02-7 karotunda 10 cm aralıklı kıvam özellik değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler.	93
Tablo 3.35. TSU02-7 karotuna ait 10 cm aralıklı zemin sınıflaması	95

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası	3
Şekil 1.2. Büyükçekmece - Marmara Ereğlisi arası kıyı şeridinin morfolojisi	4
Şekil 1.3. Büyükçekmece - Marmara Ereğlisi arası batimetri haritası	5
Şekil 1.4. Deniz kesiminin morfolojisini gösteren 3 boyutlu blok	6
Şekil 1.5. Silivri körfezi şelfi, orta çukurluk ve kumburgaz çukurluğu ile kıta yamaçlarının morfolojisini gösteren batimetri haritası	7
Şekil 1.6. Türkiye uzun yıllar ortalama sıcaklık dağılımı haritası	9
Şekil 1.7. Türkiye uzun yıllar ortalama nispi nem miktarını gösteren harita	9
Şekil 2.1. Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti	14
Şekil 2.2. Çalışma alanının doğusundan Trakya Paleozoyik'ini temsil eden mostra	15
Şekil 2.3. Trakya Paleozoyik'ini temsil eden fillat – granitin arazinin doğusundaki dokanağı	15
Şekil 2.4. Gürpınar Formasyonu genel görünümü	17
Şekil 2.5. Gürpınar formasyonunda gözlenen kanal yapısı	17
Şekil 2.6. Açık kahve renkli kiremit parçaları içeren gevşek killi kum	20
Şekil 2.7. Gürpınar formasyonu kıvrımlanmış kil ve çatlaklı kumtaşı üyesi	21
Şekil 2.8. Gürpınar Formasyonu'nun ardalanmalı tabaka yapısı	21
Şekil 2.9. Marmara Denizi Geç Kuvaterner Stratigrafisi	24
Şekil 2.10. Kuzey şelfte silivri güneyinden alınan karot TSU02-7'nin litolojik tanımlaması	25
Şekil 2.11. Kuzey şelfin kıtasal yamaç kenarından alınan karot TSU02-4'ün litolojik tanımlaması	27
Şekil 2.12. Kuzey şelfin kıtasal yamaç kenarından alınan karot TSU02-5'in litolojik tanımlaması	28
Şekil 2.13. Doğu Akdeniz Bölgesi'nin aktif tektonik haritası	29
Şekil 2.14. Marmara Bölgesi'nin aktif tektonik haritası, GPS vektörleri	30
Şekil 2.15. Erken Pliyosen' de Avrasya, Marmara ve Anadolu bloklarının hareketini gösteren model	31
Şekil 2.16. Tarihsel depremlerin harita üzerinde gösterimi	33
Şekil 2.17. Marmara bölgesinde son bir yıl içinde meydana gelen depremler	33
Şekil 2.18. Marmara denizi fayları ve sismizite ilişkisi	34
Şekil 3.1. Piknometre deney aleti	38
Şekil 3.2. SK-1' den elde edilen numunelerin kuru birim hacim ağırlık ve dane birim hacim ağırlıklarının derinlikle değişim grafiği.	40
Şekil 3.3. SK-1' den elde edilen numunelerin porozitesinin derinlikle değişim grafiği	40
Şekil 3.4. SK-2' den elde edilen numunelerin kuru birim hacim ağırlık ve dane birim hacim ağırlıklarının derinlikle değişim grafiği.	41
Şekil 3.5. SK-2' den elde edilen numunelerin porozitesinin derinlikle değişim Grafiği	42

Şekil 3.6.	SK-5' ten elde edilen numunelerin kuru birim hacim ağırlık ve dane birim hacim ağırlıklarının derinlikle değişim grafiği	44
Şekil 3.7.	SK-5' ten elde edilen numunelerin porozitesinin derinlikle değişim grafiği	44
Şekil 3.8.	SK-6' dan elde edilen numunelerin kuru birim hacim ağırlık ve dane birim hacim ağırlıklarının derinlikle değişim grafiği	45
Şekil 3.9.	SK-6' dan elde edilen numunelerin porozitesinin derinlikle değişim grafiği.	46
Şekil 3.10.	TSU02-3 karotunda kuru ve dane birim hacim ağırlık değerlerinin derinlikle değişim grafiği.	48
Şekil 3.11.	TSU02-3 karotunda boşluk oranı ve porozite değerlerinin derinlikle değişim grafiği.	48
Şekil 3.12.	TSU02-3 karotunda su içeriği değerlerinin derinlikle değişim grafiği	49
Şekil 3.13.	TSU02-4 karotunda kuru ve dane birim hacim ağırlık değerlerinin derinlikle değişim grafiği.	51
Şekil 3.14.	TSU02-4 karotunda boşluk oranı ve porozite değerlerinin derinlikle değişim grafiği.	51
Şekil 3.15.	TSU02-4 karotunda su içeriği değerlerinin derinlikle değişim grafiği	52
Şekil 3.16.	TSU02-5 karotunda kuru ve dane birim hacim ağırlık değerlerinin derinlikle değişim grafiği.	54
Şekil 3.17.	TSU02-5 karotunda boşluk oranı ve porozite değerlerinin derinlikle değişim grafiği.	54
Şekil 3.18.	TSU02-5 karotunda su içeriği değerlerinin derinlikle değişim grafiği	55
Şekil 3.19.	TSU02-7 karotunda kuru ve dane birim hacim ağırlık değerlerinin derinlikle değişim grafiği	56
Şekil 3.20.	TSU02-7 karotunda boşluk oranı ve porozite değerlerinin derinlikle değişim grafiği	57
Şekil 3.21.	TSU02-7 karotunda su içeriği değerlerinin derinlikle değişim grafiği	57
Şekil 3.22.	SK-3 karotunun 1. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği	59
Şekil 3.23.	SK-3 karotunun 5. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği	59
Şekil 3.24.	SK-3 karotunun 10. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği	60
Şekil 3.25.	SK-7 karotunun 3. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği	61
Şekil 3.26.	SK-7 karotunun 8. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği	62
Şekil 3.27.	SK-8 karotunun 4. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği	63
Şekil 3.28.	SK-8 karotunun 4. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği	63
Şekil 3.29.	Penetrometre deney aleti	65
Şekil 3.30.	Veyn deney aleti	65
Şekil 3.31.	TSU02-3 karotu boyunca penetrometre dayanım değerlerinin derinlikle değişim grafiği	69
Şekil 3.32.	TSU02-3 karotu boyunca veyn kesme dayanım değerlerinin derinlikle değişim grafiği	70
Şekil 3.33.	TSU02-4 karotu boyunca veyn kesme dayanım değerlerinin derinlikle değişim grafiği	72

Şekil 3.34. TSU02-5 karotu boyunca veyn kesme dayanım değerlerinin derinlikle değişim grafiği	74
Şekil 3.35. TSU02-7 karotu boyunca penetrometre dayanım değerlerinin derinlikle değişim grafiği	76
Şekil 3.36. TSU02-7 karotu boyunca veyn kesme dayanım değerlerinin derinlikle değişim grafiği	76
Şekil 3.37. Casagrande deney aleti	78
Şekil 3.38. TSU02-3 Karot boyunca plastik limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği	83
Şekil 3.39. TSU02-3 Karotunda likit limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği	83
Şekil 3.40. TSU02-3 karotuna ait plastisite kartı	84
Şekil 3.41. TSU02-4 karot boyunca plastik limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği	86
Şekil 3.42. TSU02-4 karotunda likit limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği	87
Şekil 3.43. TSU02-4 karotuna ait plastisite kartı	87
Şekil 3.44. TSU02-5 karotunda plastik limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği	91
Şekil 3.45. TSU02-5 karotunda likit limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği	91
Şekil 3.46. TSU02-5 karotuna ait plastisite kartı	92
Şekil 3.47. TSU02-7 karotunda plastik limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği	94
Şekil 3.48. TSU02-7 karotunda likit limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği	94
Şekil 3.49. TSU02-7 karotuna ait plastisite kartı	95
Şekil 4.1. Marmara Ereğlisi – Büyük Çekmece arasının batimetrisi ve alınan kesit doğrultusu	99
Şekil 4.2. Düşey eksenini yatay eksenine göre 3 kat büyütülmüş A-A' kesiti	100
Şekil 4.3. 1 no'lu kayma dairesi	101
Şekil 4.4. 2 no'lu kayma dairesi	102
Şekil 4.5.. 1 no'lu kayma düzlemi için oluşturulan model.	103
Şekil 4.6. Deprem yükü verildikten sonraki yer değiştirme miktarları. (1 no'lu kayma düzlemi)	104
Şekil 4.7. 2 no'lu kayma düzlemi için oluşturulan model	105
Şekil 4.8. Deprem yükü verildikten sonraki yer değiştirme miktarları. (2 no'lu kayma düzlemi)	106

SEMBOL LİSTESİ

γ_d	:	Suya doygun birim hacim ağırlık
γ_n	:	Doğal birim hacim ağırlık
γ_s	:	Dane birim hacim ağırlık
γ_k	:	Kuru birim hacim ağırlık
ϕ	:	İçsel sürtünme açısı

BÜYÜKÇEKMECE – MARMARA EREĞLİSİ ARASI KIYI VE DENİZ ÇÖKELLERİNİN JEOMEKANİK DAVRANIŞLARI İLE DENİZ İÇİ HEYELAN OLASILIKLARININ ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu yüksek lisans tez çalışması, TÜBİTAK adına İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji ve Genel Jeoloji Anabilim Dalları tarafından yürütülen “Büyükçekmece – Marmara Ereğlisi Arası Kıyı ve Deniz Alanının Jeomorfolojisi ve Çökellerinin Jeomekanik Özellikleri” konu başlıklı proje ile birlikte yapılmıştır. Yüksek lisans tez çalışmasının konusu “Büyükçekmece – Marmara Ereğlisi Arası Kıyı ve Deniz Çökellerinin Jeomekanik Davranışları İle Deniz İçi Heyelan Olasılıklarının Araştırılması” dır.

Bu konu başlığıyla ilgili bölgenin genel jeolojisi hakkında bilgi edinebilmek için literatür ve arazi çalışması yapılmıştır. Bölgenin genelde Oligosen yaşlı Gürpınar Formasyonu ile kaplı olduğu görülmüştür. Bölgedeki birimlerin derinlikle değişimini görmek amacıyla 8 adet sondaj yapılmıştır. Deniz jeolojisinin anlaşılması için 4 adet gravite karotu alınmıştır. Bu gravite karotlarının litolojik tanımları yapılmıştır.

Litolojik tanımları yapılan çökellerin, jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, karotlardan elde edilen örnekler üzerinde İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı İndeks ve Mekanik Laboratuvarları’nda fiziksel, mekanik ve kıvam özellik belirleyici deneyler yapılmıştır.

En son bölümde ise morfolojisi, jeolojisi ve davranışı bilinen deniz içi çökellerinin Kuzey Anadolu Fayı’nın oluşturduğu deprem sırasındaki duraylılığı incelenmiştir. Bölgenin herhangi bir sismik aktivite olmadan duraylı olduğu, sismik aktivite olduğunda ise duraylılığının kaybolduğu ve çökellerin Orta Havza ve Kumburgaz Havzasına doğru hareket ettiği gözlenmiştir.

GEOMECHANICAL BEHAVIOUR OF THE SHORELINE AND SEA SEDIMENTS AND INVESTIGATION OF THE LANDSLIDE PROBABILITY IN THE SEA OF MARMARA

SUMMARY

This Master of Science thesis has been gathered from the TUBITAK project “Geomechanical and Geomorphological Properties Of The Shoreline and Sea Sediments Between Büyükçekmece – Marmara Ereğlisi” which has been done by ITU Faculty Of Mines Geology Engineering Applied Geology and Geology Department. The subject of the thesis is “Geomechanical Behaviour Of The Shoreline and Sea Sediments and Investigation Of The Landslide Probability in The Sea of Marmara”.

References and the field have been studied to improve our knowledge about the geology of this thesis area. The thesis area is covered with Oligocene aged Gulpınar Formation. 8 bore holes have been taken to see the formation change related with the depth. 4 gravity bore holes have been taken to understand the geology of the Marmara Sea. The lithology of the bore holes have been defined.

After defining the lithology of the sediments, physical, mechanical and Atterberg limit tests have been applied to the samples taken from the bore holes to define the geomechanical properties in ITU Faculty Of Mines Geology Engineering Applied Geology Department Index and Mechanical Labs.

In the last section, because of the seismic activities caused by the North Anatolian Fault, the land slide probability of the sediments have been modelled by looking their morphological, geological and geomechanical properties. As conclusion, we saw that the sediments in the Marmara Sea are the safety factor is equal or bigger than 1 without a seismic activity. After adding the seismic weight the safety factor decreases, stability problem occurs and the sediments flow to the Central and Kumburgaz Basin.

1. GİRİŞ

Bu bölümde yüksek lisans tez çalışmasının konusu ve amacı anlatılacaktır. Devam eden alt bölümlerde ise çalışma arazisinin coğrafi konumu, bölgeye ulaşım ve bölgenin yerleşimi, morfolojisi, iklimi ve bitki örtüsü hakkında bilgi verilmiştir.

1.1. Çalışma Konusu ve Amacı

İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı'ndan alınan bu yüksek lisans çalışmasının konusu "Büyükçekmece – Marmara Ereğlisi Arası Kıyı ve Deniz Çökellerinin Jeomekanik Davranışları ile Deniz İçi Heyelan Olasılıklarının Araştırılması"dır.

Türkiye'nin en önemli aktif fay zonlarından birini oluşturan Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi içindeki devamlılığı ve bu kesimin Marmara kıyı bölgesine yakın olması nedeniyle, bölgedeki çökel malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılmasına karar verilmiştir. Marmara Denizi kuzey kıyısında, herhangi bir sismik aktivite sonucu sivilaşma riski, kuzey kıyı ve şelfte kütle hareketleri riski ve bu kütle hareketleri sonucu oluşabilecek bir tsunami riskinin varlığını araştırmak amacıyla TÜBİTAK ve İTÜ tarafından bir proje konusu haline getirilmiştir. İlk etapta Büyükçekmece – Marmara Ereğlisi arası, ikinci etapta ise Marmara Ereğlisi – Tekirdağ arası incelenmiştir.

Bu yüksek lisans çalışması, TÜBİTAK için İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı ve Genel Jeoloji Anabilim Dalı tarafından yürütülen "Büyükçekmece – Marmara Ereğlisi Arası Kıyı ve Deniz Alanının Jeomorfolojisi ve Çökellerinin Jeomekanik Özellikleri" konulu projeden yapılmıştır. Bu çalışmada karadan alınmış sondaj ve denizden alınmış gravite karot numuneleri üzerinde fiziksel, mekanik ve kıvam değerleri

belirlenmiş ve litolojiyle bağlantı kurulmuş, olası deniz içi kayma özelliği gösteren kütleler için duraylılık geri analizi yapılmıştır.

1.2. Coğrafi Konum

İnceleme alanı Marmara Bölgesi'nde, $40^{\circ} 85' - 41^{\circ} 10'$ enlemleri ile $27^{\circ} 95' - 28^{\circ} 65'$ boylamları arasında yer almaktadır. Bölge kuzeyde E – 5 karayolu ile sınırlandırılmıştır. Yer bulduru haritası Şekil 1.1' de verilmiştir.

1.3. Ulaşım ve Yerleşim

Bölgeye ulaşım İstanbul'dan yaklaşık 10 – 15 dakikada bir hareket eden Büyükçekmece, Silivri ve Marmara Ereğlisi otobüsleriyle E – 5 karayolu kullanılarak yapılabilir. Özel araçla inceleme alanının doğu sınırına yaklaşık 45 dakika, batı sınırına ise yaklaşık 90 dakikada ulaşılabilir.

Bölgede yerleşim çoğunlukla yazlık evler, siteler ve çiftlik evleri şeklindedir. Kış aylarının gelmesiyle birlikte nüfusta belirgin bir düşüş yaşanmaktadır.

1.4. Bölgenin Morfolojisi

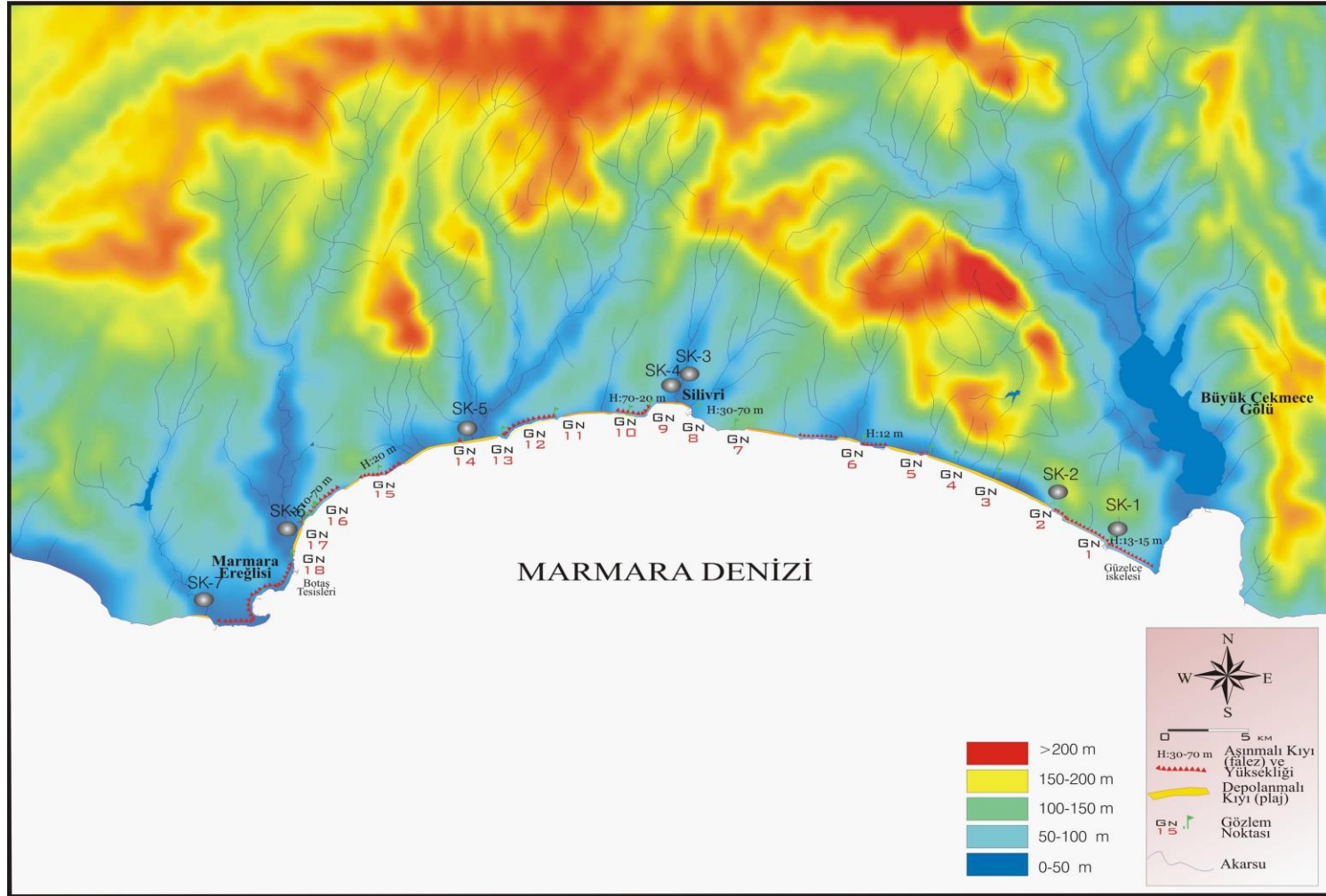
İnceleme alanı morfolojisi, 1/25.000' lik haritalardaki eş yükselti eğrileri yardımıyla belirlenmiştir.

İnceleme alanında eğim Güzelce mevkinde $4^{\circ} - 6^{\circ}$, Kumburgaz mevkinde $1^{\circ} - 2^{\circ}$, Celaliye, Kamiloba ve Selimpaşa mevkilerinde $3^{\circ} - 4^{\circ}$, Arap Tepe civarında 17° , Kel Tepe ve Bağlar mevkii sahil kesiminde 21° , Karga Burnu ve Cambaz Tepe civarında $3^{\circ} - 6^{\circ}$, Tuzla mevkinde $0^{\circ} - 1^{\circ}$, Papaz Tepe ve Gümüşyaka mevkilerinde $4^{\circ} - 6^{\circ}$, Avcı Tepesi mevkinde $9^{\circ} - 10^{\circ}$, Sultanköy mevkinde $4^{\circ} - 5^{\circ}$, Poyraz Sırtı mevkinde $6^{\circ} - 8^{\circ}$, Marmara Ereğlisi sahil kesiminde ise $10^{\circ} - 11^{\circ}$ arasında değişmektedir. Bölgenin morfolojisini gösteren harita Şekil 1.2' de verilmiştir.

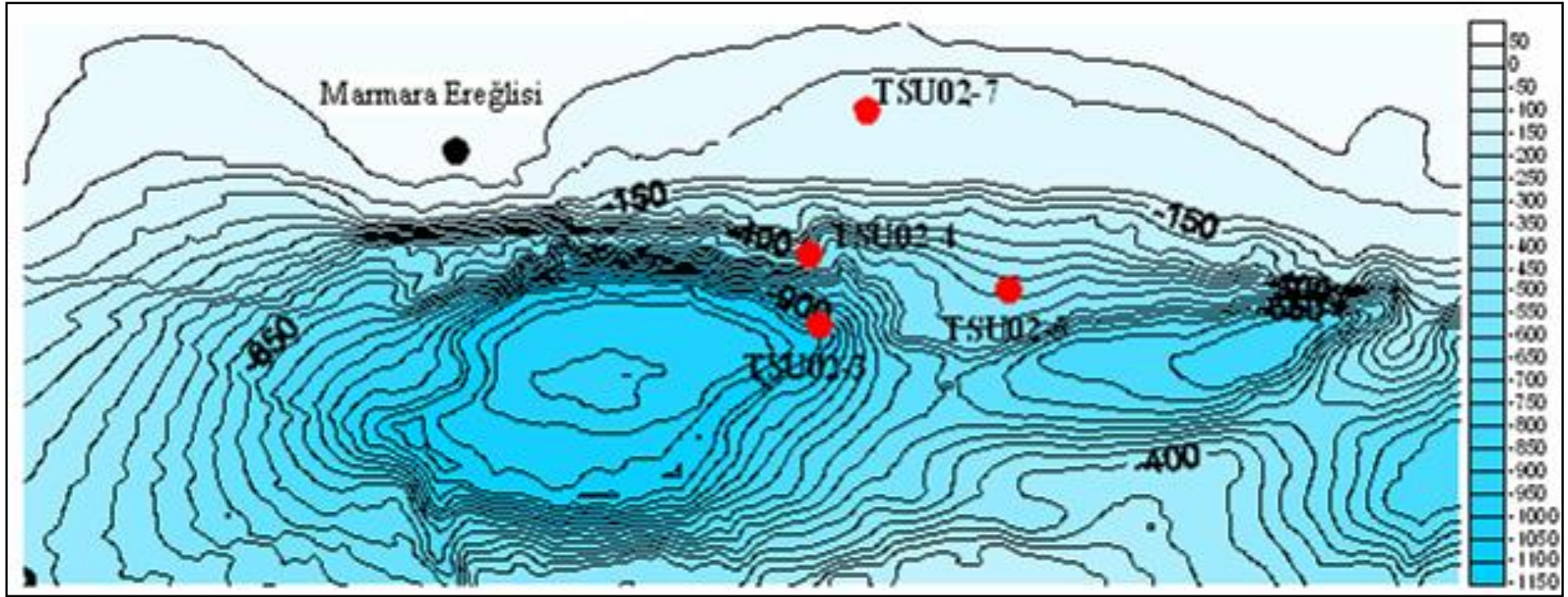
Bölgede kıyı şeridinde dik olarak akan Kumburgaz deresi, Ayazma deresi, Soruldak deresi, Kamara deresi, Bostan dere, Başağıl deresi, Gelevre deresi, Çamlı dere, Çamurlu dere, Aşağı dere, Kavaklar dere, ve Kırılacağı dere bulunmaktadır.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

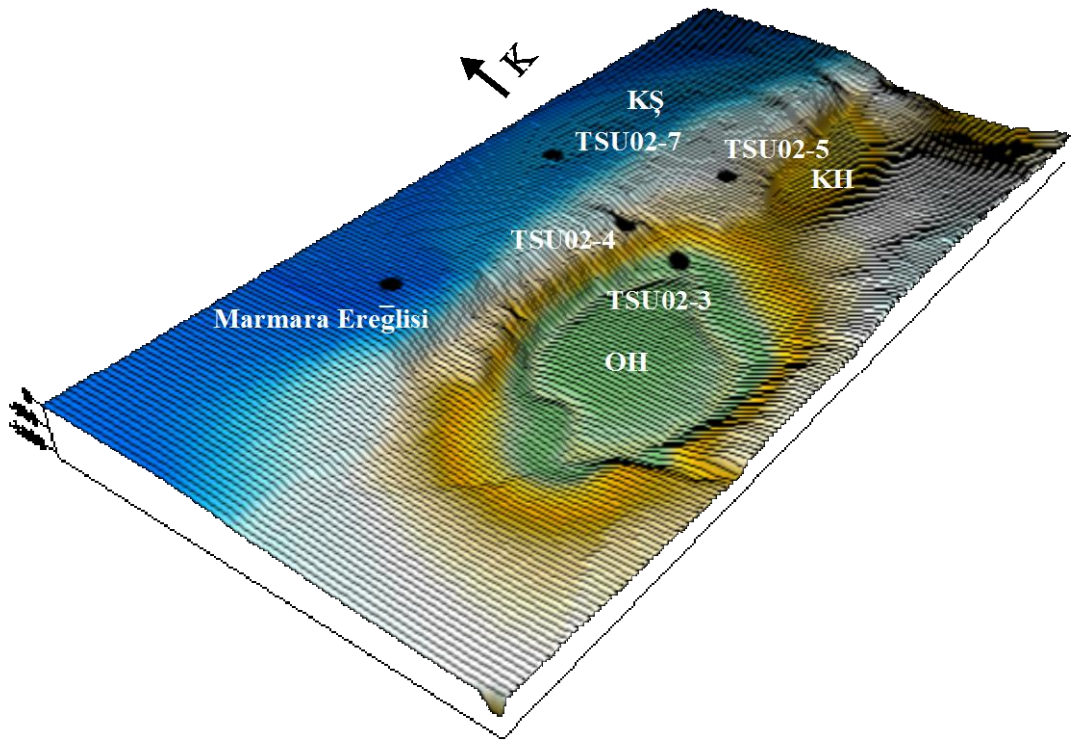


Şekil 1.2. Büyükçekmece - Marmara Ereğlisi arası kıyı şeridinin morfolojisi.



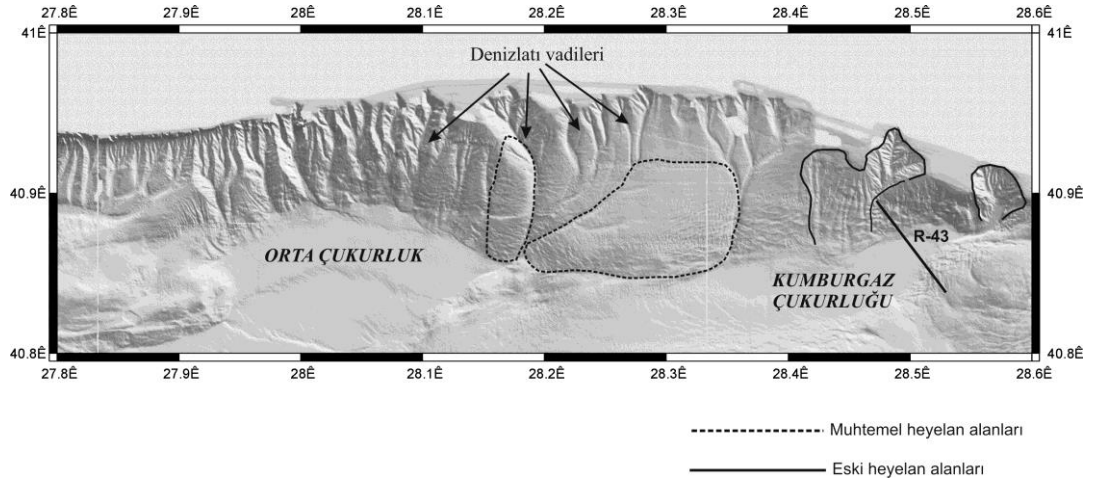
Şekil 1.3. Büyükçekmece - Marmara Ereğlisi arası batimetri haritası.

Yapılmış olan sondaj ve gravite karot çalışmalarının lokasyonları Şekil 1.2 ve Şekil 1.3 te işaretlenmiştir. Çalışma alanının deniz kısmında Orta Havza, Kumburgaz Havzası ve Kuzey Şelf bulunmaktadır. 25 kilometre uzunluğunda ve 14 kilometre eninde olan Orta Havza'nın en derin yeri yaklaşık 1255 metredir. Orta havzanın kuzey sırtı güney sırtına nazaran daha diktir. Orta havzanın kuzey sırtında eğim yaklaşık $13^0 - 15^0$ arasındayken güney sırtında bu eğim daha düşüktür. En önemli sedimantasyon havzası bu havzadır. Bu bölgeye malzeme çoğunla güney sırttan gelmektedir (DÜŞÜNÜR, 2003). Deniz kesiminin morfolojisini gösteren blok Şekil 1.4' te verilmiştir.



Şekil 1.4. Deniz kesiminin morfolojisini gösteren 3 boyutlu blok.

Silivri Körfezi şelfi Marmara Denizi'nin nispeten daha dar olan (<20 km) kuzey şelfinin bir bölümünü oluşturmaktadır (Şekil 1.5). Bu şelfin dış sınırı yaklaşık 100 m su derinliğinde bulunur. Şelf eğimi $11-13^0$ arasında değişen kıta yamacı ile maksimum derinliği yaklaşık 1255 ve 825 m olan Orta ve Kumburgaz çukurluklarına bağlanmaktadır. Orta Çukurluğun doğusunda, derinliği yaklaşık 450-600 m'lere varan ve KD-GB yönünde uzanan doğu sırtı bulunmaktadır. Şelf kenarını derin çukurluğa birleştiren kesimde kıtasal yamaçlar daha dik, buna karşın sırta birleştiren kıtasal yamaçlar ise daha az eğimlidir (VARDAR ve diğ., 2005).



Şekil 1.5. Silivri Körfezi şelfi, Orta Çukurluk ve Kumburgaz Çukurluğu ile kıta yamaçlarının morfolojisini gösteren batimetri haritası.

Yamaçlar denizaltı kanyonları tarafından kesilmiştir (Şekil 1.5). Bunlardan en dikkat çekenleri ise orta çukurluğu şelfe birleştiren sırtta bulunmaktadır. Denizaltı vadileri büyük bir olasılıkla buzul çağlarında, Marmara'nın su seviyesinin düşük olduğu dönemlerde gelişmiş şelf üzerindeki akarsu vadilerinin uzantılarını oluşturmaktadır. Kıta yamacının başında çanak şeklindeki oyuk alanlar, olasılıkla sismik etkinlikle oluşmuş deniz altı heyalan kütle akmalarının sonucu oluşmuştur. Bunlardan en belirgin olanları Büyük Çekmece açıklarında şelf kenarı ve üst kıta yamacında görülmektedir (Şekil 1.5). Fransız olan Le Suroit gemisi ile 2000 senesinde alınan sığ sismik kesiti R-43, kuzey şelf yamacında yer alan kaymış kütleleri kesmektedir (Şekil 1.5). Sismik kesitde de gözleneceği üzere heyelan yüzeyi oldukça dik bir yamaç sergilemekte ve kayan kütle denizaltı topoğrafyasında düzensiz, ondulasyonlu bir profil sergilemektedir. Silivri açıklarında şelf kenarında muhtemel kayması beklenen heyelan alanları da belirlenerek, haritada gösterilmiştir (Şekil 1.5) (VARDAR ve diğ., 2005).

1.5. Bölgenin İklimi

İstanbul'un yer aldığı alandaki iklim tipini, belirgin bir iklim tipi içinde değerlendirmek doğru olmaz. Coğrafi konumu nedeniyle aynı enlemde yer alan bir çok yerleşimin ikliminden daha farklı iklim özelliklerine sahiptir.

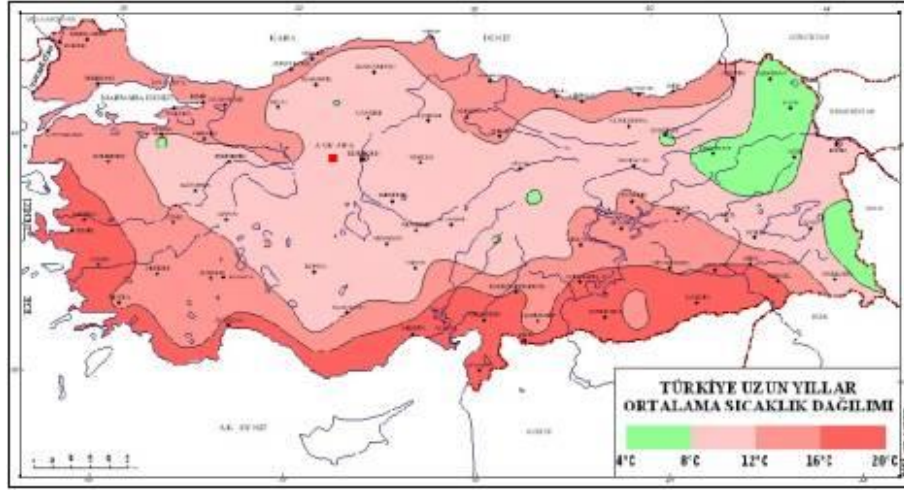
Akdeniz ve Ege denizi kıyılarında oldukça etkili Akdeniz İklimi , Marmara denizi çevresine kadar sokulmuştur. Kıyıdan yaklaşık 800m yüksekliğe kadar bu iklimin özellikleri görülür. Daha içerilere gidildikçe etkisi azalır. Bu iklim tipinde, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Yıllık yağış miktarı, bazı yerlerde 1000 mm'nin üstünde iken çoğu yerde daha azdır. Bu iklim tipinde don olaylarına ve dağların yüksek kesimleri hariç kar yağışına çok az rastlanır.

Yurdumuzun denizlerden uzak, yeryüzü şekillerinin meydana getirdiği engellerden dolayı deniz etkisinden yeterince yararlanamayan kesimlerinde karasal iklim görülür. İç Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri ile Trakya'nın iç kesimleri karasal iklimin etkisi altındadır. Buralarda mevsimlik ve günlük sıcaklık farkları büyük, yağışlar genel olarak azdır. Kışlar uzun, soğuk ve karlı, yazlar kısa fakat sıcaktır.

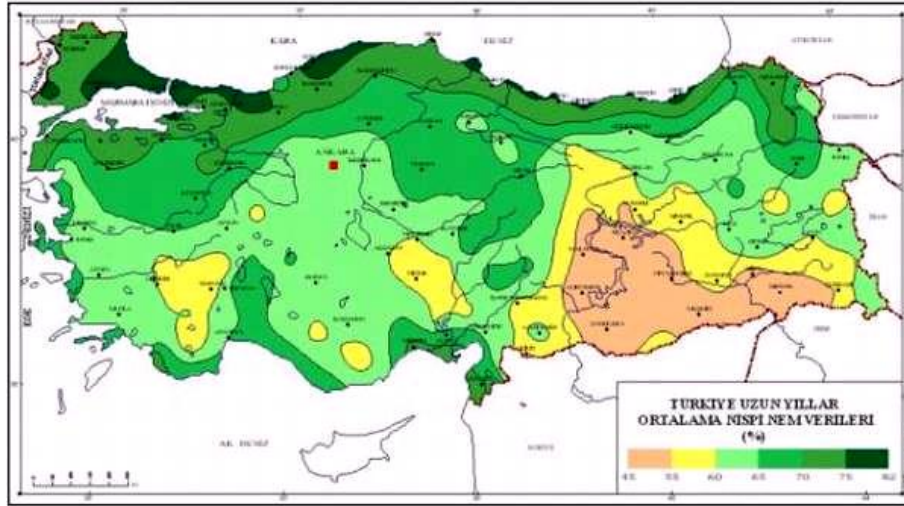
Yerküre üzerinde ekvatordan başlayıp sırasıyla ikişer kez yinelenen alçak ve yüksek basınç kuşakları içinde, İstanbul (41 derece kuzey enlemi, 29 derece doğu boylamındaki konumu ile), subtropikal yüksek basınç kuşağı ile, soğuk - ılık bölgenin alçak basınçlarının yada karasal (nemsiz) alize rüzgarları ile denizse (nemli ve yağışlı) batı rüzgarlarının sınırındadır.

Türkiye uzun yıllar ortalama sıcaklık dağılımını gösteren harita Şekil 1.6' te verilmiştir. Bu haritaya göre inceleme alanının uzun yıllar ortalama sıcaklık dağılımı 12 – 16 °C arasındadır.

Türkiye uzun yıllar ortalama nispi nem miktarını gösteren harita Şekil 1.7' te verilmiştir. Bu haritaya göre inceleme alanının uzun yıllar ortalama nispi nem miktarı % 75 – 80 arasındadır.



Şekil 1.6. Türkiye uzun yıllar ortalama sıcaklık dağılımı haritası (www.meteor.gov.tr’ den alınmıştır.)



Şekil 1.7. Türkiye uzun yıllar ortalama nispi nem miktarını gösteren harita (www.meteor.gov.tr’ den alınmıştır.)

1.6. Bitki Örtüsü

İnceleme alanının içinde bulunduğu Marmara Bölgesi’nin doğal bitki örtüsü, orman, maki, psödomaki (Karadeniz iklimine uymuş, değişime uğramış, nemli karakterli daha ağaçlı maki bitki toplulukları) ile kıyı bitkilerinden meydana gelmektedir.

Bitki örtüsünün sadece iklimle değil toprakla da ilişkisi vardır. Tüm kayın birliklerinin bulunduğu alanları kireçsiz kahverengi orman toprakları kaplarken, meşe ve kestane türlerinin alanlarında kahverengi orman toprakları görülmektedir.

İnceleme alanı içerisindeki koşullar tarımsal çeşitliliğe izin vermektedir. Bölgede buğday, arpa, ayçiçeği, zeytin, kavun, karpuz ve çeşitli meyve ve sebzeler yetiştirilmektedir.

2. GENEL JEOLojİ

Yüksek lisans tezi çalışma arazisi ile ilgili literatür taraması yapılmış ve bulunan kaynakların önceki çalışmalar kısmında özetlenmiştir. Arazi çalışması yapılırken 1/25.000'lik topoğrafik haritalar, pusula, lup ve GPS kullanılmış, yapılmış olan jeoloji haritası ise ekte sunulmuştur.

İnceleme alanının da içinde bulunduğu Trakya Formasyonu iki kısımdan oluşmaktadır. Alt kısımda metamorfik ve granitik kayaçlar, üst kısımda ise sedimenter kayaçlar bulunmaktadır. Metamorfik birim çalışma arazisi içerisinde gözlenmemiştir. Çalışma alanı çoğunlukla Gürpınar Formasyonu'ndan oluşmuştur. Bu bölümde bölgenin litolojisi ve stratigrafisi, yapısal jeolojisi tektonizması ve deprenselliği açıklanmıştır.

2.1. Önceki Çalışmalar

SAYAR (1976, 1977), İstanbul çevresindeki Paleozoyik ve Mesazoyik çökelleri incelemiş; Oligosen yaşlı, karasal, linyit arakatlı kum, çakıl, Congeria'lı kireçtaşı, marn, mercekli silt ve bentonitik killerden oluşan birimi Gürpınar Formasyonu; Üst Miyosen yaşlı, karasal, gevşek çakıl, kum birimini de Çukurçeşme Formasyonu olarak ilk kez adlandırmıştır.

UMUT ve diğ. (1983), Tekirdağ ili – Silivri (İstanbul) – Pınarhisar (Kırklareli) alanının jeolojisini incelemişler; Marmara Ereğlisi çevresinde denizel taraça şeklinde bulunan Pleyistosen yaşlı kum, çakıl, kireçtaşı birimini Marmara Ereğlisi Formasyonu olarak adlandırmışlardır.

BARGU (1989 – 1990), Kuzey Anadolu Fayı'nın Gaziköy'den batıya doğru karadan geçerek Saroz Körfezi'ne doğuya doğru ise Marmara Denizi içinde devam ettiğini belirtmiştir.

KASAR ve OKAY (1992), Silivri – Kıyıköy – İstanbul Boğazı arasındaki alanın jeolojisini incelemişler İstanbul Zonu ve Istranca Masifi kayalarını uyumsuz olarak örten genç seri içindeki birimler çökeltme şartlarının farklılığına bağlı olarak Orta – Üst Eosen, Oligosen – Alt Miyosen, Üst Miyosen ve Pliyokuvaterner birimleri olarak dört ayrı bölümde toplanmıştır.

SAKINÇ ve YALTIRAK (1995), Trakya'nın güney sahillerinde yüksekliği değişen denizel taraçaların fosil içeriklerine göre Bukaniyen – Tirenien arasında çökeldiğini belirtmişler ve Eski Marmara Denizi'nin sahil fasiyeslerini oluşturan bu birimleri Marmara Formasyonu olarak adlandırmışlardır. Ayrıca Marmara Formasyonu'nun yükselmeye bağlı olarak Eski Marmara Denizi'nin çekilmesiyle, Trakya'nın güney sahillerinde korunmuş olan mostralardan oluştuğunu ve Eski Marmara Denizi'nin günümüzden daha geniş alanlar kapladığını söylemişlerdir.

SAKINÇ, YALTIRAK ve OKTAY (1999), Trakya'da Tetis-Paratetis ilişkisi ve Trakya Neojen Havzası'nın paleocoğrafyası ve tektonik evrimini incelemişlerdir.

OKAY ve diğ. (2000), Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi içindeki gelişimini gösteren bir tektonik model oluşturmuşlardır.

LE PICHON ve diğ. (2001), Marmara Denizi'nden geçen Kuzey Anadolu Fayı ile ilgili ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma bu bölgedeki detaylı batimetrik haritayı da içerir.

YALÇINER ve diğ. (2002), Marmara Denizi'nde geçmişte olmuş tsunamilerle ilgili araştırma yapmışlar ve gelecekte olması muhtemel modeller kurmuşlardır.

2.2. Litoloji ve Stratigrafi

Trakya Formasyonu'nun tabanında Paleozoyik – Mesozoyik yaşlı metamorfik ve granitik kayalardan oluşan Istranca Masifi vardır (PAMİR ve BAYKAL, 1947). Istranca Masifinin üzerinde Orta - Üst Eosen yaşlı Soğucak Formasyonu (ÜNAL, 1967) bulunur. Soğucak formasyonunun üzerinde ise sırasıyla Orta – Üst Eosen yaşlı Ceylan Formasyonu (KESKİN, 1974), Oligosen yaşlı Gürpınar Formasyonu (SAYAR, 1977), Üst Miyosen yaşlı Çukurçeşme Formasyonu (SAYAR, 1976), Üst Miyosen yaşlı Bakırköy Formasyonu (ARİÇ, 1955), Pleyistosen yaşlı Marmara

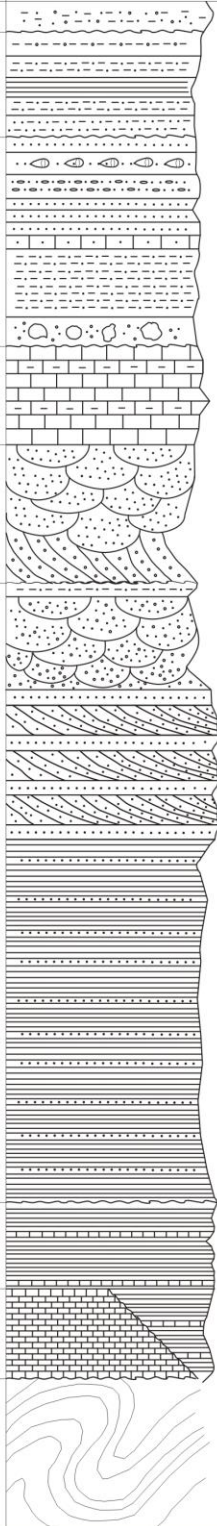
Formasyonu (SAKINÇ ve YALTIRAK, 1995) ve Holosen yaşı Kuşdili Formasyonu (MERİÇ ve diğ., 1991) yer alır.

Orta – Üst Eosen yaşı Soğucak Formasyonu (ÜNAL, 1967) sığ denizel kireçtaşlarından oluşmuştur ve Istranca Masifinin üzerine uyumsuz olarak yerleşmiştir. Soğucak Formasyonun üzerinde bu formasyonla yanal ve düşey geçişli Orta – Üst Eosen yaşı kırıntılı kireçtaşı ara tabakalı çamurtaşından oluşmuş Ceylan Formasyonu (KESKİN, 1974) bulunur . Orta – Üst Eosen yaşı Ceylan Formasyonu üzerinde Oligosen çökme devresi bulunur. Gürpınar Formasyonu (SAYAR, 1977) tabanda yeşilimsi gri kumtaşı ara tabakalı çamurtaşı ile başlar, sarı renkli mercekli kum aratabakalı kumtaşı ve kumlu çakıltası, çakıllık kumtaşı ve açık kahve renkli kumlu kil ile sonlanır. Gürpınar Formasyonu’nun üzerinde Üst Miyosen çökel devresi bulunur. Bu devre çapraz tabakalı, gevşek çakıl, kum ve kil gibi akarsu çökelleriyle başlar (Çukurçeşme Formasyonu; SAYAR, 1976) ve uyumlu olarak Mactra’lı kireçtaşı, marn, kil ardışımından oluşan acı su çökelleriyle sona erer (Bakırköy Formasyonu, ARIÇ, 1955). Bu birimlerin üzerinde uyumsuz olarak gevşek blok, çakıl, kum ve Ostrea’lı kumtaşlarından oluşan denizel Pleyistosen yaşı Marmara Formasyonu (SAKINÇ ve YALTIRAK, 1995) ile gevşek killi kum (Murex’li), kumlu kil (Cardium’lu) siyahımsı gri çamur (Cardium’lu) ve çakıllı kil düzeylerinden oluşan Holosen yaşı Kuşdili Formasyonu (MERİÇ, ve diğ., 1991) bulunur (YILMAZ, 1996).

Bölge stratigrafik istifinin en üst kesiminde ise karasal kökenli gevşek çakıl, kum, silt ve kilden oluşan güncel alüvyonlar yer alır. Trakya Havzası’nın çalışma bölgesine yakın kesiminin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti Şekil 2.1.’ de verilmiştir.

2.2.1. Istranca Masifi

İnceleme alanının tabanında metamorfik kayalar, klorit şist, fillat, granit gibi kayalar görülmektedir. Istranca masifine ait olan bu birim Trakya paleozoiğinin çekirdeğini oluşturmaktadır (Şekil 2.2). Tektonizma nedeniyle yükselen metamorfikler nedeniyle Marmara bölgesinde metamorfik, granitik kayalar bölgede yükseltiler meydana getirmiştir.

S E N O Z O Y İ K										ÜST SİSTEM
T E R S İ Y E R										SİSTEM
KUVATERNER										SERİ
										FORMASYON
										SİMGE
										KALINLIK (m)
PALEOZOYİK MESOZOYİK	ORTA - ÜST EOSEN	SOĞUCAK CEYLAN MASIFI	ÜST MİYOSEN		ÜST PLEYİSTOSEN		HOLOSEN			
			ÇUKURÇEŞME BAKIRKÖY		MARMARA EREĞLİSİ		KUŞDILI			
			Tç		Tb		Qk			
			< 60		< 40		< 10			
	O L I G O S E N	G Ü R P İ N A R	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40		2 - 35			
			< 60		< 40		< 10			
			< 60		< 40		< 10			
	Tç	Tb	Tç		Tb		Qme			
			< 60		< 40					

Şekil 2.1. Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (YILMAZ, 1996' dan türetilmiştir.)

Şekil 2.2' in sağına doğru ise bölgesel metamorfizma sonucu oluşmuş fillat ve granit intrüzyonu dokanağı görülmektedir (Şekil 2.3). Bölgede hem bölgesel metamorfizma hemde granit intrüzyonunun bölgeye yerleşmesi esnasında kontak metamorfizma olmuştur.



Şekil 2.2. Çalışma alanının doğusundan Trakya Paleozoyik'ini temsil eden mostra.



Şekil 2.3. Trakya Paleozoyik'ini temsil eden fillat – granitin çalışma alanının doğusundaki dokanağı.

2.2.2. Gürpınar Formasyonu

Orta – Üst Eosen yaşlı Soğucak Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer alan Oligosen yaşlı karasal çökeller, önceki çalışmalarda Gürpınar Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Sayar, 1977). Tekirdağ ve civarında yayılım gösteren Üst Oligosen – Alt Miyosen yaşlı Danişmen Formasyonu’nun (Beer, Wright, 1960), Gürpınar Formasyonu’nun yanal devamı olduğu varsayılmaktadır.

Formasyon Büyükçekmece koyunun doğusundaki Gürpınar köyünde tipik mostra verdiği için bu isim kullanılmıştır (SAYAR, 1977). İnceleme alanındaki tüm kıyı şeridi Gürpınar Formasyonu ile kaplıdır.

Formasyonun tüm kalınlığı genç örtüler yüzünden tam olarak bilinemez. Ancak yapılmış olan sismik jeofizik çalışmalara dayanarak Ambarlı – Gürpınar civarında formasyonun kalınlığı 900 metre olarak söylenebilir (ALP, 2001).

Gürpınar Formasyonu farklı litolojik özellikli birimler topluluğudur. Çalışma bölgesindeki istif; kumtaşı aratabakalı çamurtaşıyla başlar, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanması ile devam eder. Bunların üzerinde düzlemsel çapraz tabakalı, mercekssel kum ara tabakalı kumtaşı birimi görülür. Daha üstte mercekssel çapraz tabakalı çakıllı kumtaşı ve kumlu çakıltası, en üstte ise çakıllı, kumlu kil seviyeleri yer alır. Formasyonun rengi sarıdan, kil seviyesinin de artmasıyla birlikte kahverengi- koyu kahverengiye döner (Şekil 2.4).

Gürpınar Formasyonu göle veya denize doğru ilerleyen delta çökellerinden oluşur. Birimin en üstünde yer alan kötü derecelenmiş kumtaşı düzeyleri formasyonun regresif özelliğini belirtir. Formasyonda yer yer görülen kamalanma ve merceklenmeler gösteren konglomeratik kesimler deltalara geç getiren kanalların kanal çökellerini temsil eder. Genel olarak yatay tabakalı iyi derecelenmiş kumtaşı, silttaşı, kiltası ardalanmasından oluşan bölümleri yavaş akıntı ve taşkın ovası gibi düşük enerji ortamlarını temsil ederler (DARCAN, 2001).

Mostralarda sedimanter yapı olarak çapraz tabakalanma ve kanal dolgu yapıları (Şekil 2.5) gözlenmiştir. Kumtaşları içerisinde kanalların sık olması, kanal çökel dolgusunun genel olarak ince taneli olması ve taşkın ovası şeyllerinin bulunması bize çökellerin menderesli bir nehir ortamında çökeldiğini göstermektedir.



Şekil 2.4. Gürpınar Formasyonu genel görünümü.



Şekil 2.5. Gürpınar formasyonunda gözlenen kanal yapısı.

İnceleme alanındaki akarsu ortamı, altlarda menderesli, daha üstte örgülü akarsu çökelleri ile temsil edilmiştir (Şenol, 1980). İstifin alt seviyelerinde mercekler halinde yer yer iyi çimentolanmış zonlar bulunmaktadır. Ayrıca şeyilli seviyelerde yer yer kömür tabakaları bulunmaktadır. Bu kömürler alüvyal düzlükte taşkın ovasında büyümüş bitkilerin kömürleşmesi ile oluşmuştur.

Çatalca civarında formasyonun üst kesiminde izlenen Congeria'lı seri içindeki Ostracod'ların Oligosen (Stampiyen) yaşı vermesi nedeniyle Gürpınar Formasyonu Oligosen yaşlı kabul edilmektedir (SÖNMEZ, GÖKÇEN, 1964). Lebküchner (1974), linyitli kumtaşı adını verdiği formasyonun Lamellibrans, Gastropod ve Ostracod'ların tayini sonucunda Alt Oligosen – Üst Oligosen yaşlı olduğunu söylemiştir. M.T.A. Enstitüsü tarafından linyitlerden elde edilen spor – polenlere göre de formasyon Oligosen olarak yaşlandırılmıştır (YILMAZ, 1996).

2.2.3. Marmara Formasyonu

Marmara ve Trakya'nın güney sahillerinde yüzeylemiş olan birim, eski çalışmalarda denizel Kuvaterner depoları olarak tanımlanmıştır (Tchihatcheff, 1867, Yalçınlar, 1949; Arınç, 1955; Ardel, 1956; Erinç 1956; Ardel ve İnandık, 1957; Erol ve Nuttal, 1973). Bu birimi TANER (1983) Hamzaköy Formasyonu, UMUT ve diğ. (1983) Marmara Ereğlisi Formasyonu, SAKINÇ ve BARGU (1989) ile YALTIRAK (1992) Altınova Formasyonu, BARGU (1989 – 1990) Gaziköy Formasyonu, SAKINÇ ve YALTIRAK (1995) Marmara Formasyonu olarak adlandırmışlardır. Birimin Eski Marmara Denizi'nin sahil fasiyeslerini oluşturduğu gözönüne alınarak bu çalışmada da Marmara Formasyonu (SAKINÇ ve YALTIRAK, 1995) adı benimsenmiştir (YILMAZ, 1996).

Marmara Formasyonu Marmara Ereğlisi koyundaki Kamadere ve Yol Bakımevi kıyılarında mostra verir. Denizden 5 – 6 metre yükseklikte yüzeylenen Marmara Formasyonu Gürpınar Formasyonu üzerine aşıl uyumsuz olarak çökelmiştir. İnceleme alanındaki kalınlığı 2 – 3,5 metre arasında değişir. İstifin tabanında blok, çakıl ve kumlarla başlar. Bunların üzerinde, pelecypod fosilleri içeren kumtaşı; karbonat çimentolu, mollusk (pelecypod, gastropod) kavrı parçalı kumtaşı ve iyi tutturulmamış, bol Ostrea sp.'li kumtaşı düzeyleri yanal geçişli olarak yer alır. İstifin en üstünde ise kavrı parçaları içeren gevşek kumlar bulunur.

Birim içinden toplanan *Venerupis aurea* (Gmelin), *Cerastoderma edule* (Linné), *Ostrea* sp., *Theridium vulgatum* (Bruguiere), *Venus gallina* (Linné), *Cyclope* sp., *Cerastoderma edule* (Linné) cf. gibi denizel ortamları simgeleyen pelecypod ve gastropod fosillerine göre formasyonun yaşı Pleyistosen olarak saptanmıştır (UMUT ve diğ., 1983).

Marmara Formasyonu fosil içeriği ve fasiyesleriyle Üst Pleyistosen’ de bölgede ılık, çalkantılı ve açık deniz şartlarında bir denizin olduğunu göstermektedir (SAKINÇ ve YALTIRAK, 1995).

2.2.4. Kuşdili Formasyonu

Marmara Ereğlisi ve Silivri’de mostra veren Kuşdili Formasyonu (MERİÇ ve diğ., 1991 a,b), Marmara Formasyonu üzerine uyumsuz olarak çökelmiştir. Formasyonun tabanında omurgalı hayvan kemikleri, kiremit, toprak kap parçaları ve *Murex* sp. kavkıları içeren, açık kahve renkli gevşek killi kum bulunur (Şekil 2.6). Bunun üzerinde *Cardium* sp. kavkılı, koyu kahve renkli kumlu kil ve siyahımsı gri renkli çamur, daha üstte sarımsı kahve renkli, gevşek kumlu kil ve koyu kahve renkli, çakıllı kil düzeyleri yer alır. Bu istif, Marmara Formasyonu’ndan belirgin litolojik özellikleri ve fosil içeriğiyle ayrılır. Kalınlığı 1 – 10 metre arasında değişen Kuşdili Formasyonu, Marmara Ereğlisi’nde 2 m., 6 m., 15 m. ve 50 m yükseltilerde görülür.

Formasyon MERİÇ ve diğ. (1991 a,b) tarafından Holosen olarak yaşlandırılmıştır. En alt düzeyde bulunan kiremit parçaları ve arkeolojik kalıntılar (ÖZDOĞAN ve ÖZBAŞARAN, DEDE, 1990) bu yaşı destekler.

2.2.5. Alüvyon

İnceleme alanında; Bölgede kıyı şeridinde dik olarak akan Kumburgaz deresi, Ayazma deresi, Soruldak deresi, Kamara deresi, Bostan dere, Başağıl deresi, Gelevre deresi, Çamlı dere, Çamurlu dere, Aşağı dere, Kavaklar dere, ve Kırlangıç dere yataklarında kalınlığı 5 – 10 metre arası değişen sarımsı bej renkli ve gevşek çakıl, kum, silt ve kilden oluşmuş alüvyon izlenir.



Şekil 2.6. Açık kahve renkli kiremit parçaları içeren gevşek killi kum.

2.3. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanında Gürpınar formasyonunun görünür kalınlığı 20 – 30 metre arasındadır. İnceleme alanında özellikle kumtaşı, silttaşı, ve kiltası seviyeleri oldukça belirgin tabakalanma gösterirler.

Gürpınar Formasyonunun kumtaşı üyesinin tabaka kalınlığı 1 – 20 metre arasında değişmektedir. Kiltası üyesinin tabaka kalınlığı ise 10 – 20 cm ile 1 – 2 metre arasındadır. Formasyon içerisinde bulunan çakıl seviyesi kalınlıkları ise 10 – 15 cm arasında değişmektedir. Bölgede görülen tabaka doğrultuları K80B 5 KD - K80B 15KD arasında ve K10D 5KB – K10D 15 KB arasında değişim göstermektedir. Formasyonda faylanma, kıvrımlanma (Şekil 2.7), tabakalanma (Şekil 2.8) ve çatlak takımları, çapraz tabakalanma, antiklinal ve senklinal yapı ve dalga yapıları gözlenmiştir.



Şekil 2.7. Gürpınar formasyonu kıvrımlanmış kil ve çatlaklı kumtaşı üyesi.



Şekil 2.8. Gürpınar Formasyonu'nun ardalanmalı tabaka yapısı.

2.4. Deniz Jeolojisi

Marmara Denizi'nde yapılan önceki karot çalışmalarında yaklaşık GÖ. 20 bin yılda çökelmiş istif, fosil içeriğine göre iki ayrı birime ayrılmıştır (Çağatay ve diğ., 2000, 2003); (Şekil 2.9). Üstteki Birim-1, Akdeniz suyunun etkisinde, normal denizel koşullarda; alttaki Birim-2 ise genel olarak tatlı su, göl koşullarında çökelmiştir. İki ana birimi ayıran dokanağın radyometrik karbon yaşı günümüzden 12.000 ¹⁴C yılı öncesi olarak bulunmuştur (VARDAR ve diğ, 2005).

Birim-1, 1 m'den daha kalın, çoğunlukla yeşil - gri yeşil renkli killi çamurdan oluşmuştur. Ancak, kıta sahanlığı üzerinde alta doğru silt ve kumlu bir çökele değişim gösterir. En üst seviyesinde yaklaşık 10-cm kalınlığında bir oksidasyon zonu bulunur. Birim-1'e ait çökeller, Akdeniz'e özgü mollusk, ekinoid ve foraminifer kavkıları ile balık kılçıkları içermektedir (Çağatay ve diğ., 2000). Tüm bu fauna, Birim-1'in tümüyle bugünküne benzer normal denizel koşullarda çökelindiğini göstermektedir (VARDAR ve diğ, 2005).

Birim-1 içerisinde organik maddece zengin (en çok %3.4 organik karbon içeren) iki sapropel tabakası bulunmuştur (Çağatay ve diğ., 1999, 2000). Radyometrik yaş bulgularına göre, alt sapropelik çökel tabakası günümüzden 10.600-6.400 yıl, üst sapropelik tabaka ise 4.750-3.200 yıl önceki zaman aralıklarında çökelmiştir. Alttaki sapropel tabakası, Akdeniz ve Ege Denizi'nde önceden bulunmuş S1 sapropeli (Ryan, 1972; Stanley, 1978; Anastasakis ve Stanley, 1986; Cramp ve diğ., 1988; Rohling, 1994; Aksu ve diğ., 1995) ile yaklaşık aynı zamanda oluşmuştur. Birim-1 içerisindeki planktonik foraminifer sayılarında ani azalmalar görülür. Sapropelik seviyelerde de genel olarak planktonik foraminiferlerde genel bir azalmanın yanında, bentik foraminifer topluluğunun *Bulimina aculeata*, *Brizalina spathulata*, *Brizalina dilatata* and *Cassidulina carinata* and *Hyalinea baltica*, gibi dip suda düşük oksijen koşullarını ve yüksek organik madde girdisini gösteren türlerden oluştuğu görülmüştür (VARDAR ve diğ, 2005).

Birim-2, yaklaşık 85 m den daha derin yerlerde izlenmektedir. Dış şelfte, griden, koyu gri ve yeşilimsi siyaha değişen renklerde kumlu ve siltli çamurdan oluşmaktadır. Daha derin kısımlarda koyu gri renkte, lamine ve yer yer demir monosülfid indirgenme bantları ve benekleri içermektedir. Birim, derin dış şelfte Karadeniz'in Neoeuxinian dönemine özgün (Nevesskaya, 1965; Federov, 1971), *Dreissena rostriformis*, *Pisidium* sp., *Theodoxus* sp., *Lithoglyphus* sp., *Caspia* sp., *Micromelaina* sp., *Planorbarius*, ve *Valvata* sp. gibi tatlı su molluskları içermektedir. Marmara Denizi'nin derin kısımlarında ise Birim-2'nin alt ve üst katmanlarında tatlı su ostrakodları, ve küçük (juvenil) mollusklar bulunmaktadır. Sedimentasyon hızının düşük olduğu sırtlar üzerinde yaklaşık 5 cm kalınlığında bir volkanik kül tabakası bulunmuştur (VARDAR ve diğ., 2005).

Proje kapsamında incelenmiş karotların koordinatları, su derinlikleri ve uzunlukları Tablo 2.1'de verilmiş ve yerleri Şekil 1.3'de verilen haritada gösterilmiştir. İncelenen karotlardan Tsu02-7'den alınan ^{14}C tarihlendirme verisi Tablo 2.2'de sunulmuştur.

Tablo 2.1. Projede incelenen karotların koordinat ve derinlik bilgileri (VARDAR ve diğ., 2005)

<u>Karot no</u>	<u>Boylam</u>	<u>Enlem</u>	<u>Su derinliği (m)</u>	<u>Karot uzunluğu (m)</u>
Tsu02-4	28 10. 050	40 41. 776	429	3,87
Tsu02-5	28 18. 500	40 53. 680	406,6	3,73
Tsu02-7	28 12. 500	40 01.150	56,7	1,20

Tablo 2.2. İncelenen karotlarda yapılan radyokarbon (^{14}C) tarihlendirme analizi. Analiz AMS yöntemi ile Arizona Üniversitesi'nde tarihlendirilmiştir. (VARDAR ve diğ., 2005)

Karot No.	Karot Derin. (cm)	Yaşlandırılan Malzeme	C-14 YAŞI (G.Ö. Yıl)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) PDB
TSU02-7	62,5-64,5	Corbula gibba	9205+90/-85	0,1

Fasiyes	Litoloji	AÇIKLAMA
BİRİM I Denizel		GÖ. 3200 14C yıl
		Üst sapropel
		GÖ. 4700 14C yıl
		GÖ. 6400 14C yıl
Birim II Göl		Alt sapropel
		GÖ. 10600 14C yıl
		GÖ. 12500 14C yıl
Birim-III Deniz		
		Volkanik kül
		GÖ. 18000 14C yıl

Şekil 2.9. Marmara Denizi geç Kuvaterner stratigrafisi (Çağatay ve diğ., 2000).

Karotlardan Tsu02-7 tümüyle 1. Birim içerisinde kalmaktadır. Yamaç üzerinden alınan diğer iki karotta G.Ö. 12 ky yaşındaki deniz/göl geçişi kesilmiş, ancak 18 ky yaşındaki Y-2 volkanik kül tabakasına rastlanmamıştır (Şekil 2.10, 2.11, 2.12). Silivri güneyinde şelf üzerinde, yaklaşık 56,7 m derinlikten alınan Tsu02-7 karotu, paleo-toprak üzerinde son 9.2 ky'da çökelmiş 67,5 cm kalınlığındaki denizel birimden oluşmaktadır (Şekil 2.10). Bu birim Oligosen yaşlı sarı kahverengi çamurtaşı

üzerinde gelişmiş sarımsı kahverenkli, bitki kökleri içeren ince kumlu bir paleo-toprak üzerinde çökelmiştir (VARDAR ve diğ., 2005).

Karot: Tsu02-7 Derinlik: 56,7m Boylam: 28 12 500 Uzunluk: 120cm Enlem: 41 01150 Mevki: Kuzey Şelf			
LİTOLOJİ	Yaş	LİTOLOJİK TANIMLAMA	BİRİM
0		Zeytin yeşili, çok nadir mollusk kavkılı çamur	Birim-1 (Holosen)
		Zeytin yeşili, yaygın mollusk kavkılı ve ince kumlu çamur	
		Zeytin yeşili, çok yaygın mollusk kavkı yığışımı ve orta-iri taneli çamurlu kum	
		Zeytin yeşili, nadir mollusk kavkılı kumlu çamur	
		Koyu yeşil, tabanda yaygın ince çakıllı ve mollusk kavkılı çamurlu kum, üste doğru azalan kavkılı kumlu çamura geçiyor.	
50		Koyu yeşil, çok yaygın mollusk kavkılı, ince çakıllı ve çamurlu iri kum	Uyumsuzluk
		Bitki kökleri içeren sarımsı kahverenkli kumlu toprak	Karasal
100		Oligosen yaşlı sarımsı kahverengimsi çamurtaşı	

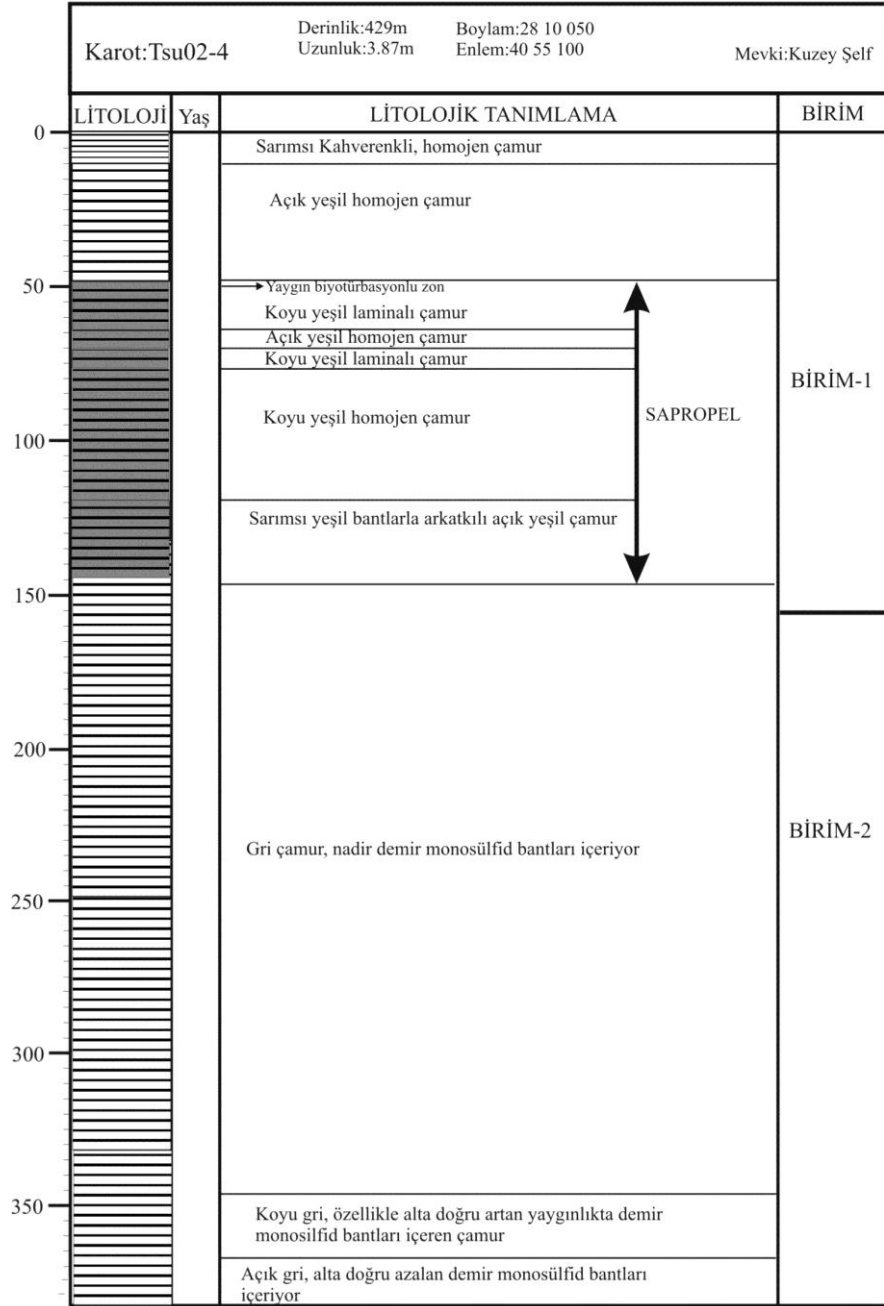
Şekil 2.10. Kuzey şelfde Silivri güneyinden alınan karot Tsu02-7'nin litolojik tanımlaması (VARDAR ve diğ., 2005).

Karot logunda bu paleo-toprak ile denizel birimi ayıran sınırın erozyonel ve düzensiz bir uyumsuzluk olduğu açıkça görülmektedir. Bu sınırın hemen altından denizel mollusklardan olan *Corbula gibba* sp. kavkısından alınan C14 yaşı yaklaşık GÖ 9205 +90/-85 yılı olarak bulunmuştur (Tablo 2.2). Karot logunda üstteki Holosen yaşlı birim, 0-6 cm'ler arası zeytin yeşili çok nadir mollusk kavkılı çamurdan oluşmaktadır. Alta doğru karot 6-25 cm'ler arası zeytin yeşili, yaygın mollusk kavkılı ve ince kumlu çamurdan oluşmaktadır. Karotta alta doğru 25-32 cm'ler arası ise zeytin yeşili çok yaygın mollusk kavkı yığışımı ve orta-iri taneli çamurlu kuma geçilmektedir. Karotta 32-39 cm'ler arası ise zeytin yeşili nadir mollusk kavkılı kumlu çamurdan oluşmaktadır. Alta doğru 39-63cm'ler arası koyu yeşil, tabanda yaygın ince çakıllı ve mollusk kavkılı çamurlu kum ve üste doğru kumlu çamurdan oluşmaktadır. Karotta Holosen'i oluşturan en yaşlı kısım ise 63-72 cm'ler arasında yeralan koyu yeşil renkte çok yaygın mollusk kavkılı, ince çakıllı ve çamurlu iri kumdan oluşmaktadır (VARDAR ve diğ., 2005).

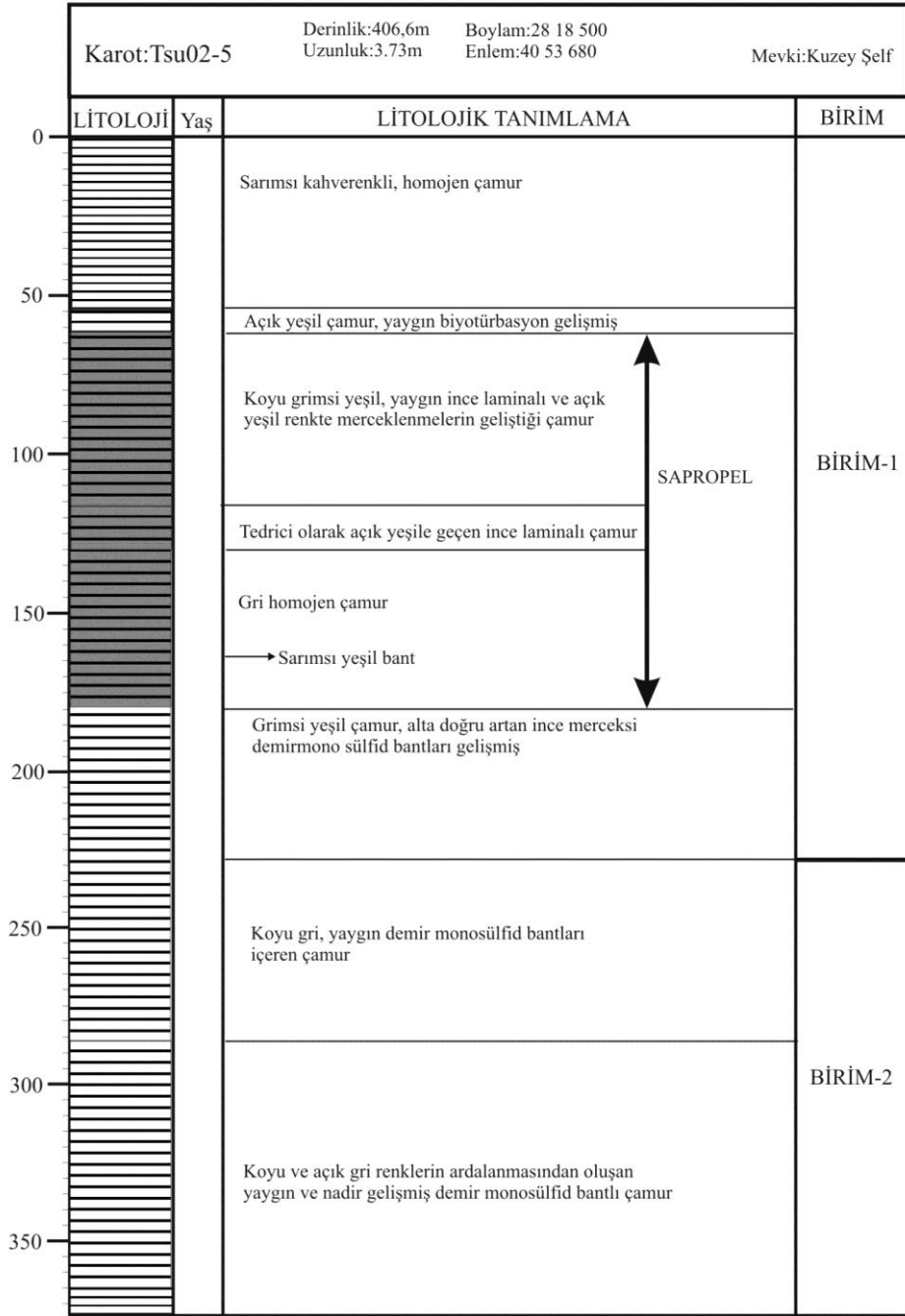
Silivri Körfezi kıta yamacından alınan karotlardan batıda bulunan Tsu02-4, yaklaşık 429 m derinlikten alınmış olup genel stratigrafisi homojen, yeryer laminalı ve sapropelik çamurdan oluşmaktadır (Şekil 2.11). Karot üstten alta doğru 0-8 cm'ler arasında sarımsı kahverenkli, homojen ve sulu çamurdan oluşmaktadır. Alta doğru 8-48 cm 'ler arasında ise açık yeşil masif çamurdan oluşmaktadır. Karotta alta doğru ise 48-136 cm'ler arasında sapropel tabakası bulunmaktadır. Sapropel tabakası, 48-77 cm'ler arası laminalı, koyu yeşil çamur, 77-120 cm'ler arasında daha açık yeşil homojen çamur ve alta doğru 120-136 cm 'ler arasında sarımsı yeşil bantlarla arakatkılı açık yeşil çamurdan oluşmaktadır. Yapılan organik karbon analizine göre gözle tesbit edilen sapropel tabakasında organik karbon değeri (%) 1,2-1,8 arasında değişmekte ve sapropelin varlığını doğrulamaktadır. Toplam karbonat miktarı 210 ile 140 cm arasında en yüksek değeri %33.5 CaCO_3 a varan bir pik vermektedir. Bu zon muhtemelen göl / deniz geçişi sırasında oluşmuş diyajenetik bir sürece işaret etmektedir (Çağatay ve diğ., 2004). Karotta 136-347 cm'ler arası gri renkte ve nadir demir monosülfid bantları içeren çamurdan oluşmaktadır. Bu seviyeyi alta doğru 347-367 cm'ler arasında koyu grimsi yeşil, özellikle alta doğru artan yaygınlıkta demir monosülfid bantları içeren çamur takip etmektedir. En alt seviye olarak 367-387 cm'ler arası ise açık yeşilimsi gri, alta doğru azalan demir monosülfid bantları içeren çamurdan oluşmaktadır (VARDAR ve diğ., 2005).

Silivri Körfezi kıta yamacının doğusundan alınan TSU02-5 karotu yaklaşık 406,6 m derinlikten alınmış olup göl ve deniz ortamında çökelmiş iki birimden oluşmaktadır (Şekil 2.12). Üstte yaklaşık 180 cm kalınlığında ki denizel birim (Birim I) bulunmaktadır. Karot üstten alta doğru 0-54 cm'ler arasında sarımsı kahverenkli, homojen çamurdan oluşmaktadır. Alta doğru bu seviye 54-62 cm'ler arasında açık yeşil masif ve yaygın biyotürbasyon içeren çamura geçmektedir. 62-166 cm'ler arasında genel olarak laminalı, bir sapropel tabakası içermektedir. Sapropel içerisinde laminalar 62-115 cm'ler arasında daha yoğundur. Sapropel, alta doğru tedrici olarak 115-130 cm'ler arasında daha açık yeşile geçmektedir. Bu seviyenin altında, 130-166 cm'ler arasında ise sarımsı yeşil bant içeren grimsi yeşil bir çamurdan oluşmaktadır. Karotta alta doğru 166 cm'den başlayarak gri renkte ve alta doğru merceksi demir monosülfid bantları içeren, göl koşullarında çökelmiş Birim 2'ye geçiş görülmektedir. 230-285 cm'ler arası, koyu gri ve yaygın demir monosülfid bantları içeren çamurla temsil olunmaktadır. Karotun en alt seviyesini oluşturan 285-

373 cm'ler arası ise koyu ve açık gri renklerin ardalanmasından oluşan yaygın ve nadir gelişmiş demir monosülfid bantlı çamurdan oluşmaktadır (VARDAR ve diğ., 2005).



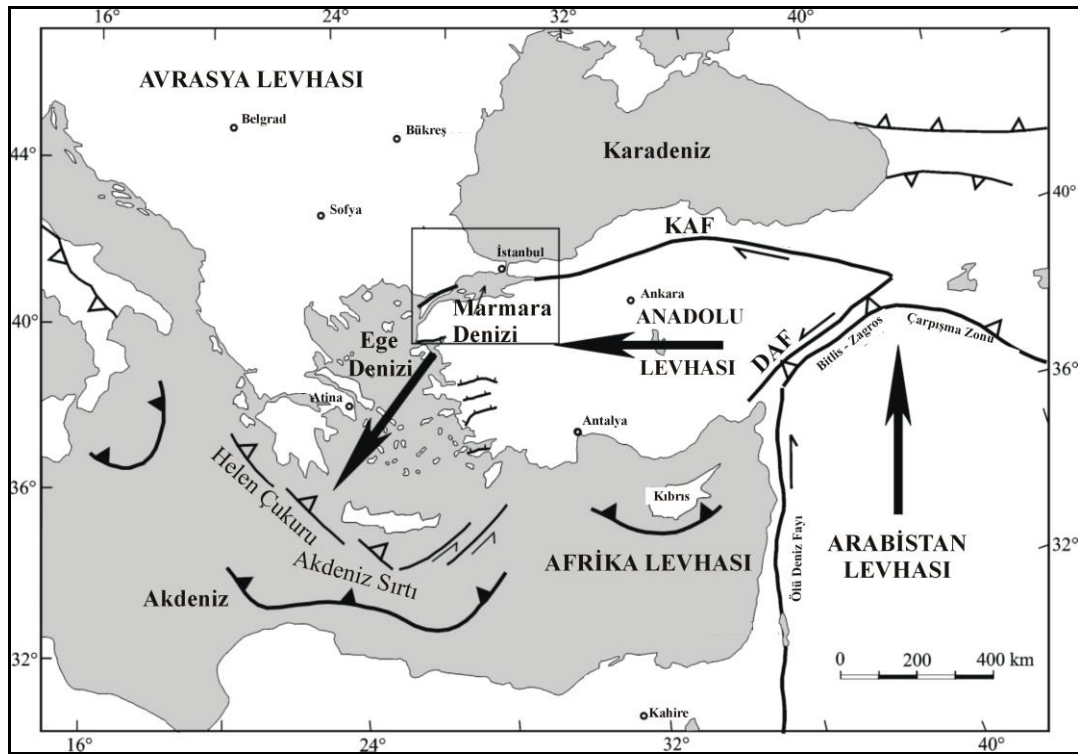
Şekil 2.11. Kuzey şelfin kıtasal yamaç kenarından alınan karot Tsu02-4'ün litolojik tanımlaması (VARDAR ve diğ., 2005)



Şekil 2.12. Kuzey şelfin kıtasal yamacından alınan karot TSU02-5'ün litolojik tanımlaması (VARDAR ve diğ., 2005).

2.5. Tektonizma ve Depremsellik

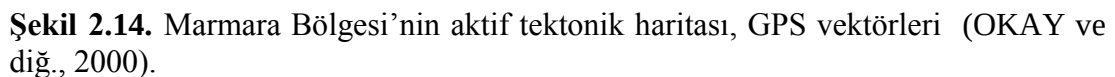
Afrika ve Arabistan levhaları tarafından sıkıştırılan Anadolu Levhası kuzeyde Kuzey Anadolu Fayı boyunca batıya doğru hareket etmektedir (Şekil 2.13). Transform fay özelliği taşıyan 1200 km uzunluğundaki Kuzey Anadolu Fayı'nın gelişimi yaklaşık 3.7 milyon yıla dayanmaktadır (OKTAY, 2002). Bu fay Anadolu ve Avrasya kıtaları arasında sınır teşkil etmektedir.



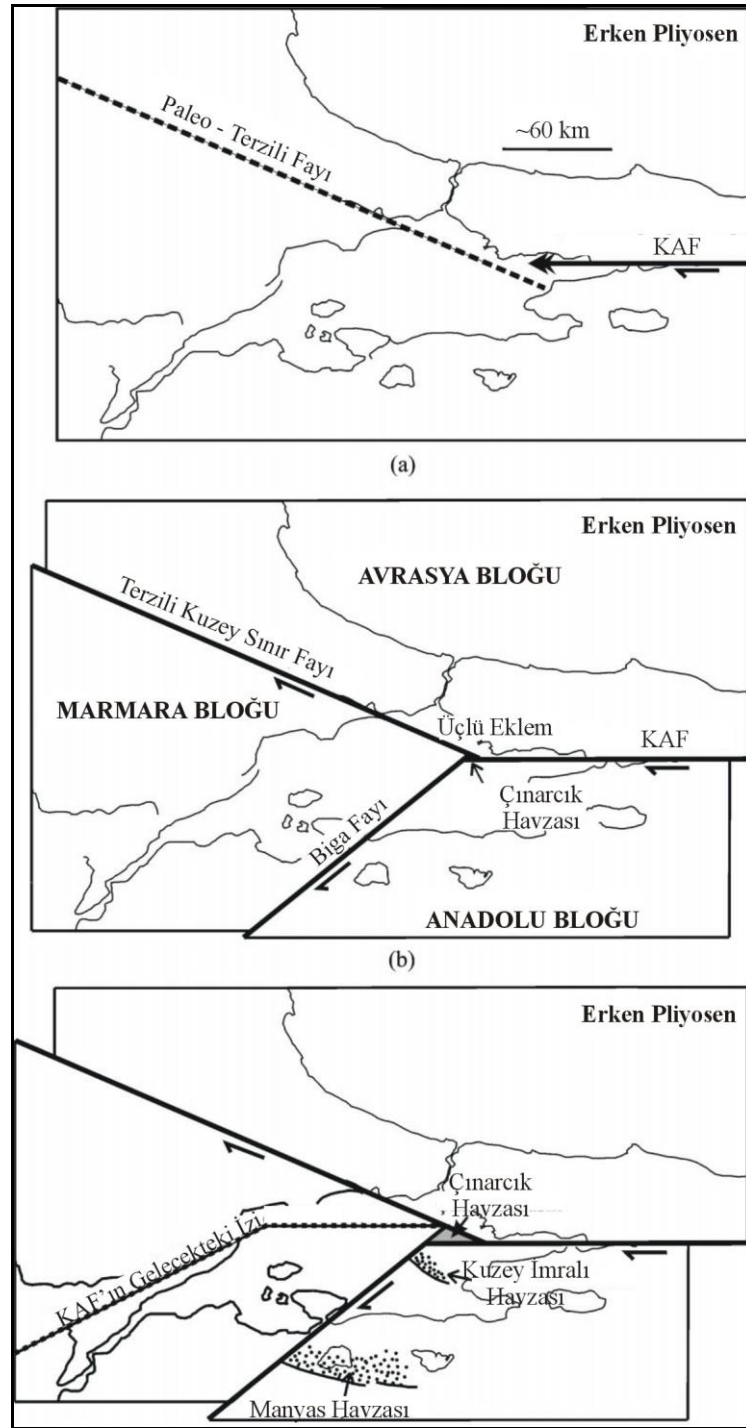
Şekil 2.13. Doğu Akdeniz Bölgesi'nin aktif tektonik haritası (OKAY ve diğ., 2000). (İçi dolu üçgenler dalma batma zonlarını, içi boş üçgenler kıtasal çarpışma zonlarını, koyu çizgiler ise normal fayları temsil etmektedir.)

Marmara Bölgesi üzerinde etkisi büyük olan fay Marmara Denizi içerisine İzmit Körfezi'nden girmekte ve Kuzey ve Güney olmak üzere iki ana kola ayrılarak devam etmektedir. Fayın Güney kolu Yalova kıyı şeridi boyunca devam etmekte ve Kuzey İmralı Havzası ile İmralı adası arasından dönerek Şekil 2.14'de görülen M – 1 noktasına kadar gelmektedir.

Bölgede yapılmış olan sismik çalışma ile OKAY ve diğ. (2001) Erken Pliyosen için bir model oluşturmuşlardır. Bu modele göre Kuzey Anadolu Fayı, Terzili Fayı ve Biga Fayının birleştiği Çınarcık havzasında üçlü eklem mevcuttur. Kurulmuş olan GPS istasyonları ile yapılan ölçümlere göre Avrasya bloğu kuzeybatı, Anadolu bloğu güneybatı ve Marmara bloğu batı yönünde yılda 20 mm hareket etmektedir ve Çınarcık Havzası’da bu şekilde oluşmuştur (Şekil 2.15).



30



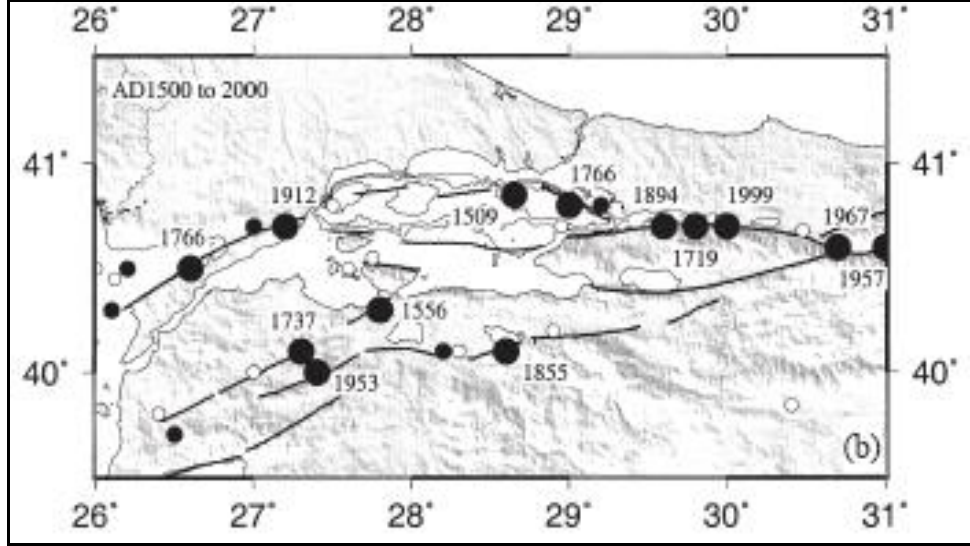
Şekil 2.15. Erken Pliyosen’ de Avrasya, Marmara ve Anadolu bloklarının hareketini gösteren model (OKAY ve diğ., 2000).

Okay ve diğ. tarafından oluşturulan bu modelde Çınarcık havzasının, Kuzey Anadolu Fayı’nın Marmara Denizi içerisinde Biga Fayı ve Terzili Fayı ile buluşması sonucunda oluştuğunu göstermektedir.

İnceleme alanının Marmara Denizi içerisindeki faylara uzaklığı nedeniyle 1. derece deprem bölgesi statüsündedir. Marmara Bölgesi'nde 1500 yılından bu yana meydana gelmiş olan tarihsel depremler ve büyüklükleri Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3. Marmara Bölgesi'nde 1500 yılından bu yana meydana gelmiş tarihsel depremler (AMBRASEYS ve JACKSON, 1999).

Yıl	Ay	Gün	Saat	Enlem	Boylam	Büyüklük
1509	Eylül	10	22:00	40.9	28.7	7.2
1556	Mayıs	10	24:00	40.3	27.8	7.2
1719	Mayıs	25	12:00	40.7	29.8	7.4
1737	Mart	6	07:30	40.1	27.3	7.0
1754	Eylül	2	03:30	40.8	29.2	6.8
1766	Mayıs	22	05:00	40.8	29.0	7.1
1766	Ağustos	5	05:30	40.5	26.6	7.4
1809	Şubat	7	00:00	40.0	27.0	6.1
1826	Şubat	8	20:30	39.8	26.4	6.2
1841	Ekim	6	02:30	40.8	29.0	6.1
1850	Nisan	19	23:30	40.1	28.3	6.1
1855	Şubat	28	02:30	40.1	28.6	7.1
1855	Nisan	11	19:40	40.2	28.9	6.3
1859	Ağustos	21	11:30	40.3	26.1	6.8
1860	Ağustos	22	10:09	40.5	26.0	6.1
1893	Şubat	9	17:16	40.5	26.2	6.9
1894	Temmuz	10	12:24	40.7	29.6	7.3
1912	Ağustos	9	01:28	40.7	27.2	7.3
1912	Ağustos	10	09:23	40.8	27.5	6.2
1912	Eylül	13	23:31	40.7	27.0	6.8
1935	Ocak	4	14:41	40.5	27.6	6.4
1935	Ocak	4	16:20	40.5	27.7	6.3
1943	Haziran	20	15:32	40.6	30.4	6.4
1944	Ekim	6	02:34	39.7	26.5	6.8
1953	Mart	18	19:06	40.0	27.4	7.1
1956	Şubat	20	20:31	39.8	30.4	6.2
1957	Mayıs	26	06:33	40.6	31.0	7.2
1963	Eylül	18	16:58	40.7	28.9	6.4
1964	Ekim	6	14:31	40.1	28.2	6.8
1967	Temmuz	22	16:57	40.7	30.7	7.2
1975	Mart	27	05:15	40.4	26.1	6.5
1983	Temmuz	5	12:01	40.2	27.7	6.1
1999	Ağustos	17	00:01	40.7	30.0	7.4



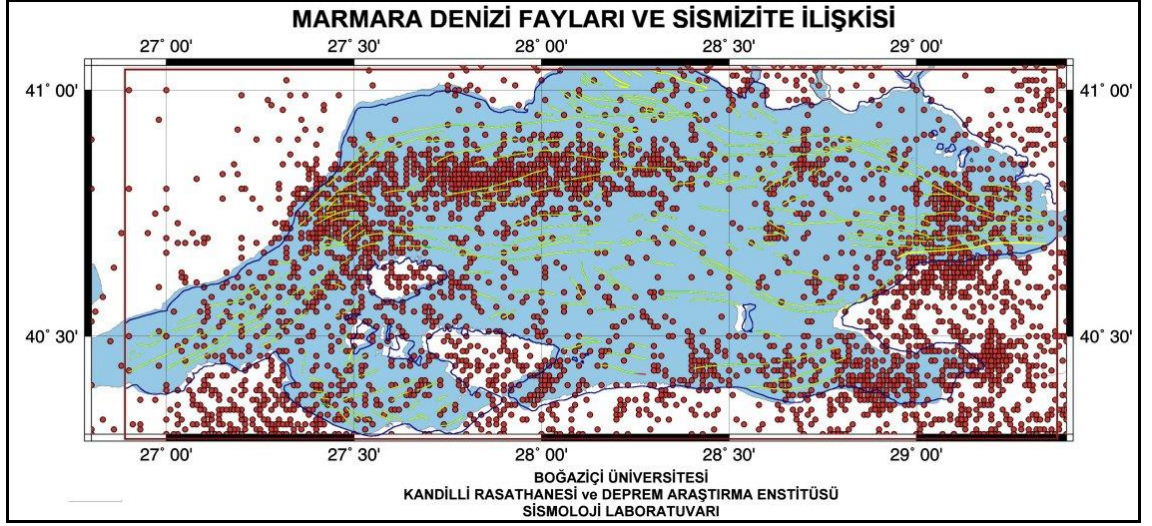
Şekil 2.16. Tarihsel depremlerin harita üzerinde gösterimi (AMBRASEYS ve JACKSON, 1999).

Bölgede 2003 yılı içerisinde meydana gelen depremler Şekil 2.17’ te gösterilmiştir.



Şekil 2.17. Marmara bölgesinde son bir yıl içinde meydana gelen depremler. (B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi’nden alınmıştır.)

Marmara denizi içerisinde meydana gelen sismik hareketlerin faylarla olan ilişkisini gösteren harita Şekil 2.18’ de verilmiştir. Buna göre sismik hareketlerin büyük bölümü Kumburgaz Havzası, Orta Havza ve Tekirdağ Havzası hattı boyunca olmuştur.



Şekil 2.18. Marmara denizi fayları ve sismizite ilişkisi. (B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi'nden alınmıştır.)

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

3.1. Giriş

Zeminler genel olarak, dane + hava + sudan meydana gelmiştir. Yerinde oluşmuş, ve taşınmış olarak iki ara gruba ayrılan zeminler, kayaların ayrışması sonucu oluşmuşlardır. Zeminlerin, mühendislik açısından tanınması ve sınıflandırılabilmesi için zemini teşkil eden her üç unsurun ayrı ayrı özellikleri ile bunların birbirlerine göre, gerek hacim ve gerekse ağırlıkça olan durumlarının bilinmesi gerekir. Zeminin tanınması ve sınıflandırılmasının, zeminin yük altında davranışlarının tahmin edilmesinde ve hesaplanmasındaki önemi büyüktür (KUMBASAR ve KİP, 1999).

Konusu “Büyükçekmece – Marmara Ereğlisi Arası Kıyı ve Deniz Çökellerinin Jeomekanik Davranışları ile Deniz İçi Heyelan Olasılıklarının Araştırılması” olan bu yüksek lisans çalışmasında, literatür çalışmasından sonra arazi çalışması yapılmış ve 1/25.000 ölçekli genel jeoloji haritası çıkarılmıştır. Yüzeydeki değişimi görülen birimlerin derinlikle değişimini görmek için ise karada 8 adet (SK – 1, SK – 2, SK – 3, SK – 4, SK – 5, SK – 6, SK – 7 ve SK – 8) sondaj alınmıştır. Alınan bu sondajlardan elde edilen numunelerde ise çökellerin jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla sırasıyla fiziksel, granülometrik, mekanik ve kıvam özellik belirleyici analizler yapılmıştır.

Deniz içindeki malzemenin belirlenmesi ve buradan numune elde edilebilmesi için denizden 4 adet gravite karotu (TSU02-3, TSU02-4, TSU02-5 ve TSU02-07) alınmıştır. Alınan gravite karotlarının litolojik tanımlamaları yapılmış ve elde edilen numunelerle jeomekanik özellik belirleyici fiziksel, mekanik ve kıvam özellik belirleyici analizler yapılmıştır.

Deniz ortamından alındıktan hemen sonra doğal ortamdaki su içeriğini korumak için plastik koruyucularla çevrenip sızdırmazlığı sağlanarak hava ile teması önlenen karotlar, deney anına kadar fakülte bünyesinde bulunan soğuk hava deposunda +4 °C

de saklanmıştır. Çalışma esnasında karotlar önce uzun eksen boyuncaya ikiye, ardından bölünen karotun 1 yarısı enine 10 eşit parçaya bölünmüştür. Açılan her karotun her 10 santimetresinden numuneler alınmış, alınan numunelerin İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı İndeks ve Mekanik Laboratuvarlarında fiziksel, mekanik, granülometrik ve kıvam özelliklerini belirlemek amacıyla doğal ağırlık, kuru birim ağırlık, arsimet hacimi, özgül ağırlık ölçümleri, veyn kesme dayanımı ile penetrometre basınç dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı, çekme dayanımı ve elastisite değerleri bulunmuş kıvam limitleri deneyi yapılmıştır.

3.2. Karasal ve Denizel Çökellerin Fiziksel Özellikleri

İnceleme alanından 8 adet kara sondajı ve 4 adet deniz sondajı alınmıştır. Proje kapsamında karada yapılan S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 ve S8 numaralı sondajların değişik derinliklerinden alınan karot örnekleri, fiziksel özelliklerin saptanması amacıyla Uygulamalı Jeoloji ABD İndeks laboratuvarına getirilmiş ve burada deneylere tabi tutulmuştur.

Denizel karotlar uzunlukları boyunca 10'ar cm arayla dilimlenmiş ve hem karasal hem de denizel örnekler üzerinde 5'er adet deney yapıp bunlara ait değerler, minimum, ortalama ve maksimum deney sonuçları ilgili tablolar ile verilmiştir.

3.2.1. İndeks Özelliklerle İlgili Genel Tanımlar

Birim hacim ağırlığı (γ), zeminin herhangi bir birim hacimdeki toplam ağırlığıdır. En çok kullanılan birimler g/cm^3 , t/m^3 , lb/ft^3 dür. Birim hacim ağırlığı, numunenin ağırlığının tüm hacmine bölünmesi ile bulunur. Su ve hava tarafından doldurulan hacim ise boşluk hacmi olarak tanımlanır.

Mühendislik hesaplarında kullanılan değerler, zeminlerin doğada bulundukları haldeki doğal birim hacim ağırlıkları (γ_n), katı kısımların (tane) birim hacim ağırlığı (γ_s), boşluklu kısımların (hava ile dolu) da ele alınması halinde kuru birim hacim ağırlığı (γ_k), bütün boşlukların su ile dolu olması halinde de doymuş birim hacim ağırlığı (γ_d) dir.

Doğal birim hacim ağırlığı (γ_s) : Doğal birim hacim ağırlığı (γ_n), zeminin toplam ağırlığının (W_T) toplam hacmine (V_T) oranıdır.

$$\gamma_s = (W_T / V_T) \quad (3.1)$$

Dane birim hacim ağırlığı (γ_s) : Zeminin katı (W_k) kısmının, bu kısmın hacmine (V_T) oranıdır.

$$\gamma_s = (W_k / V_T) \quad (3.2)$$

Kuru birim hacim ağırlığı (γ_k) : Zeminin katı öz kısmın (W_k), toplam hacmine (V_T) oranıdır.

$$\gamma_k = (W_k / V_T) \quad (3.3)$$

Suya doymun birim hacim ağırlığı (γ_d) : Zeminin katı öz kısmı (W_k) ile zeminin içinde bulunan suyun ağırlığı toplamının (W_w), toplam hacmine (V_T) oranıdır.

$$\gamma_d = (W_k + W_w) / V_T \quad (3.4)$$

Su altındaki birim hacim ağırlığı (γ_a) : Tamamen su altında bulunan zeminin birim hacim ağırlık değeridir. Doymun birim hacim ağırlık değeri ile suyun birim hacim ağırlık değeri farkı olup eşitliği aşağıda verilmiş olan denklem ile hesaplanır.

$$\gamma_d = (W_k + W_w) / V_T \quad (3.5)$$

Su altında birim hacim ağırlık değerleri hesaplanırken, karasal kesim için tatlı suyun birim hacim ağırlığı $1,0 \text{ g/cm}^3$ ve denizden alınmış numuneler için tuzlu suyun hacim ağırlığı $1,0247 \text{ g/cm}^3$ olarak alınmıştır.

Deney numunelerinde dane birim hacim ağırlık değerlerinin bulunması için piknometre (Şekil 3.1) deneyi yapılmıştır. Numuneyi temsil edecek şekilde, aynı seviye için değişik kısımlardan alınan temsili numune, 0.2 mm olan kare gözlü elekten geçecek şekilde öğütölüp, değişmez kütleyle gelebilmesi için etüvde 105°C de 24 saat kurutulmuştur. Etüvden çıkartılıp desikatörde soğutulan numuneden 3 farklı ağırlık için alınan kısmı 0.01 duyarlıklılı terazide tartılmıştır (W_s). Piknometre saf su ile doldurulup, piknometre+su ağırlığı tartılmış (W_1) ve piknometreden bir miktar saf su boşaltılıp toz haldeki numune piknometre içine dökülmüştür. Piknometre içinde su hacmi tamamlanıp toz haldeki numune su ile doymun hale

gelene kadar beklenmiştir. Piknometre içinde yüzer durumda numune kalmayacak bir süre beklendikten sonra piknometre+su+numune ağırlığı tartılmıştır (W_2).



Şekil 3.1. Piknometre deney aleti

Suyun birim hacim ağırlığı, saf su kullanıldığında $\gamma_w = 1 \text{ g/cm}^3$ olacağı kabulüne göre, dane birim hacim ağırlığı;

$$G_s = W_s / [W_s + (W_1 - W_2)] \quad (3.6)$$

ile hesaplanır.

3.2.2. Su İçeriği, Porozite ve Boşluk Oranı

Katı, su ve havadan oluşan prizmada, su ve hava kısmından oluşan boşluk kesimin özelliklerinin tanımı olan su içeriği, porozite ve boşluk oranı değerleri incelenen ortamların benzerlik ve değişimlerinin karşılaştırılmasında göz önüne alınan kriterlerdir.

Bir zeminin su içeriği (W_n); Belirli bir hacimde, kapsadığı su ağırlığının (W_w), katı kısmın (tane) ağırlığına (W_k) oranıdır. Yüzde olarak ifade edilir.

$$W_n = (W_T - W_k) / W_k \quad (3.7)$$

Bir zeminin porozitesi (n); içinde bulunan boşlukların hacminin (V_b), tüm hacmine (V_t) oranıdır. Yüzde olarak ifade edilir.

$$n = (V_b / V_t) \quad (3.8)$$

Bir zeminin boşluk oranı (e); içinde bulunan boşlukların hacminin (V_b), katı (öz) kısmının hacmine (V_k) oranıdır. Yüzde olarak ifade edilir.

$$e = (V_b / V_k) \quad (3.9)$$

3.2.3. Karasal Numunelerden Elde Edilen Veriler

Fiziksel deneyler S1, S2, S4, S5 ve S6 nolu sondajlardan alınan karotlar üzerinde uygulanmıştır. ISRM 1981 tanımlamalarında ön görülen koşullar altında gerçekleştirilen fiziksel deneylerden elde edilen kuru ve doymuş birim hacim ağırlığı ile porozite değerleri Tablo 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5 te verilmiştir. Bu tablolarda, bazı seviyeler için tekrarlanan üçer deneye ait sonuçların aritmetik ortalaması ayrıca verilmiştir.

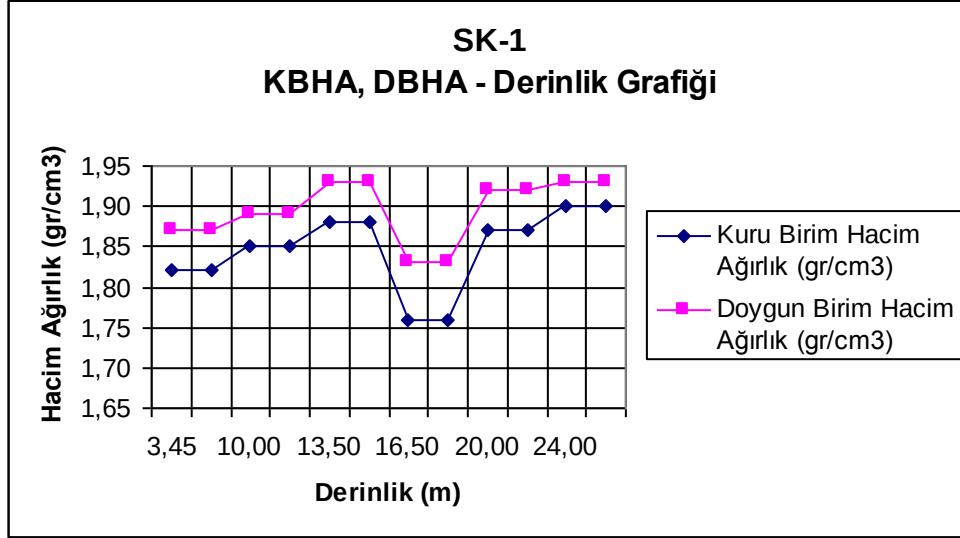
3.2.3.1. SK – 1

İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı İndeks Özellikler Laboratuvarı'nda SK-1 için yapılan deneylerin sonuçları Tablo 3.1' de verilmiştir. Bulunan sonuçlardaki anomalileri görmek amacıyla grafikler çizilmiştir. Bu grafiklerin derinlik ekseninin ölçekli olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

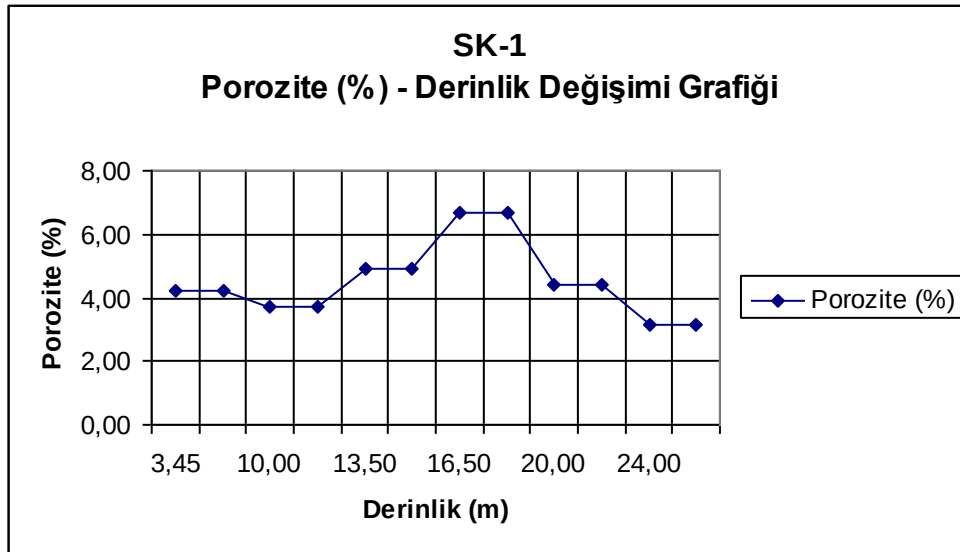
Tablo 3.1. SK – 1 sondajından alınan numunelerin fiziksel özellikler tablosu.

Derinlik (m)	Kuru Ağırlık [gr]	Doygun Ağırlık [gr]	Hacim [cm ³]	γ_k [gr/cm ³]]	Ortalama γ_k [gr/cm ³]	γ_d [gr/c m ³]	Ortalama γ_d [gr/cm ³]	Porozite [%]	Ortalama Porozite [%]
3,45 - 4,5	28,77	29,43	15,86	1,81	1,82	1,86	1,87	4,16	4,19
	22,11	22,62	12,20	1,81		1,85		4,18	
	13,14	13,44	7,11	1,85		1,89		4,22	
10 - 10,5	33,38	33,92	17,52	1,91	1,85	1,94	1,89	3,08	3,71
	20,34	20,79	11,16	1,82		1,86		4,03	
	16,39	16,76	8,98	1,83		1,87		4,12	
13,5 - 15	14,10	14,61	7,83	1,80	1,88	1,87	1,93	6,51	4,90
	18,09	18,51	9,46	1,91		1,96		4,44	
	20,78	21,22	10,81	1,92		1,96		4,07	
16,5 – 18	24,73	25,67	13,83	1,79	1,76	1,86	1,83	6,80	6,67
	17,14	17,80	9,67	1,77		1,84		6,83	
	23,76	24,64	13,73	1,73		1,79		6,41	
20 – 22	16,30	16,65	8,34	1,95	1,87	2,00	1,92	4,20	4,44
	15,69	16,09	8,51	1,84		1,89		4,70	
	13,58	13,91	7,43	1,83		1,87		4,44	
24 – 25	34,39	34,99	18,15	1,89	1,90	1,93	1,93	3,31	3,17
	42,80	43,46	22,50	1,90		1,93		2,93	
	25,52	25,96	13,39	1,91		1,94		3,29	

Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'teki grafiklerde görülen en büyük değişim porozitenin en yüksek olduğu 16.5 – 18 metreleri arasındadır. Kuru birim hacim ağırlık ile doymuş birim hacim ağırlık farkının en yüksek olduğu bölge de bu derinliktir. Bu metrelerde ince – orta kristalli laminalı açık kahverengi katı kumtaşı görülmektedir.



Şekil 3.2. SK-1’ den elde edilen numunelerin kuru birim hacim ağırlık ve dane birim hacim ağırlıklarının derinlikle değişim grafiği.



Şekil 3.3. SK-1’ den elde edilen numunelerin porozitesinin derinlikle değişim grafiği

3.2.3.2. SK – 2

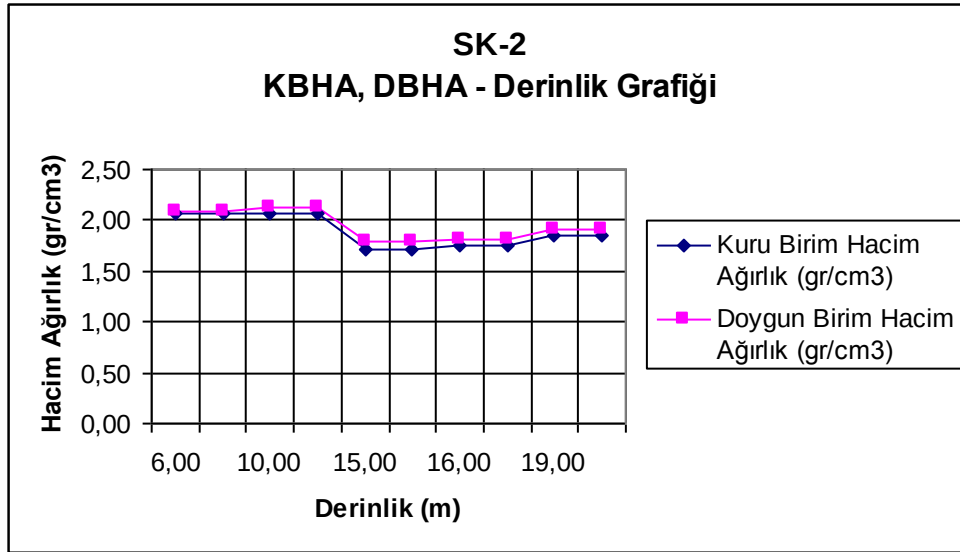
İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı İndeks Özellikler Laboratuvarı’nda SK-2 için yapılan deneylerin sonuçları Tablo 3.2’ de verilmiştir. Bulunan sonuçlardaki

anomalileri görmek amacıyla grafikler çizilmiştir. Bu grafiklerin derinlik ekseninin ölçekli olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

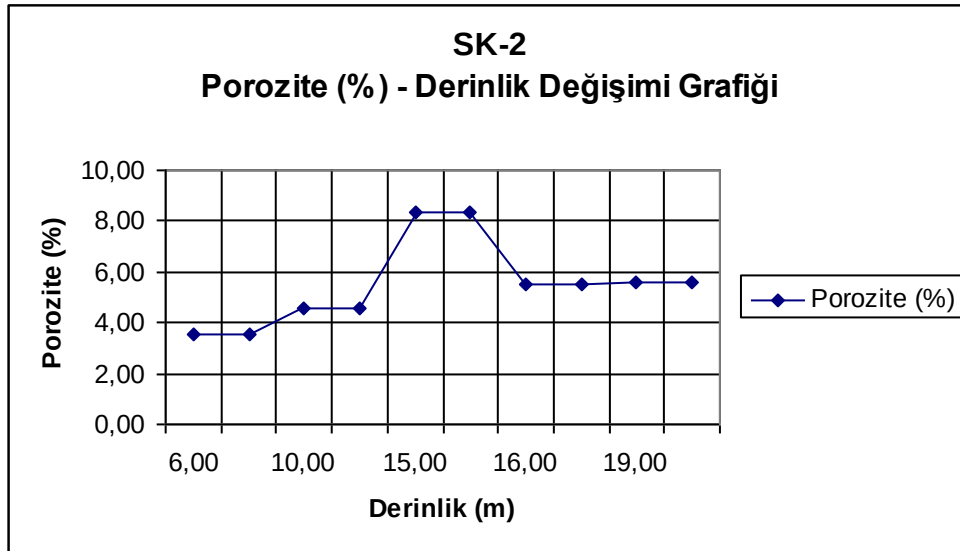
Tablo 3.2. SK – 2 sondajından alınan numunelerin fiziksel özellikler tablosu.

Derinlik [m]	Kuru Ağırlık [gr]	Doygun Ağırlık [gr]	Hacim [cm ³]	γ_k [gr/cm ³]	Ortalama γ_k [gr/cm ³]	γ_d [gr/cm ³]	Ortalama γ_d [gr/cm ³]	Porozite [%]	Ortalama Porozite [%]	Litoloji
6 – 7	49,06	49,72	23,51	2,09	2,06	2,11	2,09	2,81	3,56	Kiltaşı
6 – 7	19,69	20,11	9,73	2,02		2,07		4,32		
10 – 11	15,06	15,43	7,30	2,06	2,07	2,11	2,12	5,07	4,55	Kiltaşı
10 – 11	25,68	26,22	12,4	2,07		2,11		4,35		
10 – 11	41,87	42,72	20,15	2,08		2,12		4,22		
15 – 16	11,33	11,77	6,57	1,72	1,72	1,79	1,80	6,70	8,33	Kiltaşı
15 – 16	8,78	9,29	5,12	1,71		1,81		9,96		
16 – 17	6,96	7,26	4,17	1,67	1,76	1,74	1,82	7,19	5,53	Katı Kil
16 – 17	17,96	18,40	9,96	1,80		1,85		4,42		
16 – 17	20,83	21,40	11,47	1,82		1,87		4,97		
19 – 20	20,02	20,57	10,71	1,87	1,86	1,92	1,91	5,14	5,56	Katı Kil
19 – 20	11,70	12,12	6,45	1,81		1,88		6,51		
19 – 20	17,23	17,69	9,14	1,89		1,94		5,03		

Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'teki grafiklerde görülen en büyük değişim porozitenin en yüksek olduğu 15 – 16 metreleri arasındadır. Kuru birim hacim ağırlık ile doymuş birim hacim ağırlık farkının en yüksek olduğu bölge de bu derinliktir. Bu metrelerde fosil kavraklı gri renkli kiltası görülmektedir.



Şekil 3.4. SK-2' den elde edilen numunelerin kuru birim hacim ağırlık ve dane birim hacim ağırlıklarının derinlikle değişim grafiği.



Şekil 3.5. SK-2’den elde edilen numunelerin porozitesinin derinlikle değişim grafiği

3.2.3.3. SK – 4

İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı İndeks Özellikler Laboratuvarı’nda SK-4 için yapılan deneylerin sonuçları Tablo 3.3’ de verilmiştir. Bu derinlikte görülen birim orta çatlaklı gri renkli kumtaşıdır.

Tablo 3.3. SK – 4 fiziksel özellikler tablosu

Derinlik [m]	Kuru Ağırlık [gr]	Doygun Ağırlık [gr]	Hacim [cm ³]	γ_k [gr/cm ³]	Ortalama γ_k [gr/cm ³]	γ_d [gr/cm ³]	Ortalama γ_d [gr/cm ³]	Porozite [%]	Ortalama Porozite [%]	Litoloji
19 – 20	77,37	79,26	30,58	2,53	2,42	2,59	2,52	6,18	9,85	Kumtaşı
19 – 20	133,18	140,99	57,79	2,30		2,44		13,51		

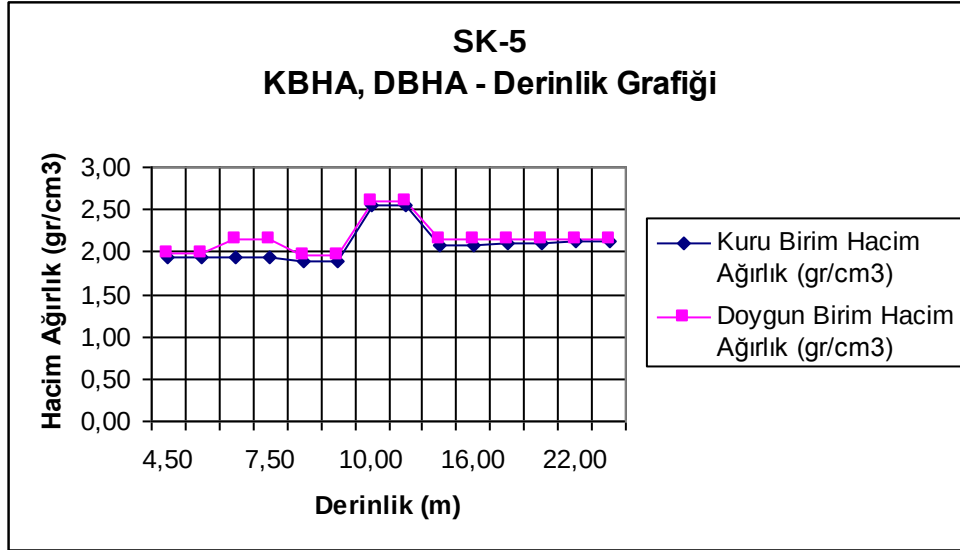
3.2.3.4. SK – 5

İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı İndeks Özellikler Laboratuvarı’nda SK-5 için yapılan deneylerin sonuçları Tablo 3.4’ de verilmiştir. Bulunan sonuçlardaki anomalileri görmek amacıyla grafikler çizilmiştir. Bu grafiklerin derinlik ekseninin ölçekli olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

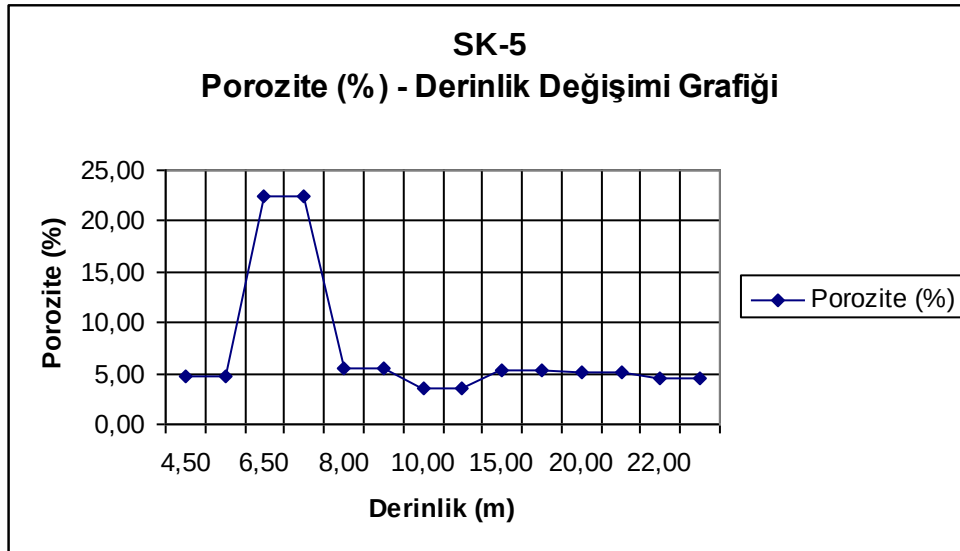
Tablo 3.4. SK – 5 fiziksel özellikler tablosu

Derinlik [m]	Kuru Ağırlık [gr]	Doygun Ağırlık [gr]	Hacim [cm ³]	γ_k [gr/cm ³]	Ortalama γ_k [gr/cm ³]	γ_d [gr/cm ³]	Ortalama γ_d [gr/cm ³]	Porozite [%]	Ortalama Porozite [%]	Litoloji
4,5 - 6,5	11,85	12,11	6,12	1,94	1,93	1,98	1,98	4,25	4,71	Kıltaşı
4,5 - 6,5	9,13	9,36	4,74	1,93		1,97		4,85		
4,5 - 6,5	19,24	19,74	9,97	1,93		1,98		5,02		
6,5 - 7,5	122,00	136,57	63,63	1,92	1,92	2,15	2,15	22,90	22,40	Kumtaşı
6,5 - 7,5	88,27	98,30	45,81	1,93		2,15		21,89		
8 – 9	22,91	23,52	12,04	1,90	1,90	1,95	1,96	5,07	5,53	Kumtaşı
8 – 9	23,10	23,71	12,07	1,91		1,96		5,05		
8 – 9	13,72	14,19	7,25	1,89		1,96		6,48		
10 – 11	84,83	86,11	33,21	2,55	2,56	2,59	2,59	3,85	3,56	Kumtaşı
10 – 11	82,44	83,58	32,22	2,56		2,59		3,54		
10 – 11	150,53	152,47	58,93	2,55		2,59		3,29		
15 -16	13,12	13,49	6,35	2,07	2,09	2,12	2,14	5,83	5,22	Kıltaşı
15 -16	19,93	20,4	9,5	2,10		2,15		4,95		
15 -16	24,85	25,43	11,84	2,10		2,15		4,90		
20 – 21	28,29	28,76	13,23	2,14	2,11	2,17	2,16	3,55	5,02	Kıltaşı
20 – 21	9,85	10,13	4,72	2,09		2,15		5,93		
20 – 21	14,02	14,39	6,64	2,11		2,17		5,57		
22 – 23	14,61	14,97	6,94	2,11	2,12	2,16	2,16	5,19	4,47	Kıltaşı
22 – 23	29,9	30,52	14,18	2,11		2,15		4,37		
22 – 23	35,3	35,94	16,56	2,13		2,17		3,86		

Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’ teki grafiklerde görülen en büyük değişim porozitenin en yüksek olduğu 6.5 – 7.5 metreleri arasındadır . Kuru birim hacim ağırlık ile doymuş birim hacim ağırlık farkının en yüksek olduğu bölge de bu derinliktir. Bu metrelerde kahverenkli ince – orta kristalli kumtaşı görülmektedir. Porozitenin en yüksek, birim hacim ağırlıklarının en düşük olduğu bölge ise 10 – 11 metreleri arasındadır. Bu derinlikte görülen birim kahve – gri renkli kumtaşıdır.



Şekil 3.6. SK-5’ ten elde edilen numunelerin kuru birim hacim ağırlık ve dane birim hacim ağırlıklarının derinlikle değişim grafiği.



Şekil 3.7. SK-5’ten elde edilen numunelerin porozitesinin derinlikle değişim grafiği

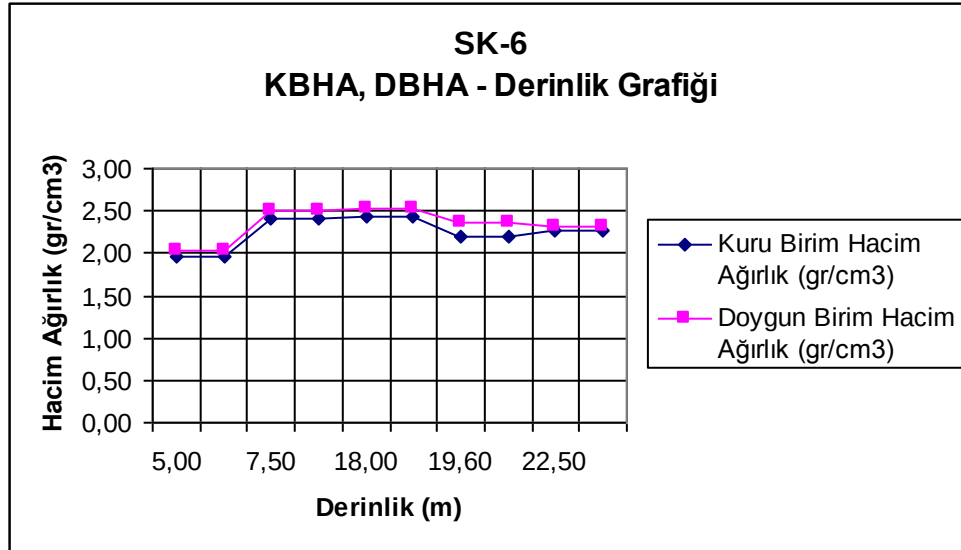
3.2.3.5. SK – 6

İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı İndeks Özellikler Laboratuvarı’nda SK-6 için yapılan deneylerin sonuçları Tablo 3.5’ de verilmiştir. Bulunan sonuçlardaki anomalileri görmek amacıyla grafikler çizilmiştir. Bu grafiklerin derinlik ekseninin ölçekli olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

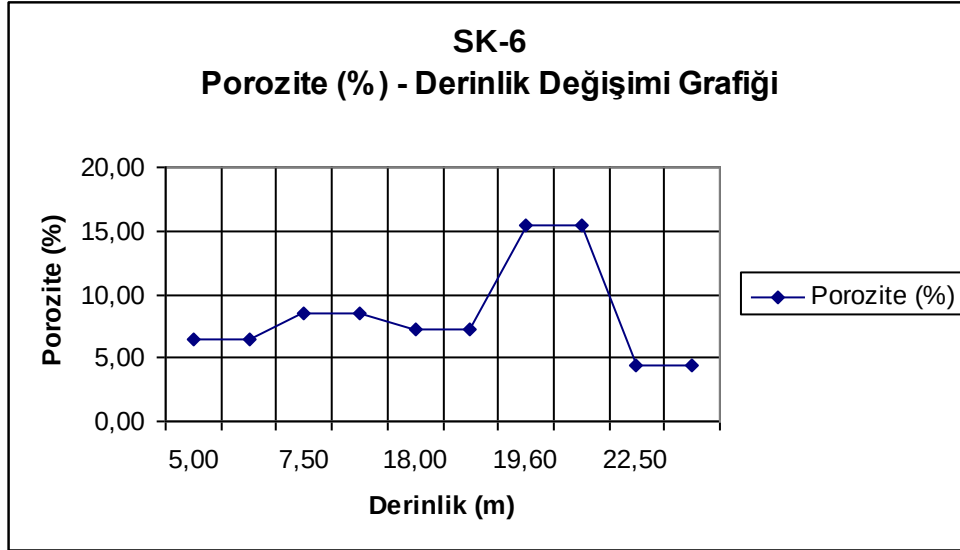
Tablo 3.5. SK – 6 fiziksel özellikler tablosu

Derinlik [m]	Kuru Ağırlık [gr]	Doygun Ağırlık [gr]	Hacim [cm ³]	γ_k [gr/cm ³]	Ortalama γ_k [gr/cm ³]	γ_d [gr/cm ³]	Ortalama γ_d [gr/cm ³]	Porozite [%]	Ortalama Porozite [%]	Litoloji
5- 6	14,83	15,73	7,96	1,86	1,96	1,98	2,02	11,31	6,44	Kumtaşı
	8,92	9,07	4,42	2,02		2,05		3,39		
	15,15	15,50	7,58	2,00		2,04		4,62		
7,5 - 10,5	126,10	129,13	51,19	2,46	2,41	2,52	2,50	5,92	8,49	Kumtaşı
	80,18	83,94	34,01	2,36		2,47		11,06		
18 - 19,5	112,75	114,42	44,91	2,51	2,44	2,55	2,52	3,72	7,30	Kumtaşı
	25,98	26,93	10,79	2,41		2,50		8,80		
	35,95	37,35	14,91	2,41		2,51		9,39		
19,5 – 22	141,43	151,34	64,24	2,20	2,20	2,36	2,36	15,43	15,43	Kumtaşı
22,5 – 25	23,95	24,13	10,16	2,36	2,27	2,38	2,32	1,77	4,34	Kumtaşı
	22,38	22,81	9,85	2,27		2,32		4,37		
	13,38	13,80	6,10	2,19		2,26		6,89		

Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’teki grafiklerde görülen en büyük değişim porozitenin en yüksek olduğu 19.5 – 22 metreleri arasındadır. Kuru birim hacim ağırlık ile doymuş birim hacim ağırlık farkının en yüksek olduğu bölge de bu derinliktir. Yer yer ayrıışmış kil seviyeleri içeren açık kahverenkli kumtaşıdır.



Şekil 3.8. SK-6’ dan elde edilen numunelerin kuru birim hacim ağırlık ve dane birim hacim ağırlıklarının derinlikle değişim grafiği.



Şekil 3.9. SK-6'dan elde edilen numunelerin porozitesinin derinlikle değişim grafiği.

3.2.4. Denizel Numunelerden Elde Edilen Veriler

Fiziksel deneyler; yamaçlardan alınan TSU02-3, TSU02-4 ve TSU02-5 karotlarında ve şelften alınan TSU02-7 karotundaki çökellerin üzerinde uygulanmıştır. TS 1900 tanımlamalarında ön görülen koşullar altında gerçekleştirilen fiziksel deneylerden elde edilen değerler Tablo 3.6, 3.7, 3.8 ve 3.9' da verilmiştir.

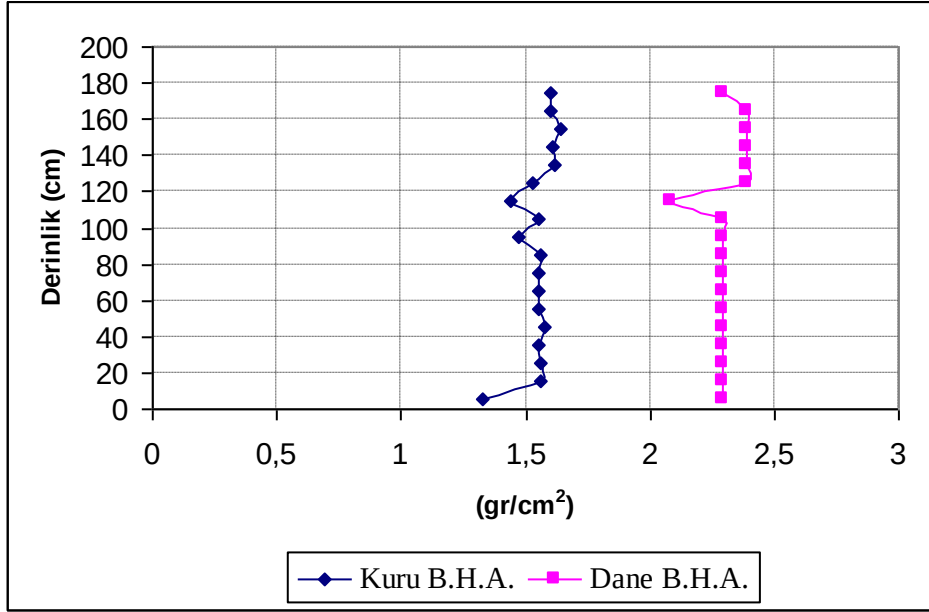
3.2.4.1. TSU02-3 Karotu

40°52'.19" enlem 28°10'.27" boylam koordinatından, deniz seviyesinin 928 m altından alınan TSU02-3 karotunda, karot 10 cm aralıklı eşit parçalara bölünmüş ve her bir kesim üzerinde 5'er adet örnekleme yapılarak fiziksel özellikler belirlenmiştir. Her bir 10 cm'lik kesimde 5'er adet örnek üzerinde yapılan ölçümlerle elde edilen kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, su yüzdesi, porozite ve boşluk oranı değerlerinin geometrik ortalamaları alınmıştır. Ortalama değerler Tablo 3.6 da verilmiştir.

Tablo 3.6. TSU02-3 karotundan 10 cm aralıklarla elde edilen kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, su yüzdesi, porozite ve boşluk oranı değerleri.

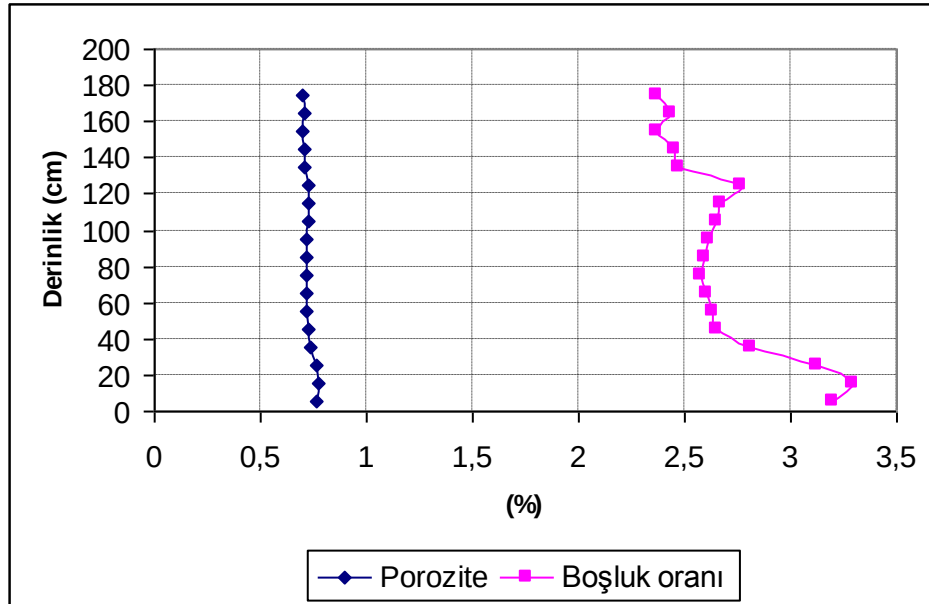
Derinlik (cm)	Kuru B.H.A. (gr/cm ³)	Dane B.H.A. (gr/cm ³)	Porozite (%)	Boşluk oranı (%)	Su İçeriği (%)
0-10	1,33	2,29	0,76	3,20	139,55
10-20	1,56	2,29	0,77	3,29	143,45
20-30	1,56	2,29	0,76	3,12	135,89
30-40	1,55	2,29	0,74	2,81	122,40
40-50	1,58	2,29	0,73	2,65	115,45
50-60	1,55	2,29	0,72	2,63	114,55
60-70	1,55	2,29	0,72	2,60	113,51
70-80	1,55	2,29	0,72	2,58	112,34
80-90	1,56	2,29	0,72	2,59	112,78
90-100	1,47	2,29	0,72	2,61	113,58
100-110	1,55	2,29	0,73	2,65	115,74
110-120	1,44	2,08	0,73	2,67	128,13
120-130	1,53	2,39	0,73	2,76	115,80
130-140	1,62	2,39	0,71	2,47	103,42
140-150	1,61	2,39	0,71	2,45	102,72
150-160	1,64	2,39	0,70	2,37	99,32
160-170	1,60	2,39	0,71	2,43	101,98
170-180	1,60	2,29	0,70	2,37	103,25
Maksimum	1,64	2,39	0,77	3,29	143,45
Ortalama	1,55	2,30	0,73	2,68	116,32
Minimum	1,33	2,08	0,70	2,37	99,32

TSU02 – 3 no’lu için Tablo 3.6 ile verilen kuru birim hacim ağırlık değerleri 1,33 gr/cm³ – 1,64 gr/cm³, dane birim hacim ağırlık değerleri ise 2,08 gr/cm³ – 2,39 gr/cm³ arasında değişen değerler almaktadır. Aynı karot için porozite değerleri % 0,70 – 0,77, boşluk oranı değerleri % 2,37 – 3,39, su içeriği değerleri ise % 99,32 – 143,45 arasında değişmektedir. Kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, porozite, boşluk oranı ve su içeriğinin derinlikle değişim grafikleri Şekil 3.10, Şekil 3.11 ve Şekil 3.12’de verilmiştir.

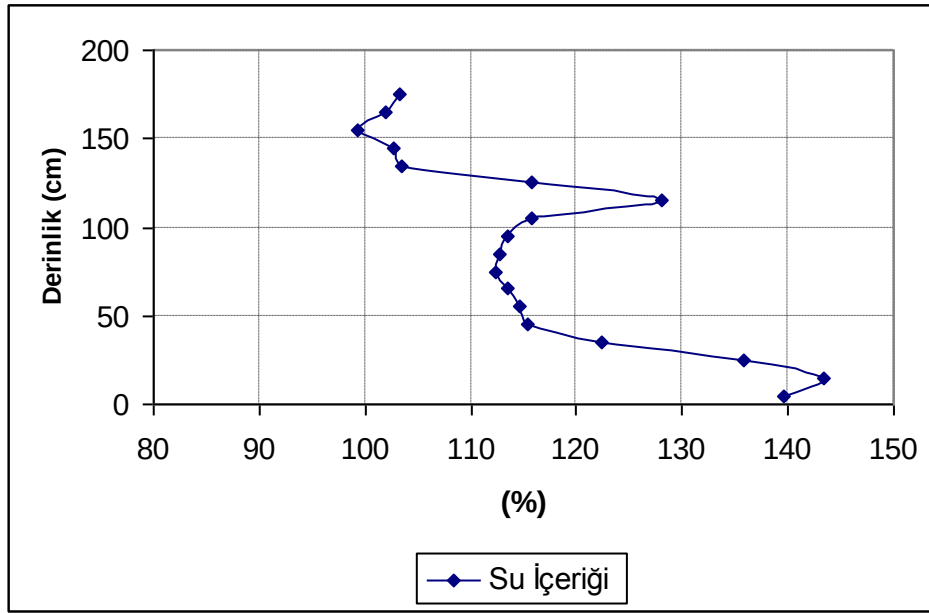


Şekil 3.10. TSU02-3 karotunda kuru ve dane birim hacim ağırlık değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

Kuru birim hacim ağırlık değerleri ortalama değer olan 1.55 civarında, dane birim hacim ağırlık değerleri ise ortalama değer olan 2.30 civarında değişmiştir. 120 cm'den sonra kuru birim ve dane birim hacim ağırlık değerlerinde bir artma gözlenmiştir. Bunun nedeni boşluk oranı ve su içeriği değerlerinin 100 cm'den sonra düşmesidir.



Şekil 3.11. TSU02-3 karotunda boşluk oranı ve porozite değerlerinin derinlikle değişim grafiği.



Şekil 3.12. TSU02-3 karotunda su içeriği değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

TSU02-3 karotunda derinliğin artmasıyla birlikte su içeriği değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Bu durum dane birim hacim ağırlık değerlerine de yansımıştır.

3.2.4.2. TSU02-4 Karotu

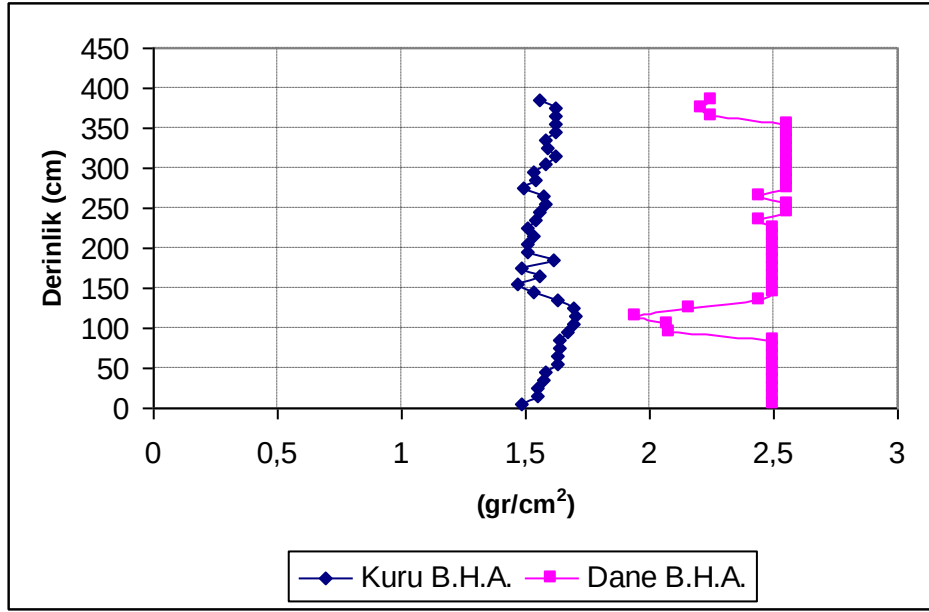
40°55'.16" enlem 28°10'5" boylam kordinatından, deniz seviyesinin 429 m altından alınan TSU02 – 4 karotunda, karot 10 cm aralıklı eşit parçalara bölünmüş ve her bir kesim üzerinde 5 er adet örnekleme yapılarak fiziksel özellikler belirlenmiştir. Her bir 10 cm lik kesimde 5 er adet örnek üzerinde yapılan ölçümlerle elde edilen kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, su yüzdesi, porozite ve boşluk oranı değerlerinin geometrik ortalamaları alınmıştır. Ortalama değerler Tablo 3.7' de verilmiştir.

Tablo 3.7. TSU02-4 karotunda 10 cm aralıklı kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, su yüzdesi, porozite ve boşluk oranı değerleri.

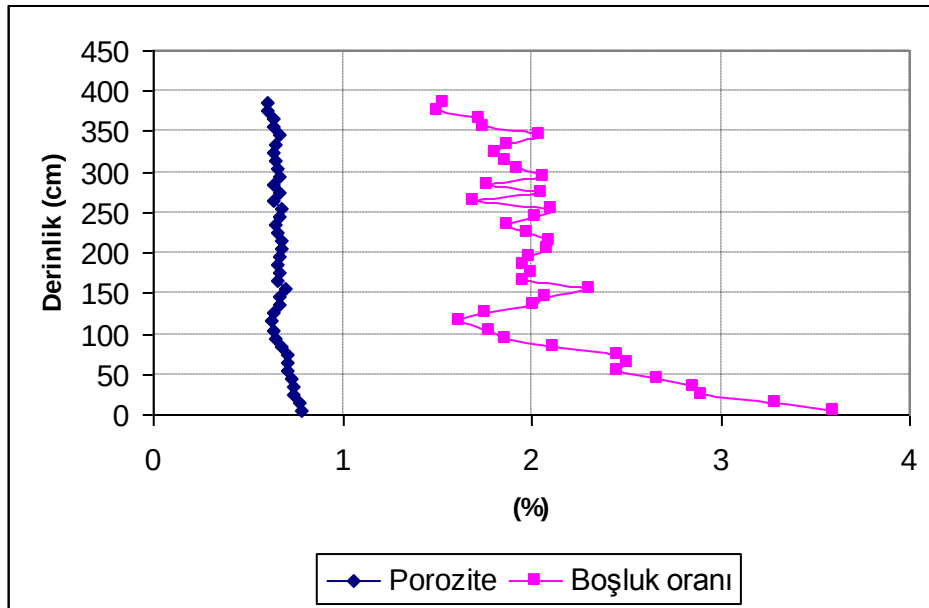
Derinlik (cm)	Kuru B.H.A. (gr/cm ³)	Dane B.H.A. (gr/cm ³)	Porozite (%)	Boşluk oranı (%)	Su İçeriği (%)	Litoloji
0-10	1,48	2,50	0,78	3,60	144,09	B İ R İ M 1
10-20	1,551	2,50	0,77	3,29	131,75	
20-30	1,55	2,50	0,74	2,90	115,99	
30-40	1,57	2,50	0,74	2,86	114,45	
40-50	1,58	2,50	0,73	2,67	106,69	

50-60	1,63	2,50	0,71	2,46	98,20	D E N İ Z E L
60-70	1,64	2,50	0,71	2,51	98,10	
70-80	1,64	2,50	0,71	2,45	98,02	
80-90	1,64	2,50	0,68	2,12	84,69	
90-100	1,67	2,08	0,65	1,86	89,37	
100-110	1,69	2,07	0,64	1,78	85,92	
110-120	1,70	1,94	0,62	1,62	83,51	
120-130	1,69	2,16	0,64	1,76	81,57	
130-140	1,63	2,44	0,67	2,01	82,38	
140-150	1,53	2,50	0,67	2,07	82,99	
150-160	1,47	2,50	0,70	2,31	92,21	B İ R İ M 2 G Ö L
160-170	1,56	2,50	0,66	1,96	78,41	
170-180	1,48	2,50	0,67	2,00	80,07	
180- 190	1,61	2,50	0,66	1,96	78,32	
190-200	1,51	2,50	0,67	1,99	79,44	
200-210	1,51	2,50	0,68	2,08	83,35	
210-220	1,53	2,50	0,68	2,09	83,45	
220-230	1,51	2,50	0,66	1,98	79,03	
230-240	1,54	2,44	0,65	1,87	76,83	
240-250	1,56	2,56	0,67	2,02	78,74	
250-260	1,58	2,56	0,68	2,11	82,57	
260-270	1,57	2,44	0,63	1,69	69,16	
270-280	1,49	2,56	0,67	2,05	80,10	
280-290	1,54	2,56	0,64	1,77	69,16	
290-300	1,53	2,56	0,67	2,06	80,51	
300-310	1,58	2,56	0,66	1,93	75,36	
310-320	1,62	2,56	0,65	1,86	72,51	
320-330	1,59	2,56	0,64	1,81	70,89	
330-340	1,58	2,56	0,65	1,87	73,11	
340-350	1,62	2,56	0,67	2,04	79,73	
350-360	1,62	2,56	0,64	1,75	68,46	
360-370	1,62	2,25	0,63	1,73	77,10	
370-380	1,62	2,21	0,60	1,50	67,99	
380-390	1,56	2,25	0,60	1,53	67,95	
Maksimum	1,70	2,56	0,78	3,60	144,09	
Ortalama	1,58	2,45	0,67	2,10	85,37	
Minimum	1,47	2,16	0,64	1,53	68,46	

TSU02 – 4 no’lu için Tablo 3.7 ile verilen kuru birim hacim ağırlık değerleri $1,47 \text{ gr/cm}^3 - 1,70 \text{ gr/cm}^3$, dane birim hacim ağırlık değerleri ise $2,16 \text{ gr/cm}^3 - 2,56 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişen değerler almaktadır. Aynı karot için porozite değerleri % $0,64 - 0,78$, boşluk oranı değerleri % $1,53 - 3,60$, su içeriği değerleri ise % $68,46 - 144,09$ arasında değişmektedir. Kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, porozite, boşluk oranı ve su içeriğinin derinlikle değişim grafikleri Şekil 3.13, Şekil 3.14 ve Şekil 3.15’te verilmiştir.

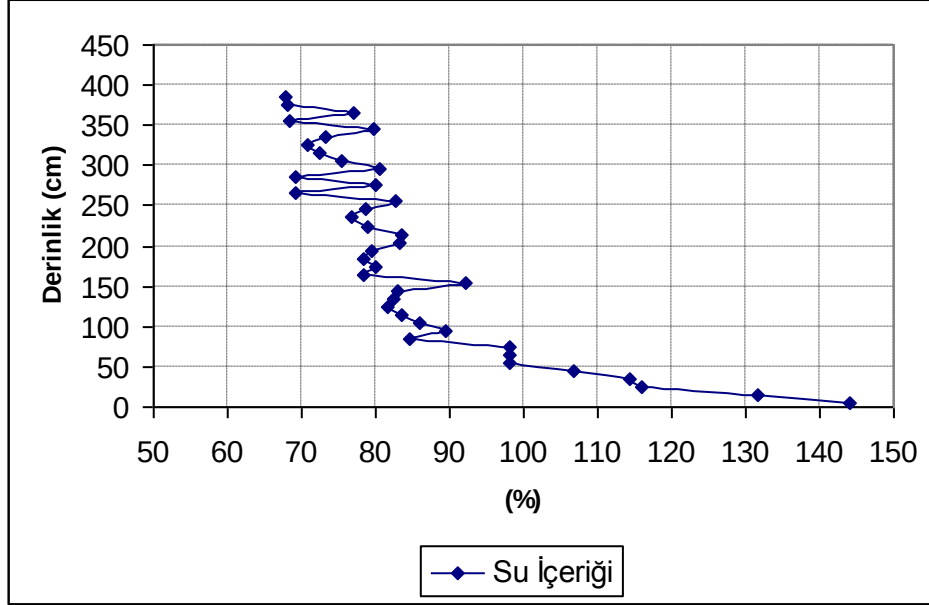


Şekil 3.13. TSU02-4 karotunda kuru ve dane birim hacim ağırlık değerlerinin derinlikle değişim grafiği.



Şekil 3.14. TSU02-4 karotunda boşluk oranı ve porozite değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

90 – 130 cm arasında kuru birim hacim ağırlığının yükseldiği ve dane birim hacim ağırlığının düştüğü kesim açık yeşil masif çamurdur. Bu kesimde su içeriğinin de artıp azaldığı gözlenmiştir. Bu aralıkta boşluk oranında da düşme görülmüştür. Su içeriği değerleri de derinliğin artmasıyla birlikte azalmıştır.



Şekil 3.15. TSU02-4 karotunda su içeriği değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

3.2.4.3. TSU02-5 Karotu

40°53'.16" enlem 28°26'.42" boylam koordinatından, deniz seviyesinin 406.6 m altından TSU02-5 karotunda, karot 10 cm aralıklı eşit parçalara bölünmüş ve her bir kesim üzerinde 5'er adet örnekleme yapılarak fiziksel özellikler belirlenmiştir. Her bir 10 cm'lik kesimde 5'er adet örnek üzerinde yapılan ölçümlerle elde edilen kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, su yüzdesi, porozite ve boşluk oranı değerlerinin geometrik ortalamaları alınmıştır. Ortalama değerler Tablo 3.8'de verilmiştir.

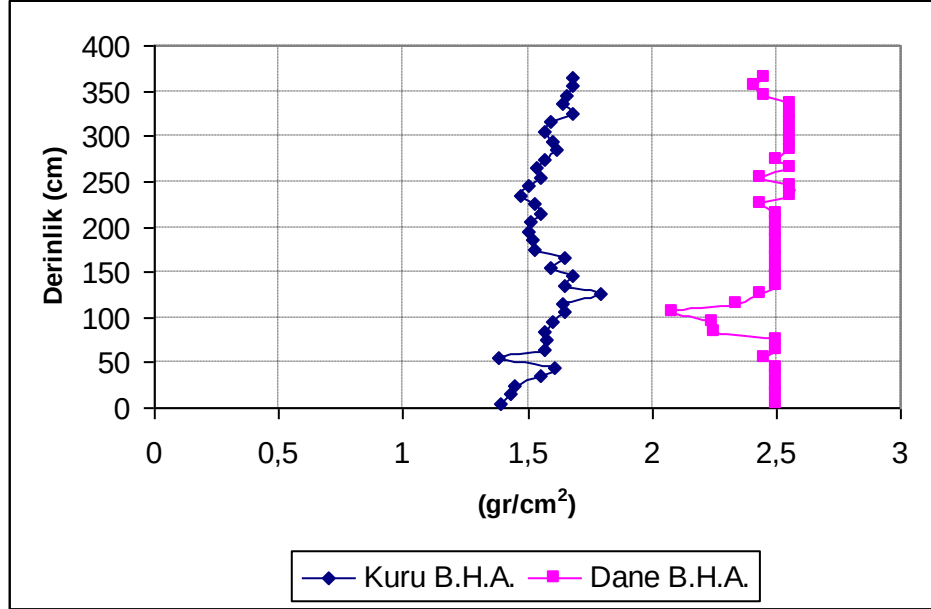
Tablo 3.8. TSU02-5 karotunda 10 cm aralıklı kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, su yüzdesi, porozite ve boşluk oranı değerleri.

Derinlik (cm)	Kuru B.H.A. (gr/cm ³)	Dane B.H.A. (gr/cm ³)	Porozite (%)	Boşluk oranı (%)	Su İçeriği (%)	Litoloji
0-10	1,39	2,50	0,78	3,52	140,79	
10-20	1,43	2,50	0,76	3,16	126,22	
20-30	1,45	2,50	0,74	2,89	115,62	
30-40	1,55	2,50	0,73	2,71	108,44	

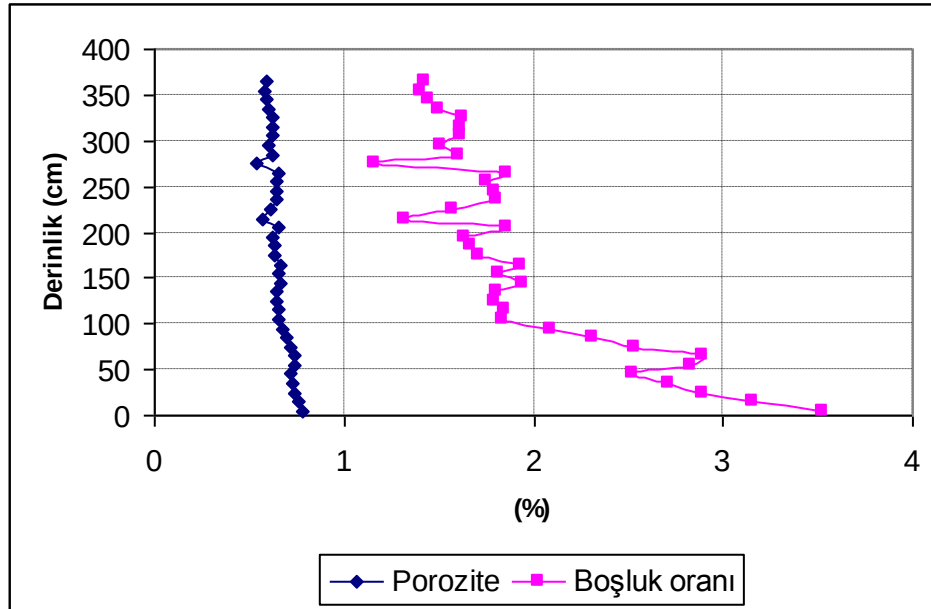
40-50	1,61	2,50	0,72	2,52	100,72	B İ R İ M 1 D E N İ Z E L
50-60	1,38	2,45	0,74	2,83	115,47	
60-70	1,57	2,50	0,74	2,89	115,76	
70-80	1,58	2,50	0,72	2,53	101,31	
80-90	1,57	2,25	0,70	2,31	102,65	
90-100	1,6	2,24	0,68	2,09	93,37	
100-110	1,65	2,08	0,65	1,84	88,55	
110-120	1,64	2,34	0,65	1,85	79,02	
120-130	1,79	2,44	0,64	1,79	73,45	
130-140	1,65	2,50	0,64	1,80	72,11	
140-150	1,68	2,50	0,66	1,94	77,53	
150-160	1,59	2,50	0,65	1,82	72,99	
160-170	1,65	2,50	0,66	1,93	77,39	
170-180	1,53	2,50	0,63	1,71	68,48	
180-190	1,52	2,50	0,63	1,67	66,91	
190-200	1,5	2,50	0,62	1,64	65,76	
200-210	1,51	2,50	0,65	1,86	74,48	
210-220	1,55	2,50	0,57	1,32	52,75	
220-230	1,53	2,44	0,61	1,57	64,29	
230-240	1,47	2,56	0,64	1,80	70,47	B İ R İ M 2 G Ö L
240-250	1,5	2,56	0,64	1,79	70,01	
250-260	1,55	2,44	0,64	1,75	71,88	
260-270	1,54	2,56	0,65	1,86	72,67	
270-280	1,57	2,50	0,54	1,16	46,25	
280-290	1,62	2,56	0,62	1,60	62,72	
290-300	1,6	2,56	0,60	1,51	59,15	
300-310	1,57	2,56	0,62	1,61	63,00	
310-320	1,59	2,56	0,62	1,62	63,30	
320-330	1,68	2,56	0,62	1,63	63,90	
330-340	1,64	2,56	0,60	1,50	58,67	
340-350	1,66	2,45	0,59	1,45	58,99	
350-360	1,68	2,41	0,58	1,40	58,33	
360-370	1,68	2,45	0,59	1,43	58,27	
Maksimum	1,79	2,56	0,78	3,52	140,79	
Ortalama	1,57	2,47	0,65	1,95	79,23	
Minimum	1,38	2,08	0,54	1,16	46,25	

TSU02 – 5 no’lu için Tablo 3.8 ile verilen kuru birim hacim ağırlık değerleri 1,38 gr/cm³ – 1,79 gr/cm³, dane birim hacim ağırlık değerleri ise 2,08 gr/cm³ – 2,56

gr/cm³ arasında değişen değerler almaktadır. Aynı karot için porozite değerleri % 0,64 – 0,78, boşluk oranı değerleri % 1,16 – 3,52, su içeriği değerleri ise % 48,25 – 140,79 arasında değişmektedir. Kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, porozite, boşluk oranı ve su içeriğinin derinlikle değişim grafikleri Şekil 3.16, Şekil 3.17 ve Şekil 3.18’de verilmiştir.



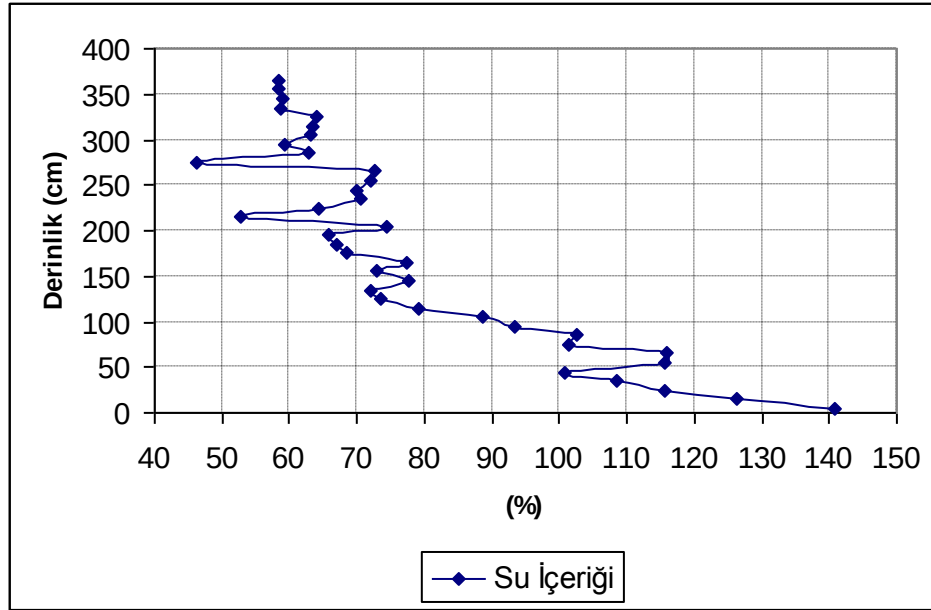
Şekil 3.16. TSU02-5 karotunda kuru ve dane birim hacim ağırlık değerlerinin derinlikle değişim grafiği.



Şekil 3.17. TSU02-5 karotunda boşluk oranı ve porozite değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

TSU02-5 karotunda yaklaşık 80 – 130 cm arası kuru birim ve dane birim hacim ağırlık değerlerinde değişim meydana gelmiştir. Bu aralıkta görülen birim ince

laminalı, açık yeşil renkte merceklenmelerin geliştiği çamurdur. Boşluk oranı ve su içeriği de derinlikle birlikte düşüş göstermektedir.



Şekil 3.18. TSU02-5 karotunda su içeriği değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

3.2.4.4. TSU02 – 7 Karotu

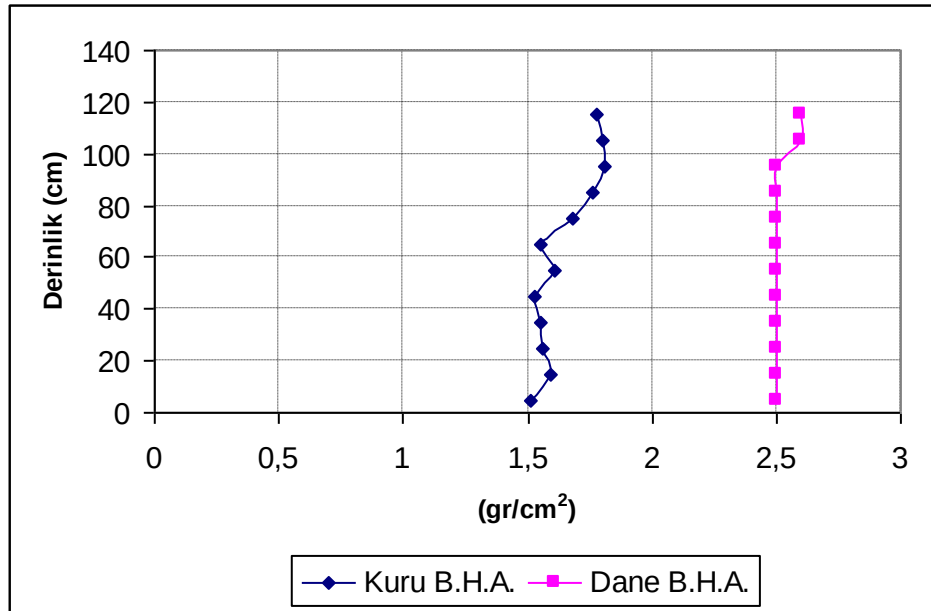
41°01'.08" enlem 28°12'.30" boylam koordinatından, deniz seviyesinden 56,7m derinlikten alınan TSU02 – 7 karotunda, karot 10 cm aralıklı eşit parçalara bölünmüş ve her bir kesim üzerinde 5 er adet örnekleme yapılarak fiziksel özellikler belirlenmiştir. Her bir 10 cm lik kesimde 5 er adet örnek üzerinde yapılan ölçümlerle elde edilen kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, su yüzdesi, porozite ve boşluk oranı değerlerinin geometrik ortalamaları alınmıştır. Ortalama değerler Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9. TSU02-7 karotunda 10 cm aralıklı kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, su yüzdesi, porozite ve boşluk oranı değerleri.

Derinlik (cm)	Kuru B.H.A. (gr/cm3)	Dane B.H.A. (gr/cm3)	Porozite (%)	Boşluk oranı (%)	Su İçeriği (%)	Litoloji
0-10	1,51	2,50	0,73	2,64	105,60	BİRİM 1 DENİZEL
10-20	1,59	2,50	0,70	2,30	92,19	
20-30	1,56	2,50	0,68	2,17	86,86	
30-40	1,55	2,50	0,67	2,01	80,41	
40-50	1,53	2,50	0,62	1,61	64,21	
50-60	1,61	2,50	0,61	1,57	62,77	

60-70	1,55	2,50	0,62	1,65	66,03	DENİZEL
70-80	1,68	2,50	0,48	0,91	36,52	BİRİM 2 GÖL
80-90	1,76	2,50	0,40	0,66	26,37	
90-100	1,81	2,50	0,37	0,58	23,34	
100-110	1,8	2,60	0,38	0,61	23,65	
110-120	1,78	2,60	0,38	0,62	23,86	
Maksimum	1,81	2,60	0,73	2,64	105,60	
Ortalama	1,64	2,52	0,55	1,44	57,65	
Minimum	1,51	2,50	0,37	0,58	23,34	

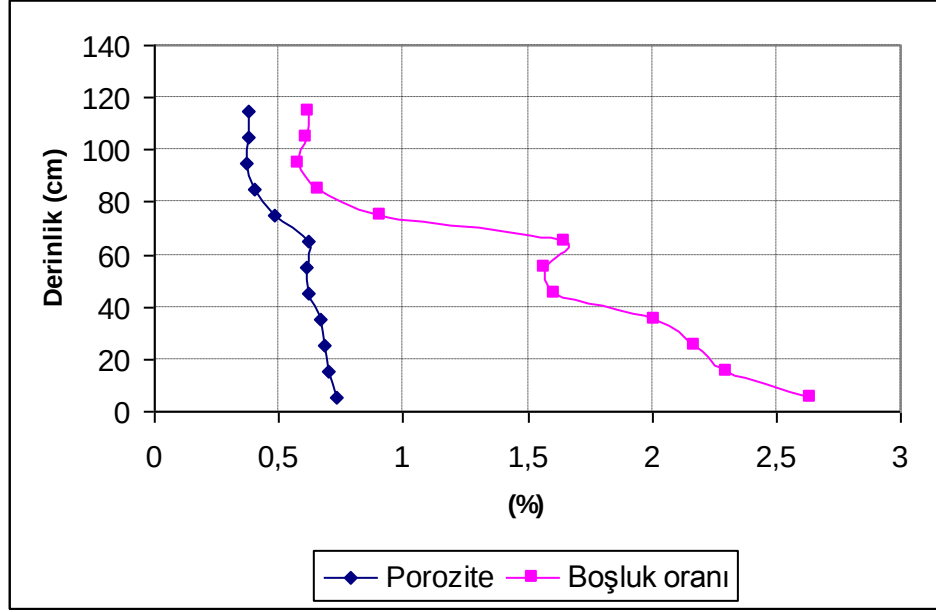
TSU02 – 7 no’lu için Tablo 3.9 ile verilen kuru birim hacim ağırlık değerleri 1,51 gr/cm³ – 1,81 gr/cm³, dane birim hacim ağırlık değerleri ise 2,50 gr/cm³ – 2,60 gr/cm³ arasında değişen değerler almaktadır. Aynı karot için porozite değerleri % 0,37 – 0,73, boşluk oranı değerleri % 0,58 – 2,64, su içeriği değerleri ise % 23,34 – 105,60 arasında değişmektedir. Kuru birim hacim ağırlık, dane birim hacim ağırlık, porozite, boşluk oranı ve su içeriğinin derinlikle değişim grafikleri Şekil 3.19, Şekil 3.20 ve Şekil 3.21’de verilmiştir.



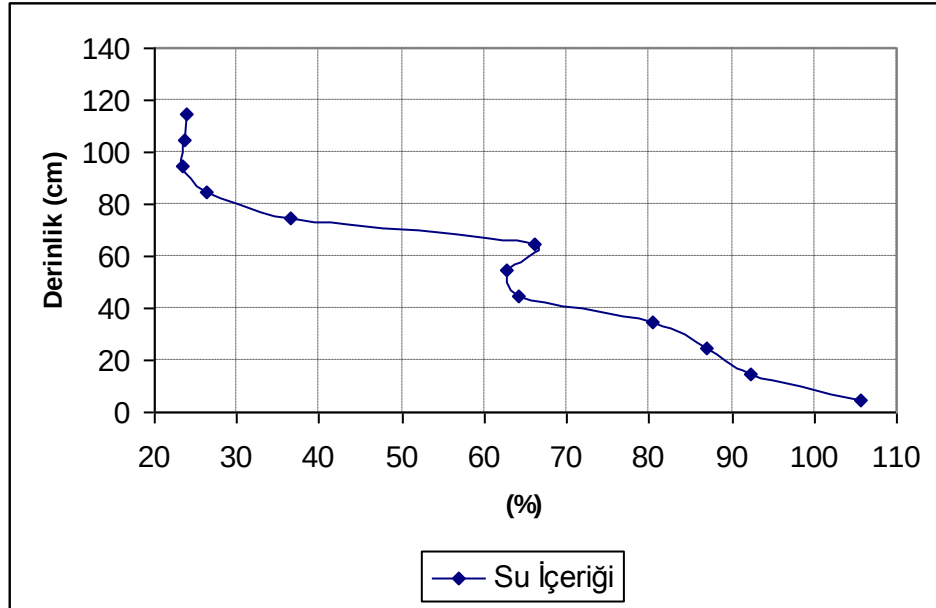
Şekil 3.19. TSU02-7 karotunda kuru ve dane birim hacim ağırlık değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

TSU02-7 karotunda 70 cm'den sonra kuru birim hacim ağırlığında artış gözlenmektedir. Bunun sebebi porozite, boşluk oranını ve su içeriği değerlerindeki

azalmadır. Bu bölge denizel birim ile karasal birim arasındaki uyumsuzluğun olduğu derinliği göstermektedir.



Şekil 3.20. TSU02-7 karotunda boşluk oranı ve porozite değerlerinin derinlikle değişim grafiği.



Şekil 3.21. TSU02-7 karotunda su içeriği değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

3.3. Karasal Çökellerin Granülometrik Analizi

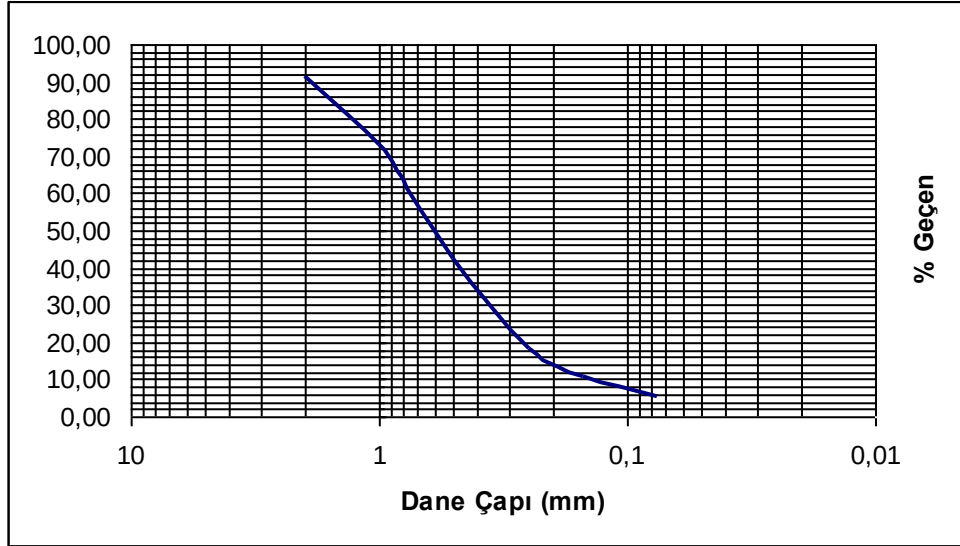
Karadan alınmış olan sondajlardan elde edilen numuneler üzerinde İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı İndeks Laboratuvar'ında tane dağılımını belirlemek amacıyla granülometrik analiz yapılmıştır. Analizde kullanılan elek açıklıkları 2, 1, 0.85, 0.5, 0.25, 0.15 ve 0.075 mm'dir.

3.3.1. SK – 3

SK – 3 no'lu sondaj kuyusunda 1., 5. ve 10. metrelerinden alınan numuneler üzerinde analiz yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.10, Tablo 3.11 ve Tablo 3.12' de verilmiştir. Bu tablolara göre çizilmiş grafikler ise Şekil 3.22, Şekil 3.23 ve Şekil 3.24' te verilmiştir.

Tablo 3.10. SK-3 sondaj kuyusunun 1. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu.

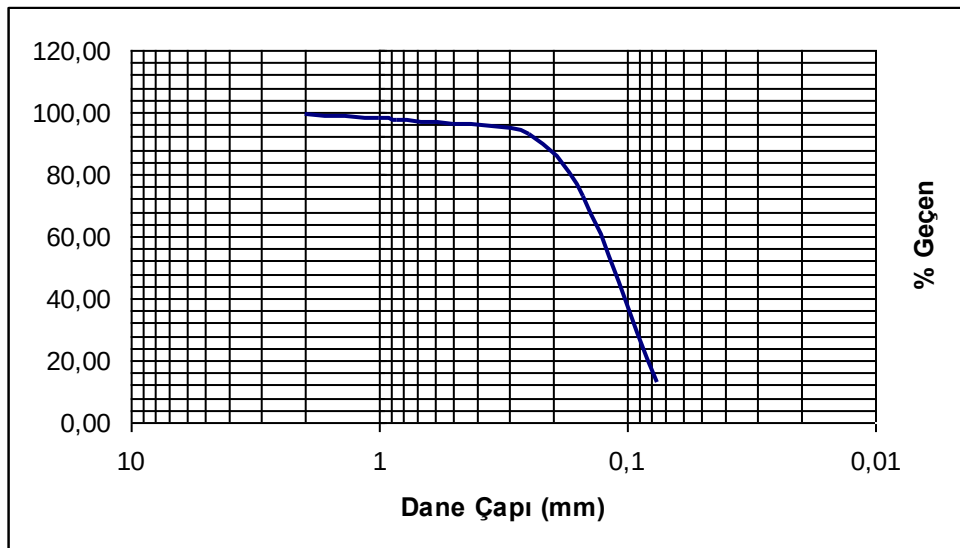
Elek Açıklığı (mm)	Toplam Malzeme (gr)	Numune Ağırlığı (gr)	Elek Altı Ağırlık (gr)	% Geçen
2	449,56	37,93	411,63	91,56
1	449,56	84	327,63	72,88
0,85	449,56	30,81	296,82	66,02
0,5	449,56	105,64	191,18	42,53
0,25	449,56	108,42	82,76	18,41
0,15	449,56	33,85	48,91	10,88
0,075	449,56	24,62	24,29	5,40
	449,56	24,29		



Şekil 3.22. SK-3 karotunun 1. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği.

Tablo 3.11. SK-3 sondaj kuyusunun 5. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu.

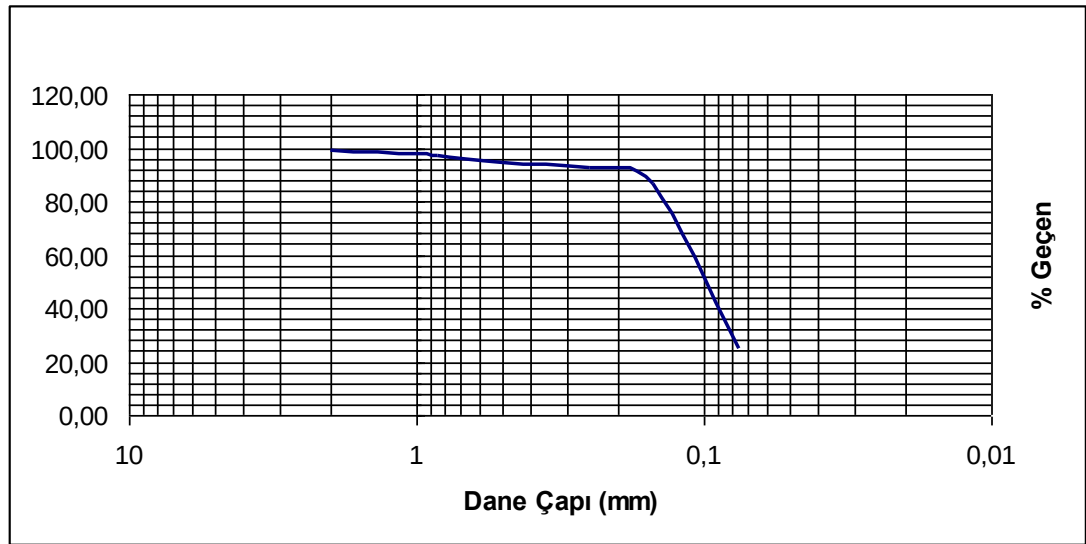
Elek Açıklığı (mm)	Toplam Malzeme (gr)	Numune Ağırlığı (gr)	Elek Altı Ağırlık (gr)	% Geçen
2	274,25	2,58	271,67	99,06
1	274,25	2,9	268,77	98,00
0,85	274,25	1,32	267,45	97,52
0,5	274,25	4,12	263,33	96,02
0,25	274,25	9,17	254,16	92,67
0,15	274,25	53,89	200,27	73,02
0,075	274,25	164,51	35,76	13,04
	274,25	35,76		



Şekil 3.23. SK-3 karotunun 5. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği.

Tablo 3.12. SK-3 sondaj kuyusunun 10. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu.

Elek Açıklığı (mm)	Toplam Malzeme (gr)	Numune Ağırlığı (gr)	Elek Altı Ağırlık (gr)	% Geçen
2	275,82	3,45	272,37	98,75
1	275,82	2,09	270,28	97,99
0,85	275,82	2,06	268,22	97,24
0,5	275,82	6,89	261,33	94,75
0,25	275,82	6,84	254,49	92,27
0,15	275,82	16,34	238,15	86,34
0,075	275,82	168,62	69,53	25,21
	275,82	69,53		



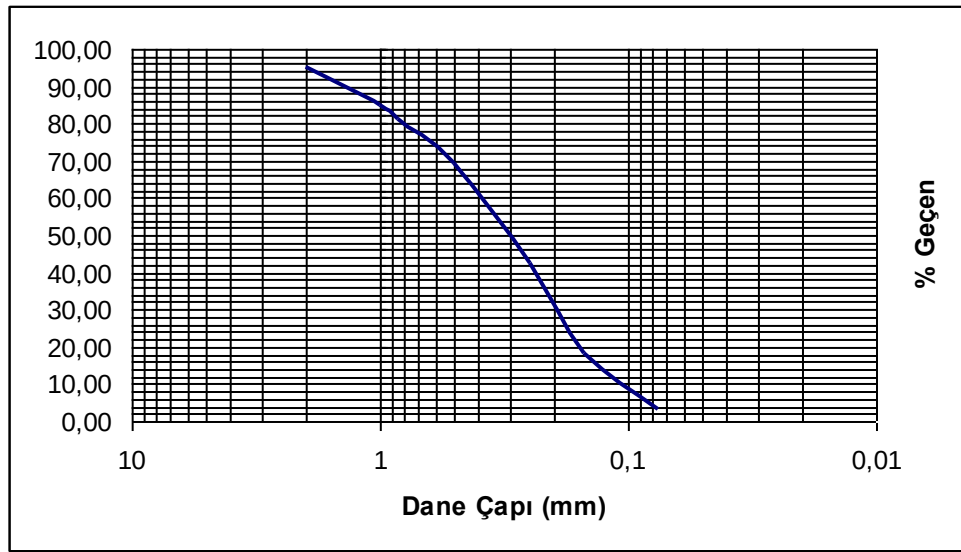
Şekil 3.24. SK-3 karotunun 10. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği.

3.3.2. SK – 7

SK – 3 no'lu sondaj kuyusunda 3. ve 8. metrelerinden alınan numuneler üzerinde analiz yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.13 ve Tablo 3.14' te verilmiştir. Bu tablolara göre çizilmiş grafikler ise Şekil 3.25 ve Şekil 3.26' da verilmiştir.

Tablo 3.13. SK-7 sondaj kuyusunun 3. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu.

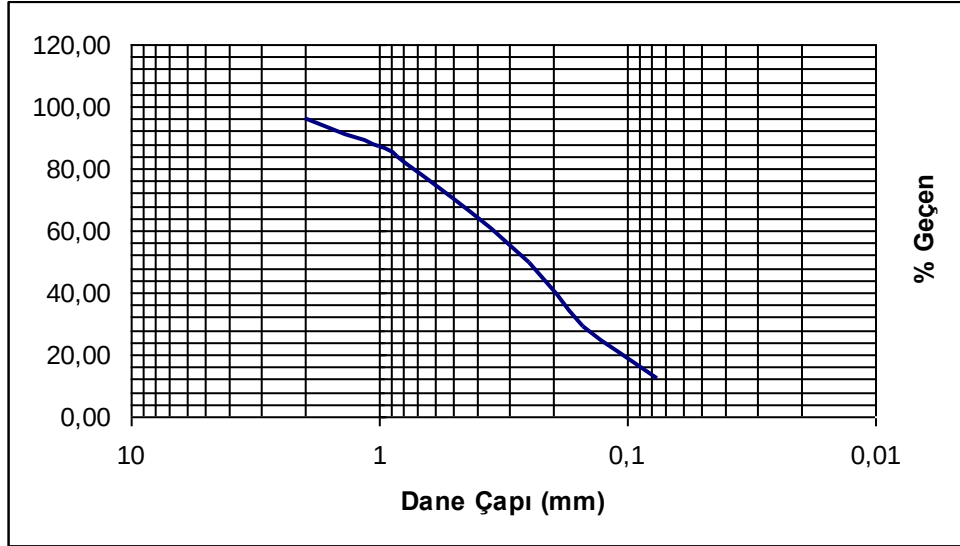
Elek Açıklığı (mm)	Toplam Malzeme (gr)	Numune Ağırlığı (gr)	Elek Altı Ağırlık (gr)	% Geçen
2	338,31	16,35	321,96	95,17
1	338,31	34,24	287,72	85,05
0,85	338,31	12,56	275,16	81,33
0,5	338,31	41,15	234,01	69,17
0,25	338,31	89,98	144,03	42,57
0,15	338,31	81,37	62,66	18,52
0,075	338,31	52,37	10,29	3,04
	338,31	10,29		



Şekil 3.25. SK-7 karotunun 3. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği.

Tablo 3.14. SK-7 sondaj kuyusunun 8. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu.

Elek Açıklığı (mm)	Toplam Malzeme (gr)	Numune Ağırlığı (gr)	Elek Altı Ağırlık (gr)	% Geçen
2	344,79	13,1	331,69	96,20
1	344,79	31,21	300,48	87,15
0,85	344,79	11,52	288,96	83,81
0,5	344,79	45,73	243,23	70,54
0,25	344,79	71,76	171,47	49,73
0,15	344,79	70,41	101,06	29,31
0,075	344,79	59,41	41,65	12,08
	344,79	41,65		



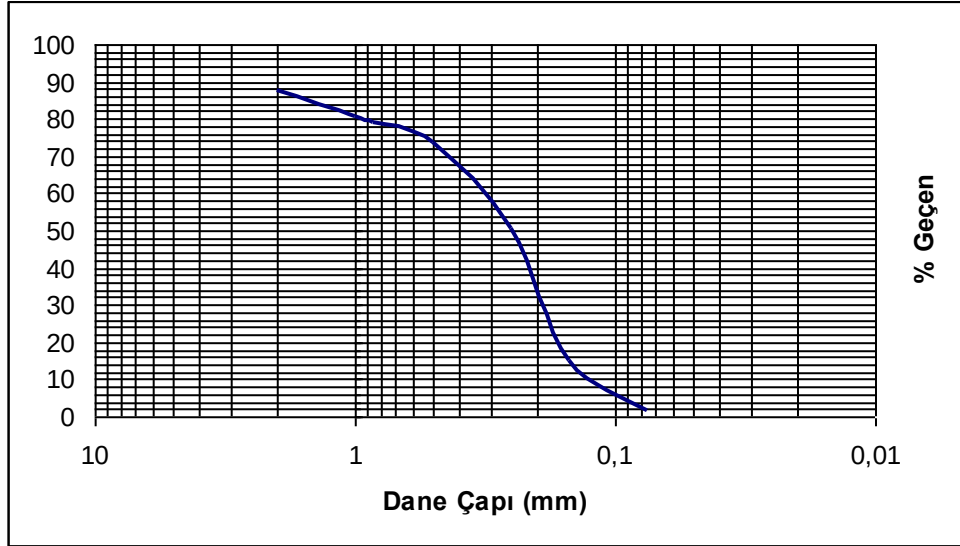
Şekil 3.26. SK-7 karotunun 8. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği.

3.3.3. SK – 8

SK – 3 no'lu sondaj kuyusunda 4. ve 6. metrelerinden alınan numuneler üzerinde analiz yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.15 ve Tablo 3.16' te verilmiştir. Bu tablolara göre çizilmiş grafikler ise Şekil 3.27 ve Şekil 3.28' de verilmiştir.

Tablo 3.15. SK-8 sondaj kuyusunun 4. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu.

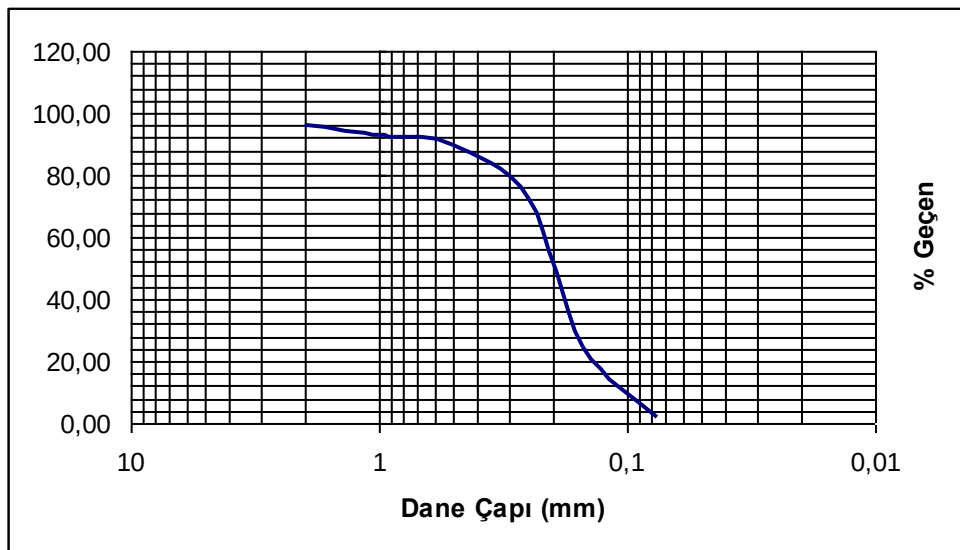
Elek Açıklığı (mm)	Toplam Malzeme (gr)	Numune Ağırlığı (gr)	Elek Altı Ağırlık (gr)	% Geçen
2	415,88	51,99	363,89	87,4988
1	415,88	27,57	336,32	80,86948
0,85	415,88	6,54	329,78	79,29691
0,5	415,88	24,26	305,52	73,4635
0,25	415,88	94,85	210,67	50,65644
0,15	415,88	148,6	62,07	14,92498
0,075	415,88	55,27	6,8	1,635087
	415,88	6,8		



Şekil 3.27. SK-8 karotunun 4. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği.

Tablo 3.16. SK-8 sondaj kuyusunun 6. metresinden alınan numune üzerinde yapılan analizin sonucu.

Elek Açıklığı (mm)	Toplam Malzeme (gr)	Numune Ağırlığı (gr)	Elek Altı Ağırlık (gr)	% Geçen
2	317,58	11,84	305,74	96,27
1	317,58	9,98	295,76	93,13
0,85	317,58	2,79	292,97	92,25
0,5	317,58	7,65	285,32	89,84
0,25	317,58	55,05	230,27	72,51
0,15	317,58	152,82	77,45	24,39
0,075	317,58	71,2	6,25	1,97
	317,58	6,25		



Şekil 3.28. SK-8 karotunun 4. metresinden alınan numunenin dane çapı - % geçen grafiği.

3.4. Karasal ve Denizel Çökellerin Mekanik Özellikleri

Kayacın ve zeminin mekanik parametreleri, çeşitli kuvvetlerin etkisi altında kayaçta veya zeminde meydana gelebilecek deformasyonların saptanması açısından önem taşımaktadır. Karasal ve Denizel ortamdan alınan karotlardan elde edilen numuneler üzerinde İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Mekanik Laboratuvarında mekanik özellikleri belirleyici deneyler yapılmıştır.

Karada yapılan sondajlardan elde edilen numunelerin mekanik özelliklerinin saptanması için *tek eksenli basınç dayanımı* ve *dolaylı çekme dayanımı* deneyleri yapılmış ve numunelerin tek eksenli gerilme dayanımı (kg/cm^2), elastisite modülü ve çekme dayanımı (kg/cm^2) değerleri bulunmuştur.

Deniz ortamından elde edilen karotlar üzerinde deneyler; uzun eksenli boyunca ortadan iki eşit parçaya kesilen karot örneklerin bir parçası üzerinde yapılmıştır. Kesilen parça, deney öncesi uzunluğu boyunca 10 cm aralıklı eşit parçalara bölünmüş ve her bir parça (örnek) üzerinde laboratuvar ortamında *veyn kesme dayanımı* ($V_{KD} \text{ kg/cm}^2$) ile *penetrometre basınç* ($P_D \text{ kg/cm}^2$) *dayanımı* değerleri belirlenmiştir.

3.4.1. Mekanik Özelliklerle İlgili Genel Tanımlar

Bir kayacın tek eksenli gerilme dayanımı, kayaç numunenin üzerine tek eksen boyunca uygulanan basınca karşı gösterdiği dayanımdır.

Bir kayacın dolaylı çekme gerilmesi dayanımı, kayaç numunenin uzun eksenli boyunca uygulanan basınca karşı gösterdiği dayanımdır.

Bir kayacın elastisitesi, kayaca uygulanan basıncın toplam deformasyona oranıdır.

Bir zeminin penetrometre dayanımı, zemin numunenin üzerinde basınç uygulanan kesiminin bu basınca karşı göstereceği dayanımdır.

Bir zeminin kesme dayanımı, kohezyonlu zeminlerin kendilerini burulmaya ve kesmeye zorlayıcı kuvvetlere karşı gösterdikleri dayanımdır.

Penetrometre dayanımının belirlenmesinde; penetrometre aletinin (Şekil 3.29) işaretli ucu zemine dik olacak şekilde belirtilen seviyeye kadar batırılır. Penetrometre aleti zeminden çıkartılarak, üzerindeki Tabloden göstermiş olduğu değer okunur. Bir sonraki penetrometre dayanımının ölçümü için penetrometre aleti sıfırlanır.



Şekil 3.29. Penetrometre deney aleti.

Veyn kesme dayanımının belirlenmesinde; ilk olarak zeminin kıvamına uygun başlık seçilip, veyn aletinin (Şekil 3.30) kesme yayına takılır. Başlık zemine dik olarak batırılıp zemini kesmek için kesme yayı yatay ekseninde çevrilir. Zemin kesildiğinde veyn aletinin üzerindeki Tabloden değer okunarak bir sonraki veyn kesme dayanımı için alet sıfırlanır.



Şekil 3.30. Veyn deney aleti

3.4.2. Karasal Örneklerden Elde Edilen Mekanik parametreler

Karasal ortamdan alınan sondajlardan sadece SK – 2, SK – 5 ve SK – 6’dan kayaç numunesi alınabilmektedir. Bu sebepten dolayı sadece bu kesimlerde mekanik parametreleri belirleyici deneyler yapılabilmektedir. Bu kesimlerden alınan kayaç numuneler üzerinde yapılan deneylerin sonuçları Tablo 3.17, Tablo 3.18 ve Tablo 3.19’da verilmiştir.

3.4.2.1. SK – 2

SK – 2 için İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Jeomekanik Laboratuvarı’nda yapılmış olan basınç dayanımı ve çekme dayanımı deney sonuçları Tablo 3.17’ de verilmiştir. Bu deneylere ait grafikler ekte verilmiştir.

Tablo 3.17. SK-2’ den alınan karotların mekanik özellikler tablosu

Derinlik (m)	Boy (cm)	Çap (cm)	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Elastisite Modülü	Çekme Dayanımı (kg/cm ²)	Litoloji
10-11	9,61	5,00	76	5007	5,67	Kiltaş; gri renkli, ayrışma ve çatlak yüzeyleri MnO boyamalı, homojen, FeO' li
15-16	8,10	5,00	76	3838	8,28	Kiltaş; gri renkli, fosil kavkılı
19-20	8,10	5,40	101,01	11000	6,94	Kiltaş; açık gri renkli, homojen

SK-2’den alınan numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları bize bu birimlerin Deere ve Miller (1966) ve Bieniawski (1973)’ e göre çok düşük dayanımlı, ISRM (1979)’a göre ise düşük dayanımlı olduğunu göstermektedir. Sonuçların bu şekilde çıkmasının sebepleri numunede çatlak yüzeylerinin bulunması, çimentolanma derecesinin düşük olması, numunenin yer yer fosil barındırmasıdır.

3.4.2.2. SK – 5

SK – 5 için İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Jeomekanik Laboratuvarı’nda yapılmış olan basınç dayanımı ve çekme dayanımı deney sonuçları Tablo 3.18’ de verilmiştir. Bu deneylere ait grafikler ekte verilmiştir.

Tablo 3.18. SK-5’ ten alınan karotların mekanik özellikler tablosu.

Derinlik (m)	Boy (cm)	Çap (cm)	Basınç Direnci (kg/cm ²)	Elastisite Modülü	Çekme Direnci (kg/cm ²)	Litoloji
4,5-6,5	9,10	5,00	41,70	4848	6,85	Kiltaşı; gri renkli, laminalı, homojen, FeO içerikli
6,5-7,5	6,23	5,00	23,90	2093	-	Kumtaşı; kahve renkli, ince - orta kristalli, homojen
8-9	10,30	5,00	32,30	4815	-	Kumtaşı; kahve renkli, ince - orta kristalli, homojen
10-11	6,25	5,40	280,90	21775	27,71	Kumtaşı; gri renkli
15-16	10,20	5,00	148,20	7310		Kiltaşı; gri renkli, laminalı, homojen
20-21	10,10	5,00	113,40	6900	29,90	Kiltaşı; gri renkli, laminalı, homojen
22-23	8,87	5,00	145,70	8360	27,57	Kiltaşı; gri renkli, laminalı, homojen

6.5 – 7.5 metreleri arası yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyinde en düşük sonuç elde edilmiştir. Bunun nedeni yüksek olan porozite değeri, çimentolanma derecesinin düşük olması ve tanelerin kenetlenme derecesinin düşük olmasıdır. Elde edilen en yüksek değerler ise 10 – 11 metreleri arasındır. Bunun en önemli sebebi boy/çap oranının 1 e yakın olmasıdır. SK – 5’ teki numuneler Deere ve Miller (1966), Bieniawski (1973) ve ISRM (1979)’ ye göre çok düşük dayanımlıdır.

3.4.2.3. SK – 6

SK – 6 için İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Jeomekanik Laboratuvarı’nda yapılmış olan basınç dayanımı ve çekme dayanımı deney sonuçları Tablo 3.19’ da verilmiştir. Bu deneylere ait grafikler ekte verilmiştir.

SK-6’ dan elde edilen en yüksek tek eksenli basınç dayanımı değeri, 18 – 19.5 metreleri arasındır. Bu kesimde rastlanan kumtaşı ayrıışarak killeşmiş seviyeler içermesine rağmen en yüksek elastisite modülü elde edilmiştir. Bunun sebebi sondajın, birim içerisinde yer yer iyi çimentolanmış merccek şeklinde kumtaşı seviyelerini kesmesinden olabilir. En düşük tek eksenli basınç direnci değeri ise 22.5 – 25 metreleri arasından elde edilen kiltaşı numunesinden elde edilmiştir. SK – 6’ dan elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerleri Deere ve Miller (1966) ve

Bieniawski (1973)' e göre çok düşük dayanımlı, ISRM (1979)'a göre ise düşük dayanımlı olarak tanımlanmıştır.

Tablo 3.19. SK-6' den alınan karotların mekanik özellikler tablosu.

Derinlik (m)	Boy (cm)	Çap (cm)	Basınç Direnci (kg/cm ²)	Elastisite Modülü	Çekme Direnci (kg/cm ²)	Litoloji
7,5-10,5	7,04	5,40	138,5	14734	11,92	Kumtaşı; açık kahve renkli, ayrılarak killeşmiş seviyeler içeriyor, çok parçalı, MnO ve Feo içerikli
18-19,5	8,95	5,40	496	63590	4,61	Kumtaşı; açık kahve renkli, ayrılarak killeşmiş seviyeler içeriyor, çok parçalı, MnO ve Feo içerikli
19,5-22	7,98	5,40	153,02	20132	-	Kumtaşı; açık kahve renkli, ayrılarak killeşmiş seviyeler içeriyor, çok parçalı, MnO ve Feo içerikli
22,5-25	9,94	5,40	86,1	5664	6,35	Kilitaşı; gri renkli, laminalı, homojen

3.4.3. Denizel Numunelerden Elde Edilen Mekanik parametreler

Denizel ortamdan alınan karotlar üzerinde yapılan penetrometre dayanımı ve veyn kesme dayanımı deney sonuçları takip eden bölümlerde verilmiştir.

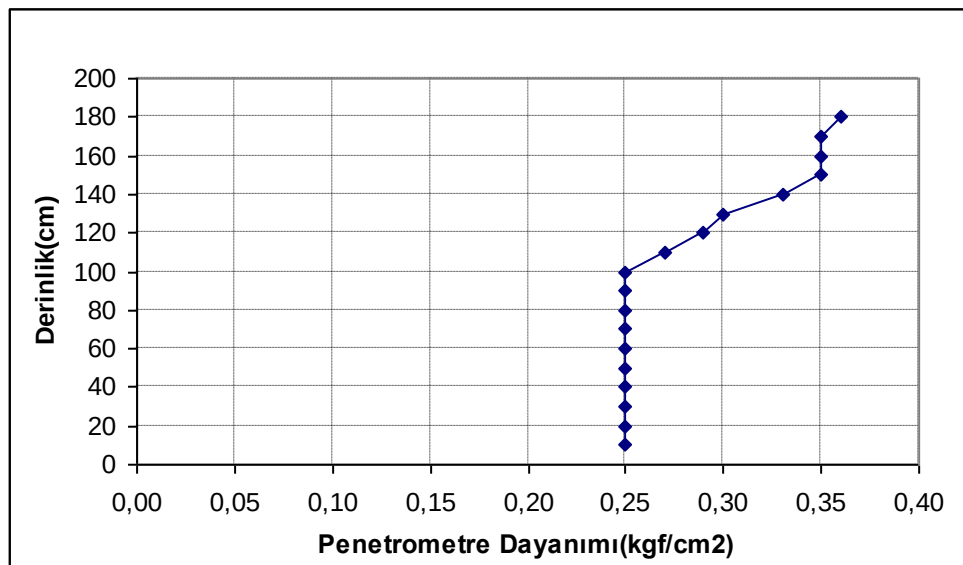
3.4.3.1. TSU02 – 3 Karotu

TSU02 – 3 nolu karot üzerinde derinliği boyunca 5 er cm aralıklar ile gerçekleştirilen en az 5 adet penetrometre basınç dayanımı ile 4 er adet veyn kesme dayanımı deneylerinden elde edilen verilerin geometrik ortalamaları alınarak belirlenmiş penetrometre ve veyn kesme dayanım değerleri ile bu değerlerin karot uzunluğu boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerleri Tablo 3.20 ile verilmiştir.

Tablo 3.20 ile verilen ve zemin örneklerinde yüzeye dik uygulanan yüke karşı dayanımını belirten penetrometre dayanımı değerlerinin derinlikle değişimi TSU02-3, karotunda 0,25 kgf/cm² ile 0,36 kgf/cm² değerleri arasındadır. Değerlerin düşük çıkmasındaki en büyük etken yüksek su içeriğidir. Penetrometre dayanımının derinlikle değişim grafiği Şekil 3.31'de verilmiştir.

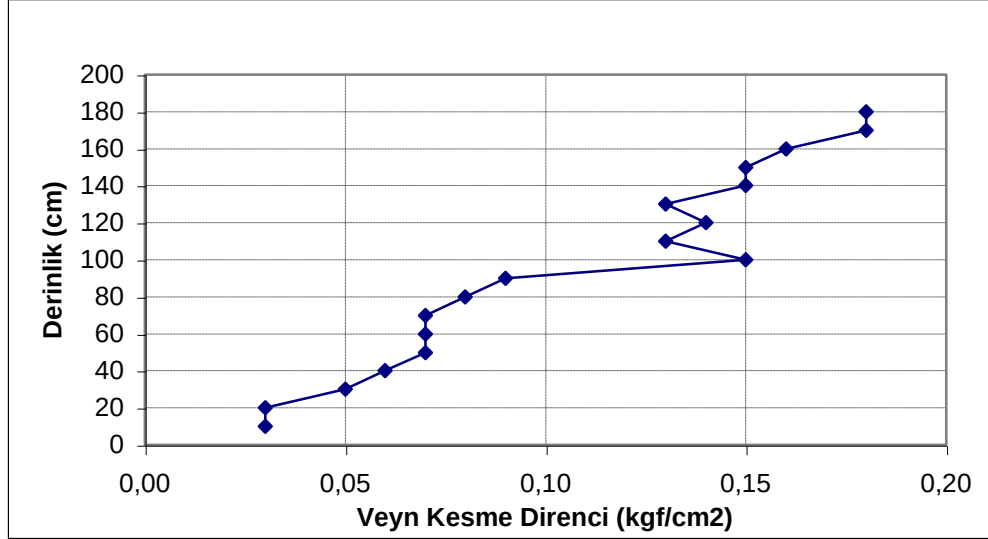
Tablo 3.20. TSU02-3 karotuna ait 5 er cm aralıklı penetrometre ve veyn kesme dayanım değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler.

Derinlik (cm)	Penetrometre Dayanımı (kgf/cm ²)	Veyn kesme Dayanımı (kgf/cm ²)
10	0,25	0,030
20	0,25	0,030
30	0,25	0,050
40	0,25	0,060
50	0,25	0,070
60	0,25	0,070
70	0,25	0,070
80	0,25	0,080
90	0,25	0,090
100	0,25	0,150
110	0,27	0,130
120	0,29	0,140
130	0,3	0,130
140	0,33	0,150
150	0,35	0,150
160	0,35	0,160
170	0,35	0,180
180	0,36	0,180
Maksimum	0,36	0,180
Ortalama	0,283	0,107
Minimum	0,25	0,03



Şekil 3.31. TSU02-3 karotu boyunca penetrometre dayanım değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

TSU02 – 3 karotundan elde edilen veyn kesme dayanımı değerleri en düşük 0,033 kgf/cm² en yüksek 0,180 kgf/cm² dir. Veyn kesme dayanımının derinlikle değişim grafiği Şekil 3.32’de verilmiştir. Su içeriğinin azalmasıyla doğru orantılı olarak veyn kesme dayanımı artmıştır.



Şekil 3.32. TSU02-3 karotu boyunca veyn kesme dayanım değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

3.4.3.2. TSU02-4 Karotu

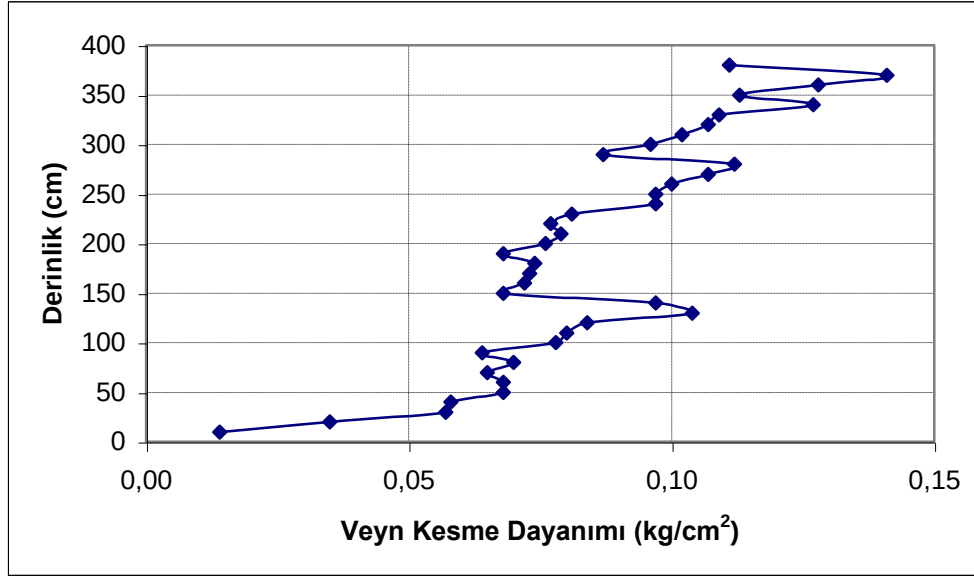
TSU02-4 nolu karot üzerinde derinliği boyunca 5 er cm aralıklar ile gerçekleştirilen en az 5 adet penetrometre basınç dayanımı ile 4 er adet veyn kesme dayanımı deneylerinden elde edilen verilerin geometrik ortalamaları alınarak belirlenmiş penetrometre ve veyn kesme dayanım değerleri ile bu değerlerin karot uzunluğu boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerleri Tablo 3.21 ile verilmiştir.

Tablo 3.21. TSU02-4 karotuna ait 5 er cm aralıklı penetrometre ve veyn kesme dayanım değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler.

Derinlik (cm)	Penetrometre Dayanımı (kgf/cm ²)	Veyn Kesme Dayanımı (kgf/cm ²)	Litoloji
0-10	0	0,014	B İ R İ M 1
10-20	0	0,035	
20-30	0	0,057	
30-40	0	0,058	
40-50	0	0,068	
50-60	0	0,068	

60-70	0	0,065	D E N İ Z E L
70-76	0	0,070	
76-86	0	0,064	
86-96	0	0,078	
96-106	0	0,080	
106-116	0	0,084	
116-126	0	0,104	
126-136	0	0,097	
136-146	0	0,068	
146-156	0	0,072	
156-166	0	0,073	B İ R İ M 2 G Ö L
166-176	0	0,074	
176-186	0	0,068	
186-196	0	0,076	
196-206	0	0,079	
206-216	0	0,077	
216-226	0	0,081	
226-236	0	0,097	
236-246	0	0,097	
246-256	0	0,100	
256-266	0	0,107	
266-276	0	0,112	
276-286	0	0,087	
286-296	0	0,096	
296-306	0	0,102	
306-316	0	0,107	
316-326	0	0,109	
326-336	0	0,127	
336-346	0	0,113	
346-356	0	0,128	
356-366	0	0,141	
366-376	0	0,111	
Maksimum	0	0,141	
Ortalama	0	0,085	
Minimum	0	0,014	

TSU02 – 4 karotunda penetrometre dayanımı karotun su içeriğinin yüksek olması sebebiyle ölçülememiştir. TSU02 – 4 karotundan elde edilen veyn kesme dayanımı değerleri en düşük 0,014 kgf/cm² en yüksek 0,141 kgf/cm² dir. Veyn kesme dayanımının derinliğe bağlı değişimini gösteren grafik Şekil 3.33’ te verilmiştir.



Şekil 3.33. TSU02-4 karotu boyunca veyn kesme dayanım değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

TSU02-4 karotunda derinliğin artmasıyla ters orantılı olarak boşluk oranı ve su içeriğinin azalması veyn kesme dayanımını arttıran etken olmuştur. Grafikteki doğrusallığı bozan artışlar ve azalmalar karottaki su miktarının ve numunenin boşluk miktarının değişmesinden dolayıdır.

3.4.3.3. TSU02–5 Karotu

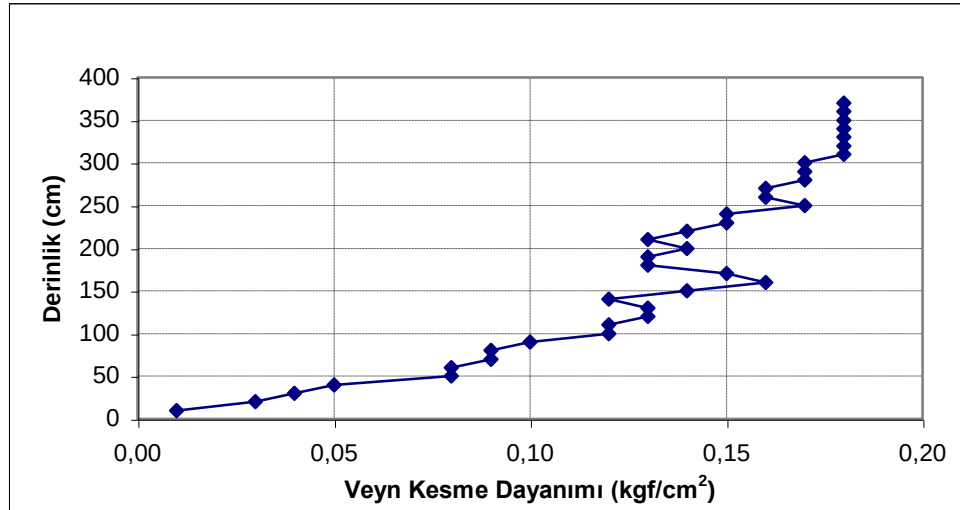
TSU02-5 nolu karotu üzerinde derinliği boyunca 5 er cm aralıklar ile gerçekleştirilen en az 5 adet penetrometre basınç dayanımı ile 4 er adet veyn kesme dayanımı deneylerinden elde edilen verilerin geometrik ortalamaları alınarak belirlenmiş penetrometre ve veyn kesme dayanım değerleri ile bu değerlerin karot uzunluğu boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerleri Tablo 3.22 ile verilmiştir.

Tablo 3.22. TSU02-5 karotuna ait 5'er cm aralıklı penetrometre ve veyn kesme dayanım değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler.

Derinlik (cm)	Penetrometre Dayanımı (kgf/cm ²)	Veyn Kesme Dayanımı (kgf/cm ²)	Litoloji
0-10	0	0,01	B İ R İ M 1 D E N İ Z E L
10-20	0	0,03	
20-30	0	0,04	
30-40	0	0,05	
40-50	0	0,08	
50-60	0	0,08	
60-70	0	0,09	
70-80	0	0,09	
80-90	0	0,10	
90-100	0	0,12	
100-110	0	0,12	
110-120	0	0,13	
120-130	0	0,13	
130-140	0	0,12	
140-150	0	0,14	
150-160	0	0,16	
160-170	0	0,15	
170-180	0	0,13	
180-190	0	0,13	
190-200	0	0,14	
200-210	0	0,13	
210-220	0	0,14	
220-230	0	0,15	
230-240	0	0,15	B İ R İ M 2
240-250	0	0,17	
250-260	0	0,16	
260-270	0	0,16	
270-280	0	0,17	
280-290	0	0,17	
290-300	0	0,17	
300-310	0	0,18	
310-320	0	0,18	
320-330	0	0,18	

330-340	0	0,18	G Ö L
340-350	0	0,18	
350-360	0	0,18	
360-370	0	0,18	
Maksimum	0	0,18	0,18
Ortalama	0	0,13	0,13
Minimum	0	0,01	0,01

TSU02 – 5 karotunda penetrometre dayanımı karotun su içeriğinin yüksek olması sebebiyle ölçülememiştir. TSU02 – 4 karotundan elde edilen veyn kesme dayanımı değerleri en düşük 0,033 kgf/cm² en yüksek 0,180 kgf /cm² dir. Veyn kesme dayanımının derinlikle değişimini gösteren grafik Şekil 3.34’ te verilmiştir. Su içeriğinin ve boşluk oranının azalmasıyla birlikte veyn kesme dayanımı artmaktadır.



Şekil 3.34. TSU02-5 karotu boyunca veyn kesme dayanım değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

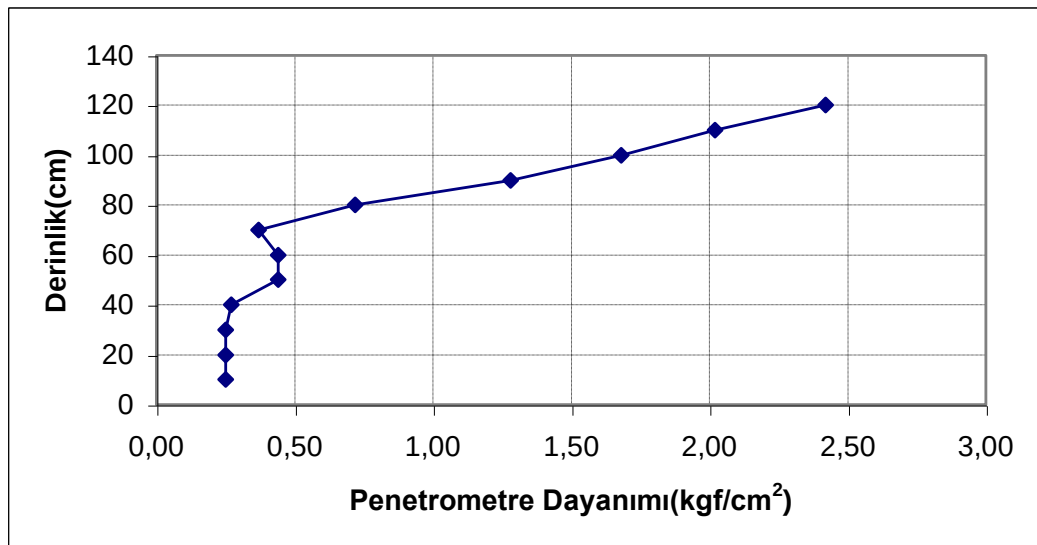
3.4.3.4. TSU02 – 7 Karotu

TSU02 – 7 nolu karotu üzerinde derinliği boyunca 5 er cm aralıklar ile gerçekleştirilen en az 5 adet penetrometre basınç dayanımı ile 4 er adet veyn kesme dayanımı deneylerinden elde edilen verilerin geometrik ortalamaları alınarak belirlenmiş penetrometre ve veyn kesme dayanım değerleri ile bu değerlerin karot uzunluğu boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerleri Tablo 3.23 ile verilmiştir.

Tablo 3.23. TSU02-7 karotuna ait 5 er cm aralıklı penetrometre ve veyn kesme dayanım değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler.

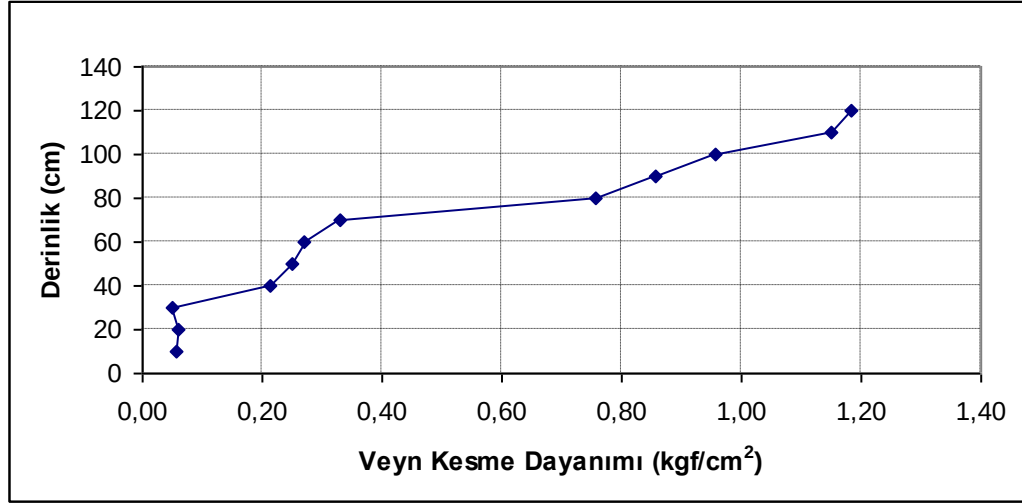
Derinlik (cm)	Penetrometre Dayanımı (kgf/cm ²)	Veyn Kesme Dayanımı (kgf/cm ²)	Litoloji
0-10	0,25	0,06	BİRİM 1 DENİZEL
10-20	0,25	0,06	
20-30	0,25	0,05	
30-40	0,27	0,21	
40-50	0,44	0,33	
50-60	0,44	fosilli	
60-70	0,37	0,25	
70-80	0,72	0,76	BİRİM 2 GÖL
80-90	1,28	0,86	
90-100	1,68	0,95	
100-110	2,02	1,15	
110-120	2,42	1,18	
Maksimum	2,42	1,18	
Ortalama	0,87	0,53	
Minimum	0,25	0,05	

Tablo 3.23 ile verilen ve zemin örneklerinde yüzeye dik uygulanan yüke karşı dayanımını belirten penetrometre dayanımı değerlerinin derinlikle değişimi TSU02-7, karotunda 0,25 kgf/cm² ile 2,42 kg/cm² değerleri arasındadır. Penetrometre dayanımının derinlikle değişimini gösteren grafik Şekil 3.35'te verilmiştir.



Şekil 3.35. TSU02-7 karotu boyunca penetrometre dayanım değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

TSU02 – 7 karotundan elde edilen veyn kesme dayanımı değerleri en düşük 0,049 kgf/cm² en yüksek 1,183 kgf /cm² dir. Veyn kesme dayanımının derinlikle değişimini gösteren grafik Şekil 3.36’ de verilmiştir.



Şekil 3.36. TSU02-7 karotu boyunca veyn kesme dayanım değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

TSU02-7 karotunda boşluk oranının ve su içeriği değerlerinin derinlikle birlikte azalması penetrometre dayanımı ve veyn kesme dayanımı değerlerine yansımıştır. Yapılan litolojik tanımlama da bu karotta derinlikle birlikte tane boyutunun arttığı gözlenmiştir.

3.5. Karasal ve Denizel Çökellerin Kıvam Özellikleri

Numuneler üzerinde kıvam limitlerini belirlemek amacıyla İTÜ Maden Fakültesi Uygulamalı Jeoloji ABD İndeks Özellikler laboratuvarında, *sucuk deneyi* ve *Casagrande deneyi* yapılmış plastik ve likit limit değerleri elde edilmiştir.

Karadan alınan sondajlardan elde edilen numuneler öğütülmüş ve 200 no’lu elekten geçen malzeme üzerinde 3’er adet kıvam özellikleri belirleyici deneyler yapılmıştır.

Denizel karotlar uzunlukları boyunca 10’ar cm arayla dilimlenmiş, malzeme kurutulmuş, öğütülmüş, ve 200 no’lu elekten geçen malzeme üzerinde 3’er adet

kıvam belirleyici deney yapılmıştır. Bu deneylere ait minimum, ortalama ve maksimum deney sonuçları ilgili tablolar ile verilmiştir.

3.5.1. Kıvam Özelliklerle İlgili Genel Tanımlar

Kıvam limitleri, zemin denecikleri arasında adezyonun derecesini ve zemin kütlesini biçim değiştirmeye ve kırılmaya zorlayan kuvvetlere karşı gösterdiği direnci belirten bir kavramdır. Kıvam durumu sıvı, plastik, yarı katı ve katı haller olmak üzere 4'e ayrılır. Bu limitleri sırasıyla likit limit, plastik limit ve büzülme limiti ayırır.

Bir zeminin plastik limiti, zeminin plastik halden yarı katı hale geçtiği andaki su içeriğidir. PL olarak gösterilir ve % olarak ifade edilir.

$$PL = (W_n - W_k) / W_k \quad (3.10)$$

Bir zeminin likit limiti, kendi ağırlığı altında akmaya başladığı andaki su içeriğidir. LL olarak gösterilir ve % olarak ifade edilir. Sayısal değeri; her bir su içeriğine karşılık gelen vuruş sayısı değerleri ile çizilmiş grafikte 25 vuruşa karşılık gelecek su içeriği olarak tariflenir.

Plastisite indeksi, zeminin plastik özellik gösterdiği su içeriğidir. Sayısal olarak likit limitten (LL) plastik limitin (PL) çıkarılması ile elde edilir.

$$I_p = LL - PL \quad (3.11)$$

Bir zeminin likitlik indeksi, zeminin katı veya sıvı hal durumunun belirlenmesi için kullanılır. Doğal su içeriği ve plastik limitteki su içeriği farkının plastisite indeksine oranıdır. Likitlik indeksi I_L olarak gösterilir ve birimsizdir.

$$I_L = (W_n - PL) / I_p \quad (3.12)$$

Zeminin plastik limitinin belirlenmesi için, numune az miktarda saf su ile iyice karıştırılıp yoğrulmuştur. Küçük bir top şeklini alan numune, çapı 3 mm, boyu 8 cm olacak silindrsel bir şekli alıncaya kadar cam plaka ile el ayası arasında yuvarlanmıştır. Bu çap ve boyutlara ulaşan numunenin üzerinde, çatlak ve dağılmaların gelişmesi plastik limit için uygun su içeriği ile numunenin hazırlanmış olacağını gösterir. Aksi durumunda bu şartlar sağlanıncaya kadar tekrardan numuneler hazırlanıp deney yapılır. Uygun numuneler 0.01 g hassasiyetindeki tartıda

tartılıp ağırlığı bilinen paslanmaz ve hava geçirmez kaplar içersine konularak, etüvde 105°-110°C sıcaklıkta en az 24 saat bekletilmiştir. Etüvden alınan kaplar içindeki numune, 0.01 g duyarlıklı tartıda tekrar tartılıp, tartıdan kabın ağırlığı çıkartılarak, numunelerin plastik limitteki kuru ağırlıkları saptanmıştır. Ağırlık değerleri bir zeminin plastik limiti eşitliğinde kullanılarak plastik limitteki su içeriği değerleri belirlenmiştir.

Zeminin likit limitinin belirlenmesi için, numune cam plakanın üstünde damıtık su ile karıştırılarak, homojen bir hamur durumuna gelene kadar en az 10 dakika süreyle yoğrulmuştur. Numune 1 gün süreyle desikatörde dinlendirilmiştir. Bir sonraki gün, elde edilen karışımından bir miktar alınarak Casagrande aletinin (Şekil 3.37) kabı içine konulup yüzeyi tabana paralel olarak düzlenmiştir ve oluk açma bıçağı ile ikiye bölünmüştür. Krank kolu saniyede 2 devirlik bir hızla çevrilerek, oluşturulmuş şevin iki yanında kalan zeminin, oluğun dip kısmında 13 mm lik bir uzunlukta kapanıncaya kadar, kap Casagrande gövdesine düşürülmüştür. Oluktaki bu kapanmayı sağlayan düşüş sayısı kaydedilmiştir. Oluğun kapanmış olan kesiminin çevresinden, palet bıçağıyla alınan bir numune, nem kabına konmuş 105°-110°C sıcaklık sağlayabilen bir etüvde en az 24 saat bekletilmiştir. Etüvden alınan kaplar içindeki numune ile birlikte soğumak üzere desikatöre konmuş ve soğuduktan sonra numunenin içinde bulunduğu kapla birlikte ağırlığı tartılmıştır.



Şekil 3.37. Casagrande deney aleti

Elde edilen ağırlıklar daha önceden ölçülmüş kabın ağırlığından çıkartılarak, numunelerin likit limitteki kuru ağırlıkları saptanmış ve numunelerin su içerikleri bulunmuştur. Her bir vuruşa karşılık gelen su içeriği değerleri ile çizilen vuruş sayısı-su içeriği grafiğinden 25 vuruşa karşılık gelen su içeriği değeri likit limit değeri olarak belirlenmiştir.

3.5.2. Karasal Numunelerden Elde Edilen Kıvam Limitleri

Karadan alınan sondajlar üzerinde alınan numuneler üzerinde yapılan deneylerin sonuçları takip eden alt bölümlerde verilmiştir. Kıvam limitleri zemin üzerinde yapılabildiği için zemin numunesi elde edilen kesimlerde yapılmıştır.

3.5.2.1. SK – 2

SK – 2 karotunu 3 – 4, 9 – 10 ve 19 – 20 metreleri arası zemin numuneleri oluşturmaktadır. Elde edilen numuneler üzerinde yapılan kıvam limiti deney sonuçları Tablo 3.24’ te verilmiştir.

Tablo 3.24. SK – 2 Kıvam limitleri tablosu

Derinlik (m)	PL (%)	LL (%)	IP (LL-PL) (%)	Zemin Sınıfı
3-4	47,54	79,00	31,46	OH
9-10	48,14	52,00	3,86	OH
19-20	36,88	54,30	17,42	OH

SK-2 karotundan elde edilmiş numuneler üzerinde yapılan kıvam deneylerine göre zemin sınıfı OH olarak belirlenmiştir. OH, plastisitesi orta veya yüksek organik kili temsil etmektedir. Plastisiteye göre yapılmış olan Burmister (1951) sınıflamasına göre 3-4 metre arası “Yüksek Plastisiteli Siltli Kil”, 9-10 metre arası “Önemsiz Derecede Plastisiteye Sahip Killi Silt” ve 19-20 metre arası “Orta Plastisiteli Kil ve Silt” olarak tanımlanmıştır. Leonards (1962) sınıflamasına göre ise 3-4 ve 19-20 metreleri arası “Plastik”, 9-10 metre arası “Plastik Değil” olarak sınıflandırılmıştır.

3.5.2.2. SK – 3

SK – 3 karotunu 14 – 15, 18 – 18,45, 21 – 21,45, 24 – 24,45 ve 30 – 30,45 metreleri arası zemin numuneleri oluşturmaktadır. Elde edilen numuneler üzerinde yapılan kıvam limiti deney sonuçları Tablo 3.25’ te verilmiştir.

Tablo 3.25. SK – 3 Kıvam limitleri tablosu

Derinlik (m)	PL (%)	LL (%)	IP (LL-PL) (%)	Zemin Sınıfı
14 - 15	27,68	46,60	18,92	ML
18 - 18,45	25,68	61,00	35,32	CH
21 - 21,45	34,89	48,50	13,61	ML
24 - 24,45	36,21	50,40	14,19	OH
30 - 30,45	40,85	70,00	29,15	OH

SK-3 karotundan elde edilmiş numuneler üzerinde yapılan kıvam deneylerine göre zemin sınıfları ML, CH ve OH olarak belirlenmiştir. OH, plastisitesi orta veya yüksek organik kil, organik silti temsil etmektedir. ML, likit limiti % 50'nin altında olan inorganik silt ve çok ince kumu temsil etmektedir. CH ise plastisitesi yüksek inorganik kili temsil etmektedir. Plastisiteye göre yapılmış olan Burmister (1951) sınıflamasına göre 14-15 metre, 21-21.45 ve 24-24.45 metreleri arası “Orta Plastisiteli Kil ve Silt”, 18-18.45 ve 30-30.45 metreleri arası “Yüksek Plastisiteli Siltli Kil” olarak tanımlanmıştır. Leonards (1962) sınıflamasına göre 14-15 metre, 18-18.45 metre ve 30-30.45 metreleri arası “Plastik”, 21-21.45 ve 24-24.45 metreleri arası “Az Plastik” olarak sınıflandırılmıştır.

3.5.2.3. SK – 7

SK – 7 karotunu 9 – 9,15, 12 – 12,5 metreleri arası zemin numuneleri oluşturmaktadır. Elde edilen numuneler üzerinde yapılan kıvam limiti deney sonuçları Tablo 3.26’ da verilmiştir.

Tablo 3.26. SK – 7 Kıvam limitleri tablosu

Derinlik (m)	PL (%)	LL (%)	IP (LL-PL) (%)	Zemin Sınıfı
9-9,15	48,14	77,40	29,26	OH
12-12,5	23,70	40,10	16,40	CL

SK-7 karotundan elde edilmiş numuneler üzerinde yapılan kıvam deneylerine göre zemin sınıfları OH ve CL olarak belirlenmiştir. CL, likit limit değeri % 50 nin altında, plastisitesi düşük veya orta inorganik kili temsil etmektedir. Plastisiteye göre yapılmış olan Burmister (1951) sınıflamasına göre 9-9.15 metre arası “Yüksek

Plastisiteli Siltli Kil”, 12-12.5 metre arası ise “Orta Plastisiteli Kil ve Silt” olarak tanımlanmıştır. Leonards (1962) sınıflamasına göre iki numune de “Plastik” olarak sınıflandırılmıştır.

3.5.2.4. SK – 8

SK – 8 karotunu 9 – 9,45, 10,5 – 10,95, 13,5 – 13,95 metreleri arası zemin numuneleri oluşturmaktadır. Elde edilen numuneler üzerinde yapılan kıvam limiti deney sonuçları Tablo 3.27’ de verilmiştir.

Tablo 3.27. SK – 8 Kıvam limitleri tablosu

Derinlik (m)	PL (%)	LL (%)	IP (LL-PL) (%)	Zemin Sınıfı
9-9,45	34,73	60,6	25,87	CH
10,5-10,95	39,49	34,76	0	ML
13,5-13,95	28,46	47	18,54	CL

SK-8 karotundan elde edilmiş numuneler üzerinde yapılan kıvam deneylerine göre zemin sınıfları CH, ML ve CL olarak belirlenmiştir. Burmister (1951) sınıflamasına göre 9-9.45 metre arası “Yüksek Plastisiteli Siltli Kil”, 10.5-10.95 metre arası “Plastik Değil”, 13.5-13.95 metre arası ise Orta Plastisiteli Kil ve Silt” olarak tanımlanmıştır. Leonards (1962) sınıflamasına göre 9-9.45 ve 13.5-13.95 metreleri arası “Plastik”, 10.5-10.95 metreleri arası “Plastik Değil” olarak sınıflandırılmıştır.

3.5.3. Denizel Numunelerden Elde Edilen Kıvam Limitleri

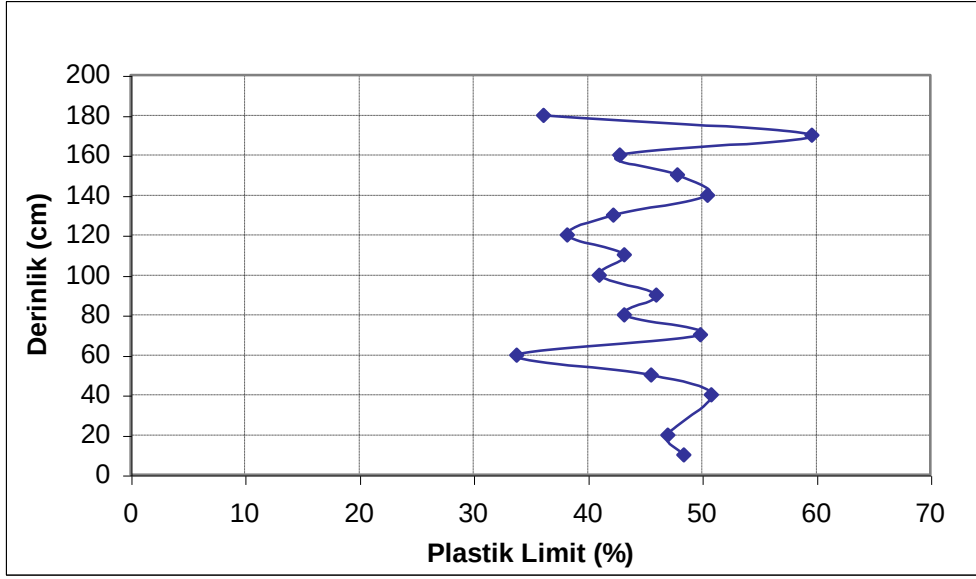
3.5.3.1. TSU02 – 3 Karotu

TSU02-3 karotunda derinlik boyunca 10 cm aralıklar ile gerçekleştirilen kıvam limit deneylerinde plastik ve likit limit değerlerinin belirlenmesi için 3 er adet yapılan deneylerden plastik limit için elde edilen verilerin geometrik ortalamaları alınmış, likit limit içinse 25 vuruşa karşılık gelen su içeriği değeri belirlenmiştir. Belirlenmiş bu değerlerin karot uzunluğu boyunca değişimi ile minimum, ortalama ve maksimum değerleri Tablo 3.28 ile verilmiştir.

Tablo 3.28. TSU02 – 3 karotunda 10 cm aralıklı kıvam özellik değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler.

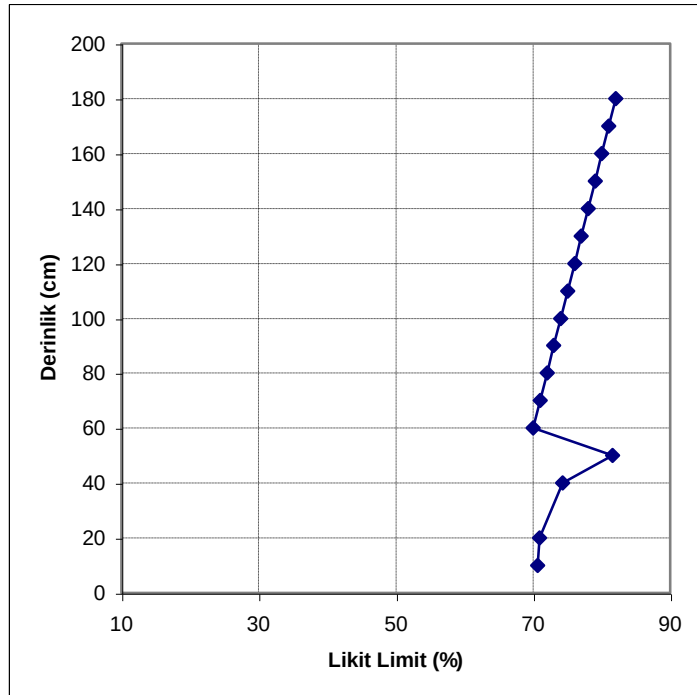
Derinlik (cm)	PL (%)	LL (%)	IP (LL-PL) %
0-10	48,41	70,67	22,26
10-20	49,75	74,32	24,57
20-30	50,83	74,32	23,49
30-40	45,57	81,58	36,00
40-50	33,82	70,05	36,23
50-60	49,87	71,05	21,19
70-80	43,18	72,05	28,87
80-90	46,01	73,05	27,05
90-100	41,05	74,05	33,00
100-110	43,19	75,05	31,86
110-120	38,22	76,05	37,83
120-130	42,25	77,05	34,80
130-140	50,52	78,05	27,53
140-150	47,85	79,05	31,20
150-160	42,80	80,05	37,25
160-170	59,61	81,05	21,44
170-180	36,12	82,05	45,93
Maksimum	50,83	82,05	45,93
Ortalama	44,95	75,95	30,99
Minumum	33,82	70,05	21,19

TSU02-3 karotu için Tablo 3.28 ile verilen plastik limit değerleri %33,82 ile %50,83 arasında değişmektedir. Plastik limit değerlerinin derinlikle değişimini gösteren grafik Şekil 3.38’de verilmiştir.



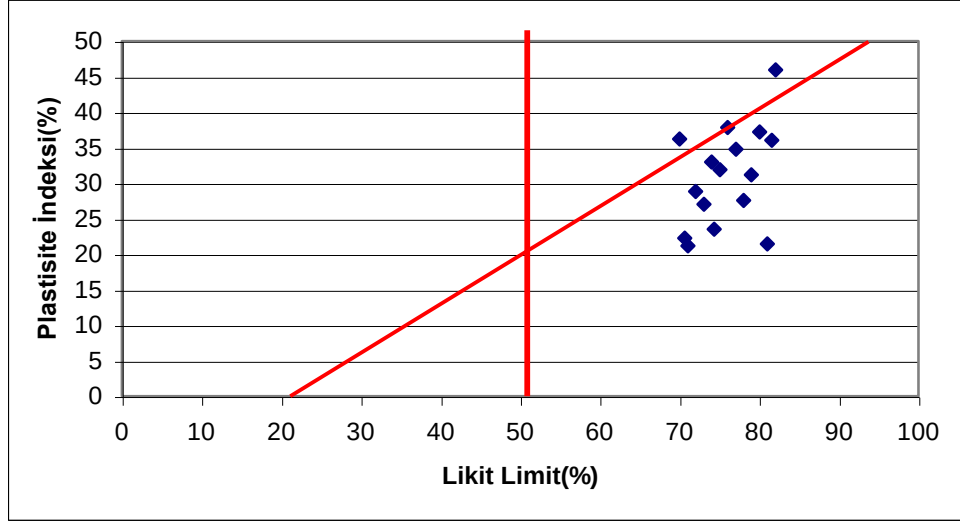
Şekil 3.38. TSU02-3 Karot boyunca plastik limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

TSU02-3 karotu için Tablo 3.28 ile verilen likit limit değerleri %70,05 ile %82,05 arasında değişmektedir. Likit limit değerlerinin derinlikle değişimini gösteren grafik Şekil 3.39’da verilmiştir.



Şekil 3.39. TSU02-3 Karotunda likit limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

Zemin örneklerinin 10’ ar cm ara ile plastisite kartında ait olduğu zemin sınıfı Şekil 3.40 ve Tablo 3.29 ile verilmiştir. Bu karottaki çökellerin çoğunluğu likit limiti yüksek organik kil sınıfına girmektedir.



Şekil 3.40. TSU02-3 karotuna ait plastisite kartı. O: organik kil, C: inorganik kil, MH: inorganik silt, killi ince kum. H: likit limiti >%50; L: likit limiti <%50.

Tablo 3.29. TSU02-3 karotuna ait 10 cm aralıklı zemin sınıflaması O: organik kil, C: inorganik kil, MH: inorganik silt, killi ince kum H: likit limiti >%50; L: likit limiti <%50.

Derinlik (cm)	Ait Olduğu Zemin Sınıfı	Derinlik (cm)	Ait Olduğu Zemin Sınıfı
20 - 30	OH	140 - 150	OH
30 - 40	CH	150 - 160	OH
40 - 50	CH	160 - 170	OH
50 - 60	OH	170 - 180	OH
60 - 70	OH		
70 - 80	OH		
80 - 90	OH		
90 - 100	OH		
100 - 110	OH		
110 - 120	OH		
120 - 130	OH		
130 - 140	OH		

Bu karotta plastisite indeksi % 21.19 - % 45.93 arasında değişmektedir. Burmister (1951) sınıflamasına göre “Yüksek Plastisiteli Siltli Kil ve Çok Yüksek Plastisiteli Kil” olarak tanımlanmıştır. Leonards (1962) sınıflamasına göre “Plastik ve Çok Plastik” olarak sınıflandırılmıştır.

3.5.3.2. TSU02 – 4 Karotu

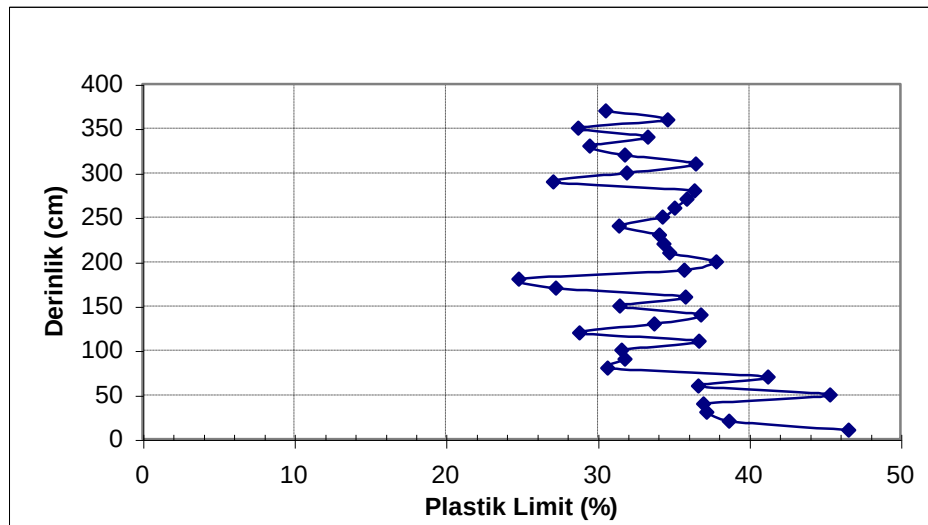
TSU02 – 4 karotunda derinlik boyunca 10 cm aralıklar ile gerçekleştirilen kıvam limit deneylerinde plastik ve likit limit değerlerinin belirlenmesi için 3 er adet yapılan deneylerden plastik limit için elde edilen verilerin geometrik ortalamaları alınmış, likit limit içinse 25 vuruşa karşılık gelen su içeriği değeri belirlenmiştir. Belirlenmiş bu değerlerin karot uzunluğu boyunca değişimi ile minimum, ortalama ve maksimum değerleri Tablo 3.30 ile verilmiştir.

Tablo 3.30. TSU02 – 4 karotunda 10 cm aralıklı kıvam özellik değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler.

Derinlik (cm)	PL (%)	LL (%)	IP(LL-PL) (%)
10-20	46,57	71,80	B İ R İ M 1 D E N İ Z E L
20-30	38,70	70,40	
30-40	37,22	73,00	
40-50	37,01	73,20	
50-60	45,36	60,00	
60-70	36,69	70,60	
70-80	41,28	68,20	
80-90	30,68	69,00	
90-100	31,85	60,90	
100-110	31,63	65,10	
110-120	36,71	65,80	
120-130	28,82	71,00	
130-140	33,75	63,00	
140-150	36,86	64,00	
150-160	31,51	69,00	B İ R İ M 2
160-170	35,82	62,00	
170-180	27,27	69,60	
180-190	24,84	71,00	
190-200	35,74	63,00	
200-210	37,84	70,90	
210-220	34,80	69,00	
220-230	34,42	70,80	

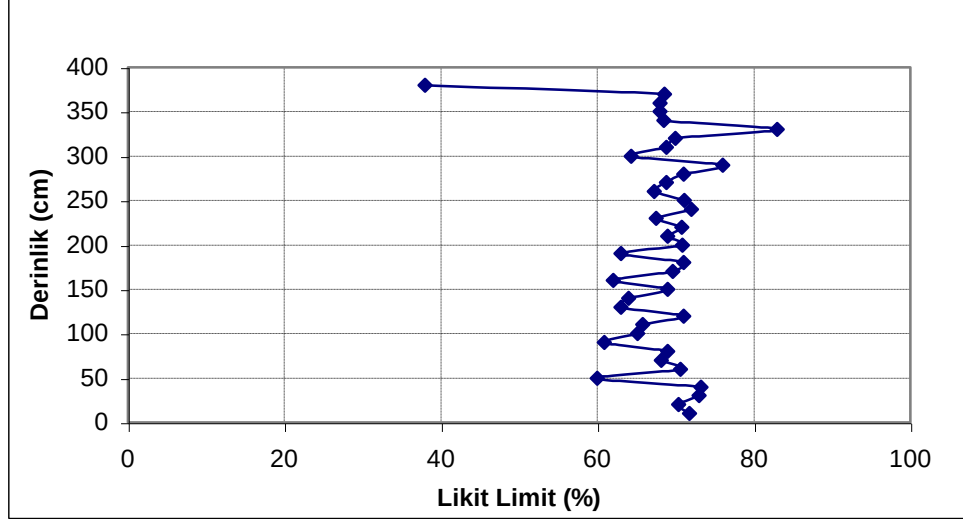
230-240	34,12	67,50	G Ö L
240-240	31,43	72,00	
250-250	34,30	71,10	
260-270	35,12	67,30	
270-280	35,90	68,80	
280-290	36,41	71,00	
290-300	27,09	76,00	
300-310	31,94	64,30	
310-320	36,52	68,80	
320-330	31,82	70,00	
330-340	29,53	83,00	
340-350	33,36	68,50	
350-360	28,76	68,70	
360-370	34,65	68,00	
370-380	30,58	68,60	
Maksimum	46,57	73,20	
Ortalama	34,24	68,78	
Minimum	24,84	62,00	

TSU02-4 karotu için Tablo 3.30 ile verilen plastik limit değerleri %24,84 ile %46,57 arasında değişmektedir. Plastik limit değerlerinin derinlikle değişimini gösteren grafik Şekil 3.41’de verilmiştir.



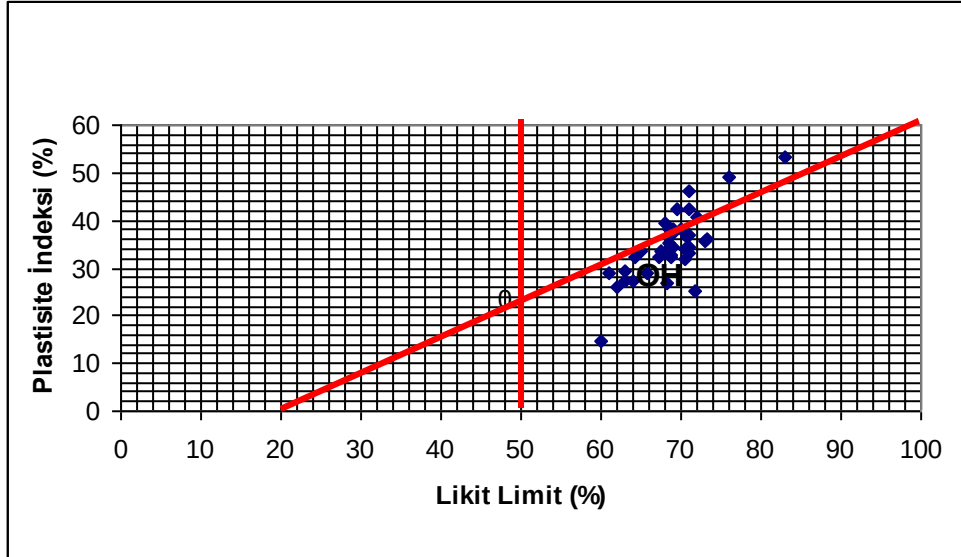
Şekil 3.41. TSU02 – 4 karot boyunca plastik limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

TSU02-4 karotu için Tablo 3.30 ile verilen likit limit değerleri %62,00 ile %73,20 arasında değişmektedir. Likit limit değerlerinin derinlikle değişimini gösteren grafik Şekil 3.42’ de verilmiştir.



Şekil 3.42. TSU02 – 4 karotunda likit limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

Zemin örneklerinin 10’ ar cm ara ile plastisite kartında ait olduğu zemin sınıfı Şekil 3.43 ve Tablo 3.31 ile verilmiştir. Bu karottaki çökellerin çoğunluğu likit limiti yüksek organik inorganik kil sınıfına girmektedir.



Şekil 3.43. TSU02 – 4 karotuna ait plastisite kartı. O: organik kil, C: inorganik kil, MH: inorganik silt, killi ince kum. H: likit limiti >%50; L: likit limiti >%50.

Tablo 3.31. TSU02-4 karotuna ait 10 cm aralıklı zemin sınıflaması O: organik kil, C: inorganik kil, MH: inorganik silt, killi ince kum H: likid limiti >%50; L: likid limiti <%50.

Derinlik (cm)	Ait Olduğu Zemin Sınıfı	Derinlik (cm)	Ait Olduğu Zemin Sınıfı
10-20	OH	200-210	OH
20-30	OH	210-220	OH
30-40	OH	220-230	OH
40-50	OH	230-240	OH
50-60	OH	240-240	CH
60-70	OH	250-250	OH
70-80	CH	260-270	OH
80-90	CH	270-280	OH
90-100	OH	280-290	OH
100-110	OH	290-300	CH
110-120	OH	300-310	OH
120-130	CH	310-320	OH
130-140	OH	320-330	CH
140-150	OH	330-340	OH
150-160	OH	340-350	OH
160-170	OH	350-360	OH
170-180	CH	360-370	OH
180-190	CH	370-380	OH
190-200	OH		

Bu karotta plastisite indeksi % 14.64 - % 63.24 arasında değişmektedir. Burmister (1951) sınıflamasına göre “Orta Plastisiteli Siltli ve Kil ve Çok Yüksek Plastisiteli Kil” olarak tanımlanmıştır. Leonards (1962) sınıflamasına göre “Plastik ve Çok Plastik” olarak sınıflandırılmıştır.

3.5.3.3. TSU02 – 5 Karotu

TSU02 – 5 karotunda derinlik boyunca 10 cm aralıklar ile gerçekleştirilen kıvam limit deneylerinde plastik ve likit limit değerlerinin belirlenmesi için 3 er adet yapılan deneylerden plastik limit için elde edilen verilerin geometrik ortalamaları alınmış, likit limit içinse 25 vuruşa karşılık gelen su içeriği değeri belirlenmiştir. Belirlenmiş bu değerlerin karot uzunluğu boyunca değişimi ile minimum, ortalama ve maksimum değerleri Tablo 3.32 ile verilmiştir.

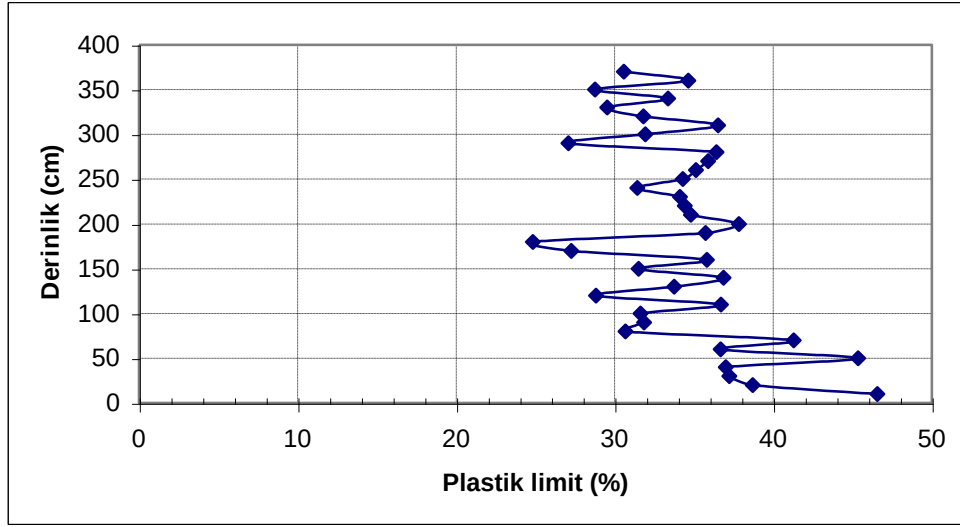
Tablo 3.32. TSU02 – 5 karotunda 10 cm aralıklı kıvam özellik değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler.

Derinlik (cm)	PL (%)	LL (%)	IP(LL-PL) (%)	Litoloji
10-20	46,57	71,80	25,23	B İ R İ M 1 D E N İ Z E L
20-30	38,70	70,40	31,70	
30-40	37,22	73,00	35,78	
40-50	37,01	73,20	36,19	
50-60	45,36	60,00	14,64	
60-70	36,69	70,60	33,91	
70-80	41,28	68,20	26,92	
80-90	30,68	69,00	38,32	
90-100	31,85	60,90	29,05	
100-110	31,63	65,10	33,47	
110-120	36,71	65,80	29,09	
120-130	28,82	71,00	42,18	
130-140	33,75	63,00	29,25	
140-150	36,86	64,00	27,14	
150-160	31,51	69,00	37,49	
160-170	35,82	62,00	26,18	
170-180	27,27	69,60	42,33	
180-190	24,84	71,00	46,16	
190-200	35,74	63,00	27,26	
200-210	37,84	70,90	33,06	
210-220	34,80	69,00	34,20	
220-230	34,42	70,80	36,38	

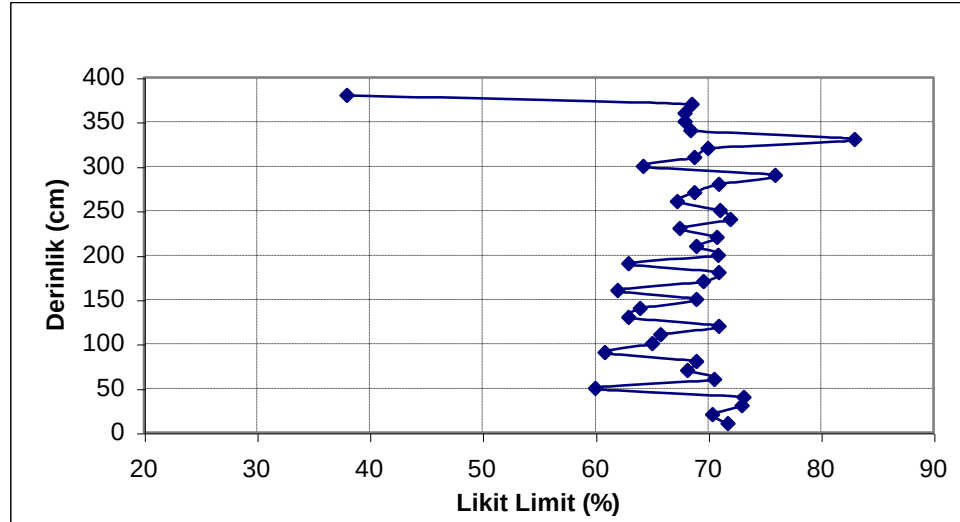
230-240	34,12	67,50	33,38	B İ R İ M 2 G Ö L
240-240	31,43	72,00	40,57	
250-250	34,30	71,10	36,80	
260-270	35,12	67,30	32,18	
270-280	35,90	68,80	32,90	
280-290	36,41	71,00	34,59	
290-300	27,09	76,00	48,91	
300-310	31,94	64,30	32,36	
310-320	36,52	68,80	32,28	
320-330	31,82	70,00	38,18	
330-340	29,53	83,00	53,47	
340-350	33,36	68,50	35,14	
350-360	28,76	68,70	63,24	
360-370	34,65	68,00	33,35	
370-380	30,58	68,60	38,02	
Maksimum	46,57	83,00	63,24	
Ortalama	34,24	68,78	35,17	
Minimum	27,09	60,00	25,23	

TSU02-5 karotu için Tablo 3.32 ile verilen plastik limit değerleri %27,09 ile %46,57 arasında değişmektedir. Plastik limit değerlerinin derinlikle değişimini gösteren grafik Şekil 3.44'te verilmiştir.

TSU02-5 karotu için Tablo 3.32 ile verilen likit limit değerleri %60,00 ile %83,00 arasında değişmektedir. Likit limit değerlerinin derinlikle değişimini gösteren grafik Şekil 3.45'te verilmiştir.

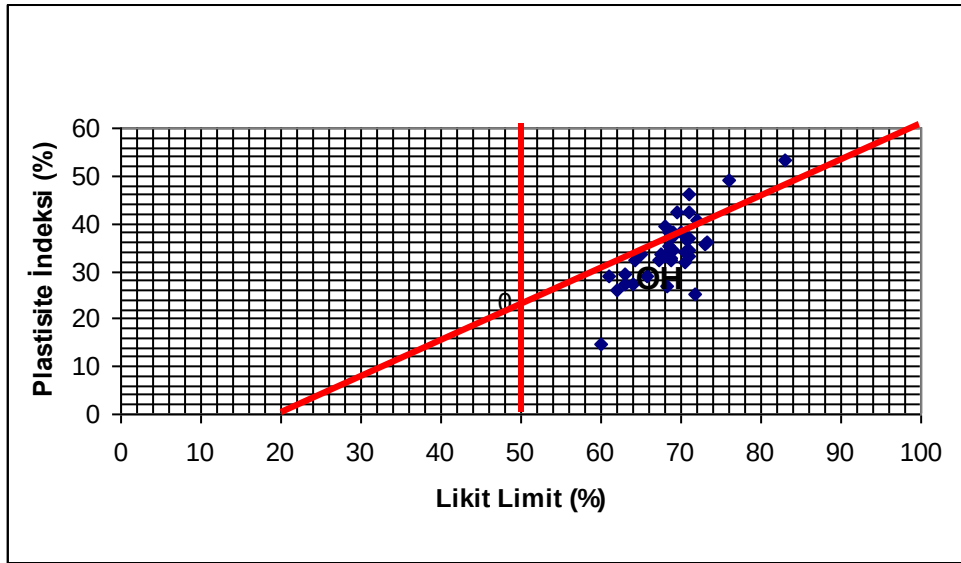


Şekil 3.44. TSU02 – 5 karotunda plastik limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği.



Şekil 3.45. TSU02 – 5 karotunda likit limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

Zemin örneklerinin 10' ar cm ara ile plastisite kartında ait olduğu zemin sınıfı Şekil 3.46 ve Tablo 3.33 ile verilmiştir. Bu karottaki çökellerin çoğunluğu likit limiti yüksek organik inorganik kil sınıfına girmektedir.



Şekil 3.46. TSU02-5 karotuna ait plastisite kartı. O: organik kil, C: inorganik kil, MH: inorganik silt, killi ince kum. H: likid limiti >%50; L: likid limiti >%50.

Tablo 3.33. TSU02 – 5 karotuna ait 10 cm aralıklı zemin sınıflaması O: organik kil, C: inorganik kil, MH: inorganik silt, killi ince kum H: likid limiti >%50; L: likid limiti <%50.

Derinlik (cm)	Ait Olduğu Zemin Sınıfı	Derinlik (cm)	Ait Olduğu Zemin Sınıfı
10-20	OH	200-210	OH
20-30	OH	210-220	OH
30-40	OH	220-230	OH
40-50	OH	230-240	OH
50-60	OH	240-240	CH
60-70	OH	250-250	OH
70-80	CH	260-270	OH
80-90	CH	270-280	OH
90-100	OH	280-290	OH
100-110	OH	290-300	CH
110-120	OH	300-310	OH
120-130	CH	310-320	OH
130-140	OH	320-330	CH
140-150	OH	330-340	OH
150-160	OH	340-350	OH
160-170	OH	350-360	OH

170-180	CH	360-370	OH
180-190	CH	370-380	OH
190-200	OH		

Bu karotta plastisite indeksi % 25.23 - % 63.24 arasında değişmektedir. Burmister (1951) sınıflamasına göre “Yüksek Plastisiteli Siltli Kil ve Çok Yüksek Plastisiteli Kil” olarak tanımlanmıştır. Leonards (1962) sınıflamasına göre “Plastik ve Çok Plastik” olarak sınıflandırılmıştır.

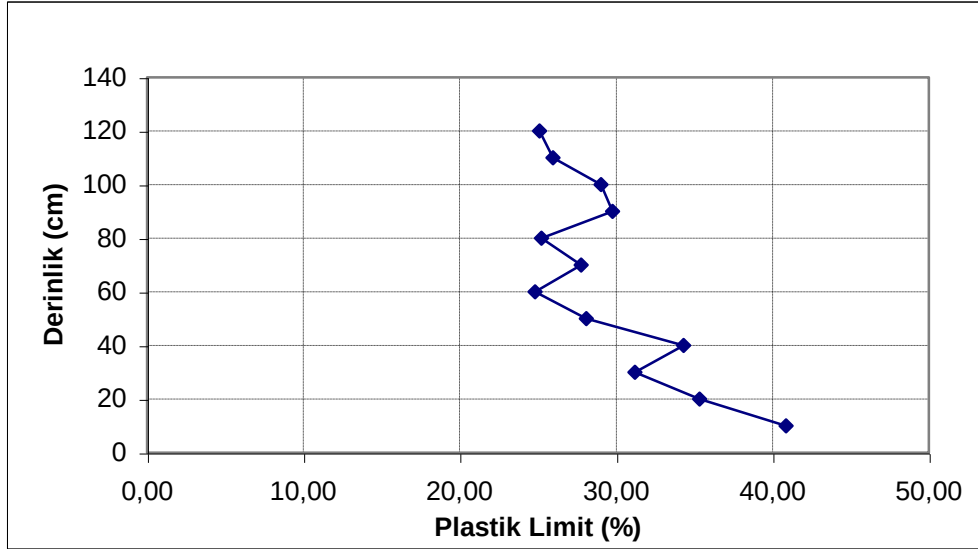
3.5.3.4. TSU02 – 7 Karotu

TSU02 – 7 karotunda derinlik boyunca 10 cm aralıklar ile gerçekleştirilen kıvam limit deneylerinde plastik ve likit limit değerlerinin belirlenmesi için 3 er adet yapılan deneylerden plastik limit için elde edilen verilerin geometrik ortalamaları alınmış, likit limit içinse 25 vuruşa karşılık gelen su içeriği değeri belirlenmiştir. Belirlenmiş bu değerlerin karot uzunluğu boyunca değişimi ile minimum, ortalama ve maksimum değerleri Tablo 3.34 ile verilmiştir.

Tablo 3.34. TSU02 – 7 karotunda 10 cm aralıklı kıvam özellik değerleri ile karot boyunca minimum, ortalama ve maksimum değerler.

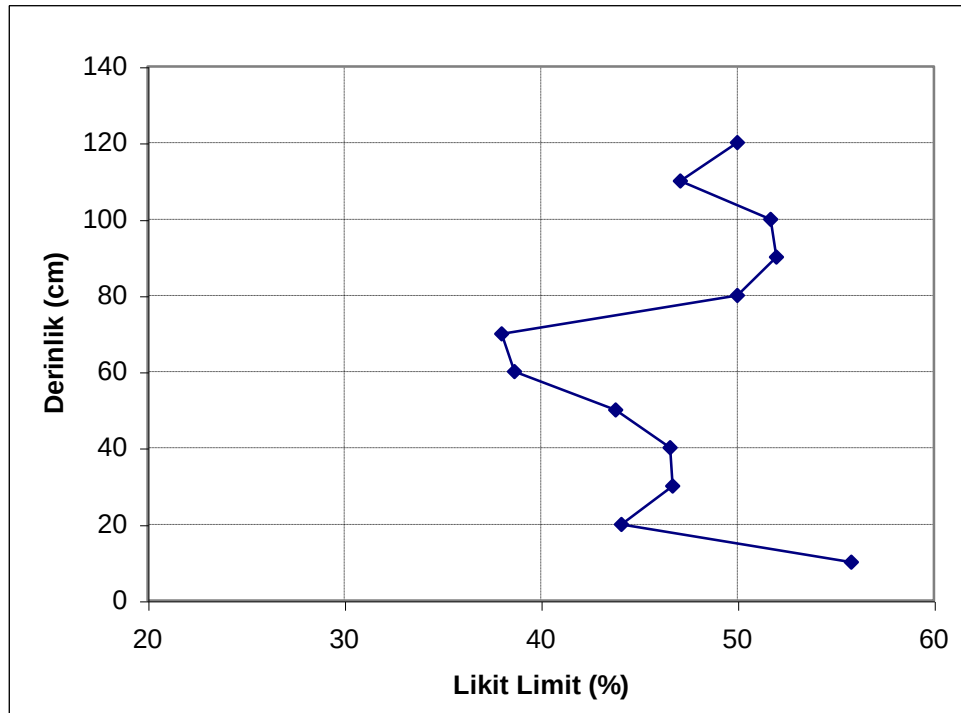
Derinlik (cm)	PL (%)	LL (%)	IP(LL-PL) (%)	Litoloji
0-10	40,88	55,80	14,92	BİRİM 1 DENİZEL
10-20	35,36	44,10	8,74	
20-30	31,21	46,70	15,49	
30-40	34,31	46,58	12,27	
40-50	28,09	43,80	15,71	
50-60	24,80	38,65	13,85	
60-70	27,77	38,00	10,23	
70-80	25,23	50,00	24,77	BİRİM 2 GÖL
80-90	29,78	52,00	22,22	
90-100	29,05	51,70	22,65	
100-110	25,95	47,10	21,15	
110-120	25,10	50,00	24,90	
Maksimum	40,88	55,80	24,90	
Ortalama	29,80	47,04	17,24	
Minimum	24,80	38,00	8,74	

TSU02-7 karotu için Tablo 3.34 ile verilen plastik limit değerleri %24,80 ile %40,88 arasında değişmektedir. Plastik limit değerlerinin derinlikle değişimini gösteren grafik Şekil 3.47’de verilmiştir.



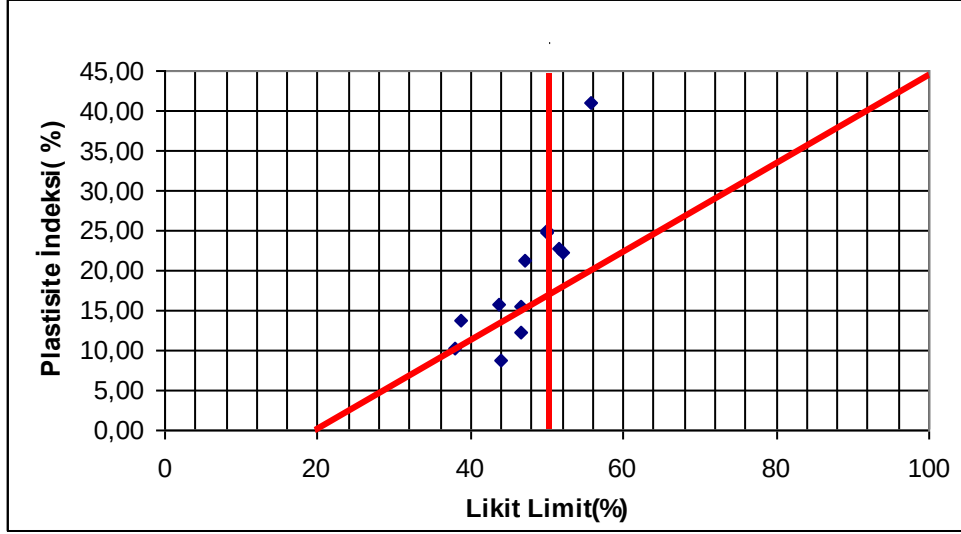
Şekil 3.47. TSU02 – 7 karotunda plastik limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

TSU02-7 karotu için Tablo 3.34 ile verilen likit limit değerleri %38,00 ile %55,80 arasında değişmektedir. Likit limit değerlerinin derinlikle değişimini gösteren grafik Şekil 3.48’de verilmiştir.



Şekil 3.48. TSU02 – 7 karotunda likit limit değerlerinin derinlikle değişim grafiği.

Zemin örneklerinin 10'ar cm ara ile plastisite kartında ait olduğu zemin sınıfı Şekil 3.49 ve Tablo 3.35 ile verilmiştir. Bu karottaki çökellerin çoğunluğu likit limiti yüksek organik inorganik kil sınıfına girmektedir.



Şekil 3.49. TSU02-7 karotuna ait plastisite kartı. O: organik kil, C: inorganik kil, MH: inorganik silt, killi ince kum. H: likit limiti >%50; L: likit limiti <%50.

Tablo 3.35. TSU02-7 karotuna ait 10 cm aralıklı zemin sınıflaması O: organik kil, C: inorganik kil, MH: inorganik silt, killi ince kum H: likit limiti >%50; L: likit limiti <%50.

Derinlik (cm)	Ait Olduğu Zemin Sınıfı
10-20	OH
20-30	ML
30-40	CL
40-50	ML
50-60	CL
60-70	CL
70-80	CH
80-90	CH
90-100	CH
100-110	CL
110-120	CL

Bu karotta plastisite indeksi % 8.74 - % 24.90 arasında değişmektedir. Burmister (1951) sınıflamasına göre “Düşük Plastisiteli Silt ve Kil ve Yüksek Plastisiteli Siltli Kil” olarak tanımlanmıştır. Leonards (1962) sınıflamasına göre “Az Plastik ve Plastik” olarak sınıflandırılmıştır.

4. DENİZ İÇİ HEYELAN OLASILIKLARININ İRDELENMESİ

Bu bölümde yüksek lisans çalışmasının amacı olan deniz içi heyelan olasılıkları irdelenecektir. Morfolojisi, jeolojisi, davranışı bilinen deniz içi çökellerinin Kuzey Anadolu Fayı'nın oluşturduğu deprem sırasındaki duraylılığı incelenecektir.

Bir yamacın duraylı olup olmadığının anlaşılması için “Güvenlik Katsayısına” bakılır. Güvenlik katsayısı *tutucu kuvvetlerin kaydırıcı kuvvetlere* oranıdır. Yamacın veya şevin duraylılığını kaybetmesi için kaydırıcı kuvvetlerin tutucu kuvvetlerden büyük olması gerekmektedir.

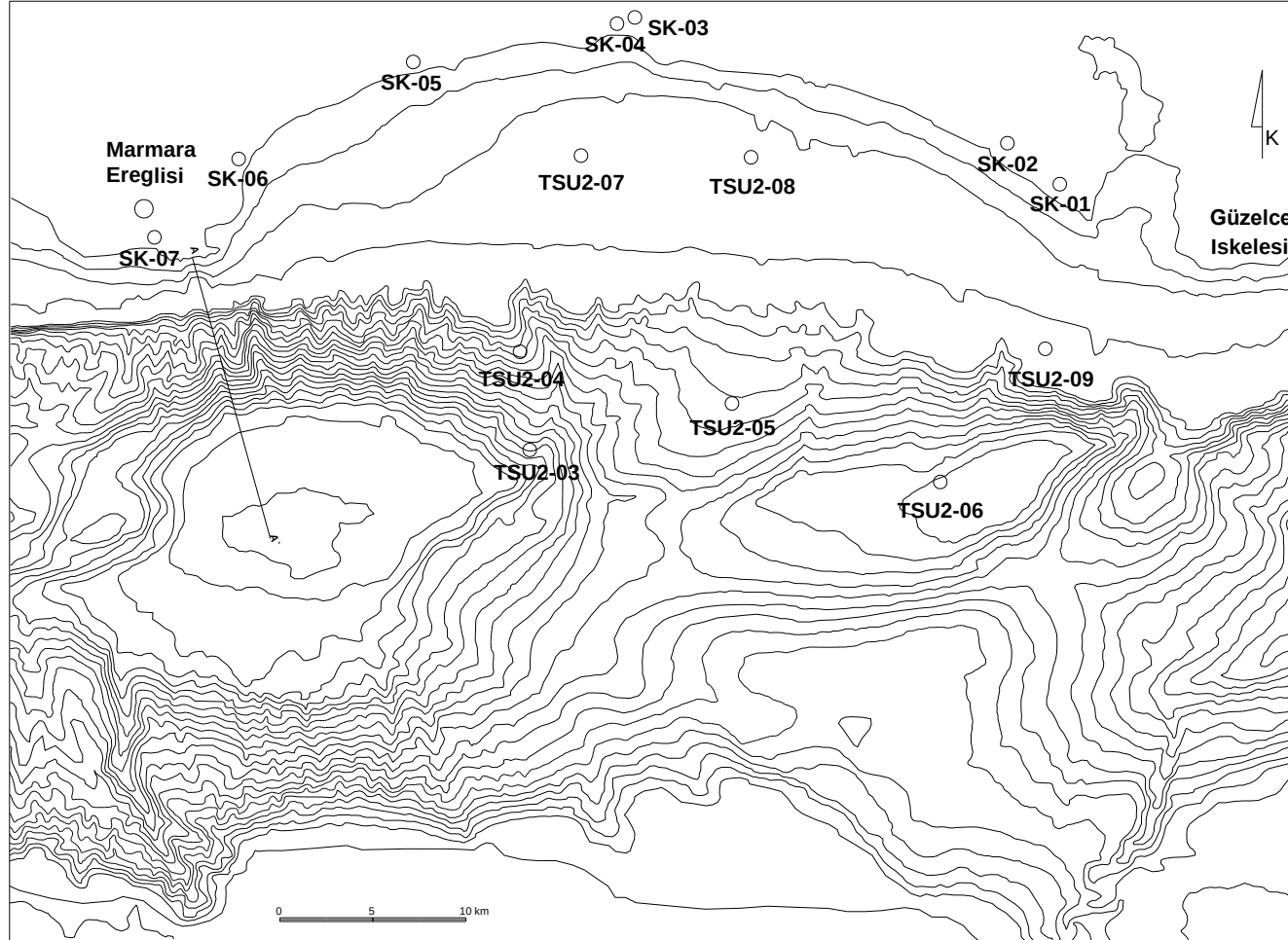
$$F_s = \text{Tutucu Kuvvetler/Kaydırıcı kuvvetler} \quad (4.1)$$

Duraylılık analizi yapmak için çeşitli yöntemler vardır. Bunlar Sonsuz şev analiz yöntemi, kama analizi, İsveç dilim yöntemi, Bishop, basitleştirilmiş Janbu, Spencer ve Janbu yöntemleridir. Bu analizde yöntemlerden Bishop ve Janbu'yu kullanılmıştır.

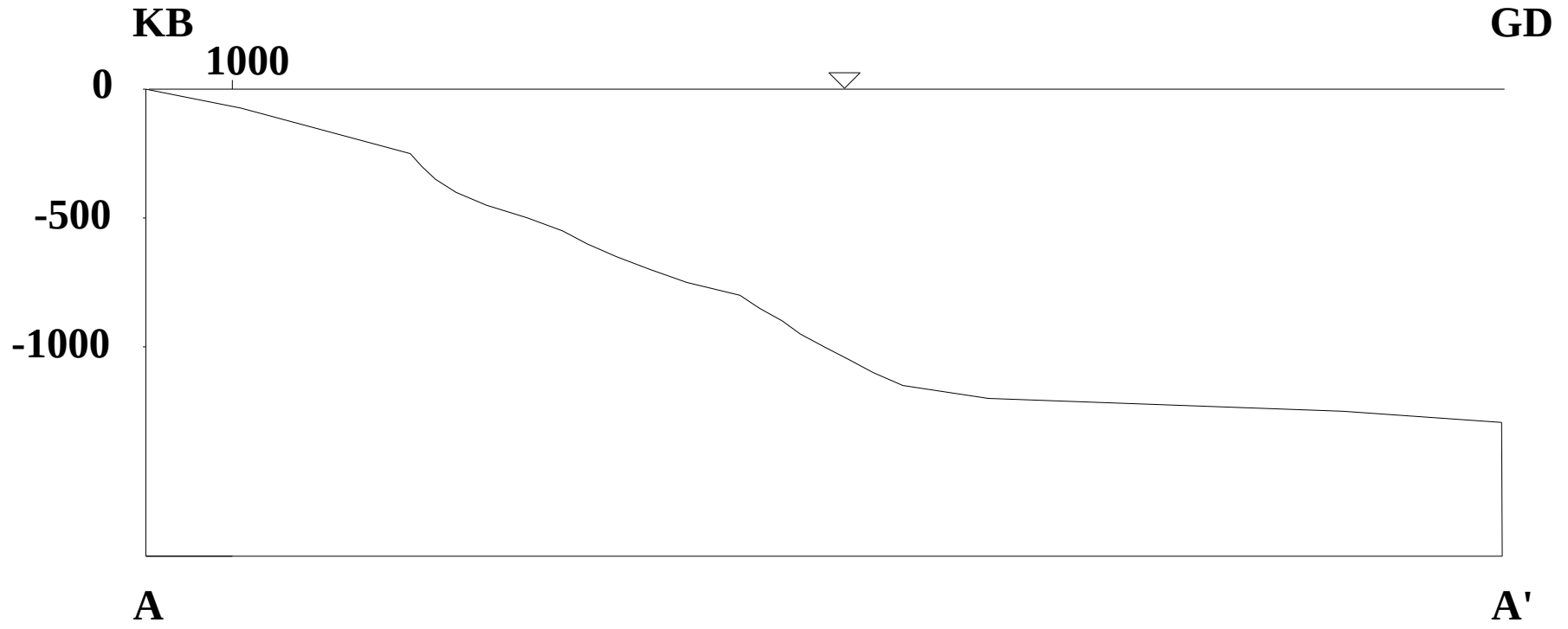
Marmara Ereğlisi yakınlarında batimetrisi nedeniyle riskli bulunan bölgeden alınan kesit, daha önceden MTA Sismik 1 gemisi tarafından alınmış sismik kesitle karşılaştırılmıştır. Tabaka derinlikleri belirlenen kesit üzerinde Rockscience Slide 5.0 kütle hareketi analizi programı (limit denge prensibi ile çalışan) ile parametre etüdü yapılmış ve Phase 2 sonlu elemanlar analiz programı ile olası deplasmanlar modellenmiştir.

Parametre etüdü yapılırken kesit, sismik kesitte görülen 2 tabakaya (çökel ve anakaya) bölünmüştür. Çökel tabaka kendi içinde 4 tabakaya bölünmüş (yüzey çökelleri, çökel 1, çökel 2 ve çökel 3) ve parametreler değiştirilerek analiz yapılmıştır. Parametreler yüzey çökelleri için ϕ açısı 4.5° kohezyonu ise 1.7 kPa, çökel 1 için ϕ açısı 14° kohezyonu ise 11 kPa, çökel 2 için 20° kohezyonu ise 18

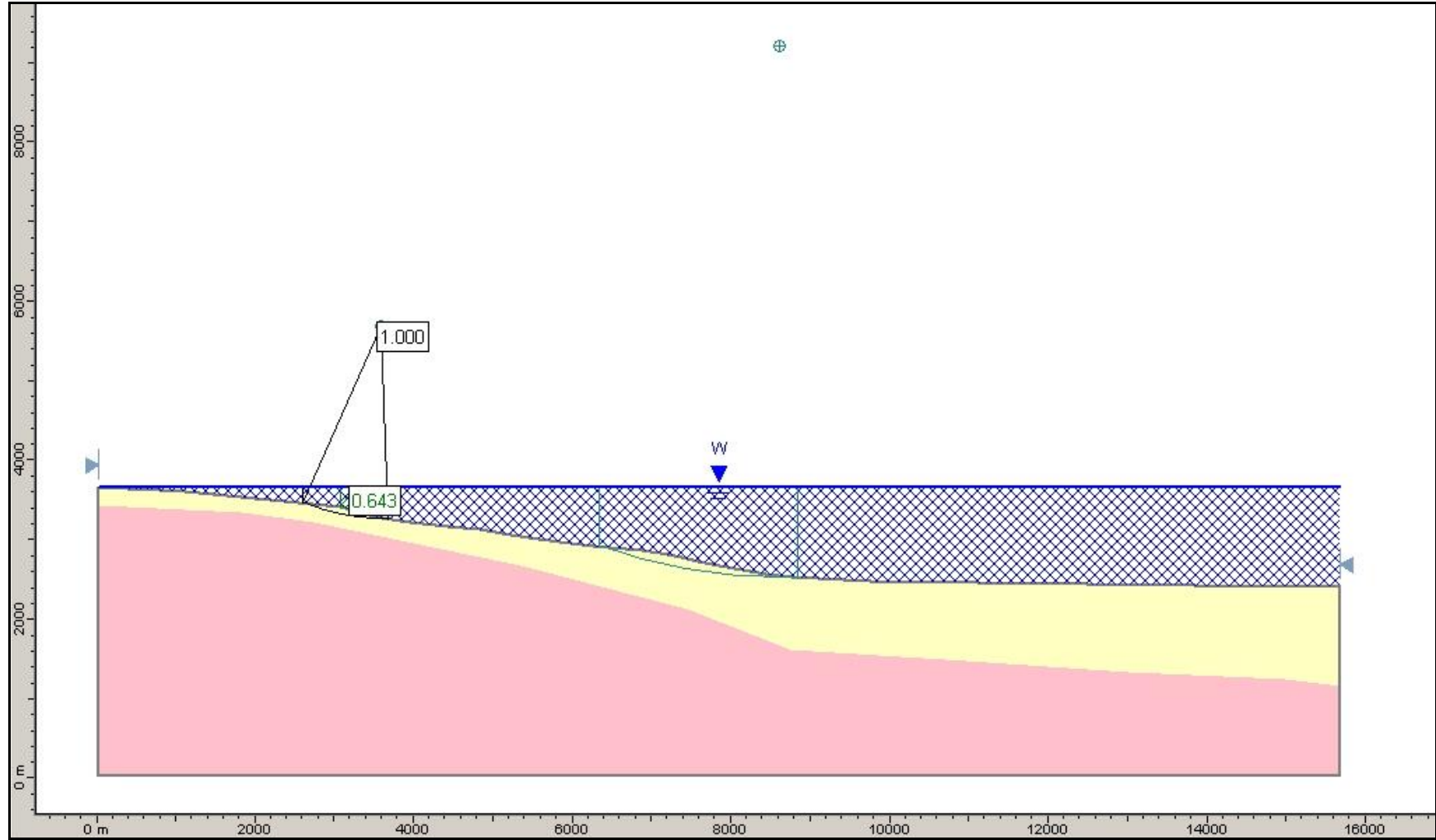
kPa, çökel 3 için 25° kohezyonu ise 22 kPa olarak bulunmuştur. Duraylı olan bölgede, deprem yükü verildikten sonra güvenlik sayısının 1'in altına düştüğü ve duraysız hale geldiği görülmüştür.



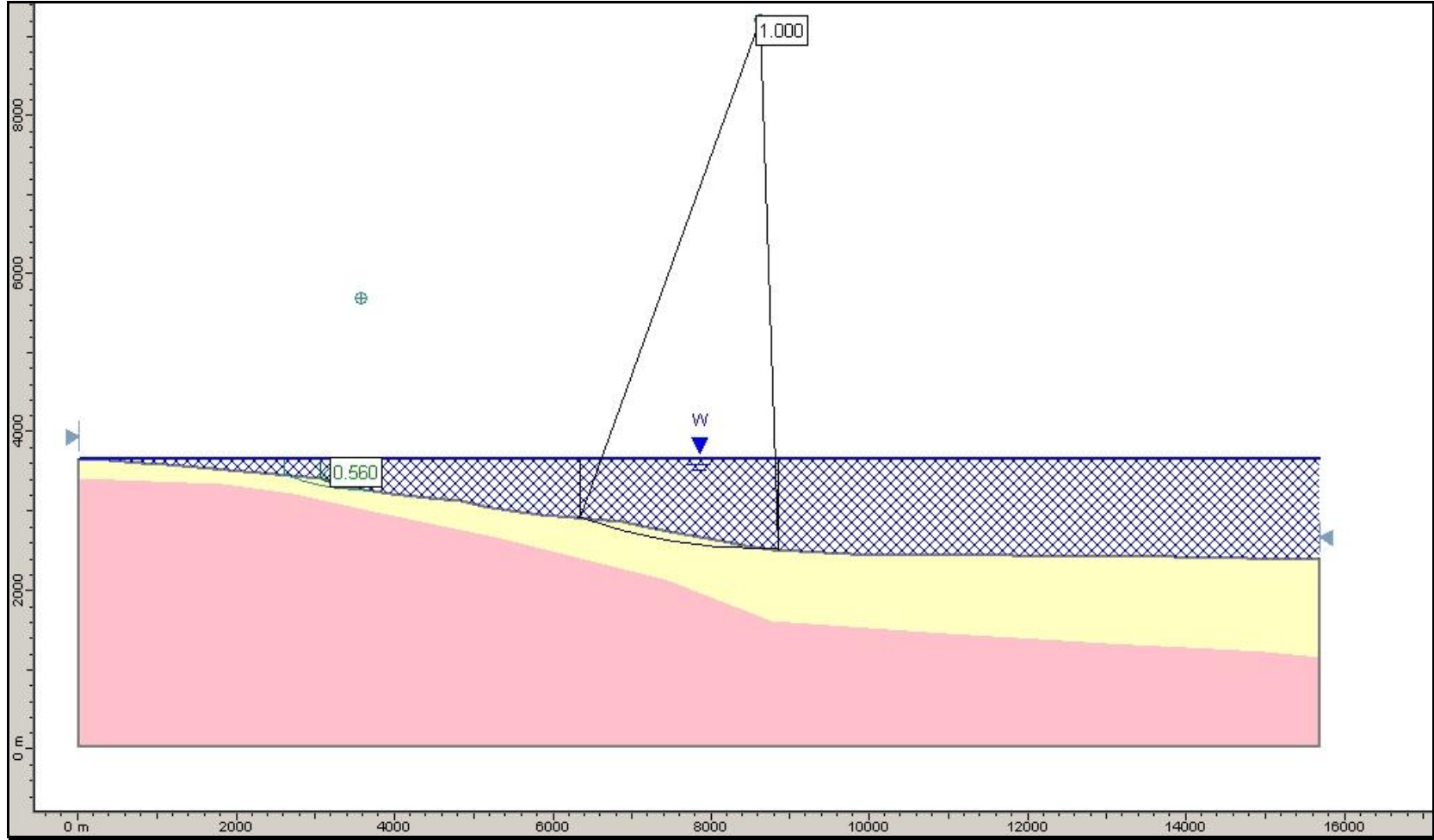
Şekil 4.1. Marmara Ereğlisi – Büyük Çekmece arasının batimetrisi ve alınan kesit doğrultusu



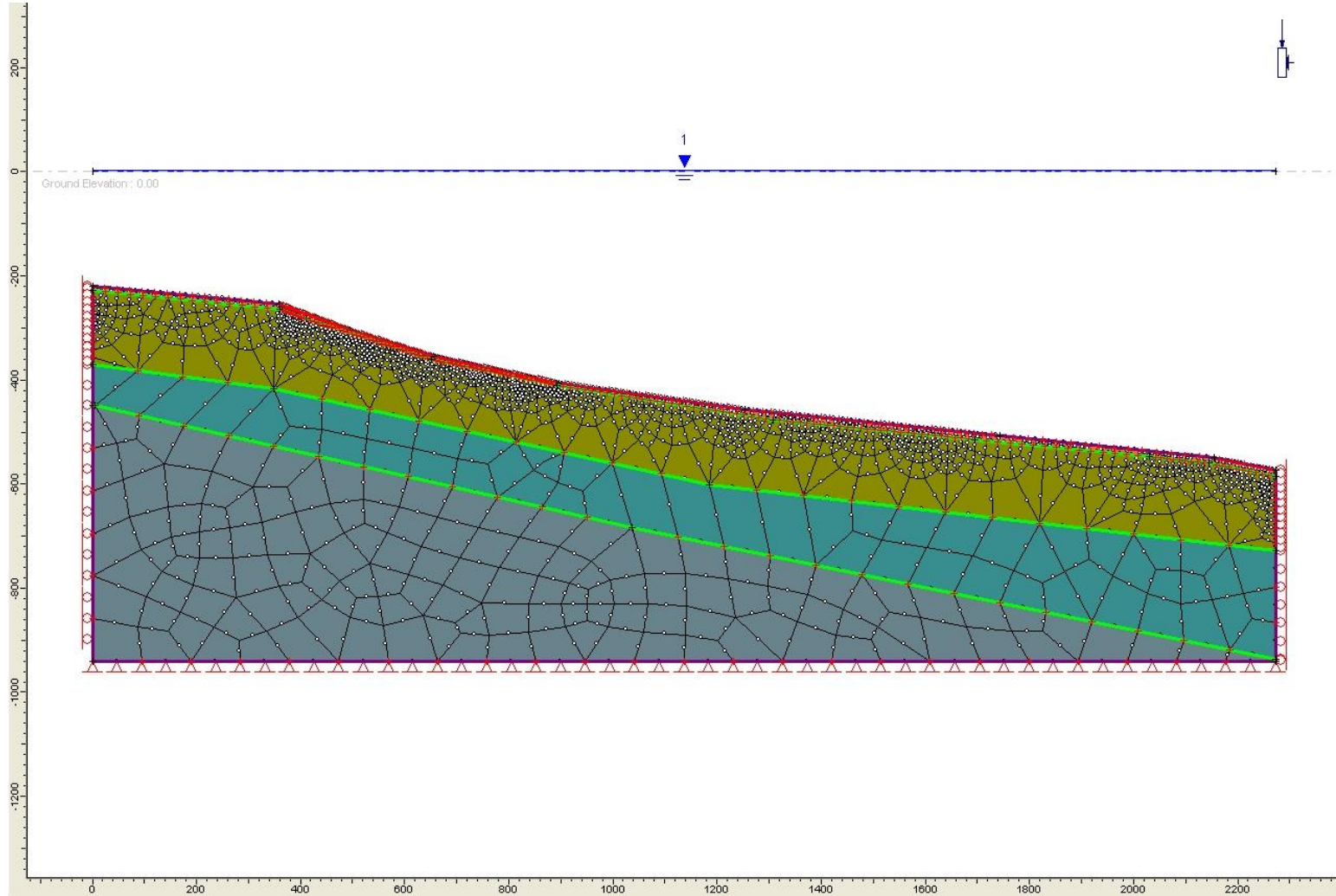
Şekil 4.2. Düşey eksen yatay eksenine göre 3 kat büyütülmüş A-A' kesiti



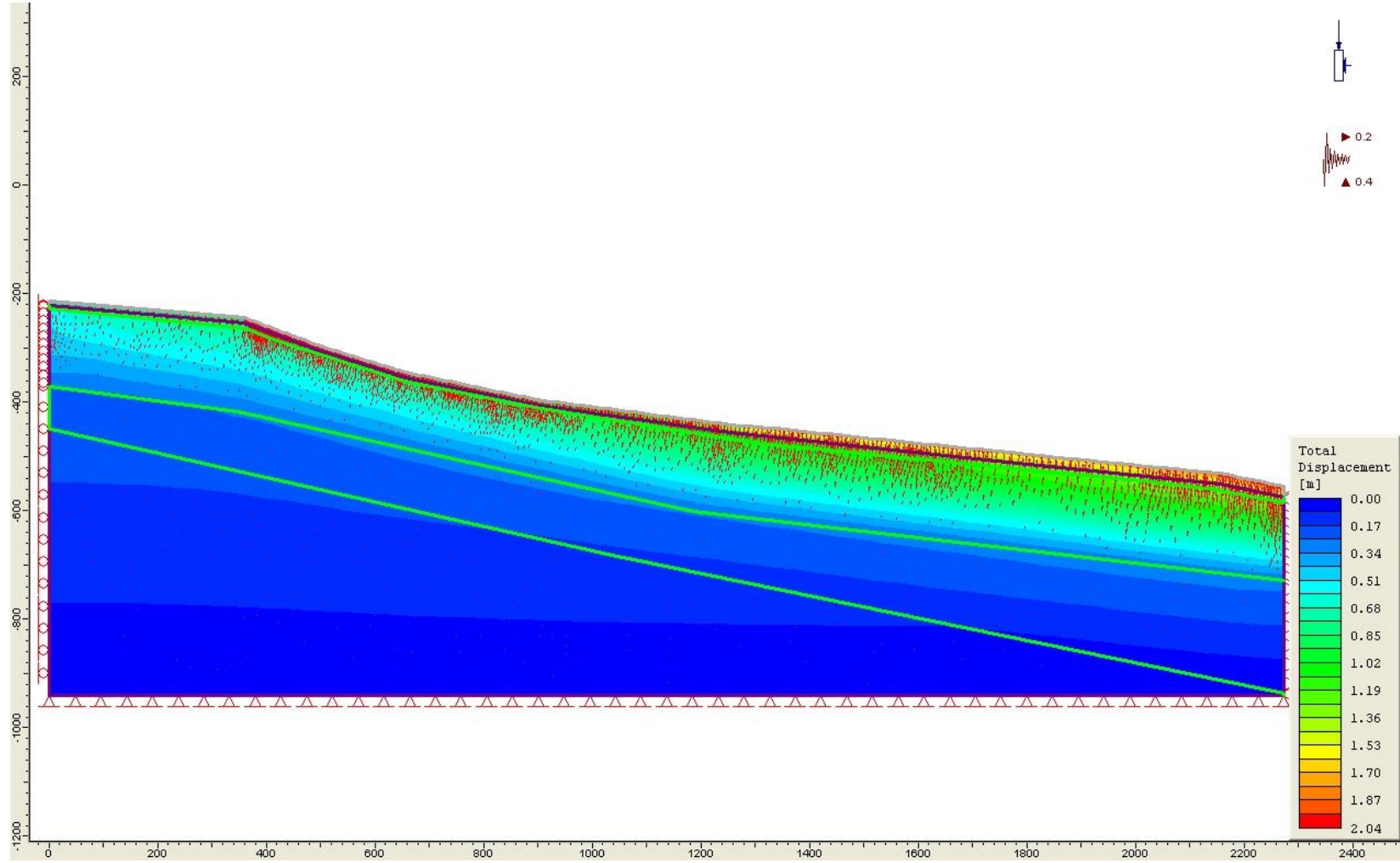
Şekil 4.3. 1 no'lu kayma düzlemi



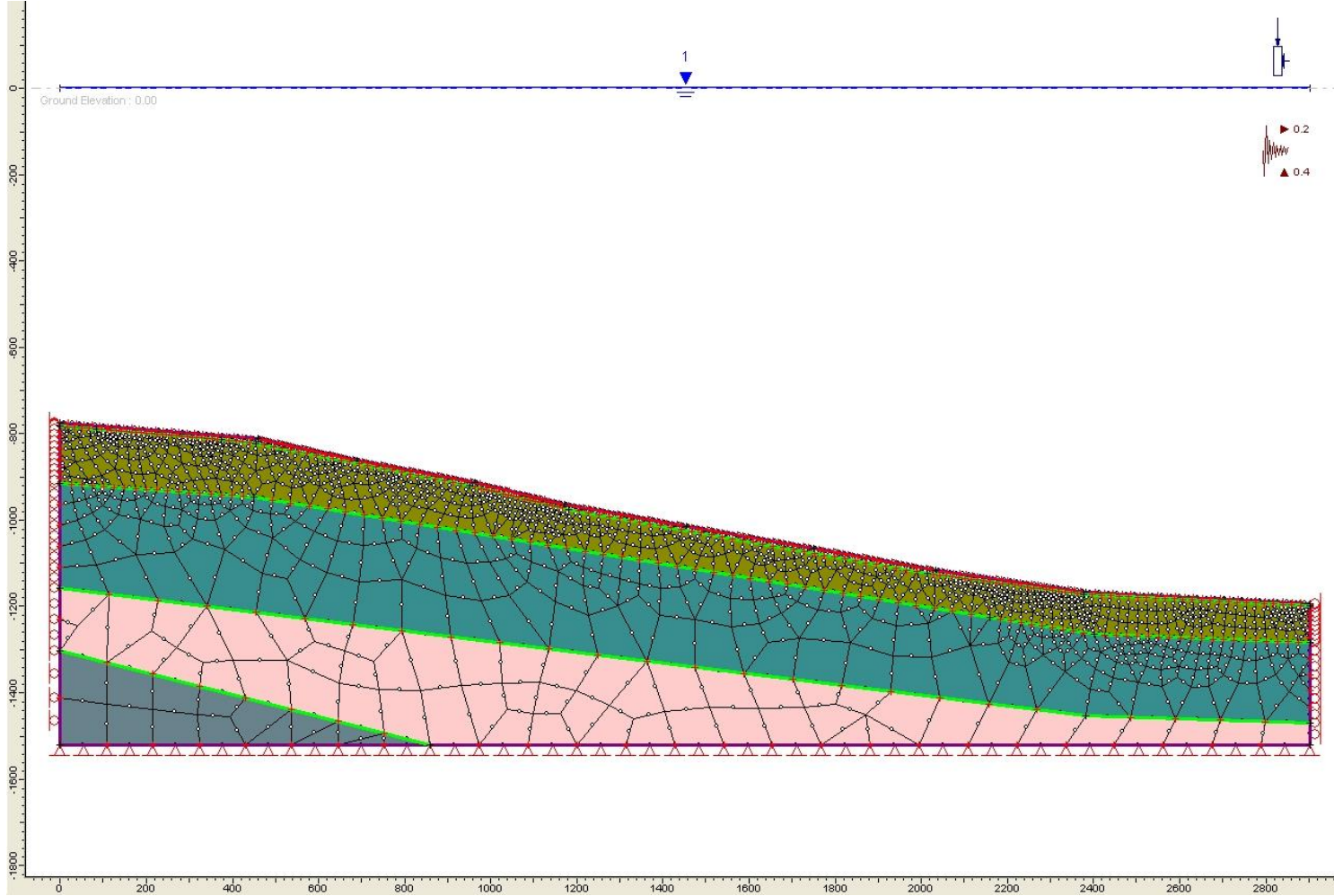
Şekil 4.4.. 2 no'lu kayma düzlemi



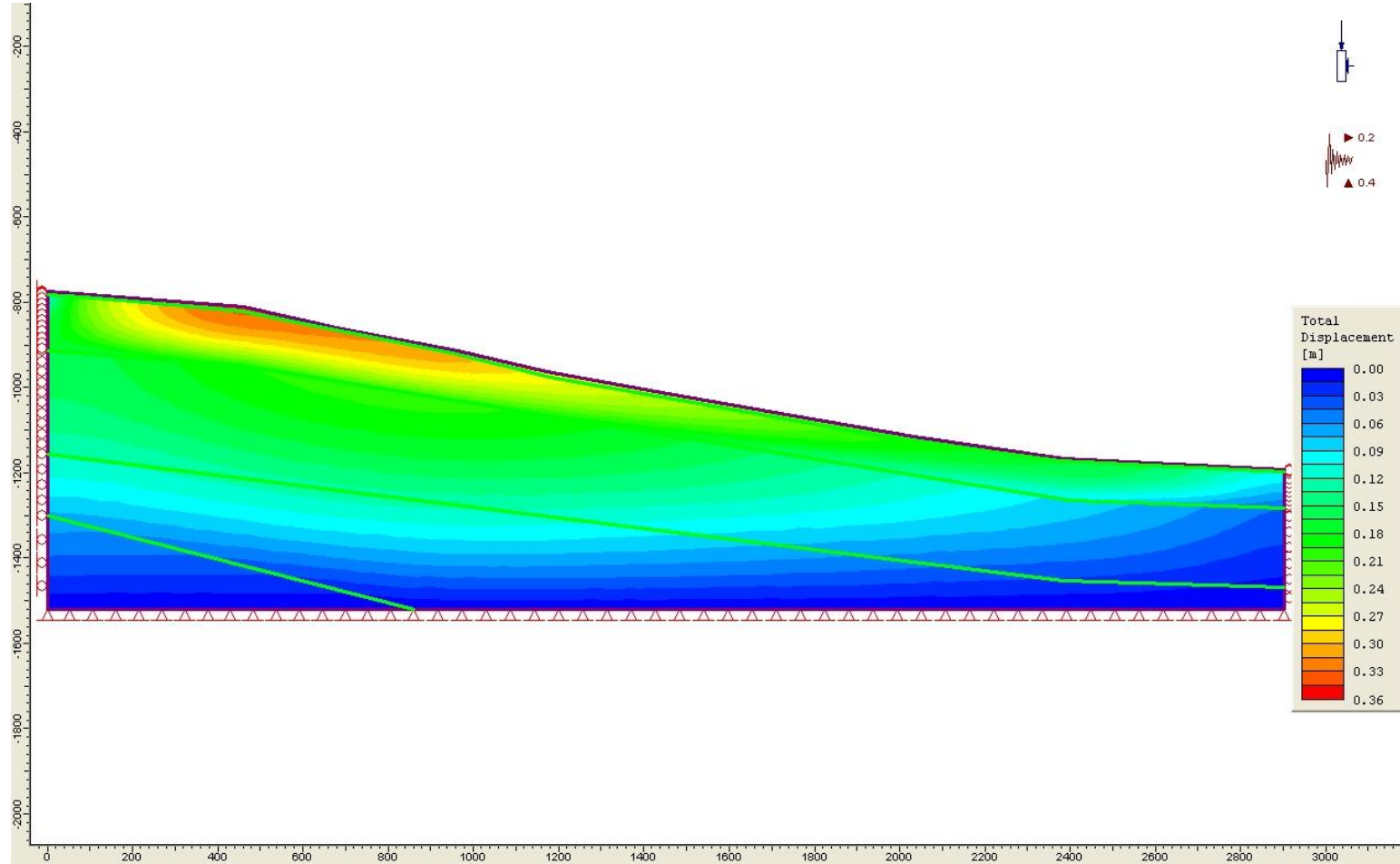
Şekil 4.5.. 1 no'lu kayma düzlemi için oluşturulan model.



Şekil 4.6. Deprem yükü verildikten sonraki yer değıştirme miktarları. (1 no'lu kayma düzlemi)



Şekil 4.7. 2 no'lu kayma düzlemi için oluşturulan model.



Şekil 4.8. Deprem yükü verildikten sonraki yer değıştirme miktarları. (2 no'lu kayma düzlemi)

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanı olan arasındaki Marmara Denzinin kuzeyinde, Büyük çekmece Marmara ereğlisi kıyı boyunca karadan 8 adet sondaj ve denizden 4 adet gravite karotu alınmıştır. Bölgede özel sektörece daha önce yapılan araştırma sondajlarında ayrıca incelenmiştir. Kıyı arazimizi temsil eden sırasıyla Gürpınar formasyonu, Kuşdili formasyonu, Marmara formasyonu olarak adlandırılan birimlerin; yerinde ve laboratuvarında yapılan deneyler sonucunda geoteknik değerlendirmeler için esas alınabilecek ortalama parametreleri belirlenmiştir.

Bunagöre;

Marmara Formasyonu Oligosen yaşlı Gürpınar Formasyonu üzerine açışal uyumsuz olarak gelir ve istif tabanda blok, çakıl ve kumlarla başlar. Bunların üzerinde, pelecypod fosilleri içeren kumtaşı; karbonat çimentolu, mollusk (pelecypod, gastropod) kavkı parçalı kumtaşı ve iyi tutturulmamış, bol Ostrea sp.'li kumtaşı düzeyleri yanal geçişli olarak yer alır. İstifin en üstünde ise kavkı parçaları içeren gevşek kumlar bulunur. Formasyonun zemin mühendisliği yönünden zayıf, tümüyle ayrıışmış ve taşıma gücünün düşük olduğu anlaşılmıştır.

Kuşdili Formasyonu, Marmara formasyonu üzerine uyumsuz olarak çökelen formasyon açık kahve renkli gevşek killi kum , bol fosilli koyu kahve renkli kumlu kil ve siyahımsı gri renkli çamur, daha üstte sarımsı kahve renkli, gevşek kumlu kil ve koyu kahve renkli, çakıllı kil düzeyleri ile temsil edilir. Zemin mühendisliği yönünden çok zayıf orta derecede ayrıışmış çamurlu seviyelerin taşıma gücü açısından çok zayıf bataklık özelliğinde olduğu belirlenmiştir.

Araştırma sondajlarına göre kıltaşı kumtaşı ardalınması Gürpınar formasyonu olarak adlandırılmıştır. Kumtaşı ve kıltaşı karotları üzerinde yapılan SPT, Pressiometre tek eksenli basınç dayanımı, dolaylı çekme dayanımı değerlerine göre; orta derecede çatlaklı , yumuşak orta sert kaya niteliğinde olduğu; zemin mühendisliği yönünden

sağlam ve taşıma gücünün yüksek olduğu anlaşılmıştır. Elastisite modülü ve tek eksenli basınç dayanımının çok yüksek olduğu seviyeler iyi çimentolanmış mercek şeklindeki zonlara karşılık gelmektedir. Göle ve denize doğru ilerleyen delta çökellerinden oluşan formasyonda yer yer görülen kamalanma ve merceklenmeler gösteren kesimler daltalara gereç getiren kanalların kanal çökellerini temsil eder.

Karadan alınan sondajlarda Kuşdili, Marmara ve Gürpınar formasyonları kesilmiştir. Proje kapsamında yapılan C14 analizleriyle numunelere yaş tayini yapılmıştır. Buna göre SK-3 GÖ 6135 yıl, SK-4 GÖ 5074 yıl ve GÖ 12000 yıl, SK-7 GÖ 4250 yıl, SK- 5 GÖ 945 yıl olarak tayin edilmiştir.

Analizlere göre de Kuşdili formasyonunun yaşı Holosen olarak tayin edilmiştir. (MERİÇ ve diğ., 1991) Marmara formasyonu Pleyistosen (UMUT ve diğ 1983) Üst pleyistosen (SAKINÇ ve YALTIRAK, 1995) Gürpınar formasyonu yaşı ise fosil içeriği ve linyitlerden elde edilen spor ve polenlere göre M.T.A tarafından Oligosen olarak değerlendirilmiştir.

Çalışma alanımızda birimlerin mühendislik özelliklerinin genç birimlerde daha zayıf olduğu tesbit edilmiştir. Kıyı boyunca Gürpınar formasyonu (Oligosen) mostra verdiği yerlerde yeraltısuyu tablası deniz seviyesinin altında olduğundan; Örselenmediği takdirde kil birimi dik şevlerde bile duraylıdır.

Denizden alınan karotlarda yapılan penetrometre dayanımı ve veyn kesme direnci değerleri su içeriği nedeniyle çok düşük çıkmıştır. Karotlarda derinliğin artmasıyla birlikte su içeriği ve boşluk hacmi azalmış, serbest basınç direnci ve kesme dayanımı artmıştır. Şelf te alınan 7 nolu sondajda 0,5 metre kıyı yamacında alınan 4 no lu sondajda 2,5 metre ve 5 nolu sondajda 3 metre nin üzerindeki çökellerin hareketli olduğu belirlenmiştir.

Likit limit ve plastisite indeksi değerleriyle plastisite kartı hazırlanmış ve numuneleinin çoğunluğunun likit limiti yüksek organik kil sınıfına girdiği görülmüştür.

Yapılan geri analizde çökel tabakalar için değişik parametreler girilmiştir. Parametreler bulunurken bölgenin duraylı olduğu göz önünde bulundurulmuştur. Deprem yükü verildikten sonra bölgenin duraysız hale geldiği, kesitin ilk 50 – 75 metrelik kısımlarında kayma meydana geldiği, uzun düzlemler boyunca kayma meydana gelebileceği gözlenmiştir. Bu analizde kullanılan değerlerin parametre

etüdü sonucunda ortaya çıktığı göz önünde bulundurulmalıdır. Analizlerin hassaslığı deniz tabanından alınan numunenin derinliğine bağlıdır. Bölgede daha derinden numune alınabilmesi için gerekli aletlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- AKTAR, M. et al.**, 2004. Spatial variation of aftershock activity across the rupture zone of the 17 August 1999 Izmit earthquake, Turkey, *Tectonophysics*, 391, 325– 334.
- ALP, S.**, 2001. Silivri – Gümüşyaka arası gürpınar formasyonunun porozite ve permeabilitesinin incelenmesi, *Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- AMBRASEYS, N. N. and JACKSON J. A.**, 2000. Seismicity of the Sea of Marmara (Turkey) since 1500, *Geophysical Journal Int.*, 141, F1 – F6
- BOWLES, J.E.**, 1992. Engineering properties of soils and their measurement, McGraw – Hill, Singapore
- ÇOPUROĞLU, M.**, 1997. İstanbul – Silivri – Kavaklı havzası ve dolayının hidrojeolojik incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- DARCAN, D.**, 2001. Silivri – Selimpaşa arası gürpınar formasyonunun porozite ve permeabilitesinin incelenmesi, *Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- DÜŞÜNÜR, D.**, 2003. Orta Marmara Havzası'nın aktif tektonik yapısının deniz jeofiziği akustik yöntemlerle araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ERGİN, M. et al.**, 1999. Grain size and clay mineralogy of Late Quaternary sediments on a tectonically active shelf, the southern Sea of Marmara: clues to hydrographic, tectonic and climatic evolution, *Geological Journal*, 34, 199-210
- KUMBASAR, V. ve Kip, F.**, 1999. Zemin Mekaniği Problemleri, Çağlayan Basımevi, İstanbul.
- Le PICHON, X. et al.**, 2001. The active Main Marmara Fault, *Earth and Planetary Science Letters*, 192, 595-616.
- Le PICHON, X. et al.**, 2001. The North Anatolian Fault within the Sea of Marmara: a new interpretation based on multi-channel seismic and multi-beam bathymetry data, *Earth and Planetary Science Letters*, 186, 143-158

- GURBUZ, C. et al.,** 2000. The seismotectonics of the Marmara region (Turkey): results from a microseismic experiment, *Tectonophysics*, 316, 1–17
- OKAY, A. et al.,** 2000. Active faults and evolving strike-slip basins in the Marmara Sea, northwest Turkey: a multichannel seismic reflection study, *Tectonophysics*, 321, 189–218
- OKTAY, F.Y et al.,** 2002. The effects of the North Anatolian Fault Zone on the latest connection between Black Sea and Sea of Marmara, *Marine Geology*, 190, 367-382.
- ÖZAYDIN, K.,** 1989. Zemin Mekaniği, Meya Matbaacılık, İstanbul
- VARDAR, M. ve diğ. 2005.** Büyükçekmece – Marmara Ereğlisi Arası Kıyı ve Deniz Alanının Jeomorfolojisi ve Çökellerinin Jeomekanik Özellikleri, TUBİTAK Proje Raporu, İstanbul, Türkiye.
- YILMAZ, B.,** 1996. Marmara Denizi'nde, Büyükçekmece (İstanbul)-Marmara Ereğlisi (Tekirdağ) kıyı kesiminin deniz jeolojisi ve kuvaterner evrimi, *Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- YÜZER, E. ve VARDAR, M.,** 1986. Kaya Mekaniği, İ.T.Ü. Ofset, İstanbul
- TS-1900, 1980.** İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS-2028, 1975.** Kayaçların Tek Eksenli Basma Dayanımlarının Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS-2030, 1975.** Kayaçların Elastisite Modülünün Ve Poisson Oranının Tek Eksenli Basma Deneyi İle Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi,** <http://koeri.boun.edu.tr>
- Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü,** <http://www.meteor.gov.tr>

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek lisans tez çalışmasını hazırlayan Can TERZİOĞLU 13.03.1979 tarihinde İstanbul'da dünyaya geldi. 3 çocuklu ailenin en büyük çocuğu olan Can 1984 – 1989 yılları arasında Lütfi Banat İlkokulu'na gitti. İlkokuldan mezun olduktan sonra özel okul sınavları sonucunda orta okul ve lise için İSTEK Vakfı Tarabya Kemal Atatürk Lisesi'ne yerleştirildi. 1996 yılında liseden mezun oldu ve üniversite sınavları sonucunda 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne girdi. 2002 yılında bölümden mezun olduktan sonra aynı yıl içerisinde İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Uygulamalı Jeoloji Programı'nda yüksek lisans eğitime başladı. Lisans stajlarını İstanbul Metrosu Şişhane – Yenikapı Kısım ve Akdağlar Madencilik A.Ş.'de yaptı. Lisans tez danışmanı Prof. Dr. Mahir VARDAR ile birlikte “TCK Karadeniz Sahil Yolu Projesi İyidere – Çayeli Kesimi KM:111+724 – 112+590 Sarayköy Tüneli'nin Giriş Ağzı ve Dolayının Mühendislik Jeolojisinin Araştırılması” konulu lisans tezini hazırladı. Yüksek lisans eğitimiyle birlikte “Büyükçekmece – Tekirdağ Arası Kıyı ve Deniz Çökellerinin Jeomekanik Özellikleri” konulu TÜBİTAK projelerinde çalıştı. Can TERZİOĞLU çok iyi derecede İngilizce bilmekte, çok iyi derecede bilgisayar kullanabilmekte ve şu an profesyonel bir bar grubunda bas gitar çalmaktadır.