



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

*TRABZON İLİ, ORTAHİSAR İLÇESİ ZEMİNLERİNİN SPT, CPT ve JEOFİZİK
ÇALIŞMALARI VERİLERİNE DAYALI SIVILAŞMA ANALİZİ*

Fatma Büşra KARAZEYBEK

DANIŞMAN
Prof. Dr. Süleyman DALĞIÇ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği, Tezli Yüksek Lisans Programı

Ocak, 2025

TEZ KABUL VE ONAYI

Fatma Büşra KARAZEYBEK tarafından, **Prof. Dr. Süleyman DALĞIÇ** danışmanlığında hazırlanan "**Trabzon İli, Ortahisar İlçesi Zeminlerinin SPT, CPT ve Jeofizik Çalışmaları Verilerine Dayalı Sıvılaşma Analizi**" başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından **30/01/2025** tarihinde yapılan sınav sonucunda **oy birliği** ile başarılı bulunarak **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

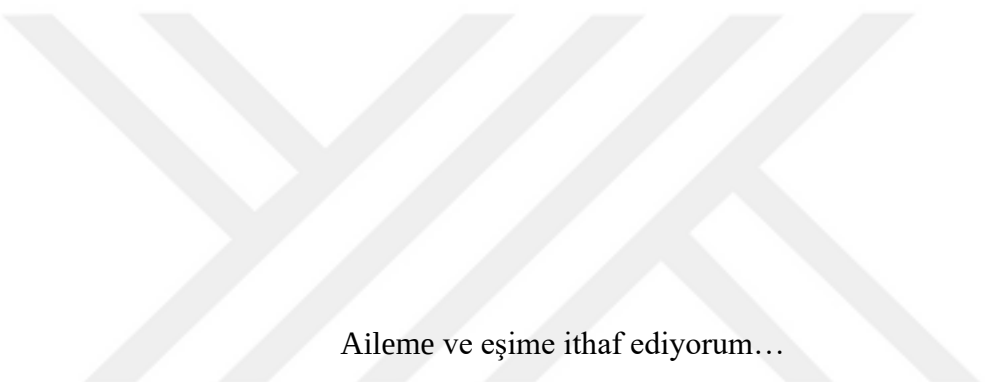
Tez Jürisi

	İmza	Sonuç
DANIŞMAN	Prof. Dr. Süleyman DALĞIÇ	☒
	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	Kabul
	Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı	☐ Ret
ÜYE	Doç. Dr. Murat YILMAZ	☒
	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	Kabul
	Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı	☐ Ret
ÜYE	Dr. Öğr. Üyesi Erkan BOZKURTOĞLU	☒
	İstanbul Teknik Üniversitesi	Kabul
	Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı	☐ Ret

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve bilimsel etik kuralları içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını ve her türlü hukuki sorumluluğu aldığımı kabul ederim.

Fatma Büşra KARAZEYBEK



Aileme ve eşime ithaf ediyorum...

BÜTÇE DESTEKLERİ

TRABZON İLİ, ORTAHİSAR İLÇESİ ZEMİNLERİNİN SPT, CPT ve JEOFİZİK ÇALIŞMALARI VERİLERİNE DAYALI SIVILAŞMA ANALİZİ

Bu tez çalışması için herhangi bir kurumdan bütçe desteği alınmamıştır.



TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum bu çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı bünyesinde hazırlanmıştır. Tez çalışmamda destek ve yardımını benden esirgemeyen, aktardığı bilgi ve deneyimleriyle çalışmama katkıda bulunan tez danışmanım Prof. Dr. Süleyman DALĞIÇ'a, aynı zamanda analiz esnasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Dr. İbrahim KUŞKU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez verilerimin toplanması aşamasında bana destek olan şu an da bünyesinde çalışmakta olduğum Denar Deniz Araştırmaları A.Ş.'ye ve tecrübelerini, bilgi birikimini benimle her zaman paylaşan başta Jeoloji Yüksek Mühendisi Merve İzel ERGİN olmak üzere emeği geçen tüm ekip arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Bu mesleği seçmemde pay sahibi olan ve meslek hayatım boyunca her kafa karışıklığında kolayca ulaştığım ağabeyim İnşaat Yüksek Mühendisi Mustafa KÖROĞLU'na ve tüm hayatım boyunca yanımda olan, çalışmalarımı destekleyen, anlayışları ve sonsuz destekleri için sevgili anneme, babama ve ablama teşekkür ederim.

Tüm bu süreç boyunca bana moral ve güç kaynağı olup destek veren, bütün başarılarımda ve başarısızlıklarımda yanımda bulduğum ilk kişi olan sevgili eşim Furkan KARAZEYBEK'e teşekkür ederim.

Ocak 2025

Fatma Büşra KARAZEYBEK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ KABUL VE ONAYI.....	ii
BEYAN	iii
BÜTÇE DESTEKLERİ	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ.....	xii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xiv
ÖZET	xviii
ABSTRACT	xx
1. GİRİŞ.....	1
1.1. İNCELEMENİN AMACI ve KAPSAMI	2
1.2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI.....	2
1.2.1. İnceleme Alanının Konumu	2
1.2.2. Jeomorfoloji	5
1.2.3. İklim	6
1.2.4. Bitki Örtüsü.....	8
1.2.5. Hidrojeoloji	8
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	9
3. YÖNTEM	11
3.1. SIVILAŞMA.....	11
3.1.1. Sıvılaşmaya Etki Eden Faktörler.....	11
3.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	15
3.3. MALZEME VE ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ	24
4. BULGULAR	25
4.1. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ	25
4.1.1. Stratigrafi.....	25
4.2. YAPISAL JEOLJİ	31

4.3. DEPREMSELLİK	32
4.3.1. Deprem Durumu.....	32
4.4. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ	35
4.4.1. Temel Sondaj Çalışmaları	35
4.4.2. Standart Penetrasyon Testi	51
4.4.3. Konik Penetrasyon Testi	52
4.4.4. Sismik Kırılma - MASW.....	70
4.4.5. Laboratuvar Deneyleri.....	76
4.5. SIVILAŞMA ANALİZİ	76
4.5.1. SPT Verilerine Göre Sıvılaşma Analizi	81
4.5.2. CPT Verilerine Göre Sıvılaşma Analizi.....	98
4.5.3. Jeofizik Çalışmalarına Göre Sıvılaşma Analizi	113
4.5.4. Sıvılaşma Analizi Kesitleri.....	117
5. TARTIŞMA.....	131
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	133
KAYNAKLAR.....	139
EKLER	148
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI	222
ÖZGEÇMİŞ	223

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: İnceleme alanı yer bulduru haritası (Google Earth).....	3
Şekil 1.2: Çalışma alanında yapılan deniz-kara sondajları, CPT ve jeofizik çalışmaların uydu fotoğrafı üzerindeki yerleri (Google Earth).....	4
Şekil 1.3: Çalışma alanı jeomorfoloji haritası (Erol, 1991).....	6
Şekil 3.1: Deprem magnitudüne bağlı olarak sıvılaştırmanın görüldüğü en uzak mesafe (Yould ve Perkins, 1978).	14
Şekil 4.1: Çalışma alanı genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti.	27
Şekil 4.2: Çalışma alanının içinde yer aldığı bölgenin genel jeoloji haritası (MTA, 2008 ve Yücel, 2013'den düzenlenerek çizilmiştir).....	28
Şekil 4.3: Çalışma alanı genel jeoloji enine kesitleri.....	30
Şekil 4.4: Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Ana Tektonik-Litolojik Birliktelikleri (Eyüboğlu vd., 2007).	31
Şekil 4.5: 1924'den günümüze inceleme alanı ve çevresi deprem aktivitesi ($M \geq 4.0$).....	33
Şekil 4.6: Deniz sondajı çalışmalarına ait arazi görünümü.	35
Şekil 4.7: Kara sondajı çalışmalarına ait arazi görünümü.	36
Şekil 4.8: Çalışma alanında yapılan sondajlarının uydu fotoğrafı üzerindeki yerleri (Google Earth).	38
Şekil 4.9: Çalışma alanı enkesit hattı.....	42
Şekil 4.10: Çalışma alanı A-A' jeolojik enkesiti.	43
Şekil 4.11: Çalışma alanı B-B' jeolojik enkesiti.	44
Şekil 4.12: Çalışma alanı C-C' jeolojik enkesiti.	45
Şekil 4.13: Çalışma alanı D-D' jeolojik enkesiti.	46
Şekil 4.14: Çalışma alanı E-E' jeolojik enkesiti.....	47
Şekil 4.15: Çalışma alanı F-F' jeolojik enkesiti.	48

Şekil 4.16: Çalışma alanı G-G' jeolojik enkesiti.	49
Şekil 4.17: Çalışma alanı H-H' jeolojik enkesiti.	50
Şekil 4.18: CPT deney düzeneği (Pekkan ve diğ., 2018).	52
Şekil 4.19: Çalışma alanında CPT ölçümlerinin uydu fotoğrafı üzerindeki yerleri (Google Earth).	54
Şekil 4.20: Begemann (1965) tarafından önerilen sınıflandırma kartı.	57
Şekil 4.21: CPT zemin sınıflaması (Robertson 1990).	57
Şekil 4.22: CPT-1 analiz sonuçları.	58
Şekil 4.23: CPT-2 analiz sonuçları.	59
Şekil 4.24: CPT-3 analiz sonuçları.	60
Şekil 4.25: CPT-4 analiz sonuçları.	61
Şekil 4.26: CPT-5 analiz sonuçları.	62
Şekil 4.27: CPT-6 analiz sonuçları.	63
Şekil 4.28: CPT-7 analiz sonuçları.	64
Şekil 4.29: CPT-8 analiz sonuçları.	65
Şekil 4.30: CPT-9 analiz sonuçları.	66
Şekil 4.31: CPT-10 analiz sonuçları.	67
Şekil 4.32: CPT-1, CPT-2, CPT-3, CPT-4 ve CPT-5 normalleştirilmiş zemin davranış tipleri.	68
Şekil 4.33: CPT-6, CPT-7, CPT-8, CPT-9 ve CPT-10 normalleştirilmiş zemin davranış tipleri.	69
Şekil 4.34: Masw-Kırılma ölçümüne ait arazi fotoğrafı.	70
Şekil 4.35: Çalışma alanında yapılan jeofizik çalışmalarının uydu fotoğrafı üzerindeki yerler (Google Earth).	71
Şekil 4.36: Sismik Kırılma 1, 2, 3 ve 4'e ait zemin kesitleri.	74
Şekil 4.37: Sismik Kırılma 5, 6, 7 ve 8'e ait zemin kesitleri.	75
Şekil 4.38: İnce daneli zeminlerin sıvılaşma/yumuşama performansı değerlendirmesi (Seed ve diğ., 2003).	83
Şekil 4.39: Çalışma alanı için derinlik ile F_L ve $N_{1,60f}$ değerlerinin değişimi.	89

Şekil 4.40: Çalışma alanı için F_L ve IDI değerlerinin değişimi.	90
Şekil 4.41: Düz veya hafif eğimli zeminler için derinliğe bağlı gerilme azalım faktörü (r_d).	101
Şekil 4.42: CPT zemin sınıflandırma abağı (Robertson, 1990).....	103
Şekil 4.43: Çalışma alanı için derinlik ile F_L ve $(q_{c1N})_{cs}$ değerlerinin değişimi.	106
Şekil 4.44: Çalışma alanı için derinlik ile F_L ve V_{s1} değerlerinin değişimi.....	116
Şekil 4.45: Çalışma alanı SPT ve CPT kuyuları 3 boyutlu görünümü.	120
Şekil 4.46: Çalışma alanı A-A' sınıvlaşma analiz kesiti.	121
Şekil 4.47: Çalışma alanı B-B' sınıvlaşma analiz kesiti.....	122
Şekil 4.48: Çalışma alanı C-C' sınıvlaşma analiz kesiti.....	123
Şekil 4.49: Çalışma alanı D-D' sınıvlaşma analiz kesiti.	124
Şekil 4.50: Çalışma alanı E-E' sınıvlaşma analiz kesiti.	125
Şekil 4.51: Çalışma alanı F-F' sınıvlaşma analiz kesiti.....	126
Şekil 4.52: Çalışma alanı G-G' sınıvlaşma analiz kesiti.	127
Şekil 4.53: Çalışma alanı H-H' sınıvlaşma analiz kesiti.	128
Şekil 4.54: Çalışma alanı sınıvlaşma haritası.	130

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1: Yeraltı suyu ölçüm tablosu.	9
Tablo 3.1: Rölatif sıklığa göre zeminlerin sınıflandırılması (Seed ve Idriss, 1971).	12
Tablo 3.2: Sıvılaşma olasılığı (PL) ve sınıfları (Chen ve diğ., 2000).	19
Tablo 4.1: 100 km. yarıçap içerisindeki meydana gelmiş $M \geq 4,0$ büyüklüğündeki depremler.	32
Tablo 4.2: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.	34
Tablo 4.3: 1 sn. periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı.	34
Tablo 4.4: Deniz ve kara sondajları koordinat ve derinlikleri.	36
Tablo 4.5: Çalışma alanı deniz sondajlarının idealize litolojisi.	39
Tablo 4.6: Çalışma alanı kara sondajlarının idealize litolojisi.	41
Tablo 4.7: CPT avantaj ve dezavantajları (Alam ve diğ., 2018).	53
Tablo 4.8: CPT ölçümü derinlik ve boy bilgileri.	53
Tablo 4.9: Sismik ölçümlere ait genel bilgiler.	72
Tablo 4.10: Sismik ölçümlere ait değerlendirme sonuçları.	73
Tablo 4.11: Laboratuvar deneyleri ve adetleri.	76
Tablo 4.12: Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan arazi deneylerinin avantaj ve dezavantajları (Mollomahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).	77
Tablo 4.13: Deprem tasarım sınıfları (DTS).	77
Tablo 4.14: Sıvılaşma şiddeti indeksi (L_s) sınıflaması (Sönmez ve Gökçeoğlu, 2005).	80
Tablo 4.15: SPT düzeltme katsayıları (TBDY 2018).	85
Tablo 4.16: İnce tane içeriğine göre düzeltilmiş SPT vuruş sayısı ($N_{1,60f}$) (TBDY, 2018).	86
Tablo 4.17: Gerilme azaltma katsayısı (r_d) (TBDY, 2018).	87

Tablo 4.18: SK-1, SK-2, SK-3, SK-4, SK-5 ve SK-6 deniz sondaj kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.	92
Tablo 4.19: SK-7, SK-9, SK-10, SK-13, SK-15 ve SK-16 deniz sondaj kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.	94
Tablo 4.20: SK-17, SK-18, SK-19, SK-20, SK-21 ve SK-22 deniz sondaj kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.	95
Tablo 4.21: SK-25, SK-26, SK-27, SK-28 ve SK-30 deniz sondaj kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.	96
Tablo 4.22: SK-11, SK-12, SK-23, SK-24 ve SK-29 kara sondaj kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.	97
Tablo 4.23: CPT'ye göre sıvılaşma riski olan derinlikler.	105
Tablo 4.24: CPT analizine dayalı sıvılaşma potansiyeli değerlendirme tablosu.	107
Tablo 4.25: CPT-1, CPT -2, CPT -3, CPT -4 ve CPT -5 kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.	109
Tablo 4.26: CPT-6, CPT -7, CPT -8, CPT -9 ve CPT -10 kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.	111
Tablo 4.27: Farklı araştırmacılar tarafından önerilen büyüklük düzeltme faktörleri.	115

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
σ'_{vo}	: Düşey efektif gerilme
σ_{vo}	: Toplam düşey gerilme
a_{max}	: Maksimum yatay yer ivmesi
B_q	: Normalleştirilmiş boşluk suyu basıncı
C_B	: Sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı
C_E	: Enerji oranı düzeltme katsayısı
C_M	: Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısı
C_N	: Derinlik düzeltme katsayısı
C_Q	: Örtü basıncını dikkate almak için düzeltme faktörü
C_R	: Tij boyu düzeltme katsayısı
C_S	: Numune alıcı tipi düzeltme katsayısı
D_r	: Rölatif sıkılık
F_1	: 1.0 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_L	: Güvenlik katsayısı
f_s	: CPT sürtünme direnci
F_s	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
I_c	: Zemin davranış tipi indisi
K_c	: Düzeltme faktörü
L_s	: Sıvılaşma şiddeti indeksi
M	: Magnitüt
M_w	: Moment magnitudü
N_{30}	: SPT- N değeri
$N_{1,60}$	: Düzeltilmiş SPT vuruş sayısı
$N_{1,60f}$	: İnce dane içeriğine göre düzeltilmiş SPT vuruş sayısı
P_a	: 1 atm basınç
$P_L(z)$	: Sıvılaşma olasılığı
q_c	: Koni uç direnci
q_{c1N}	: Düzeltilmiş CPT uç direnci

$(q_{c1N})_{cs}$	: Temiz kum eşdeğeri CPT penetrasyon direnci
q_t	: Düzeltilmiş koni uç direnci
Q_t	: Normalleştirilmiş koni uç direnci
r_d	: Derinlik azaltma faktörü
R_f	: Sürtünme oranı
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
SD_1	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
T_A, T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_{AD}, T_{BD}	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_L	: Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu
T_{LD}	: Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu
u_0	: Boşluk suyu basıncı
V_s	: Kayma dalga hızı
$(V_s)_{30}$	: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı
V_{s1}	: Düzeltilmiş kayma dalga hızı
V_{s1}^*	: Sıvılaşma olduğu üst limit kayma dalgası hızı
$W(z)$	: Derinlikle değişen sıvılaşma potansiyeli azaltma faktörü
W_n	: Doğal su muhtevası
z_w	: Deniz suyu derinliği
γ	: Zeminin birim hacim ağırlığı
γ_d, γ_{sat}	: Zeminin suya doymun birim hacim ağırlığı
γ_n	: Doğal birim hacim ağırlık
γ_w	: Suyun birim hacim ağırlığı
τ_{deprem}	: Zeminde depremden oluşan ortalama tekrarlı kayma gerilmesi
τ_{max}	: Maksimum kayma gerilmesi
τ_R	: Sıvılaşma direnci

Kısaltmalar	Açıklama
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BDD	: Büyüklük Düzeltme Değeri
CH	: Yüksek plastisiteli inorganik kil
CL	: İnorganik kil, siltli kil, düşük plastisiteli kumlu kil
CPeT-IT	: Cone Penetration Test with an Electrical Test for Identification (Elektriksel Test ile Penetrasyon Koni Testi)
CPT	: Konik Penetrasyon Testi
CPTu	: Cone Penetration Test with Pore Pressure Measurement (Por Basıncı Ölçümü ile Koni Penetrasyon Testi)
CRR	: Çevrimsel Direnç Oranı
CSR	: Çevrimsel Gerilme Oranı
DAF	: Doğu Anadolu Fayı
DD – 2	: 50 yılda aşılma olasılığı % 10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
GM	: Siltli çakıl ve siltli kumlu çakıl
GW	: İyi derecelenmiş çakıl-kum karışımı
IDI	: İnce dane içeriği
ITRF96	: International Terrestrial Reference Frame 1996 (Uluslararası Karasal Referans Çerçevesi 1996)
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
LL	: Likit limit
MASW	: Multi-Channel Analysis of Surface Waves (Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi)
MH	: Yüksek plastisiteli inorganik silt
ML	: İnorganik silt, siltli veya killi ince kum, az plastik
NCEER	: National Center for Earthquake Engineering Research (Ulusal Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi)
PGA	: En büyük yer ivmesi
PGV	: En büyük yer hızı
PI	: Plastisite indisi
R	: Refü
SBT	: Zemin davranış tipi
SBTn	: Normalleştirilmiş zemin davranış tipi
SK	: Sondaj kuyusu
SM	: Siltli kum

SPT	: Standart Penetrasyon Testi
SW	: İyi derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince taneli az veya yok
TBDY	: Türk Bina Deprem Yönetmeliği
TS	: Türk Standardı
USCS	: Unified Soil Classification System (Birleşik Zemin Sınıflandırma Sistemi)
YASS	: Yeraltı su seviyesi
ZD	: Yerel zemin sınıfı



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TRABZON İLİ, ORTAHİSAR İLÇESİ ZEMİNLERİNİN SPT, CPT ve JEOFİZİK ÇALIŞMALARI VERİLERİNE DAYALI SIVILAŞMA ANALİZİ

Fatma Büşra KARAZEYBEK

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği, Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman: Prof. Dr. Süleyman DALĞIÇ

Sıvılaşma, suya doymun ince taneli kumlu ve siltli zeminlerin, deprem titreşimleri sırasında boşluk suyu basıncı değerinin artması ile efektif gerilmenin sıfır olması sonucu, zeminin sıvı gibi davranması olarak tanımlanmaktadır. Yerleşim alanlarında meydana gelen sıvılaşma, zemin yapısında farklı türlerde deformasyonlara neden olabilmekte ve önemli derecede hasarlara yol açabilmektedir. Özellikle büyük depremlerde ortaya çıkan hasarlarda sıvılaşma etkisi büyüktür. Gevşek kumlu, siltli zeminlerde, sığ yeraltı suyunun bulunduğu ya da deniz tabanının altındaki zeminlerde deprem etkisiyle meydana gelmektedir.

Trabzon ili, Ortahisar ilçesinde yer alan çalışma alanının büyük bir bölümü deniz içerisinde yer almaktadır. Denizde yapılan SPT ve CPT deneyleri doğrultusunda çalışma alanının jeolojisi ağırlıklı olarak siltli kum, siltli çakıllı kum birimlerinden, karada yapılan SPT ve jeofizik çalışmalar doğrultusunda da kumlu ve çakıllı birimlerden oluştuğu tespit edilmiştir. Çalışma alanı, olası bir deprem senaryosunda, konumundan ve sahip olduğu jeolojiden dolayı sıvılaşma

riski ile karşı karşıya kalabilir. Bu tez kapsamında, farklı yöntemlerden elde edilen veriler kullanılarak çalışma alanının sıvılaşma durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma alanında daha kullanışlı, hızlı ve ekonomik olmasından dolayı en fazla SPT deneyi yapılmış ve laboratuvar deneyleriyle de zeminin fiziksel özellikleri hakkında bilgi edinilmiştir. Zeminde daha sık aralıklarla ve daha hassas ölçüm yapabilmek için CPT deneyinden de yararlanılmıştır. Denizin açıklarından kıyı çizgisine doğru gidildikçe zeminde çakıllı birimler artmakta ve sonrasında da andezit/bazalt kaya birimi ile karşılaşmaktadır. Kayanın gözlendiği bu alanlarda diğer deneyleri uygulamak güç olacağı için bu alanda her zemin tipinde kullanıma uygun olan Sismik Kırılma – MASW çalışmalarıyla ilerlenmiştir.

Tez kapsamında arazinin sıvılaşma durumunu belirlemek için 30 sondaj kuyusunda SPT deneyi, 10 adet CPT deneyi ve 8 hat üzerinde Sismik Kırılma-MASW çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin birbirine göre avantaj ve dezavantajlarını ortaya koyarak, bu yöntemlerin uygulama alanlarına yönelik rehberlik edici bir kaynak olması temenni edilmiştir. |

Ocak 2025 , 244 sayfa.

Anahtar kelimeler: |Sıvılaşma, Deprem, Standart Penetrasyon Testi (SPT), Konik Penetrasyon Testi(CPT) , Kayma Dalga Hızı (Vs) |

ABSTRACT

[M.Sc. THESIS]

***[LIQUEFACTION ANALYSIS OF SOILS IN ORTAHISAR DISTRICT, TRABZON
PROVINCE, BASED ON SPT, CPT, AND GEOPHYSICAL STUDY DATA]***

[Fatma Büşra KARAZEYBEK]

İstanbul University-Cerrahpaşa

Institute of Graduate Studies

Department of Geological Engineering

Geological Engineering, Master's Program with Thesis

[Supervisor : Prof. Dr. Süleyman DALĞIÇ]

Liquefaction is defined as the phenomenon where fine-grained sandy and silty soils, saturated with water, behave like a liquid during earthquake vibrations due to the increase in pore water pressure and the reduction of effective stress to zero. Liquefaction in residential areas can cause various types of deformations in the ground structure and lead to significant damage. The effect of liquefaction is particularly severe in the damage caused by large earthquakes. It occurs in loose sandy and silty soils, where shallow groundwater or soils beneath the sea bed are present, and is induced by the effects of an earthquake.

A large part of the study area in the Ortahisar district of Trabzon is located in the sea. Based on SPT and CPT tests conducted in the sea, the geology of the study area consists mainly of silty sand, silty gravelly sand units. Based on SPT and geophysical studies carried out on land, it has been determined that the area is composed of sandy and gravelly units. Due to its location and geology, the study area may face liquefaction risk in the event of an earthquake. This thesis aims to determine the liquefaction potential of the study area using data obtained from various methods.

The SPT test has been conducted most frequently in the study area due to its practicality, speed, and cost-effectiveness, and laboratory tests have also provided information about the physical properties of the soil. To make more frequent and precise measurements in the soil, the CPT test has also been utilized. As one moves from the open sea towards the coastline,

gravelly units increase, and eventually, andesite/basalt bedrock is encountered. In areas where bedrock is observed, it would be difficult to apply other tests, so seismic refraction – MASW studies, which are suitable for use in all soil types, were conducted in these areas.

In this thesis, to determine the liquefaction potential of the land, 30 boreholes were drilled for SPT tests, 10 CPT tests were performed, and seismic refraction – MASW studies were conducted along 8 lines. This study is expected to serve as a guiding resource by highlighting the advantages and disadvantages of the methods used to determine liquefaction potential and their respective application areas. |

January 2025, [244] pages.

Keywords: [Liquefaction, Earthquake, Standard Penetration Test (SPT), Cone Penetration Test (CPT), Shear Wave Velocity (V_s)]



1. GİRİŞ

Deprem, yeryüzünün farklı derinliklerinde meydana gelen levha hareketleri ve volkanik hareketlerden kaynaklanan sarsıntı şeklinde ortaya çıkan bir yer sarsıntısı olarak tanımlanmaktadır. İlk modern Jeolog James Hutton'ın geliştirmiş olduğu “Günümüz geçmişin anahtarıdır” tek biçimlilik prensibi ile geçmişte yaşanan olayların günümüzde de tekrarlanabiliyor olduğu anlamını taşımaktadır. Dünyada, ülkemizin de içinde bulunduğu sismik açıdan aktif olan ve deprem tehlikesi ile karşı karşıya olan birçok bölgeler mevcuttur.

Gevşek kohezyonsuz zemin; deprem gibi titreşimlere maruz kaldığında, sıkışma eğilimi ve hacimce azalma eğilimi gösterir. Zeminde bulunan suyun drenajı mümkün değilse, hacimdeki azalma isteği boşluk suyu basıncının artmasına neden olur. Boşluk suyu basıncındaki bu artış düşey gerilme miktarına eşitlenirse, efektif gerilme sıfırlanır ve kayma mukavemeti tamamen kaybolur.

Sıvılaşma, suya doymun ince taneli kumlu ve siltli zeminlerin, deprem titreşimleri sırasında boşluk suyu basıncı değerinin artması ile efektif gerilmenin sıfır olması sonucu, zeminin sıvı gibi davranması olarak tanımlanmaktadır. Yerleşim alanlarında meydana gelen sıvılaşma, zemin yapısında farklı türlerde deformasyonlara neden olabilmekte ve önemli derecede hasarlara yol açabilmektedir. Özellikle büyük depremlerde ortaya çıkan hasarlarda sıvılaşma etkisi büyüktür. Sıvılaşma, zeminin mukavemeti ve sertliğinin azaldığı durumda oluşur. Gevşek kumlu, siltli zeminlerde, sığ yeraltı suyunun bulunduğu ya da deniz tabanının altındaki zeminlerde deprem sonucunda meydana gelmektedir.

Tez hazırlanırken, Denar Deniz Araştırmalar A.Ş. tarafından yapılan jeoteknik sondaj, standart penetrasyon testi (SPT), konik penetrasyon testi (CPT), jeofizik çalışmalar ve laboratuvar deneylerinden faydalanılmıştır.

Çalışma alanının genel tanıtımı, jeolojisi ve depremselliğinden bahsedildikten sonra zeminlerde sıvılaşma olayı ile ilgili tanımlamalara ve analiz yöntemlerine değinilmiş, daha sonra ise farklı deneylerle elde edilen veriler kullanılarak çalışma alanının sıvılaşma potansiyeli irdelenmiştir.

Sonuçlar değerlendirilerek birbirleriyle karşılaştırılmış, hangi deneyin hangi ortamda ne sebeplerle kullanılmasının uygun olacağı üzerine çıkarımlarda bulunulmuştur.

1.1. İNCELEMENİN AMACI ve KAPSAMI

Çalışma alanı Trabzon ili, Ortahisar ilçesinde yer almaktadır. Trabzon Havalimanı'nın kuzeyinde yer alan çalışma alanında, havalimanının kapasitesini artırmak ve bölgenin ulaşımını güçlendirmek amacıyla bir genişletme projesi planlanmaktadır. Tez çalışması kapsamında SPT, CPT ve jeofizik çalışmaları sonucu elde edilen veriler ve laboratuvar sonuçlarından yararlanılarak sıvılaşma potansiyelinin araştırılması ve çeşitli yöntemlerle analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Denar Deniz Araştırmaları A.Ş' in destek ve onayı ile Trabzon ili, Ortahisar ilçesinde bulunan çalışma alanında yapılan in-sitü deneylerden alınan veriler kullanılmıştır. Yapılan arazi çalışmalarından alınan numuneler üzerinde zeminin fiziksel parametrelerini belirlemek için numuneler alınıp laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma sayesinde, genişletme yapılması planlanan alanın zemin tipi, sıvılaşma riski taşıyan derinlikleri ve sıvılaşma potansiyeli detaylı bir şekilde belirlenmiş; bu veriler kullanılan üç farklı yöntemin sonuçlarının karşılaştırılmasına olanak sağlamıştır. Böylece, her bir yöntemin etkinliği, güvenilirliği ve uygulanabilirliği, proje sahasının zemin özellikleri bağlamında kapsamlı bir analizle değerlendirilmiştir. Projenin hayata geçirilmeden önce ve sonrasında sıvılaşmanın olumsuz etkilerinden korunmak ve süreçlerin doğru bir şekilde ilerlemesini sağlamak amacıyla çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

1.2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI

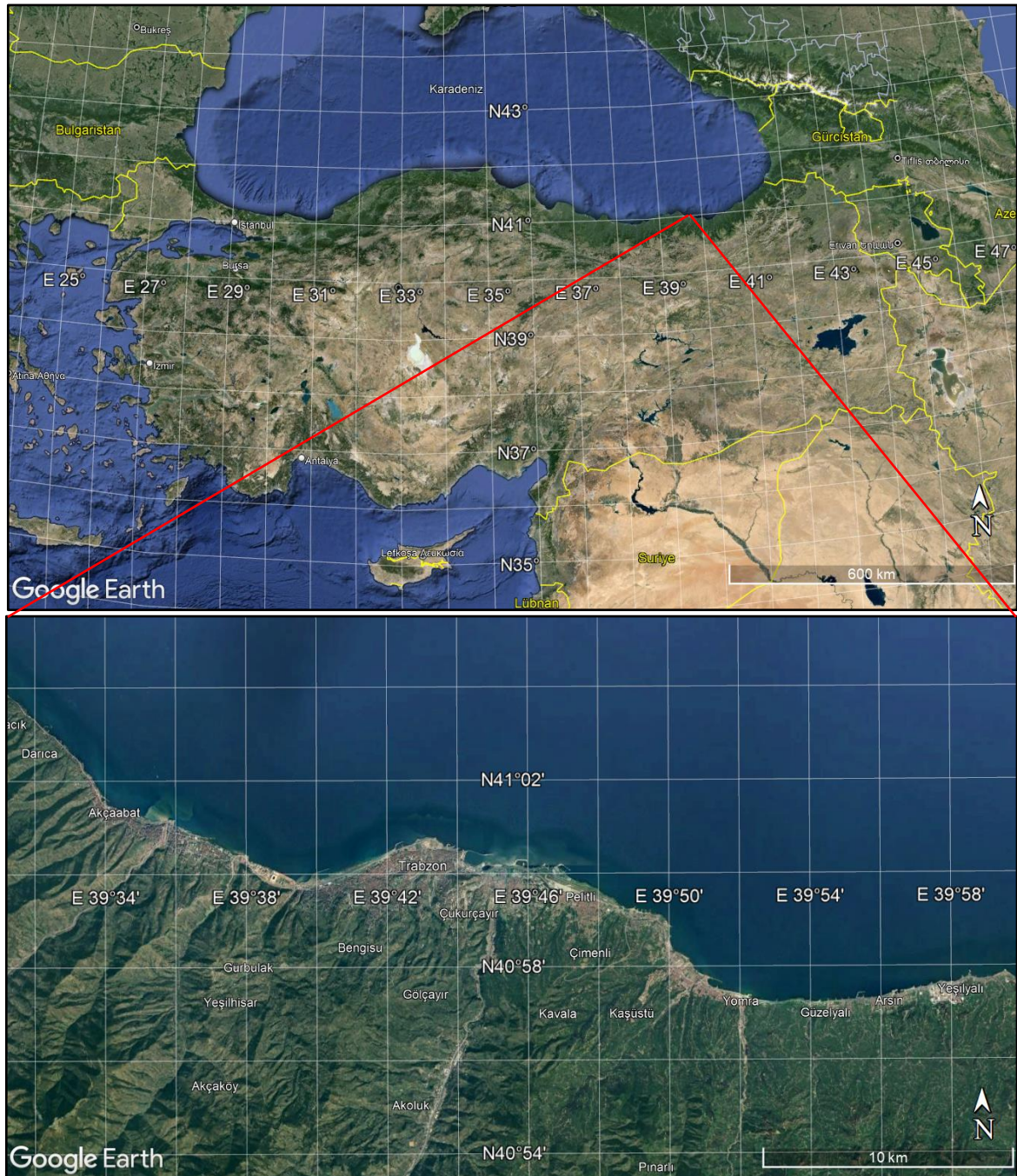
1.2.1. İnceleme Alanının Konumu

Çalışma alanı Trabzon ili, Ortahisar ilçesinde yer almaktadır. Ortahisar ilçesi, 40 derece kuzey enlemi ve 39 derece doğu boylamı içinde, Karadeniz sahilindedir. Doğusunda Yomra ilçesi, kuzeyinde Karadeniz, batısında Akçaabat ilçesi ve güneyinde Maçka ilçesi bulunmaktadır (Şekil 1.1).

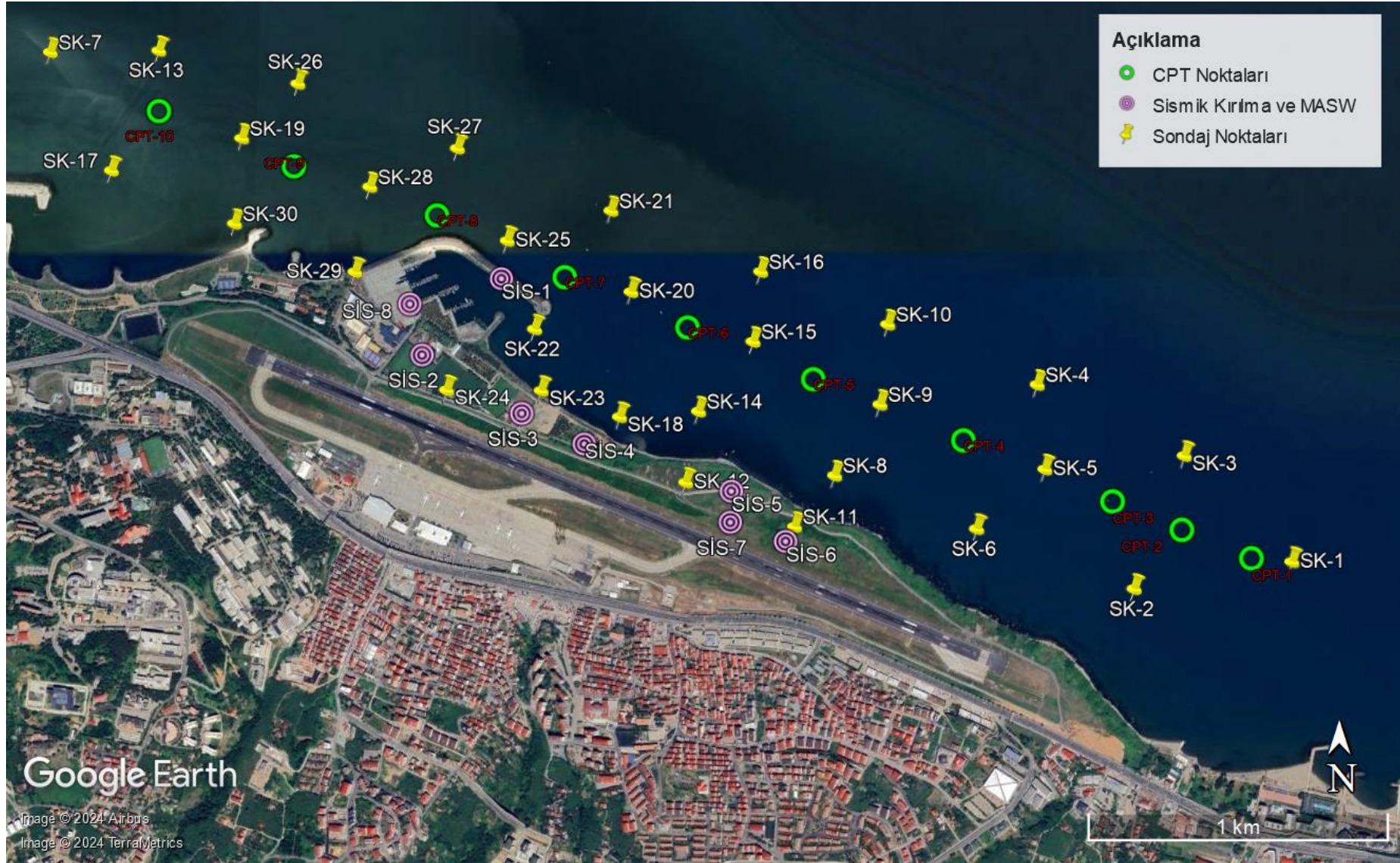
Ortahisar ilçesi, 12 Kasım 2012'de TBMM'de kabul edilen 6360 sayılı kanun ile Trabzon merkez ilçesinin kaldırılması sonucu ilçe olmuştur. Trabzon'un en kalabalık nüfuslu ilçesidir. Ortahisar kırsalında 9 kasaba ve 38 köy bulunmakta iken, kabul edilen kanun ile hepsi mahalle

statüsüne geçiş yapmıştır (<https://tr.wikipedia.org/wiki/Ortahisar>, Erişim tarihi: 28 Haziran 2024).

Çalışma alanı içerisinde deniz ve kara üzerinde 30 farklı lokasyonda toplam 905,66 metre zemin araştırma sondajı açılmış, 10 farklı lokasyonda toplam 178,73 metre konik penetrasyon testi yapılmıştır. Jeofizik çalışmalar kapsamında da 8 hat üzerinde Sismik Kırılma – MASW ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 1.2).



Şekil 1.1: İnceleme alanı yer bulduru haritası (Google Earth).



Şekil 1.2: Çalışma alanında yapılan deniz-kara sondajları, CPT ve jeofizik çalışmaların uydu fotoğrafı üzerindeki yerleri (Google Earth).

1.2.2. Jeomorfoloji

Çalışma alanı Trabzon ili, Ortahisar ilçesinde yer almaktadır. Ortahisar ilçesi, 40 derece kuzey enlemi ve 39 derece doğu boylamı içinde, Karadeniz sahilindedir. Doğusunda Yomra ilçesi, kuzeyinde Karadeniz, batısında Akçaabat ilçesi ve güneyinde Maçka ilçesi bulunmaktadır.

Trabzon, diğer Doğu Karadeniz Bölgesi illerinde olduğu gibi oldukça dağlık bir yöredir. İl topraklarının %30'u dağlık, %60'ı güneye doğru %25-30 eğimle artan alanlar ve %10'luk bir kısmı düz alanlardan oluşmaktadır.

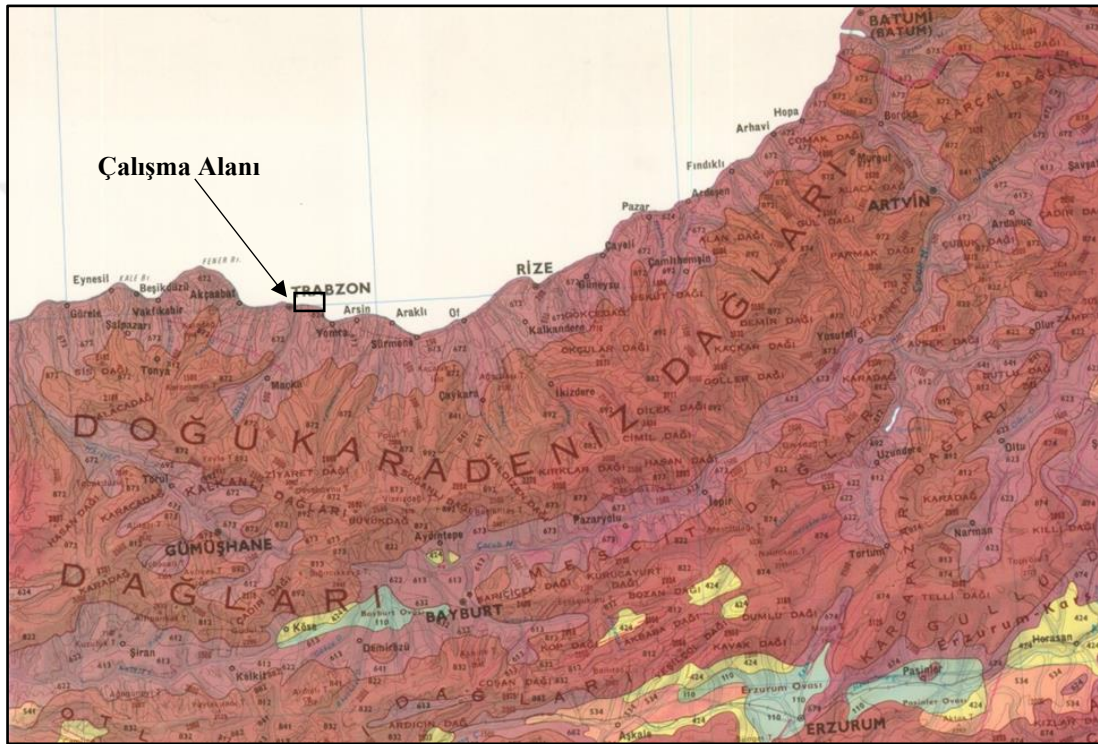
Trabzon ilinin başlıca yeryüzü şekilleri; güneyde su bölümü çizgisi boyunca Doğu-Batı doğrultusunda uzanan dağlık alanlar, bunların ana akarsuyun kolları arasına, Kuzeye doğru sokulan ve gittikçe alçalan tepelik sahalar ile sahadaki mevcut şekillenmeyi sağlayan önemli dış etmen olan Solaklı, Yomra, Değirmendere, Sera, Kalenima, Foldere gibi akarsuların oluşturduğu vadiler ve deltalarıdır.

Dağlık alan morfolojisi batıda 1900 metreden, doğuda ise 2400 metreden başlamaktadır. Doğuda drenaj ağı çok gelişmiş olup, flüvyal aşınma sonucu 1900-2400 metre kotları arası kuzey-güney uzanımlı tepelik alanlar haline dönüşmüştür. Bölgenin yüksek dağ karakteri, Permien sonundan itibaren oluşan ve Üst Kretase sonuna kadar devam eden kara rejiminde ve Üst Pliyosendeki vertikal hareketler sonucunda teşekkül etmiş, Pleyistosen'de de son şeklini almıştır (Gattinger, 1962). Ancak bu görüş, Jura-Kretase döneminde bölgenin, denizaltı volkanizmasının etkisi altında olduğu ve zaman zaman kara rejimine geçişler gösterdiği şeklinde değişmiştir.

Sahanın drenaj ağını oluşturan vadiler genellikle tabansız kertik vadiler şeklindedir. Ancak büyük derenin vadilerinde yaklaşık 150-200 metre kotlarından kıyıya kadar olan kesimleri tabanlı vadi konumuna dönüşür. Yatak malzemesi, taban seviyesindeki oynamalar sebebiyle deniz-akarsu malzemesi karışımı olup, örgülü yatak durumundadır. Son buzul döneminde yatağı 90 metre kotuna kadar yaran büyük dereler, son post-glasyal döneme deniz seviyesinin yükselmesi sonucu aktıkları vadinin boğulmasına neden olmuşlar ve deniz, vadi ağızlarından kıyıya doğru girinti yapmıştır. Daha sonra akarsuların getirdiği alüvyonlar bu koyların içerisinde birikerek, kenarları dik, tabanı geniş ve alüvyonlarla dolu örgülü vadi tabanının oluşmasına neden olmuştur. Bu tür vadi tabanlarının genişlikleri yer yer 250-300 metreye varmaktadır. 1990 yılında, Trabzon ve yöresinde meydana gelen sel felaketinde, en fazla tahribatın görüldüğü yerler, bu belirtilen vadiler olmuştur.

Jeolojik oluşumu; stratigrafi bakımından alttan üste doğru Üst Kretase yaşı, tortul ara katkılı volkanik seriler, konglomera, kumtaşı, marn, kil ve kireçtaşı denizsel Üst Miyosen ve serileri; çakıllı, kumlu, siltli ve killi, Kuvaterner yaşı taraça dolguları ile çakıllı, kumlu, siltli, killi akarsu ve kıyı alüvyonları şeklindedir.

Çalışma alanı düşük eğimli bir yapıya sahip olup eğimleri 0° - 5° arasında değişim göstermektedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Çalışma alanı jeomorfoloji haritası (Erol, 1991).

1.2.3. İklim

Trabzon ili, kuzeydeki kutbi hava kütleleriyle, güneydeki tropikal hava kütlelerinin geçiş sahası üzerinde yer alır. Kışın, güneşin zahiri hareketlerine bağlı olarak, Tropikal Yüksek Basınç'ın güneye inmesiyle, genellikle kuzeyden gelip Anadolu yüksek kara parçası üzerine yerleşmiş bulunan Sibiry Antisiklonu'nun ve kuzeyde Doğu Avrupa üzerinde yer alan kutbi kava kütlelerinin etkisindeki bir konverjans sahası özelliği taşır. Ancak, yeryüzüne yakın kısımlarda, kış sıcaklıkları, kuzeyde Karadeniz'in varlığı ve kıyıya yakın mesafede set gibi uzanan Doğu Karadeniz Dağları'nın bulunuşu nedeniyle, aynı enlemlerdeki diğer sahalara göre oldukça ılıman hale gelir.

Yağışlar, kıyıya yakın alanlarda yağmur, orta ve yüksek kesimlerde ise genellikle kar şeklindedir. Yazın ise yeryüzüne yakın atmosfer bölümlerinde Azor Yüksek Basınç Alanı'nın uzantıları ve Basra Alçak Basınç Merkezi arasında gelişen kuzey sektörlü hava akımları ile Karadeniz üzerinden taşınan nemli kara kütleleri, kıyı kesiminde orografik yağışlara yol açmakta, zaman zaman yine kuzeyden sokulan serin hava baskınları ile soğuk cephe sağanak yağışları da sık sık görülmekte, yüksek seviyelerin soğuk hava damla durumlarında büyük kararsızlık ve önceden kestirilemeyen gelişmeleri ile bol yağışlar düşmektedir. Bölgede bu mevsimde ortalama sıcaklık 18,8 °C civarındadır.

Bahar mevsimleri kış ve yaz arasında yumuşak bir geçişi sağlamakta ve bol yağmurlarıyla dikkati çekmekte, özellikle kıyıya yakın alanlar bu aylarda yoğun ekip-biçme faaliyetlerine sahne olmaktadır. İlkbahar mevsimi Mart ayından itibaren kendini göstermeye başlar, Nisan ve Mayıs aylarını içine alır. Bu mevsimde aylık ortalama sıcaklıklar 15 °C'nin üzerine çıkar. Sonbahar mevsimi ise yaklaşık üç aylık bir dönemi kapsar ancak Eylül ayı kısmen yaz, Kasım ayı da nispeten kış mevsimi özelliklerini taşır.

Trabzon ilinde yıllık yağış miktarı ve yıl içindeki gidişi, sahanın Karadeniz'e cephe olması nedeniyle yağış şartlarının oluşumunda, hemen kıyıdan itibaren artan bir eğimle yükselen kara sathı ile Karadeniz'in sıcaklığa bağlı ilişkisi etkili temel faktördür. Yağış şartlarının kısa mesafelerde değişiklik göstermesi (mikroklima alanları) yörenin önemli bir özelliğidir. Bu nedenle gerek kıyı boyu ve gerekse iç kesimler arasında farklılıklar gösterir.

Yörede nisbi nem oranlarının yaz mevsiminde yüksek olduğu ve özellikle iç kısımlara doğru arttığı görülmektedir. Bu mevsimde Karadeniz kuzeyinden olan buharlaşmanın, havanın sakin olduğu zamanlarda kıyıya yakın kesimleri etki altında bulundurması ve zamanla güneydeki yüksek alanlarda oluşan alçak basınç merkezine doğru yönelen Meltem rüzgarları sayesinde, nemin doğrudan buralara taşınması nedeniyle, yayla alanlarında çoğu zaman öğleye kadar devam eden açık-berrak bir hava hali ardından vadiler boyunca yükselen su buharı, sahayı tamamen kaplamakta ve bazen günlerce çekilmemektedir (<http://www.trabzon.gov.tr/cografi-ozellikleri>, Erişim tarihi: 12 Temmuz 2024).

1.2.4. Bitki Örtüsü

Sahanın dikey boyutta değişken olan ılıman ve her mevsim yağışlı iklim şartları, farklı türlerden oluşan bitki örtüsü kuşaklarını meydana getirmiştir. Buna göre, 0-300 metre yükseltilerinden Akdeniz bitki türlerinin sokulduğu psödomaki (Trabzon hurması, akçaağaç, şimşir, karayemiş, defne, prekanta, muşmula, katran ardıcı, kocayemiş vb.) elemanları dağılışı gösterirken, kıyıya yakın kesimlerden itibaren geniş yapraklı etek ormanları yer almakta (kızılağaç, kestane, meşe türleri, dışbudak, ıhlamur, adi fındık, beyaz söğüt, kavak, doğu çınarı vb.), bu katın üzerinde geniş yapraklıların hakimiyetindeki geniş-iğne yapraklı karışık ormanlar (avrupa kestanesi, adi kızılağaç, adi gürgen, adi fındık, doğu gürgeni, meşe, akçaağaç, üvez, çitlenbik, defne, mor çiçekli ormangülü, kayın, ladin ve köknar) ve daha yukarıda da iğne yapraklıların hakimiyetindeki ormanlar (sarıçam, ladin, mor çiçekli ormangülü ve bazı çalı türleri) dağılışı göstermektedir.

Aşağı kuşağın kıyı kesimlerinde orman örtüsünün tamamına yakınında, daha üst yükselti seviyelerde ise yer yer yerleşim ve tarım alanı açmalarıyla oluşan kesintilere rağmen, 500-1850 metre yükseltileri arasında hala zengin ve sık bir orman örtüsü varlığını sürdürmektedir. Daha yukarı seviyeler ise fizyolojik bakımdan ağaç yetişmesine müsait olmayan Alpin çayır alanlarıdır. Kış mevsiminde sert iklim şartları nedeniyle hiçbir ekonomik faaliyetin yapılamadığı, daimî yerleşim merkezlerine pek uzak olmayan bu geniş saha, yöre insanlarına hayvancılık bakımından son derece elverişli bir potansiyel sunar. Bu kattaki hayvancılığın diğer alanlardakinden ayrılmasının en önemli nedeni, otların yaz mevsimi boyunca yeşil kalabilmesidir. Çünkü denizden gelen su buharı sayesinde otlar canlılığını yitirmemekte ve hatta korunmaya alındığında çayır haline gelebilmektedir. Böylece yöre hayvancılığı içerisinde büyükbaş hayvan (sığır) besleyiciliği önem kazanmış ve daimî yerleşim alanlarının yetersiz ekip-biçme fonksiyonunu destekleyerek, çoğunda alternatif geçim kaynağı haline gelmiştir (<http://www.trabzon.gov.tr/cografi-ozellikleri>, Erişim tarihi: 12 Temmuz 2024).

1.2.5. Hidrojeoloji

Çalışma alanının büyük bir bölümü deniz içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanında deniz içerisinde yapılan sondajlar sırasında 3,00-20,50 metre derinlikler arasında deniz suyu bulunmaktadır. Kara sondajlarında ise 9,00-15,50 derinlikler arasında yeraltı suyuna rastlanmaktadır (Tablo 1.1).

Tablo 1.1: Yeraltı suyu ölçüm tablosu.

Tarih	2.08.2022	3.08.2022	4.08.2022	5.08.2022	6.08.2022	7.08.2022	8.08.2022
SK-11	10,70 m	10,50 m	9,50 m	10,20 m	10,00 m	9,00 m	9,00 m
SK-12	11,00 m	11,20 m	11,50	11,80 m	11,00 m	11,00 m	11,00 m
Tarih	7.08.2022	8.08.2022	9.08.2022	10.08.2022	11.08.2022	12.08.2022	13.08.2022
SK-23	15,50 m	15,80 m	15,50 m	16,00 m	16,20 m	15,50 m	15,50 m
SK-24	9,80 m	10,00 m	10,30 m	10,50 m	10,70 m	10,50 m	10,50 m
SK-29	14,50 m	14,00 m	14,60 m	14,60 m	14,80 m	14,60 m	14,70 m

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Zemin sıvılaşması, suya doymun gevşek kumlu ve siltli zeminlerde, deprem sırasında boşluk suyu basıncının artmasıyla efektif gerilmenin sıfırlanması sonucu zeminin sıvı gibi davranması durumudur. Bu olgu, büyük depremler sırasında meydana gelen hasarların en önemli nedenlerinden biridir ve zemin-yapı etkileşiminden kaynaklanan hasarların boyutlarını arttırmaktadır. Çalışma alanı olan Trabzon ili Ortahisar ilçesi, yer aldığı coğrafi ve jeolojik koşullar nedeniyle olası bir deprem senaryosunda sıvılaşma riski söz konusu olabilir. Bu bağlamda çalışmada, SPT, CPT ve jeofizik verilerle sıvılaşma potansiyeli detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Literatürde sıvılaşma analizi için kullanılan yöntemlerin çoğu, saha ve laboratuvar verilerine dayalı ampirik bağıntılarla geliştirilmiştir. Seed ve Idriss (1971) tarafından sunulan sıvılaşma potansiyeli değerlendirme yöntemi, Standart Penetrasyon Testi (SPT) sonuçlarına dayalı analizler için önemli bir referans noktasıdır. Bu yöntemde, düzeltilmiş SPT darbe sayıları kullanılarak zemin güvenlik katsayıları hesaplanmakta ve sıvılaşma riski öngörülmektedir. Benzer şekilde, CPT (Koni Penetrasyon Testi) zemin sınıflama yöntemleri, zemin davranışını tanımlamak ve sıvılaşma potansiyelini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Robertson ve Wride (1998) tarafından geliştirilen CPT analizleri, koni uç direnci (q_c), sürtünme oranı (R_f) ve zemin davranış tipi indisi (I_c) gibi parametreleri içerir.

Çalışmada kullanılan diğer bir yöntem olan jeofizik çalışmalarla yapılan analizlerde kayma dalga hızı (V_s) değerlerinden faydalanılmıştır. V_s tabanlı analizler, özellikle çakıllı birimlerin bulunduğu ve diğer yöntemlerin uygulanmasının zor olduğu alanlarda sıvılaşma değerlendirmesi için alternatif bir çözüm sunmaktadır. Youd ve diğ. (2001) çalışmaları, kayma

dalgası hızına dayalı sıvılaşma analizlerinde yaygın olarak kullanılan kriterler arasında yer almaktadır. Bu yöntem, zemin sertliğinin ve dayanımının değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Bu çalışma kapsamında, Trabzon ili, Ortahisar ilçesinde 30 sondaj kuyusunda SPT, 10 farklı lokasyonda CPT ve 8 hat boyunca jeofizik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak sıvılaşma analizi yapılmış ve farklı yöntemlerin sonuçları birbiriyle karşılaştırılmıştır. Çalışma sahasının jeolojik özellikleri, zemin sınıfları ve yeraltı su seviyeleri göz önünde bulundurularak sıvılaşma riski değerlendirilmiştir.

Bulguların farklı yöntemlerle karşılaştırmalı analizi yapılmış ve her bir yöntem için avantajlar ve koşullar detaylandırılmıştır. SPT yöntemi, uygulama kolaylığı ve ekonomik olması nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Buna karşın, CPT yönteminin, daha detaylı zemin sınıflamaları sunduğu, ancak maliyet açısından daha dezavantajlı olduğu görülmüştür. Jeofizik çalışmalarla elde edilen kayma dalgası hızına (V_s) dayalı analizlerin ise özellikle çakıllı zeminlerdeki sıvılaşma potansiyelini değerlendirmede alternatif bir yöntem olarak başarıyla kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Bu değerlendirmeler, literatürdeki Robertson ve Wride (1998) ile Youd ve diğ. (2001) gibi çalışmaların bulgularıyla paralellik göstermektedir.

Bu çerçevede, tez çalışması sadece sıvılaşma analizine odaklanmakla kalmayıp, farklı yöntemlerin sonuçlarının entegrasyonunu sağlayarak daha kapsamlı bir değerlendirme yapmayı hedeflemektedir. Saha ve laboratuvar verilerinin birleştirilerek bütünlük bir analiz çalışması gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, çalışma bölgesinin sıvılaşma riskini azaltmak için alınabilecek önlemlerin belirlenmesi, yerel mühendislik ve planlama uygulamalarına katkı sunmaktadır.

3. YÖNTEM

3.1. SIVILAŞMA

Zemin sıvılaşması, yeraltı su seviyesi altındaki tabakaların geçici olarak mukavemetlerini kaybederek, katı yerine viskoz sıvı gibi davranmalarıdır. Özellikle, kil bulunmayan kum ve siltler ve bazen çakıllar sıvılaşma potansiyeline sahiptirler. Deprem sırasında, dalgaların özellikle kayma dalgalarının suya doymuş daneli tabakalardan geçerken, dane yerleşim düzenini değiştirir, gevşek olarak bulunan danelerin göçerek yerleşmesine ve sıkışmasına sebep olur (Celep ve Kumbasar, 2000).

Zeminin sıvılaşması sonucu yapıda, zemine batma veya hafif yapılarda yukarı doğru hareket ederek yüzme eğilimi gözlenebilir. Sıvılaşan zemindeki küçük kayma gerilmeleri altında büyük şekil değiştirmelere sebep olur ve yapılarda zemin göçmesi hasarları meydana getirir. Bir zeminin sıvılaşması esas olarak gevşek bir yerleşime sahip olmasına, daneler arasındaki bağ ve kil miktarına ve boşluk suyunun drenajının engellenmesine bağlıdır (Özçep ve diğ., 1992).

3.1.1. Sıvılaşmaya Etki Eden Faktörler

Sıvılaşma olayının gerçekleşmesi birden fazla faktöre bağlıdır. Bu faktörler, zemin faktörleri ve dış faktörler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

3.1.1.1. Sıvılaşmaya Etki Eden Zemin Faktörleri

Zemin Tipi

Depremler esnasında zemin sıvılaşmasına en duyarlı zemin türü ince-orta kum ile düşük plastisiteli ince taneler (siltler) içeren kumlu zeminlerdir. Bununla birlikte, sıvılaşma zaman zaman çakıllı zeminlerde de görülebilmektedir (Ishihara, 1985).

Killi zeminlerde eğer plastisite indeksleri ve likit limit değerleri belirli bir sınırın altında ise sıvılaşma olayı meydana gelebilir. Youd ve Gilstrap (1999) tarafından açıklanan kriterlere göre, likit limit değeri %35'ten küçük olmalıdır.

Zeminin Rölatif Sıkılığı (Dr)

Zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde en önemli faktörlerden biri kohezyonsuz zeminlerde zeminin sıkılık durumunu yansıtan bir terim olan rölatif sıkılıktır. Zemin

yoğunluğunun artışıyla birlikte, kesme sırasındaki hacim küçülmesi eğilimi ve boşluk suyu basıncı azalmakta, dolayısıyla sıvılaşma olasılığı da azalmaktadır (Ferritto, 1997).

Tablo 3.1’de Seed ve Idriss (1971)’e göre rölatif sıklık-zemin sınıflaması ilişkisi görülmektedir. Bu tablodan yola çıkılarak rölatif sıklık değeri %65’ten fazla olan zeminlerde sıvılaşma olayının gerçekleşmeyeceği söylenebilir. Mesela 1964 Niigata depreminde rölatif sıklığı %50 olan kumlu zeminlerde sıvılaşma olmuş fakat rölatif sıklığı yaklaşık %70 olan yerlerde sıvılaşma oluşmamıştır (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

Tablo 3.1: Rölatif sıklığa göre zeminlerin sınıflandırılması (Seed ve Idriss, 1971).

Rölatif Sıklık (Dr) %	Açıklama
0-15	Çok gevşek
15-35	Gevşek
35-65	Orta sıkı
65-85	Sıkı
85-100	Çok sıkı

Tane Boyu Dağılımı ve Tane Şekli

İyi derecelenmiş zeminlerde daneler arasındaki boşluk minimum düzeyde olduğu için hacimsel olarak küçülme eğilimleri çok düşüktür. Bu sebeple drenajsız durumlarda oluşabilecek boşluk suyu basıncı düşük olacağı için iyi derecelenmiş zeminlerde sıvılaşma ihtimalinin az olduğu söylenebilir.

Zeminin tane şekli sıvılaşma potansiyelini etkileyen faktörlerdendir. Yuvarlak taneleri içeren zeminlerin yer değiştirmesi daha kolay olduğu için, köşeli taneler içeren zeminlere göre sıvılaşma potansiyeli daha yüksektir.

Jeolojik Şartlar ve Çökelme Ortamı

Kramer (1966), zeminlerin jeolojik oluşum süreçlerinin sıvılaşma hassasiyetinde önemli bir etkiye sahip olduğunu söylemiştir. Sıvılaşma genellikle genç ve gevşek çökellerin olduğu zeminlerde meydana gelmektedir. Akarsu, delta, taşkın ovası gibi holosen yaşlı genç çökeller sıvılaşmaya daha duyarlıdır.

Drenaj Şartları

Tekrarlı yükler altında gevşek ve suya doygun zeminler hacimce azalma eğilimi gösterirler. Drenaj sağlanmadığı takdirde bu koşullar altında aşırı boşluk suyu basıncı artar ve sıvılaşma gerçekleşebilir.

Sıvılaşabilir Zeminin Derinliği ve Yeraltı Su Seviyesi Derinliği

Şimdiye kadar yapılan araştırmalar incelendiğinde, 15 metre derinliğin altındaki bölgelerde sıvılaşma olaylarının gözlemlenmediği görülmüştür (Derinöz, 2004). Bu durum, sıvılaşma etkilerinin bu derinliklerde yüzeye ulaşmadığını ya da bu derinliklerin altında sıvılaşmanın gerçekleşmediğini göstermektedir. Öte yandan, sıvılaşma olaylarının çoğu bölgelerde yeraltı su seviyesinin 3 metreye kadar olduğu, yalnızca birkaç araştırmada yer altı su seviyesinin 3-4 metre arasında değiştiği tespit edilmiştir (Wang ve Law, 1994).

Çevre Basınçları

Çevre basıncı büyük olursa, zeminin sıvılaşmaya karşı hassasiyeti de az olur. Sabit çevre basıncında, sıvılaşmaya karşı direnç zeminin relatif sıkılığına bağlı olarak artmakta iken, sabit zemin sıkılığında ise sıvılaşmaya karşı olan direnç artan çevre basıncına bağlı olarak artmaktadır (Kramer, 1996).

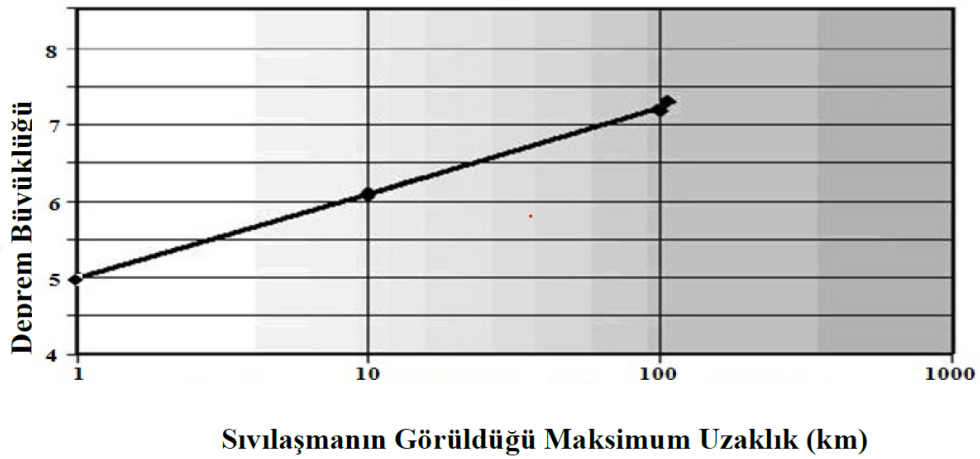
Bazı arazi incelemeleri, muhtemel sıvılaşmanın genellikle yüzeyden 15 m'lik bir derinliğe kadar indiğini göstermektedir. Daha derinlerde yer alan zeminin ise yüksek çevre basınçlarından dolayı sıvılaşma potansiyelinin olmadığı düşünülmektedir. Bundan dolayı 15 m'den daha derinlerdeki zeminlere sıvılaşma analizi yapılmasının gereksiz olduğu kanısı yanlış olabilir. Bazı durumlarda, 15 m'den daha derin zeminlere de sıvılaşma analizi hesabı yapmak gerekebilir. Sıvılaşma analizinin hangi derinlikte sonlandırılması hakkında büyük tecrübe ve mühendislik yargısı gereklidir (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

3.1.1.2. Sıvılaşmaya Etki Eden Dış Faktörler

Sismik Geçmiş

Araştırmacılar, daha önceden sıvılaşmaya uğramış zeminlerin yeni depremler ile birlikte tekrar sıvılaşma ihtimalinin yüksek olduğunu hem laboratuvar analizleri hem de arazi gözlemleri ile kanıtlanmıştır.

Sıvılaşma olayının başlıca etkenlerinden birisi de depremlerdir. Bu nedenle depremin odak noktasının, incelenen bölgeye olan uzaklığı da önemlidir (Ündül ve Gürpınar, 2003). Youd ve Perkins (1978), 57 farklı depremi inceleyerek deprem magnitudü (büyüklüğü) ile sıvılaşmanın gözlemlendiği en uzak mesafe arasındaki ilişkiyi bir grafikte göstermişlerdir (Şekil 3.1). Sonuç olarak, sıvılaşma olayı, büyüklüğü 5 ve daha büyük olan depremlerde, depremin episantrından 100 km'ye kadar olan bölgelerde görülebilmektedir.



Şekil 3.1: Deprem magnitudüne bağlı olarak sıvılaşmanın görüldüğü en uzak mesafe (Youd ve Perkins, 1978).

Depremin Büyüklüğü ve Süresi

Sıvılaşma olayının gerçekleşebilmesi için gerekli koşullarda yeraltı suyu durumu ve zemin tipinin yanında en önemli faktörlerden biri deprem etkisidir. Depremde ise dikkat edilmesi gereken hususlar deprem büyüklüğü ve deprem süresidir.

Deprem büyüklüğünün yüksek olduğu durumlarda en büyük yer ivmesi de büyümektedir ve bu durum sıvılaşmanın oluşması için uygun koşulları sağlamaktadır. Deprem süresinin uzaması, zemine uygulanan gerilmenin artmasına neden olacak ve bu durum sıvılaşma riskinin de yükselmesine yol açacaktır.

Kayma Dalga Hızı (V_s)

Kayma dalga hızı (V_s) zeminin efektif basıncına, gerilme durumuna, zeminin boşluk oranına, katılığına bağlı olarak belirlenen önemli bir fiziksel parametredir. Özellikle, depremin yer tepkisi ve yapı-zemin ilişkisi için gerekli olan kayma modülü ile direkt ilişkilidir. Sahada ve laboratuvar da numuneler üzerinde belirlenebilmesinden dolayı karşılaştırma olasılığı olan kolay ve hızlı bir yöntemdir. Özellikle SPT ve CPT ölçümlerinin uygun olmadığı çakıllı zeminlerde de kolaylıkla elde edilebilen V_s verilerine dayalı sıvılaşma analizleri de son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır (Dobry ve diğ., 1981, Tokimatsu ve Uchida 1990).

Bununla birlikte sıvılaşma potansiyeli araştırmalarında SPT-N ve V_s dalga hızı arasında geliştirilen deneysel bağıntılar yardımıyla da analizler yapılabilmektedir (Akın ve diğ., 2011).

3.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Zeminde meydana gelen büyük mukavemet kaybını ilk kez Hazen (1920) sıvılaşabilir (liquefiable) davranış olarak tanımlarken, sıvılaşma (liquefaction) teriminin bilimsel literatürde ilk kez Terzaghi (1925) tarafından kullanılmıştır. Terzaghi sıvılaşmayı şöyle tanımlamıştır: “Sıvılaşma, suya doygun zeminin çökmesi sırasında, zemini oluşturan katı parçacıkların ağırlığının, zemini çevreleyen suya aktarılmasıyla oluşur. Bu olay sonucunda, zeminin herhangi bir derinliğinde hidrostatik su basıncı yükselerek, bu basıncın büyüklüğü suya batan zeminin birim ağırlığına yaklaşır.”

Seed (1976), çalışmalarında deprem esnasında ve sonrasında gözenek suyu basıncının genel özelliklerini değerlendirmek ve daha sonra kumlu zeminlerde meydana gelmesi olası yayılmayı analiz etmişlerdir. Sıvılaşma analizlerinde relatif sıklığın etkisini incelemek için laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kum tabakalarında, aşırı hidrostatik basınçların, deprem sonrasında uzun süre devam edebileceği ortaya konulmuştur. Kumlu bir zeminde drenaj kapasitesinin arttırılmasının, potansiyel olarak duraysız bir zeminin denge koşuluna gelmesinde etkili bir yol olduğu belirtilmiştir.

Youd ve Perkins (1978), tarafından sıvılaşma kaynaklı zemin yenilme potansiyeline yönelik gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında, zemin yenilmelerine ilişkin duyarlılık haritaları hazırlamışlardır. Bu haritalar ile sıvılaşma kaynaklı zemin yenilme potansiyelini gösteren bölgesel bir harita elde edilmiştir. Araştırmacılar zemine ait duyarlılık haritalarının

oluşturulmasında, zeminin jeoteknik özelliklerinin, topoğrafyanın, depremselliğin, yeraltı su seviyesinin ve jeolojik geçmişin önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Castro ve diğ. (1982), depremlerde zeminlerin sıvılaşma davranışı üzerine yapmış oldukları çalışmada, zemin sıvılaşmasını; deprem sırasında zeminde boşluk suyu basıncının artışı ile, makaslama dayanımının ani olarak düşmesi şeklinde tanımlamışlardır. Depremler sırasında zemin davranışlarındaki “deprem öncesi var olan statik yüklemekten kaynaklanan” makaslama gerilmelerinin varlığına dayanarak, deprem sırasındaki zemin davranış tiplerinin sınıflandırılması önerilmiştir. Araştırmacılar, boşluk suyu basıncında meydana gelen artışı, tekrarlı gerilmelere maruz kalan granüler zeminin sıkışma eğiliminden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Tokimatsu ve Yoshimi (1983), sıvılaşma analizlerinde Standart Penetrasyon (SPT(N)) değeri ve ince tane içeriği üzerine ampirik korelasyonlar sunmuşlardır. Çalışmada, örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan dinamik laboratuvar deneyleri ile normalize SPT(N) değerleri arasındaki ilişki hakkında değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Buna göre; %10'dan daha fazla ince taneli malzeme içeren kumların, aynı SPT (N) değerlerine sahip temiz kumlardan, sıvılaşmaya karşı daha dirençli olduğu belirtmiştir. Ayrıca, SPT(N) >25 olan kumlu zeminler ile ince dane içeriği %10'dan büyük olan ve SPT(N) >20 olan siltli kumlu zeminlerde sıvılaşma sebebiyle zeminde büyük bir hasarın meydana gelmeyeceği belirtilmiştir. Araştırmacılar, çakıl içeren kumlu zeminlerin aynı SPT(N) değerine sahip temiz kumlara oranla daha düşük dirence sahip olduğunu belirtmiştir. Çalışmada, düzeltilmiş standart penetrasyon direnci $((N1)60)$ değerinin ince tane içeriğinin bir fonksiyonu olduğu da ifade edilmektedir.

Youd ve Wieczorek (1984), Westmorland (Kaliforniya, ABD)'da 1981 yılında meydana gelen depremde, 150 km²'lik bir alan içerisinde birçok bölgede sıvılaşmanın kum kaynamaları, çatlaklar, yanal yayılma, oturma gibi etkilerini gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar, sıvılaşmaya en duyarlı zeminlerin genç kumlar ve suya doymuş olan siltler olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre, zemin salınımının yoğunluğu ve sıvılaşma etkilerinin şiddeti, genellikle sismik enerji kaynağına yaklaştıkça artmaktadır.

Ishihara (1985), ince ve iri taneli zeminlerde, deprem hareketlerinin neden olduğu döngüsel makaslama gerilmeleri, sıvılaşma ve döngüsel hareketlilik üzerinde bir çalışma yapmıştır. Çalışmada sıvılaşma analizi için önerilen yöntemde, zeminde deprem nedeni ile artan döngüsel gerilme oranının, zemin yüzeyindeki ivmenin büyüklüğü ile ilgili olduğu belirtilmiştir.

Araştırmacı ayrıca, relatif yoğunluğun %50-80 değerleri arasında olması halinde, yoğunluğun tekrarlı dayanım üzerinde olan etkisinin neredeyse yok derecesinde az olduğunu belirterek, sıvılaşma dayanımının relatif yoğunluk arttıkça artacağını belirtmiştir.

Seed ve diğ. (1985), sıvılaşma analizlerinde kullanılan Standart Penetrasyon Testi (SPT) uygulamalarının zeminin direnci üzerine etkisi konusunda yapmış olduğu çalışmada, zeminin direncinin SPT direncini etkilediğini, bu nedenle de sıvılaşma direncinin belirlenmesinde dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmada farklı düzeltilmiş standart penetrasyon direnci ((N1)60 değerlerine sahip kumlar için sıvılaşma direnci eğrileri elde edilmiş olup, bu eğrilerin, ortalama tane büyüklüğü cinsinden ifade edilen önceki eğrilere göre daha güvenilir olduğu belirtilmiştir. Sunulan sonuçların Japonya ve Çin’de kullanılan uygulamalar ile uyumlu olduğu, dünyanın diğer bölgelerinde sıvılaşma değerlendirmeleri için yararlı bir kaynak olabileceği belirtilmiştir.

Iwasaki (1986), daha önce yapılan zemin sıvılaşma çalışmaları üzerine değerlendirmeler yapmış olup, Japonya’da meydana gelen deprem verilerinden yararlanarak moment büyüklüğü ve odak uzaklığı “km” cinsinden sıvılaşan alanlar ile ilgili yaklaşımlarda bulunmuştur. Araştırmacı, geçmiş depremler sırasında sıvılaşmış olan alanların, gelecekteki depremler ile yeniden sıvılaşmaya maruz kalabileceğini belirtmiştir. Çeşitli yapılar için mevcut sismik tasarım kodlarında belirtilen zemin sıvılaşması ile ilgili genel hükümler araştırmacı tarafından özetlenmiştir.

Youd (1992), sıvılaşma olayını suya doygun ince taneli kumlu ve siltli zeminlerin, deprem titreşimleri sırasında boşluk suyu basıncı değerinin artması ile efektif gerilmenin sıfır olması sonucu, zeminin bir sıvı haline dönüşmesi olarak tanımlamaktadır.

Erken ve diğ. (1995), 13 Mart 1992 tarihinde meydana gelen deprem büyüklüğü, $M_w=6.8$ olan Erzincan depremi sırasında, sıvılaşmanın gözlemlendiği Ekşisu bölgesinde yer alan suya doygun, killi ve siltli zeminlerdeki zemin davranışlarını değerlendirmişlerdir. Depremden sonra yapılmış olan sondaj çalışmalarından elde edilen veriler ile analizler yapılarak zemine ait ayrıntılı bir değerlendirme yapılmıştır. Araştırmacılar, örselenmemiş örnekler üzerinde, laboratuvar da drenajsız dinamik makaslama deneyi ile farklı gerilmelerde zeminin davranışını analiz etmişlerdir. Ayrıca, örselenmemiş örnekler üzerinde, plastisite değeri ile dinamik dayanım arasındaki ilişki de değerlendirilmiştir.

Robertson ve Wride (1998), çalışmalarında sıvılaşma konusunun, kumlu zeminler veya bu tip zeminlerde yapılan yapılar için risk oluşturduğunu belirterek, sıvılaşma değerlendirmesi için uygun tanımları gözden geçirmiştir. Konik penetrasyon deneyini kullanarak sıvılaşma analiz yöntemleri hakkında değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Araştırmacılar CPT'nin, SPT'den daha iyi bir şekilde stratigrafiyi tanımlama ve sürekli profil sağlama konusunda yararlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada, ince tane içeriği ve plastisite gibi özellikler için yapılan düzeltmelerin hem SPT hem de CPT için kullanılabileceği de ifade edilmektedir.

Aydan ve diğ. (2000), geçmiş deprem raporları incelendiğinde, Türkiye'de meydana gelen depremlerin hemen hepsinde sıvılaşma olayının gözlemlendiğini ve 1992'de meydana gelen Erzincan depremine kadar öneminin anlaşılmadığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, Türkiye'de 1998 yılına kadar meydana gelen depremlere ilişkin bir veri tabanı kullanarak, sıvılaşma değerlendirmesine yönelik deprem odak mesafesi ve deprem büyüklüğü ile bazı ampirik ilişkiler üretmişlerdir. Türkiye'de sıvılaşma eğilimli bölgeler tanımlanmış, son depremlerde sıvılaşmaya maruz kalan toprak zeminlerin jeoteknik özellikleri incelenmiş ve sıvılaşmış alanlardan alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçları sunulmuştur. Araştırmada elde edilen sıvılaşmış zeminlerin tane büyüklüğü dağılımlarının, Seed ve DeAlba (1986) tarafından önerilen sıvılaşabilir zeminlere ait tane büyüklüğü dağılımına ait sınırlar içerisinde yer aldığı belirtilmiştir.

Ulusay ve diğ. (2000), çalışmalarında 27 Haziran 1998 tarihinde Türkiye'nin güney kesiminde meydana gelen Adana-Ceyhan depreminde ($M_w = 6.2$) sıvılaşma ve yanal yayılmadan dolayı zemin yenilmeleri ve kaya düşmeleri meydana geldiğini vurgulamışlardır. Ceyhan ve çevresinde açılmış 6 adet sondaj kuyusundan alınan verilere dayanan sıvılaşma duyarlılık analizinin sonuçları, kum tabakalarının çoğunun, güvenlik katsayısının 1'den daha düşük olduğu ve sıvılaşmaya karşı yüksek derecede duyarlı olduğunu göstermiştir.

Chen ve diğ. (2000), çalışmalarında sıvılaşma duyarlılığı için yapılan analizlerde, veri tabanını oluşturan deprem ve zemin parametrelerinde olan bazı belirsizliklerin, sıvılaşma açısından olasılığa dayalı bir değerlendirmenin yapılmasındaki önemini vurgulamışlardır. Bu çalışma ile sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı ilişkili sıvılaşma olasılığı (PL) tanımlamasını önermişlerdir. SPT ve CPT bazlı sıvılaşma potansiyeli değerlendirmesi için basitleştirilmiş yöntemler saha performans verileri ile kalibre edilerek kullanılmıştır. Araştırmacılar, sıvılaşma

değerlendirmesi için kullanılan deterministik yöntemleri özetleyerek, zeminlerin olasılıksal sıvılaşabilirliğinin Tablo 3.2' de verilen sınıflama ile tanımlanmasını önermişlerdir.

Tablo 3.2: Sıvılaşma olasılığı (PL) ve sınıfları (Chen ve diğ., 2000).

Sıvılaşma Olasılığı (PL)	Tanımlama	Sıvılaşmaya Karşı Güvenlik Katsayısı (FL)
$0.85 \leq PL < 1$	Sıvılaşma olasılığı kesin	$0.653 \geq FL < 0.00$
$0.65 \leq PL < 0.85$	Sıvılaşma olasılığı çok	$0.837 \geq FL < 0.653$
$0.35 \leq PL < 0.65$	Sıvılaşma=sıvılaşmama	$1.102 \geq FL < 0.837$
$0.15 \leq PL < 0.35$	Sıvılaşma olası değil	$1.411 \geq FL < 1.102$
$0.00 \leq PL < 0.15$	Sıvılaşmama olasılığı kesin	$\infty \geq FL < 1.411$

Çetin ve diğ. (2002), 1999 yılında meydana gelen Kocaeli (İzmit) depreminde, Sapanca Otelinin bulunduğu alanda sıvılaşma kaynaklı zemin deformasyonları ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, depremden sonra meydana gelen zemin deformasyonları ve yer değiştirmeleri ile ilgili yaklaşımlarda bulunularak, zemin karakterizasyonu için SPT-CPT ve piezokon (CPTu) deneyleri dahil olmak üzere sondaj ve yerinde indeks deneyler ile saha incelemelerinin sonuçlarını değerlendirmiştir. Yanal yer değiştirme şeklinde meydana gelen zemin deformasyonları, depremden hemen sonra araştırmacılar tarafından haritalanmıştır.

Köleoğlu (2002), çalışmasında zeminlerde sıvılaşma potansiyelini belirlemek için değerlendirmeler yapmış olup, Adapazarı'nda yapılmış olan 43 adet sondaj çalışmasından elde edilen verileri kullanmıştır. Araştırmacı, efektif düşey gerilmenin sıvılaşma oluşumunu kontrol eden bir parametre olduğunu belirtmiştir. Sıvılaşma olayının gözlemlendiği çoğu bölgede, yeraltı suyu seviyesinin 3 m'den daha derin olmadığını belirten araştırmacı, zeminlerin makaslama dayanımını ve deformasyon özelliklerini etkileyen önemli bir parametre olan relatif sıkılığın, sıvılaşma ve oturma gibi risklerinin belirlenmesinde başlıca parametrelerden biri olduğunu ifade etmiştir. Çalışmada, başlangıçtaki relatif sıkılığın artmasıyla, deprem hareketi sebebiyle oturma ve boşluk suyu basıncının azaldığını vurgulamaktadır.

Zhang ve diğ. (2002), zemin koşullarına göre CPT ile bir yaklaşım sunmaya çalışmışlardır. Kumlu ve siltli zeminler için laboratuvar test verileri ile sıvılaşmanın neden olduğu hacimsel şekil değişiklikleri tahmin etmeye çalışmışlardır. CPT, qc, deprem magnitüd değeri, yeraltı su seviyesi, derinlik ve zemin birim ağırlıkları gibi faktörleri değerlendirmeye almışlardır. CPT

yöntemi ölçülen sonuçlar ile SPT kullanılarak elde edilen sonuçlara yakın değerler taşıdığı düşünülmüşlerdir. Farklı depremler ve zemin koşullarında elde edilen geçmiş veriler temin edilebildiği sürece CPT tabanlı yöntemin tahmin için kullanılabilirliğinin mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Düşük-orta riskli sivilaşmaya bağlı oturmalar için ve daha yüksek riskli durumlarda ön tahminlerin bulunabilirliğini göstermişlerdir.

Şahin ve Çetin (2023), Kahramanmaraş'da, Doğu Anadolu Fayı boyunca gerçekleşen M 7.8 ve M 7.6 büyüklüğünde iki büyük deprem sonucunda Hatay'da bulunan petrokimya tesisinde sivilaşma sonrası meydana gelen zemin deformasyonlarını değerlendirmişlerdir. CPT, SPT ve laboratuvar verilerinde yararlanarak yaptıkları sivilaşma analizinde, tamamen doymuş temiz kumlar ve/veya çakıllar ile bunların plastik olmayan ince tanelerle karışımları, sivilaşmaya yatkın olarak belirlenmiştir.

Akca (2003), SPT ve CPT arasında karşılaştırma için bir veri prosedürü geliştirmiştir. Birleşik Arap Emirliklerinden gelen karbonatlı zemin numuneleri hakkında daha fazla bilgi edinmek için kuvarstik zeminleri incelemiştir. Statik penometre test yöntemleri, SPT ile elde edilenden daha çok ayrıntılı veriler sağlayacağını belirtmiştir. Yumuşak zeminlerde dinamik test yöntemlerinin pratik olduğunu bildirmiştir. CPT kaba çakıllarda ölçüm konusunda sağlıklı sonuç vermediğini belirtmiştir. CPT'nin, SPT'den daha fazla okumaya sahip olması ve istatistiksel olarak okuma sayılarının eşit olmaması nedeni ile bu iki deney arasında karşılaştırma yapılamayacağını düşünmüştür. Bu nedenle doğrudan korelasyon oluşturulamayacağı ve CPT okumaları için bir ortalama alınması gerektiği önermiştir.

Seed ve diğ. (2003), zemin sivilaşma analizlerine temel oluşturan önemli konuları vurgulayarak, devam etmekte olan araştırmalar ile ilgili bazı önerilerde bulunmuşlardır. Sivilaşma potansiyelinin değerlendirilmesinde ilk adım olarak, sivilaşmanın tetiklenmesi veya bir alanda potansiyel olarak sivilaşabilen zeminlerin bulunup bulunmadığının belirlenmesi olduğunu belirtmişlerdir. Bu amaçla, hangi zemin türlerinin sivilaşma potansiyeli olduğunun sorgulanması gerektiğini belirtmişlerdir. Sivilaşma tetikleme potansiyelinin değerlendirilmesi için yaklaşımlarda bulunan araştırmacılar, sivilaşma potansiyeli için mevcut en iyi olasılıksal korelasyonları karşılaştırmışlardır. Sivilaşma analizleri için kullanılan, gerilme azaltma katsayısı olan “ r_d ” değerinin derinliğe, deprem büyüklüğüne, sarsıntı şiddetine ve arazi rijitliğine bağlı belirlenmesi için yeni bir ampirik bağıntı önermişlerdir.

Kanıbir (2003), 1999 yılında meydana gelen Kocaeli depreminde, Sapanca Gölü kıyısında sıvılaşma sonucu meydana gelen zemin deformasyonları ve yanal yayılma ile ilgili değerlendirmede bulundukları çalışmalarında yanal yayılmaları hem kıyı şeridinde hem de şehir merkezinde çeşitli yerlerde hava fotogrametrisi tekniği ile gözlemlemişlerdir. Sapanca bölgesindeki zemin profilleri ve özellikleri, gerçekleştirilen 55 adet sondaj çalışması, SPT ve laboratuvar testleri ile elde edilmiş olup sıvılaşma analizlerinde Youd ve Idriss (2001) tarafından önerilen yöntemler kullanılmıştır. Araştırma kapsamında sınırlı sayıda örnek üzerinde sallama masası testleri de yapılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda Sapanca'da sıvılaşmanın, öncelikle 1 ve 14 m derinliklerinde Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpazelerde gerçekleştiğini ve başlıca sıvılaşma kaynaklı yanal yayılma alanlarının kıyı ve dereler boyunca konumlandığı belirtilmiştir.

Erken ve diğ. (2004), depremler suya doymuş gevşek yerleşimli kum ve düşük plastisiteli yumuşak siltlerde sıvılaşma gözlenirken plastik silt ve killerde deprem sonrasında statik mukavemetlerde azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak kum ve düşük plastisiteli siltlerde sıvılaşma sırasında zeminin taşıma gücünün tamamen ortadan kalktığını, yumuşak plastik silt ve killerde ise taşıma gücünde azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Depremlerde yumuşak kıvamlı suya doymuş plastik silt ve killerin hâkim olduğu temel altında yer alan zeminlerin statik mukavemetinin azalması ile taşıma gücünün de azalarak temel zeminin göçeceği göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmişlerdir.

Lin ve diğ. (2004), çakıllı zeminlerde genel olarak sıvılaşma potansiyeli olmadığı düşünülmese de, 1999 yılında Chi-Chi Tayvan'da ve 1988'de Ermenistan'da meydana gelen depremlerde çakıllı zeminlerde de sıvılaşma olduğunu belirtmiştir. Çakıllı zeminler hem standart penetrasyon testinin hem de konik penetrasyon testinin penetrasyonunu engelleyebildiğinden, çakıllı zeminlerin sıvılaşma direncini değerlendirmek için kayma dalgası hızına dayalı deney (V_s) ve büyük penetrasyon deneyi (LPT) kullanılarak Chi-Chi depreminde sıvılaşma gözlemlenen çakıllı bir zemin üzerinde analizler yapmışlardır. LPT bazlı ve V_s bazlı korelasyonları doğrulamak ve iyileştirmek için laboratuvar da çakıllı zemin örnekleri üzerinde büyük ölçekli tekrarlı üç eksenli testler yapılmıştır. Sonuçlar LPT ve V_s yöntemlerinin çakıllı zeminlerin sıvılaşma değerlendirmeleri için oldukça uygun olduğunu göstermektedir.

Ulusay ve diğ. (2004), çalışmalarında 3 Şubat 2002 tarihinde Afyon'da meydana gelen Çay-Eber depremi genel özelliklerini, fay mekanizmasını, yerel zemin koşullarını ve sıvılaşma

durumunu değerlendirmiştir. Sıvılaşmanın bu depremde çok sınırlı bir alanda gerçekleştiği ve kum kaynamalarının, çatlakların ve sıvılaşmaya bağlı yanal yayılmanın sadece sıvılaşmaya duyarlı siltli kum tabakalarının çok sığ derinliklerde olduğu birkaç yerde gözlendiği belirtilmiştir. Araştırmacılar tarafından sıvılaşma verilerini değerlendirmek için tekrarlı üç eksenli test sonuçları kullanılarak yapılan geri hesaplamalarda, bu deprem sırasında sıvılaşmayı tetiklemek için en azından 0.21 g'lık bir ivme değerinin gerekli olduğu ifade edilmiştir.

Juang ve diğ. (2005), mevcut binaların temellerinde veya bina yakınlarında sıvılaşma kaynaklı zemin hasarının ciddiyetini tahmin etmek için ampirik bir prosedür önermişlerdir. Önerilen kriterler, 1999 Kocaeli (Türkiye) depremi ve 1999 Chi-Chi (Tayvan) depreminden elde edilen 30 vaka geçmişine dayanarak elde edilmiştir. Bu veriler, sıvılaşma sonucu ortaya çıkan hasarın ve CPT ile elde edilmiş olan zemine ilişkin verilerin gözlem ve değerlendirmesinden oluşmaktadır. Bu veriler kullanılarak zemin hasar olasılığına karşı sıvılaşma potansiyeli indeksi grafiğinden, hasar sınıfına yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Sıvılaşma kaynaklı hasar şiddetini değerlendirmek için önerilen prosedür ve sınıflandırma kriterlerinin; eğimi $< 1^\circ$ olan, $M_w=7.4-7.6$ deprem büyüklüğü ve sıvılaşma derinliği < 20 m olan alanlar için geçerli olduğu belirtilmiştir.

Pehlivan (2009), CL, ML, CH ve MH sınıfı örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde yapılan dinamik deney sonuçlarını değerlendirerek, ince taneli zeminlerin aşırı gözenek suyu basıncı oluşumu esnasındaki davranışını araştırmıştır. Araştırmacı; suya doymuş temiz kumların gözenek suyu basıncı oranına karşılık birim makaslama deformasyonlarının, LL, PI ve w/LL 'ye bağlı bir fonksiyonu olduğunu belirlemiştir.

Robertson (2010), CPT deneyinin zemin stratigrafisini belirlemede önemli olduğunu bildirmiştir. Robertson ve diğerleri tarafından (1986) da bir izelge sunulmuştur. Bu izelge yeniden oluşturulmaya çalışılarak düzenlemeye gitmiştir. Normalleştirilmemiş CPT sonuçları önerilmiştir. Normalleştirilmemiş zemin davranış indeksi, Robertson ve Wride (1989) tarafından önerilen normalleştirilmiş SBTn indeksi (I_c) ile aynı olduğu görüşüne varılmışlardır. SBT indeksi gerçek zamanlı veri işleme ve yorumlama için elverişli olduğunu belirtmiştir.

Orhan ve Ateş (2012), alışmasında Saruhanlı'da (Manisa) bulunan inceleme alanında yer alan alüvyon zeminlerde gerçekleştirilen 28 adet CPT verisini kullanarak sıvılaşma potansiyelini değerlendirmişlerdir. Büyüklüğü $M_w = 7.1$ olan deprem hareketi ve 0.28 g pik yatay yer ivmesi değeri ile sıvılaşma analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda inceleme alanı zemininde

yer alan kum, kil ve siltlerin sismik yükler altındaki davranışları değerlendirilmiştir. İnceleme alanı için belirlenen sıvılaşma potansiyeli ile alan içinde yüksek potansiyele sahip lokasyonlar belirlenmiştir.

Ecemiş ve Karaman (2014), temiz kumlar ve nispeten az miktarda plastik olmayan/düşük plastik ince taneler içeren kumlar üzerinde Robertson ve Wride (1998) tarafından önerilen mevcut CPT tabanlı sıvılaşma analizi yöntemi gerçekleştirmişlerdir. CPT tabanlı sıvılaşma değerlendirmesinde ince taneli içeriğin artmasıyla sıvılaşma direncinin artmasının hem koni penetrasyon direncindeki azalma hem de sıvılaşma direncindeki artıştan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Sönmez vd. (2015), SPT, CPT, makaslama dalga hızı (V_s) gibi yerinde yapılan deneylerle zeminlerin sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısının (FL) bulunmasının mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Her bir verinin girdi olarak kullanılabildiğini ve kullanılan yöntemlerle veri sayılarının arttırılarak gelişmesine imkân sunduğunu belirtmiştir. CPT deneyi ile çevrimsel direnç oranı (CRR)'nin belirlendiği abak 1999 Chi-Chi depremine ait Ku ve diğ. (2004) tarafından oluşturulan verilerle yapay sinir ağı (ANN) geliştirmişlerdir. CPT qc değeri önemli bir etken olması ile birlikte zemin ince tane içeriği ve tane şekli gibi özellikleri belirsizliklere neden olabileceğini göstermiştir. ANN modeli oluşturularak kullanılan her veri ile CPT tabanlı sıvılaşma potansiyeli değerlendirme abağını oluşturmuşlardır.

Gouxing ve diğ. (2017), sıvılaşma analizlerinde kullanılan SPT, CPT ve V_s ölçümlerinin tümünün CRR değerini elde etmek için kullanılabilsede kayma dalgası hızına bağlı yöntemin SPT ve CPT kullanılmayan çalışma alanlarında da kolaylıkla veri elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, farklı araştırmacılara ait çalışmalardan elde edilen verileri kullanmış olup, bu veriler 49 depremden oluşan 618 vaka geçmişini kapsamaktadır. Çalışma sonucunda araştırmacılar, V_s tabanlı yeni sıvılaşma tetikleyici ilişki denklemi ve basitleştirilmiş olasılıksal versiyonunu geliştirmişlerdir. Çalışmada olasılık kontur eğrileri esas alınarak, üç sıvılaşma potansiyeli bölgesi seçilmiştir. Bunlar sırasıyla sıvılaşmayan, geçiş ve sıvılaşma bölgeleri olup, sıvılaşma olasılıkları $\leq 9\%$, $9-95\%$ ve $\geq 95\%$ olarak belirtilmiştir.

Yang ve diğ. (2017) çalışmalarında, laboratuvarda gerçekleştirilen tekrarlı üç eksenli deney verileri ile Christchurch (Yeni Zelanda) güneybatı kesiminde sıvılaşma gözlemlenmeyen üç farklı alan için siltli zeminlerin, deprem gibi etkisi altında tepkisini yorumlamışlardır. Doğal siltli zemin örnekleri için laboratuvar ortamında elde edilen veriler ile CPT tabanlı sıvılaşma

prosedürleri arasındaki ilişki karşılaştırılmıştır. Siltli zeminlerin tekrarlı yükler altında tepkisinin değerlendirilmesinin, sıvılaşma analizlerinde sayısal modelleri kalibre etmek için öngörüler sunduğu belirtilmiştir.

Şahin ve Çetin (2024), Kahramanmaraş'da, Doğu Anadolu Fayı boyunca gerçekleşen M 7.8 ve M 7.6 büyüklüğünde iki büyük deprem sonucunda Hatay'da bulunan petrokimya tesisinde sıvılaşma sonrası meydana gelen zemin deformasyonlarını değerlendirmişlerdir. CPT, SPT ve laboratuvar verilerinde yararlanarak yaptıkları sıvılaşma analizinde, tamamen doymuş temiz kumlar ve/veya çakıllar ile bunların plastik olmayan ince tanelerle karışımları, sıvılaşmaya yatkın olarak belirlenmiştir.

3.3. MALZEME VE ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

Çalışma alanındaki zemin özelliklerinin belirlenebilmesi için üç farklı yöntem kullanılmıştır. İlk olarak, SPT ile zeminden numuneler alınmış ve yerinde araştırmalar yapılmış, zemin davranışına dair önemli veriler elde edilmiştir. İkinci olarak, CPT yöntemiyle daha sık aralıklarla deney yapılmış ve daha detaylı olacak şekilde zeminin sertliği ve dayanımı hakkında bilgi edinilmiştir. Üçüncü olarak, jeofizik yöntemlerle yer altındaki zemin yapılarına dair daha geniş çapta veriler toplanmıştır. Elde edilen bu veriler ışığında, zeminin sıvılaşma potansiyeli detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Deniz üzerinde, deniz yüzeyinden itibaren 13,00-64,95 metre arasında değişen derinliklere sahip toplam 811,66 metre derinliğinde 25 adet, kara üzerinde ise 15,00-20,00 metre arasında değişen derinliklere sahip toplam 94 metre derinliğinde 5 adet kara sondajı açılmıştır. Çalışma alanı içerisinde yapılan deniz tabanı araştırma sondajları dubaya monteli, hidrolik beslemeli rotary makinesi ile yapılmıştır. Bu çalışmalar sırasında yapılan SPT deney verileri ve laboratuvar sonuçlarından yararlanarak TBDY (2018), Seed ve diğ. (2003), JMO (2021), Youd ve diğ. (2001), Seed ve Idriss (1971), Ulusay (2010)'a göre sıvılaşma analizi yapılmıştır.

CPT deneyi, toplam 178,73 metre derinliğinde 10 farklı lokasyonda yapılmıştır. CPT deneyleri denizde ayaklı duba üzerinde A.P. Van Den Berg marka, HYSON 200 KN model test seti ile yapılmıştır. Koni ucunda oluşan direnç (qc), silindirik yüzeyde oluşan sürtünme (fs) ve penetrasyon sırasında oluşan boşluk suyu basınçları (u) elektronik olarak ölçülmektedir. Penetrasyon sırasında 2 cm ara ile ölçülen uç ve çevre sürtünmesi verileri bilgisayar aracılığı ile kaydedilmiştir.

Kaydedilen veriler GeoLogismiki, CPeT-IT 3.0 yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. CPeT-IT, CPTu verilerinin yorumlanmasına yönelik bir yazılımdır. CPeT-IT, CPT verileri alır ve Lunne, Robertson ve Powell (1997) tarafından yapılan kapsamlı incelemeye ve Profesör Robertson tarafından yapılan son güncellemelere dayanan güncel yayınlanmış korelasyonları kullanarak Zemin Davranış Tipi (SBT) ve çeşitli geoteknik zemin ve tasarım parametreleri açısından temel yorumlama yapar. Bunlara ek olarak TBDY (2018), Seed ve Idriss (1971), Seed vd. (1975), Liao ve Whitman (1986), NCEER (1997), Robertson (2016), Robertson (1990), Robertson ve Wride (1998)' e göre sıvılaşma analizi yapılmıştır.

Çalışma alanında belirlenen 8 hat üzerinde, karşılıklı atış olacak şekilde ofset mesafesi 12 m, jeofon aralıkları 3 m ve toplam hat uzunluğu 57 m olmak üzere hat boyunca 4,5 Hz' lik düşey jeofonları kullanılarak "Sismik Kırılma ve MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave)" ölçümü yapılmıştır. Sismik Kırılma ve MASW ölçümünden elden edilen kayma dalga hızı (Vs) kullanılarak Seed ve Idriss (1971), Youd ve Idriss (2001)' e göre sıvılaşma analizi yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

4.1.1. Stratigrafi

4.1.1.1. Çağlayan Formasyonu (Kça)

Doğu Pontidlerde Üst Kretase dönemi volkanizmasının üçüncü evresinde gelişen bazik volkana-tortul karakterli istif Çağlayan Formasyonu olarak Güven (1993) tarafından tanımlanmıştır. Çağlayan Formasyonu volkano - tortul bir istif olup, andezit - bazalt karakterli lav ve piroklastları ile genellikle kırmızı - bordo renkli biyomikrit, kumtaşı, marn ara tabakalarından oluşur.

Çağlayan Formasyonu; Çayırbağı, Düzköy, Derecik, Esiroğlu, Yomra - Arsin - Araklı güneyi, Köprübaşı ve Of yörelerinde yüzeylenmekte olup kalınlığı yaklaşık 800 metredir.

4.1.1.2. Bakırköy Formasyonu (KTb)

Doğu Pontid Kuzey Zonunda, Üst Kretase döneminde asit ve bazik volkanik aktivitenin faaliyetlerini tamamlamasından sonra sığ ve derin denizel havzalarda türbiditik veya resifal çökeltiler oluşmuştur. Türbiditik karakterli olan bu çökeller Doğu Pontid Kuzey Zonunda

Bakırköy Formasyonu olarak haritalanmıştır. Artvin ili kuzeyinde, Bakırköy yöresinde tipik kesitlerinden birimi veren bu birim Güven (1993) tarafından tanımlanmıştır. Bakırköy Formasyonu inceleme alanında; Polut Dağı, Hayrat civarı, Aktoprak, Araklı ve Yomra güneyi, Trabzon Merkez Hacımehmet - Uğurlu ve Gürbulak yöreleri ile Tonya yöresinde yüzeylenir.

Birim çoğunlukla gri renkli marn, gri - beyaz renkli killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve az oranda kumtaşlarından oluşmuştur. İnce ve orta kalınlıkta tabakalı yapı izlenir. Formasyonun kesin olmayan kalınlığı 100 - 250 metre arasındadır.

4.1.1.3. Kaçkar Granitoyidi (Tk1, Tk2)

Rize ilinin güneydoğusunda bulunan yüksek dağ silsilesi Kaçkar dağları olarak bilinmektedir. Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler içerisine sokulum yapan granitoyidler yoğun şekilde bu yörede izlendiği için “Kaçkar Granitoyidi” olarak isimlendirilmiştir. Bu granitoyidler, Coğullu (1970) tarafından “Rize Graniti” olarak isimlendirilmiştir. Söz konusu intrüziflerin kompleks bir yapı içerisinde granitten gabroya kadar değişim göstermesi nedeniyle, granitoyid tanımına daha uygun olacağı Güven (1993) tarafından belirtilmiştir.

Mesozoyik yaşlı istifler içerisine sokulum yapan ve Senozoyik yaşlı istiflerden daha yaşlı olduğu belirlenen intrüzif kayalar Kaçkar Granitoyidi-I olarak, Senozoyik yaşlı istifler içine sokulum yapanlar ise Kaçkar Granitoyidi-II olarak ayrılmıştır.

4.1.1.4. Kabaköy Formasyonu (Tk)

Trabzon şehrinin yerleşim alanının genelinde görülen bu birim; yeşilimsi gri renkli andezit lav ve piroklastları, yeşilimsi siyah renkli bol ojit ve hornblendli bazalt, lav ve piroklastları ile ardışıklı olarak bulunan kumtaşı ve kumlu kireçtaşlarından oluşur.

Formasyon Karadeniz kıyı şeridinin Akçaabat-Yomra arasında kalan kesiminde Beşirli Formasyonu tarafından açısız uyumsuzlukla üstlenir. Genellikle koyu renkli olan volkanitlerin tabanındaki sarımsı renkli bol fosilli tortullar bir kılavuz seviye niteliğindedir. Formasyon Üst Kretase dönemine ait çeşitli birimlerin üzerine aşınma uyumsuzluğu ile oturur. Kalınlığı yaklaşık 800 metre kadardır.

4.1.1.5. Beşirli Formasyonu (Plb)

Formasyon, Güven (1993) tarafından tanımlanmıştır. Tipik yüzeylemeleri Trabzon il merkezinde Boztepe Mahallesi, batıda 2 nolu Beşirli ve Akyazı beldesi ile Yıldızlı (Sera) deresi, Söğütlü (Kalanima) deresi, Akçaabat yöresi, Vakfikebir-Beşikdüzü yöresi, Yomra ve Araklı

yörelerinde izlenir. Formasyon genellikle kötü katmanlı, gevşek çimentolu ve breşten oluşmuştur. İçinde yer yer iri taneli kumtaşları ile kalın katmanlı kireçtaşları (Akçaabat-Kireçhane) ve bazaltik aglomeralar izlenir.

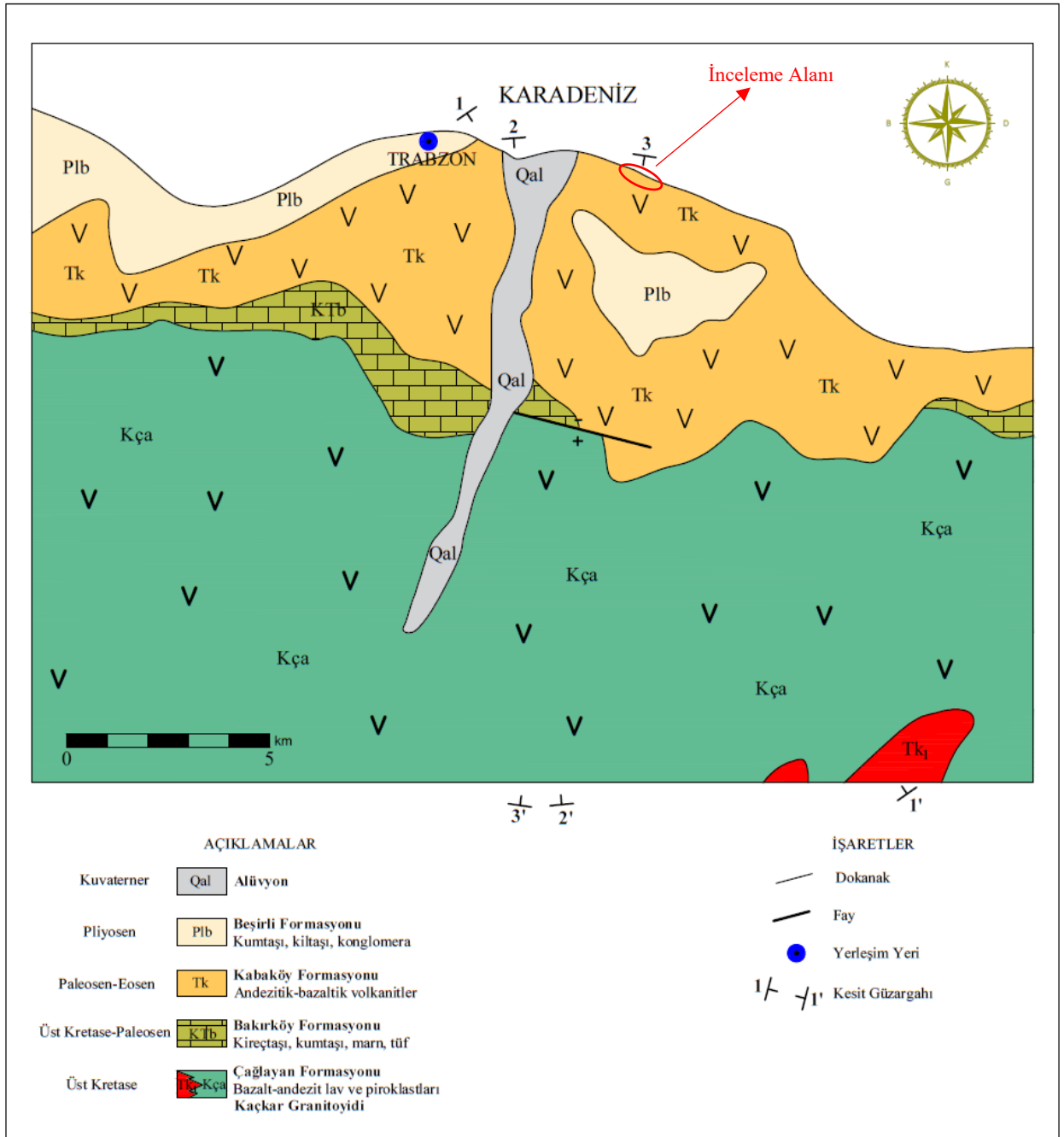
Beşirli Formasyonu Boztepe mahallesinde, Miyosen (ponsiyen) yaşlı kumlu killi silttaşları üzerine uyumsuz oturur. Genelde ise Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu üzerine uyumsuz olarak izlenir. Formasyonun kalınlığı 250 m olup, yaşlı Miyosen formasyonları üzerine uyumsuzlukla oturması nedeniyle göreceli olarak Pliyosen yaşı verilmiştir.

4.1.1.6. Alüvyon (Qal)

Çalışma alanının iç kesimlerinden doğan ve Karadeniz'e dökülen derelerin, denize yakın kesimlerinde düzlük alanlarda çökelen; kum, mil, silt ve çakıl yığınlarından meydana gelmiş, kötü boyplanmalı güncel oluşuklar olarak yer almaktadır.

MESOZOYİK		SENOZOYİK				ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
KRETASE	ÜST KRETASE	KAMPANİYEN-MAASTRİHTİYEN	TERSİYER	KUV.			ALÜVYON			Qal		Kum, Kil, Çakıl	
				PLİO.			BEŞİRLİ	Plb		BEŞİRLİ FORMASYONU Kumtaşı, Kilitaşı, Konglomera			
				EOSEN			KABAKÖY	Tk		KABAKÖY FORMASYONU Andezitik-Bazaltik Volkanitler			
				PALEOSEN			BAKIRKÖY	KTb		BAKIRKÖY FORMASYONU Kireçtaşı, Kumtaşı, Marn, Tüf			
							ÇAĞLAYAN	Kça		ÇAĞLAYAN FORMASYONU Bazalt-Andezit Lav ve Piroklastları			

Şekil 4.1: Çalışma alanı genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti.



Şekil 4.2: Çalışma alanının içinde yer aldığı bölgenin genel jeoloji haritası (MTA, 2008 ve Yücel, 2013'den düzenlenerek çizilmiştir).

Çalışma alanının jeolojisi; açılan kara ve deniz sondaj kuyularına göre ilk seviyelerde alüvyona ait kum, siltli kum, siltli çakıllı kum, çakıllı kum, silt ve kil birimleri gözlenmektedir. Sonrasında ise kuyu sonuna kadar ilerlenen seviyelerde Kabaköy Formasyonu'na ait andezit ve bazalt birimlerine rastlanılmaktadır.

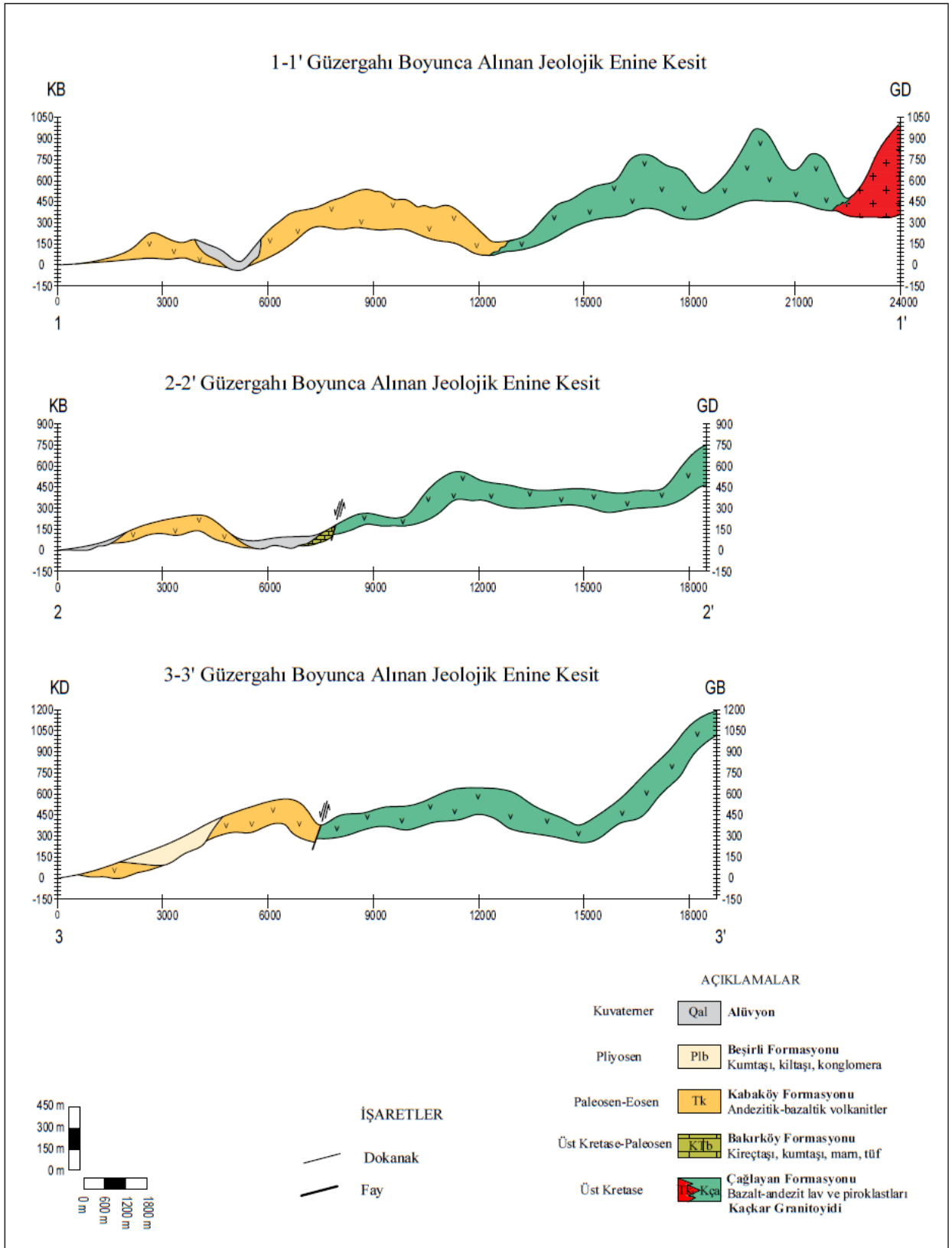
Çalışma sahasını ve çevresindeki jeolojik birimlere ait genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti Şekil 4.1’de, çalışma alanının içinde yer aldığı bölgenin genel jeoloji haritası ise Şekil 4.2’de verilmiştir.

Çalışma alanının genel jeolojisini anlayabilmek amacıyla jeolojik enine kesitler alınmıştır (Şekil 4.3). Kesitler alınırken alanın irtifa bilgileri, Google Earth’den ve Erol (1991) tarafından hazırlanan jeomorfoloji haritasından faydalanılarak, jeolojik birimleri daha net bir şekilde yansıtılabilmesi için temsili olarak çizilmiştir.

1-1’ kesiti KB-GD güzergahında ve 24000 metre uzunluğundadır. Deniz seviyesinden güneydoğuya doğru gidildikçe yüksekliğin arttığı gözlenmektedir. Bu artışla birlikte aynı doğrultuda gidildikçe daha yaşlı kayalarla karşılaşmaktadır. Karadeniz’e akan Değirmendere boyunca alüvyon birimi çökelmiştir. Güzergâh boyunca ilerlediğimizde gençten yaşlıya doğru Paleosen-Eosen ve Üst Kretase yaşlı volkanik birimler birbirini takip etmiştir. Kesitin en son kesimlerinde, güneyde yer alan Üst Kretase yaşlı volkanik birimlerin içerisine sokulum yapan granitoyid birimi gözlenmektedir.

2-2’ kesiti KB-GD güzergahında ve 18500 metre uzunluğundadır. Deniz seviyesinden güneye doğru gidildiğinde Paleosen-Eosen yaşlı volkanik birimden oluşan tepenin iki yamacında Değirmendere’nin birikintileri olan alüvyon birimi çökelmiştir. Güneye doğru gitmeye devam ettiğimizde daha genç olan Üst Kretase-Paleosen yaşlı sedimenter birimin yanına fayla yükselerek Üst Kretase yaşlı volkanik birimler yerleşmiştir. Fayın eğimi temsili çizilmiş olup, fayın hareketi ise yaşlı birimin olduğu bloğun yükselmesinden yola çıkılarak belirlenmiştir.

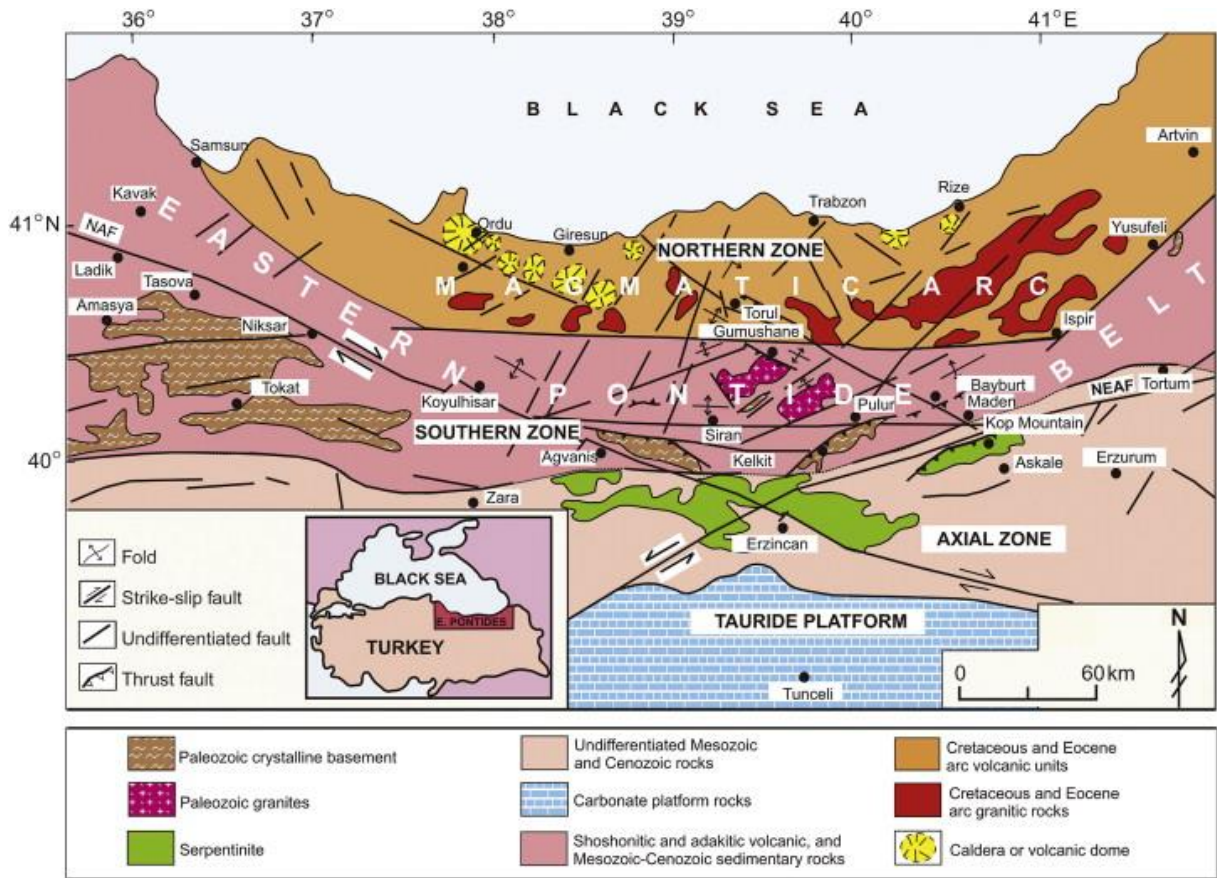
3-3’ kesiti KD-GB güzergahında ve 18800 metre uzunluğundadır. Deniz seviyesinden güneybatıya doğru gidildiğinde öncelikle Paleosen-Eosen yaşlı volkanik birimlere ve Pliyosen yaşlı sedimanter birimlere rastlanılmıştır. 2-2’ kesitinde de gözlenen fay bu kesitte daha genç olan Paleosen-Eosen yaşlı ve Üst Kretase yaşlı volkanik birimlerin arasında gözlenmiştir. Fayın eğimi temsili çizilmiş olup, fayın hareketi ise yaşlı birimin olduğu bloğun yükselmesinden yola çıkılarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3: Çalışma alanı genel jeoloji enine kesitleri.

4.2. YAPISAL JEOLJİ

Doğu Karadeniz Bölgesi olarak isimlendirilen ve Karadeniz'in güneydoğu sahiline paralel yaklaşık 500 km uzunluğunda ve 200 km genişliğinde bir dağ zincirinden oluşan Türkiye'nin KD kesimi, jeolojik olarak Doğu Pontid Orojenik Kuşağı olarak adlandırılan tektonik birliğe karşılık gelir (Ketin, 1976). Bu tektonik birlik; litolojik farklılıklar, jeolojik ve jeofiziksel özellikler, tektonik yapılar ve fasiyes değişimlerine bağlı olarak kuzeyden güneye doğru Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen Zonu olarak isimlendirilen üç farklı alt birliğe ayrılır (Bektaş ve diğ., 1995; Eyüboğlu ve diğ., 2007).



Şekil 4.4: Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Ana Tektonik-Litolojik Birliktelikleri (Eyüboğlu vd., 2007).

Doğu Pontid Orojenik kuşağının paleo-tektonik evrimi Şekil 4.4'te görüldüğü gibi Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen Zonu olarak isimlendirilen üç farklı zondan oluşmaktadır. Çalışma alanının yer aldığı Kuzey Zonda ise Kretase ve Eosen yaşlı ark volkanik birimleri ve granitik kayalar gözlenmektedir.

4.3. DEPREMSELLİK

Türkiye, güneyde Arap ve Afrika levhalarının, kuzeyde ise Avrasya levhasının sıkışmasıyla oluşan Alp-Himalaya Kuşağı içerisinde yer almaktadır. Jeolojik olarak genç olan bu dağ kuşağı, konumunu günümüzden yaklaşık 10 milyon yıl önce kazanmaya başlamış, halen de tektonik açıdan hareketliliğine devam etmektedir. Bu hareketliliğin doğal sonucu olarak Türkiye önemli deprem riski taşımaktadır.

4.3.1. Deprem Durumu

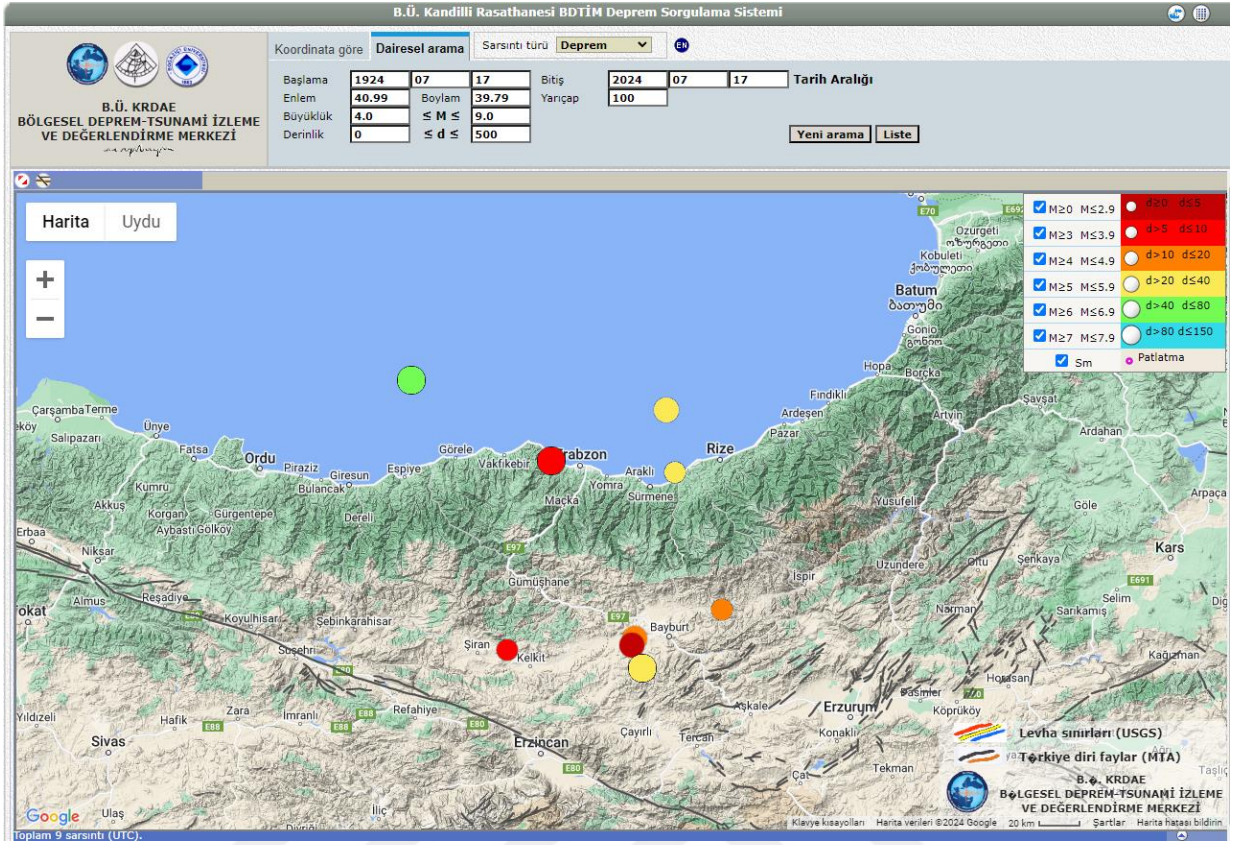
Çalışma alanının yaklaşık 130 km güneyinden Kuzey Anadolu Fayı (KAF) geçmektedir. Tarihsel ve deprem kayıtlarına göre Trabzon ve çevresinde can ve mal kaybına sebebiyet veren deprem olmamasına karşın magnitüdü 2-6 M arasında değişen deprem kayıtları mevcuttur.

28.06.1985-15.05.2009 tarihleri arasında çalışma alanı ve çevresinde Kandilli Rasathanesi Deprem Kataloğundan (<http://www.koeri.boun.edu.tr/>, Erişim Tarihi 17 Temmuz 2024) alınan bu verilere göre 100 km yarıçap içerisinde, $M \geq 4,0$ büyüklüğünde 9 adet deprem olduğu gözlenmekte ve en büyük M_w = Moment Magnitüdü (Deprem büyüklüğü) = 5,5 olduğu bulunmaktadır (Şekil 4.5, Tablo 4.1).

Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası ve parametre değerlerine göre Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı'nın internet sayfasında (<https://tdth.afad.gov.tr>, Erişim Tarihi 17 Temmuz 2024) çalışma alanındaki en büyük yer ivmesi (PGA 475) 0,204 g olarak verilmektedir.

Tablo 4.1: 100 km. yarıçap içerisindeki meydana gelmiş $M \geq 4,0$ büyüklüğündeki depremler.

No	Oluş Tarihi	Oluş Zamanı	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	M_w	M_s	Yer
1	2009.04.15	22:21:37.32	40.3755	40.5307	010.1		0.0	CAMLIKOZ- (BAYBURT) [Güney 0.9 km]
2	1990.04.22	00:49:14.00	40.2000	39.3000	0010		0.0	KAZANPINAR-KELKIT (GUMUSHANE) [Doğu 1.1 km]
3	1990.04.20	23:30:05.10	40.1200	40.0700	0022		4.7	KURUGUNEY- (BAYBURT) [Kuzey Doğu 1.6 km]
4	1986.11.01	03:18:10.30	41.2400	40.2100	0029		0.0	RIZE AÇIKLARI (KARADENİZ)
5	1985.06.28	18:19:40.50	40.2200	40.0100	0000		0.0	RUSTU- (BAYBURT) [Doğu 2.8 km]
6	1981.02.04	22:11:23.90	40.9700	40.2600	0033		0.0	OF (TRABZON) [Kuzey 3.0 km]
7	1963.04.22	15:38:23.30	41.3700	38.7500	060.0	5.5	5.4	EYNESİL AÇIKLARI-GİRESUN (KARADENİZ)
8	1954.11.07	22:52:55.50	40.2500	40.0300	020.0	4.7	4.5	ORUCBEYLI- (BAYBURT) [Doğu 3.1 km]
9	1931.07.31	00:25:56.60	41.0200	39.5500	010.0	5.2	4.9	AKCAABAT (TRABZON) [Batı 1.8 km]



Şekil 4.5: 1924’den günümüze inceleme alanı ve çevresi deprem aktivitesi ($M \geq 4.0$).

Harita Spektral İvme Katsayıları ve PGA/PGV

Yerel zemin sınıfı ZD olan zeminimiz için DD – 2 tasarım depremine (tekrarlanma periyodu 475 yıl) karşılık gelen harita spektral ivme katsayıları ve PGA/PGV değerleri;

Enlem: 40.995367° **Boylam:** 39.795296°

$S_s = 0.470$ $S_1 = 0.120$ $PGA = 0.204$ $PGV = 10.819$ olarak TDTH interaktif web uygulamasından elde edilmiştir.

Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Elde edilen harita spektral ivme katsayıları S_s ve S_1 aşağıdaki gibi tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} ’e dönüştürülür (Denklem 2.1, 2.2).

$$S_{DS} = S_s F_s \quad 2.1$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad 2.2$$

Burada F_s ve F_1 yerel zemin sınıflarına ve harita spektral ivme katsayılarına bağlı olarak TDTH İnteraktif Web Uygulamasından elde edilmektedir.

Tablo 4.2: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s < 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s > 1.50$
ZA	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
ZB	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
ZC	1.30	1.30	1.20	1.20	1.20	1.20
ZD	1.60	1.40	1.20	1.10	1.00	1.00
ZE	2.40	1.70	1.30	1.10	0.90	0.80
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Tablo 4.3: 1 sn. periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı.

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 < 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.4$	$S_1 = 0.5$	$S_1 > 0.60$
ZA	0.80	0.80	0.80	0.8	0.80	0.80
ZB	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
ZC	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.40
ZD	2.40	2.20	2.00	1.90	1.80	1.70
ZE	4.20	3.30	2.80	2.40	2.20	2.00
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_s = 0.470$ için $F_s = 1.424$

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_1 = 0.120$ için $F_1 = 2.360$

$$S_{DS} = S_s F_s = 0.470 \times 1.424 = 0.669$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.120 \times 2.360 = 0.283 \text{ olarak elde edilmiştir.}$$

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu; $T_A = 0.085$ (s) $T_B = 0.423$ (s) $T_L = 6.000$ (s)

Düşey Elastik Tasarım Spektrumu; $T_{AD} = 0.028$ (s) $T_{BD} = 0.141$ (s) $T_{LD} = 3.000$ (s)

4.4. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

4.4.1. Temel Sondaj Çalışmaları

Çalışma alanında birimlerin yanal ve düşey yöndeki değişimlerini, zemin profilini, deniz suyu derinliklerini, mühendislik özelliklerini saptamak amacıyla, deniz yüzeyinden itibaren 13,00-64,95 metre arasında değişen derinliklere sahip toplam 811,66 metre derinliğinde 25 adet deniz sondajı açılmıştır (Şekil 4.6). Deniz içerisinde yapılan sondajlar sırasında 3,00-20,80 metre derinlikler arasında deniz suyu bulunmaktadır.

Çalışma alanında, kara üzerinde 15,00-20,00 metre arasında değişen derinliklere sahip toplam 94 metre derinliğinde 5 adet kara sondajı açılmıştır (Şekil 4.7). Sondajlar sırasında 9,00-15,50 metre derinlikler arasında yeraltı suyu bulunmaktadır. Sondaj kuyularının koordinat ve derinlik bilgileri tabloda verilmiştir (Tablo 4.4). Çalışma alanında yapılan 30 adet sondaj kuyusunun uydu fotoğrafı üzerindeki yerleri Şekil 4.8’de verilmektedir.



Şekil 4.6: Deniz sondajı çalışmalarına ait arazi görünümü.



Şekil 4.7: Kara sondajı çalışmalarına ait arazi görünümü.

Tablo 4.4: Deniz ve kara sondajları koordinat ve derinlikleri.

Sondaj No	Derinlik	Koordinat (ITRF96-3°)	
		Y	X
SK-1	64.95	568678.21	4540122.98
SK-2	31.50	568148.45	4540028.58
SK-3	58.95	568326.87	4540449.81
SK-4	51.45	567821.85	4540716.62
SK-5	25.95	567850.21	4540429.97
SK-6	27.25	567618.33	4540227.30
SK-7	51.45	564446.44	4541812.31
SK-8	14.50	567144.55	4540401.89
SK-9	31.50	567294.33	4540637.73
SK-10	36.45	567326.93	4540906.44
SK-11	20.00	567079.97	4540276.94
SK-12	20.00	566649.11	4540403.98
SK-13	46.75	564888.37	4541785.35
SK-14	14.00	566686.88	4540607.51

Tablo 4.4 (devam): Deniz ve kara sondajları koordinat ve derinlikleri.

Sondaj No	Derinlik	Koordinat (ITRF96-3°)	
		Y	X
SK-15	27.00	566862.29	4540852.83
SK-16	42.45	566885.95	4541078.26
SK-17	32.00	564672.00	4541410.14
SK-18	13.00	566439.36	4540580.59
SK-19	29.00	565117.37	4541525.14
SK-20	31.93	565851.44	4541500.83
SK-21	39.45	566383.90	4541286.58
SK-22	18.50	566123.45	4540880.08
SK-23	20.00	566168.60	4540688.05
SK-24	19.00	565834.33	4540691.74
SK-25	21.00	566015.57	4541181.45
SK-26	32.95	565300.31	4541714.96
SK-27	31.93	565851.44	4541500.83
SK-28	24.25	565555.80	4541368.61
SK-29	15.00	565545.61	4541064.70
SK-30	13.50	565101.27	4541231.91

Çalışma alanının jeolojisine baktığımızda; deniz sondaj kuyularına göre, 0,45-27,50 metre kalınlıklarında kum, siltli kum, siltli çakıllı kum, çakıllı kum seviyeleri; 2,95-21,45 metre kalınlıklarında silt, kil seviyeleri; 1,50-10,00 metre kalınlıklarında andezit, bazalt kaya birimi gözlenmektedir. Açılan kara sondaj kuyularına göre, 1,60-4,40 metre kalınlıklarında siltli kum, siltli çakıllı kum seviyeleri; 4,50-9,70 metre kalınlıklarında siltli çakıl seviyeleri; 0,40 kalınlığında kil seviyesi; 7,80-15,50 metre kalınlıklarında andezit kaya birimi gözlenmektedir. Açılan sondajlarda gözlenen zemin birimleri Alüvyon'a aitken, andezit ve bazalt kaya birimleri Kabaköy Formasyonu'na aittir. Tablo 4.5'te deniz sondaj kuyularında gözlenen litoloji ve formasyonlar, Tablo 4.6'da ise kara sondaj kuyularında gözlenen litoloji ve formasyonlar detaylı bir şekilde açıklanmıştır.



Şekil 4.8: Çalışma alanında yapılan sondajlarının uydu fotoğrafı üzerindeki yerleri (Google Earth).

Tablo 4.5: Çalışma alanı deniz sondajlarının idealize litolojisi.

Deniz Sondajları				
Sondaj No	Derinlik (m)	Deniz Suyu Derinliği (m)	Litoloji	Formasyon
SK-1	15.00-16.00	15.00	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	16.00-43.50		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	43.50-64.95		Kil / Silt	Alüvyon (Qal)
SK-2	6.30-6.60	6.30	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	6.60-27.00		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	27.00-31.50		Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-3	20.50-22.50	20.50	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	22.50-42.00		Siltli Çakıllı Kum	Alüvyon (Qal)
	42.00-58.95		Silt	Alüvyon (Qal)
SK-4	19.00-20.40	19.00	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	20.40-34.00		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	34.00-49.00		Silt	Alüvyon (Qal)
	49.00-51.45		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
SK-5	9.00-9.10	9.00	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	9.10-25.95		Siltli Çakıllı Kum	Alüvyon (Qal)
SK-6	5.50-6.10	5.50	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	6.10-22.75		Siltli Çakıllı Kum	Alüvyon (Qal)
	22.75-27.25		Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-7	20.80-24.50	20.80	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	24.50-32.00		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	32.00-38.00		Silt	Alüvyon (Qal)
	38.00-51.45		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
SK-8	4.50-14.50	4.50	Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-9	8.00-8.20	8.00	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	8.20-27.00		Siltli Çakıllı Kum	Alüvyon (Qal)
	27.00-31.50		Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-10	15.00-15.40	15.00	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	15.40-36.45		Siltli Çakıllı Kum	Alüvyon (Qal)
SK-13	20.00-24.00	20.00	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	24.00-42.45		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	42.45-46.75		Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-14	4.00-14.00	4.00	Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-15	8.00-22.50	8.00	Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	22.50-27.00		Bazalt	Kabaköy Fm. (Tk)

Tablo 4.5 (devam): Çalışma alanı deniz sondajlarının idealize litolojisi.

Deniz Sondajları				
Sondaj No	Derinlik (m)	Deniz Suyu Derinliği (m)	Litoloji	Formasyon
SK-16	14.00-14.50	14.00	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	14.50-20.00		Siltli Çakıllı Kum	Alüvyon (Qal)
	20.00-42.45		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
SK-17	9.60-10.00	9.60	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	10.00-23.00		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	23.00-27.50		Siltli Çakıllı Kum	Alüvyon (Qal)
	27.50-32.00		Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-18	3.00-4.00	3.00	Kum	Alüvyon (Qal)
	4.00-6.00		Siltli Çakıllı Kum	Alüvyon (Qal)
	6.00-13.00		Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-19	12.20-12.60	12.20	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	12.60-24.50		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	24.50-29.00		Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-20	8.00-9.00	8.00	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	9.00-29.00		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	29.00-31.93		Kum	Alüvyon (Qal)
SK-21	15.30-39.45	15.30	Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
SK-22	5.50-7.50	5.50	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	7.50-14.00		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	14.00-18.50		Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-25	6.00-19.50	6.00	Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	19.50-21.00		Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-26	19.00-19.45	19.00	Siltli Çakıllı Kum	Alüvyon (Qal)
	19.45-25.50		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	25.50-28.45		Silt	Alüvyon (Qal)
	28.45-32.95		Bazalt	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-27	16.00-27.43	16.00	Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	27.43-31.93		Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-28	8.50-9.00	8.50	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi	Alüvyon (Qal)
	9.00-14.00		Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	14.00-19.75		Siltli Çakıllı Kum	Alüvyon (Qal)
	19.75-24.25		Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK-30	3.00-6.00	3.00	Çakıllı Kum	Alüvyon (Qal)
	6.00-13.50		Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)

Tablo 4.6: Çalışma alanı kara sondajlarının idealize litolojisi.

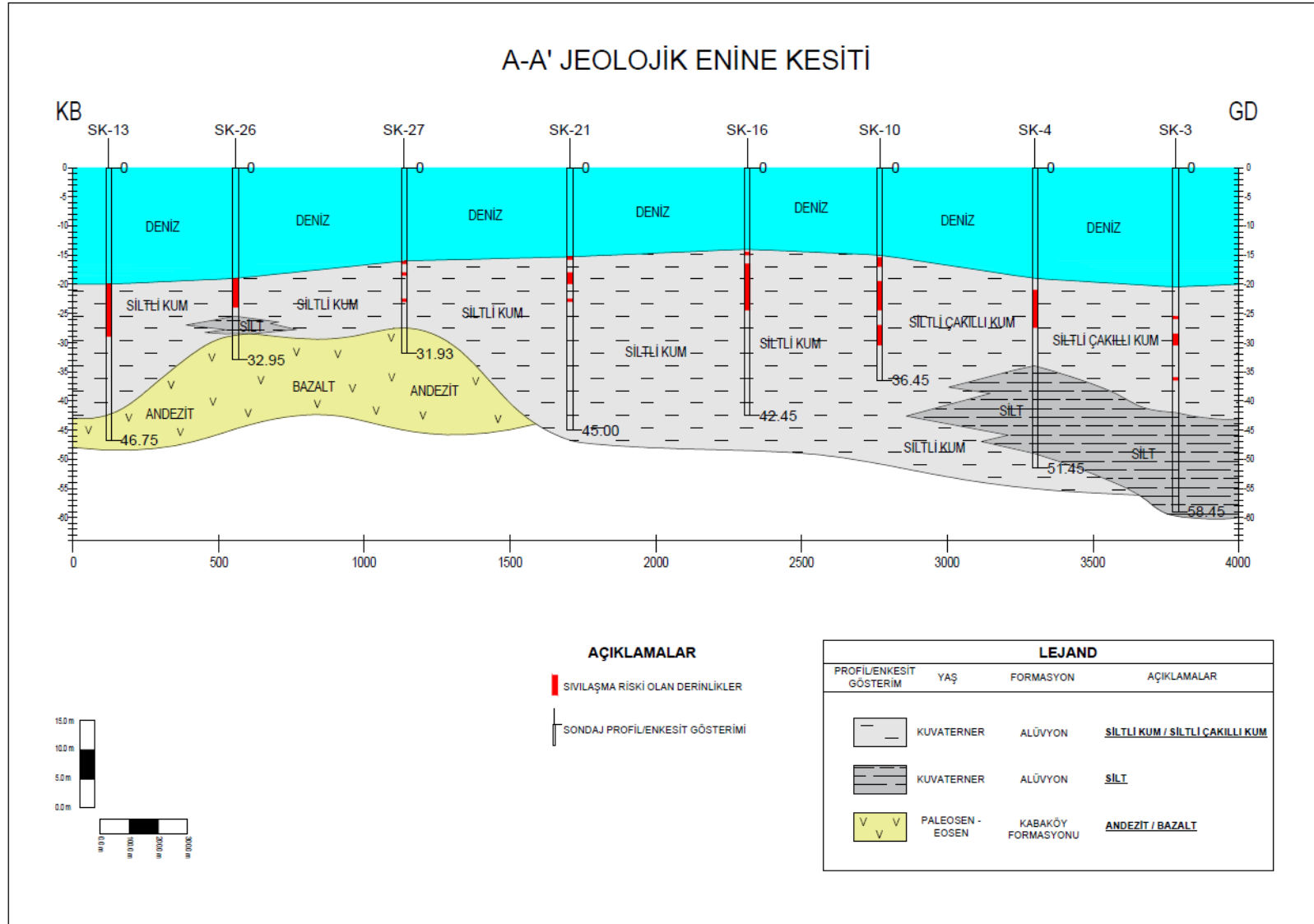
Kara Sondajları					
Sondaj No	Derinlik (m)	Sondaj Kotu (m)	Yeraltı Suyu Derinliği (m)	Litoloji	Formasyon
SK11	0.00-4.50	9.00	9.00	Siltli Çakıl	Alüvyon (Qal)
	4.50-20.00			Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK12	0.00-5.10	11.90	11.00	Siltli Çakıl	Alüvyon (Qal)
	5.10-20.00			Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK23	0.00-9.70	7.50	15.50	Siltli Çakıl	Alüvyon (Qal)
	9.70-20.00			Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK24	0.00-4.40	14.00	10.50	Siltli Çakıllı Kum	Alüvyon (Qal)
	4.40-19.00			Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)
SK29	0.00-0.40	7.50	14.60	Kil	Alüvyon (Qal)
	0.40-2.00			Siltli Kum	Alüvyon (Qal)
	2.00-7.20			Siltli Çakıl	Alüvyon (Qal)
	7.20-15.00			Andezit	Kabaköy Fm. (Tk)

Çalışma alanında yer alan jeolojik birimlerin yanal ve düşey yöndeki değişimlerini açıklamak amacı ile 8 farklı kesimden jeolojik enine kesitler alınmıştır (Şekil 4.9). Bu kesitler, üniversite e-posta hesabı kullanılarak oluşturulan AutoCAD 2024 ile hazırlanmış olup, SPT, CPT ve jeofizik çalışmalarına dayalı veriler doğrultusunda düzenlenmiştir. Bu çalışmalar sayesinde belirlenen litoloji özellikleri ve sıvılaşma riski taşıyan derinlikler detaylı bir şekilde sunulmuştur (Şekil 4.10-4.17). Kesitler çizilerek, sıvılaşma riski taşıyan seviyeler ile zemin birimlerinin derinlikleri ve litolojik özellikleri arasındaki ilişkinin detaylı bir şekilde ortaya konması ve bu parametrelerin birbirleriyle nasıl etkileşimde bulunduğu analiz edilmesi amaçlanmıştır.

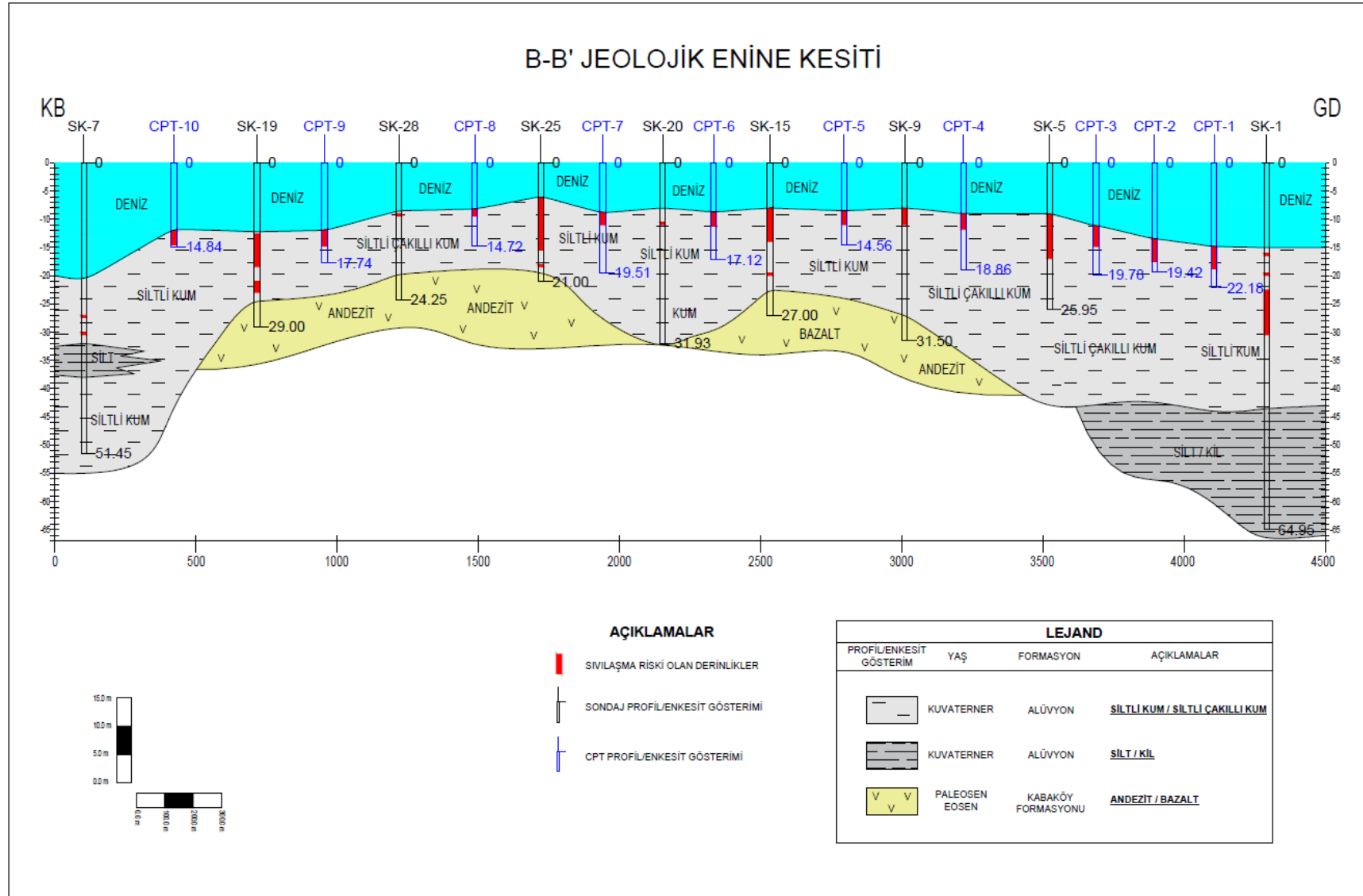
Kesitlerin genel özellikleri ve sıvılaşma durumu, daha detaylı olarak sıvılaşma analiz kesitlerinde ele alınmıştır. Burada, her bir kesitte tespit edilen litolojik farklılıklar, sıvılaşma riski taşıyan derinlikler ve bu derinliklerin potansiyel etkilerine değinilmiştir. Hem saha verileri hem de yapılan analizler ışığında, çalışma alanındaki zemin koşullarını anlamaya yönelik kapsamlı bir değerlendirme sunulmuştur.



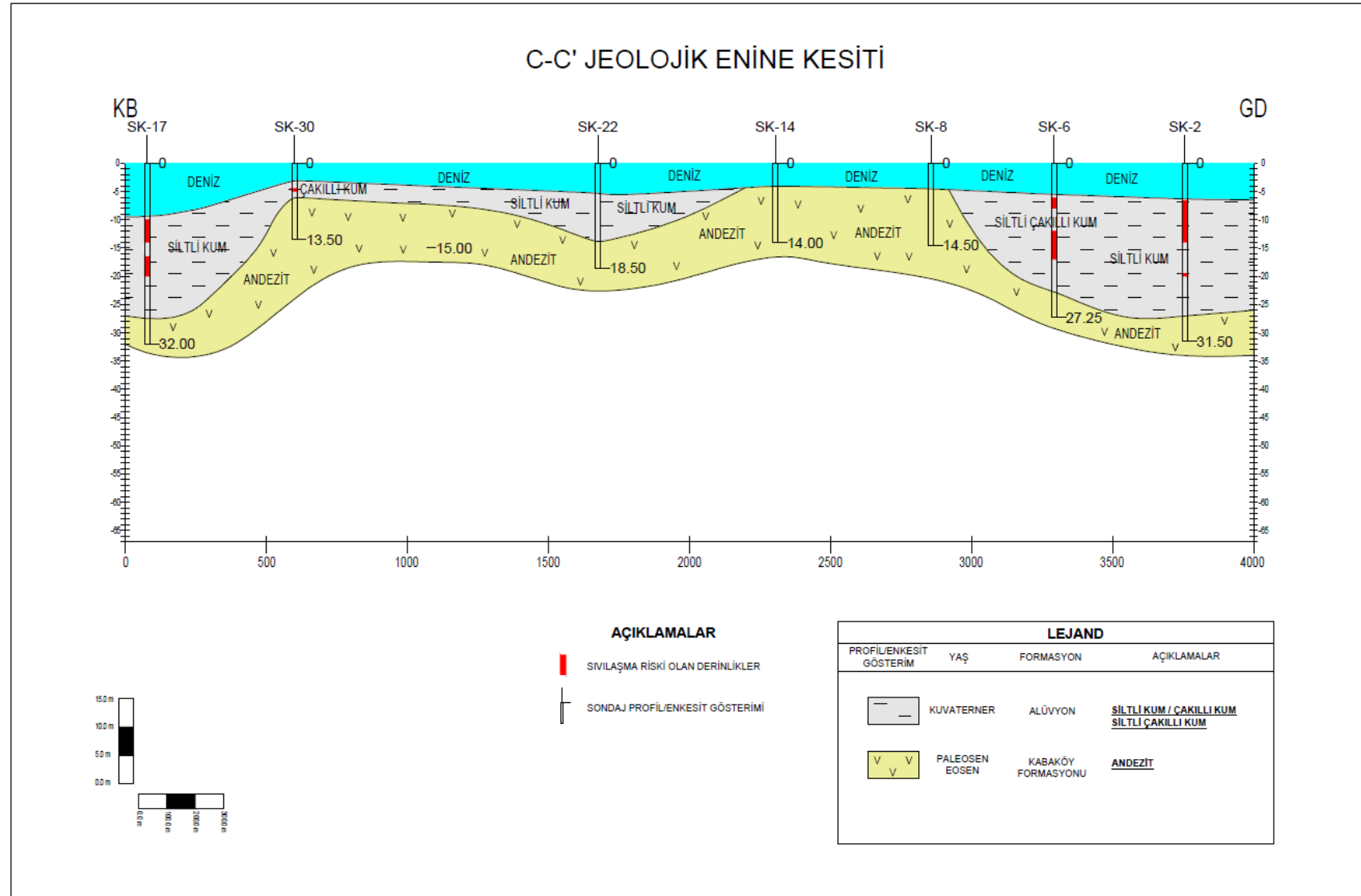
Şekil 4.9: Çalışma alanı enkesit hattı.



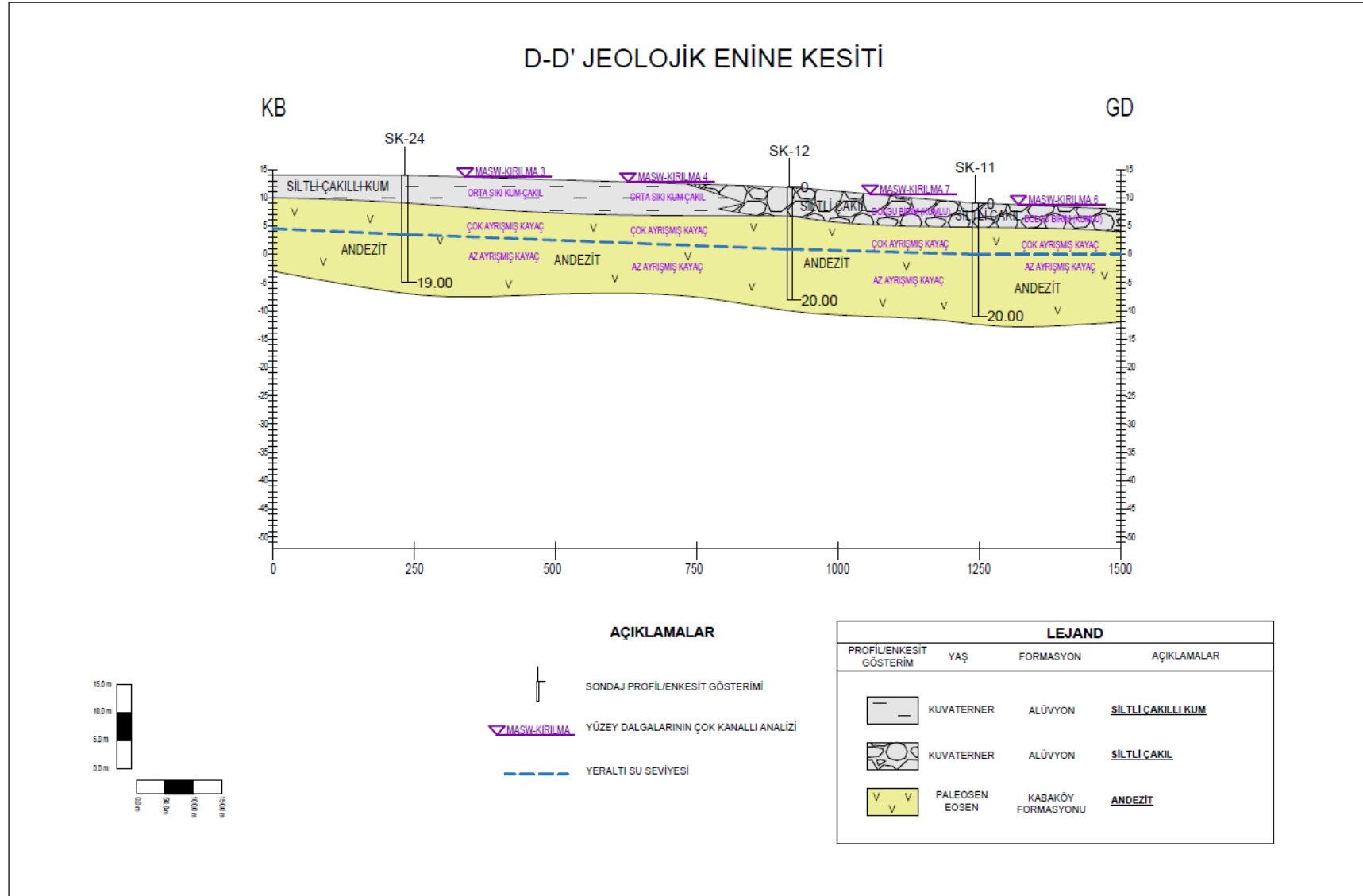
Şekil 4.10: Çalışma alanı A-A' jeolojik enkesiti.



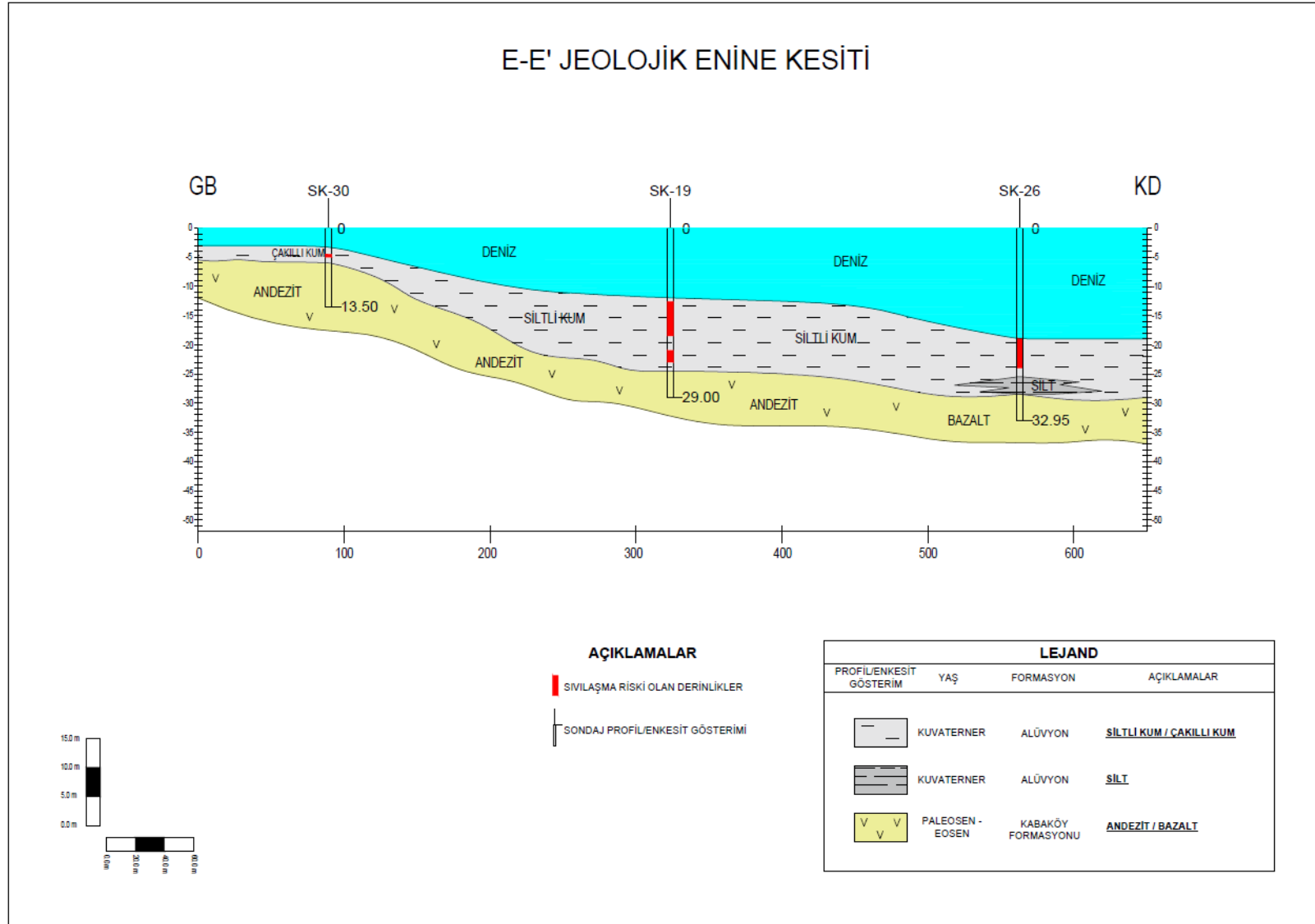
Şekil 4.11: Çalışma alanı B-B' jeolojik enkesiti.



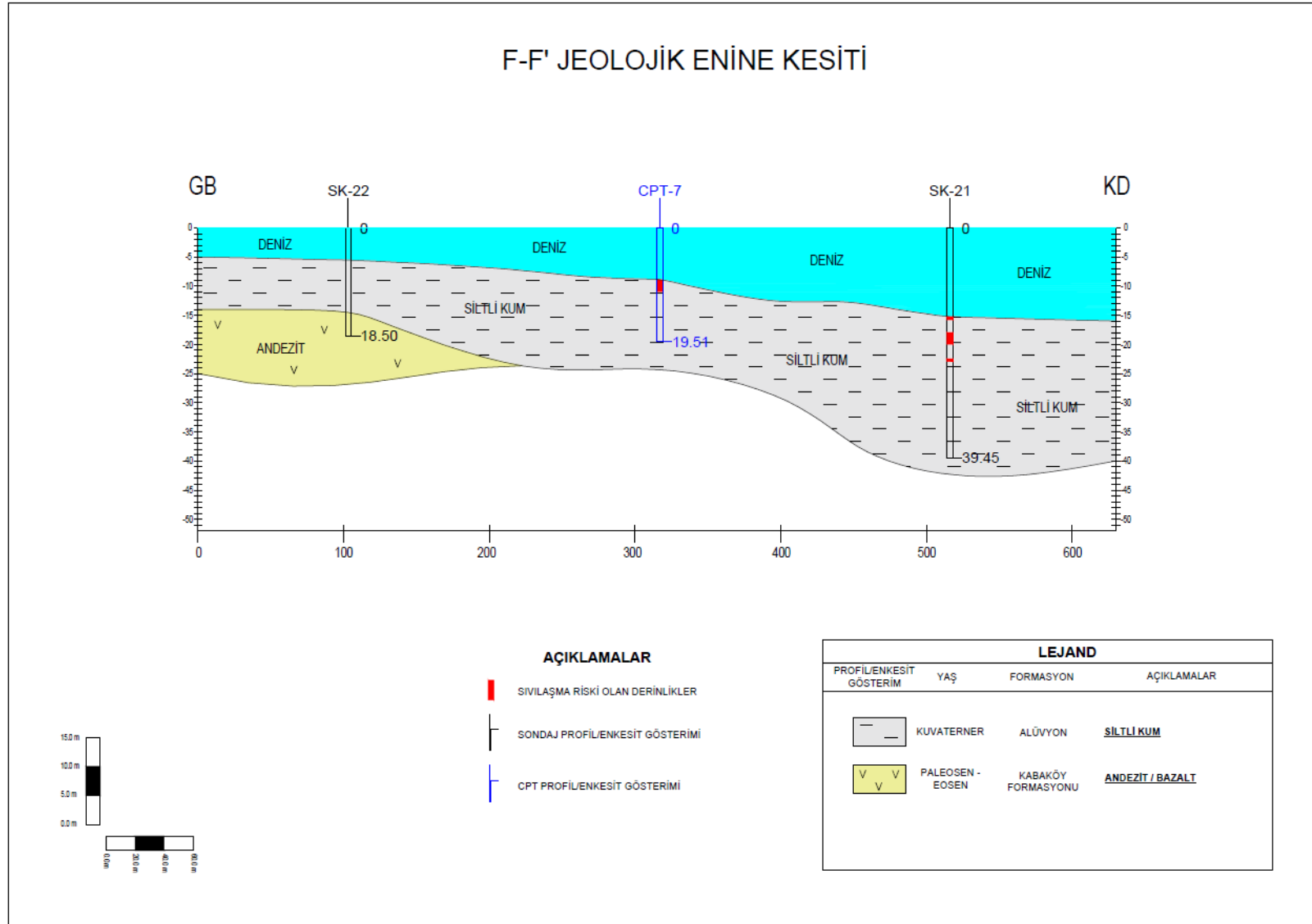
Şekil 4.12: Çalışma alanı C-C' jeolojik enkesiti.



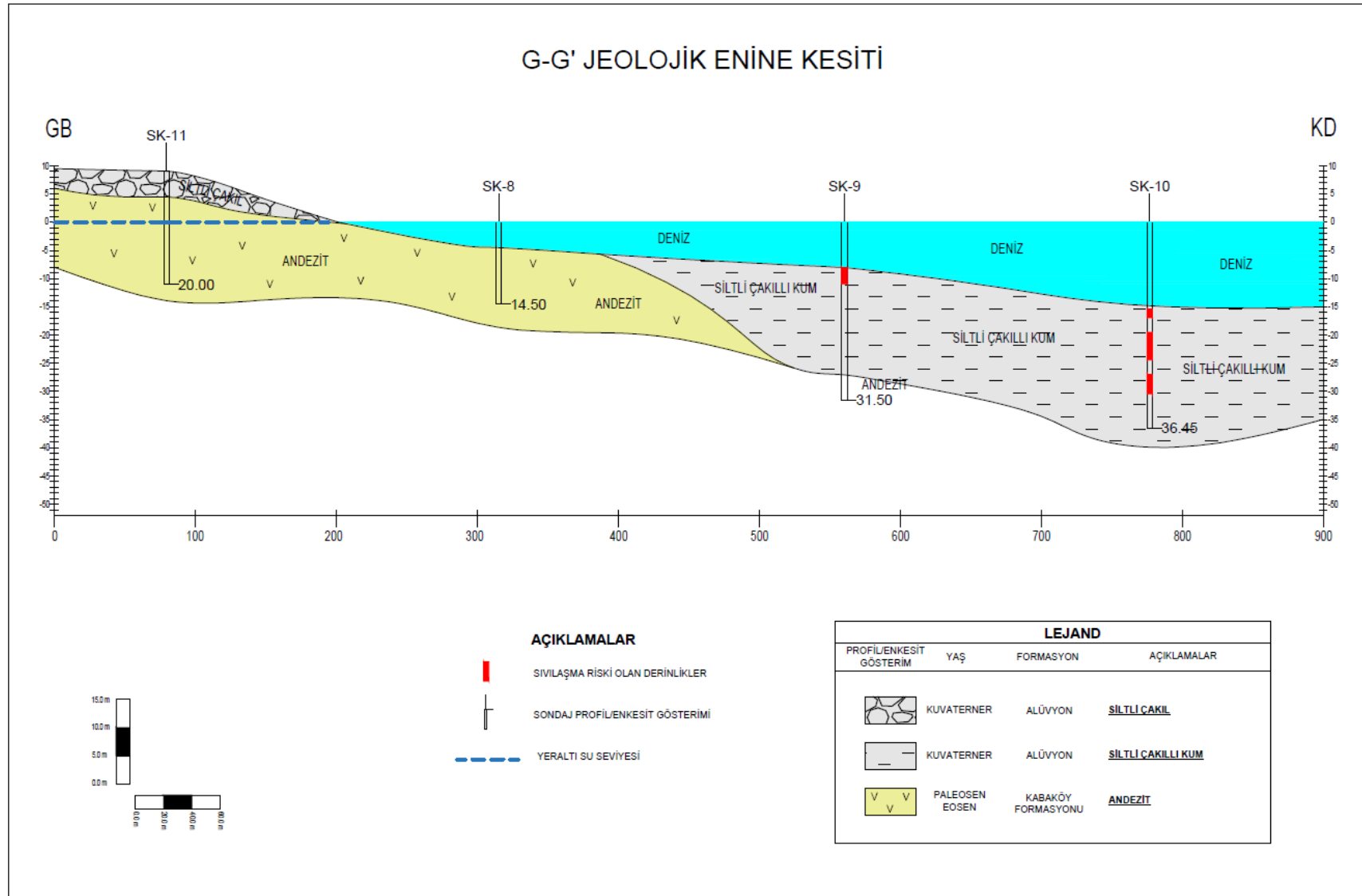
Şekil 4.13: Çalışma alanı D-D' jeolojik enkesiti.



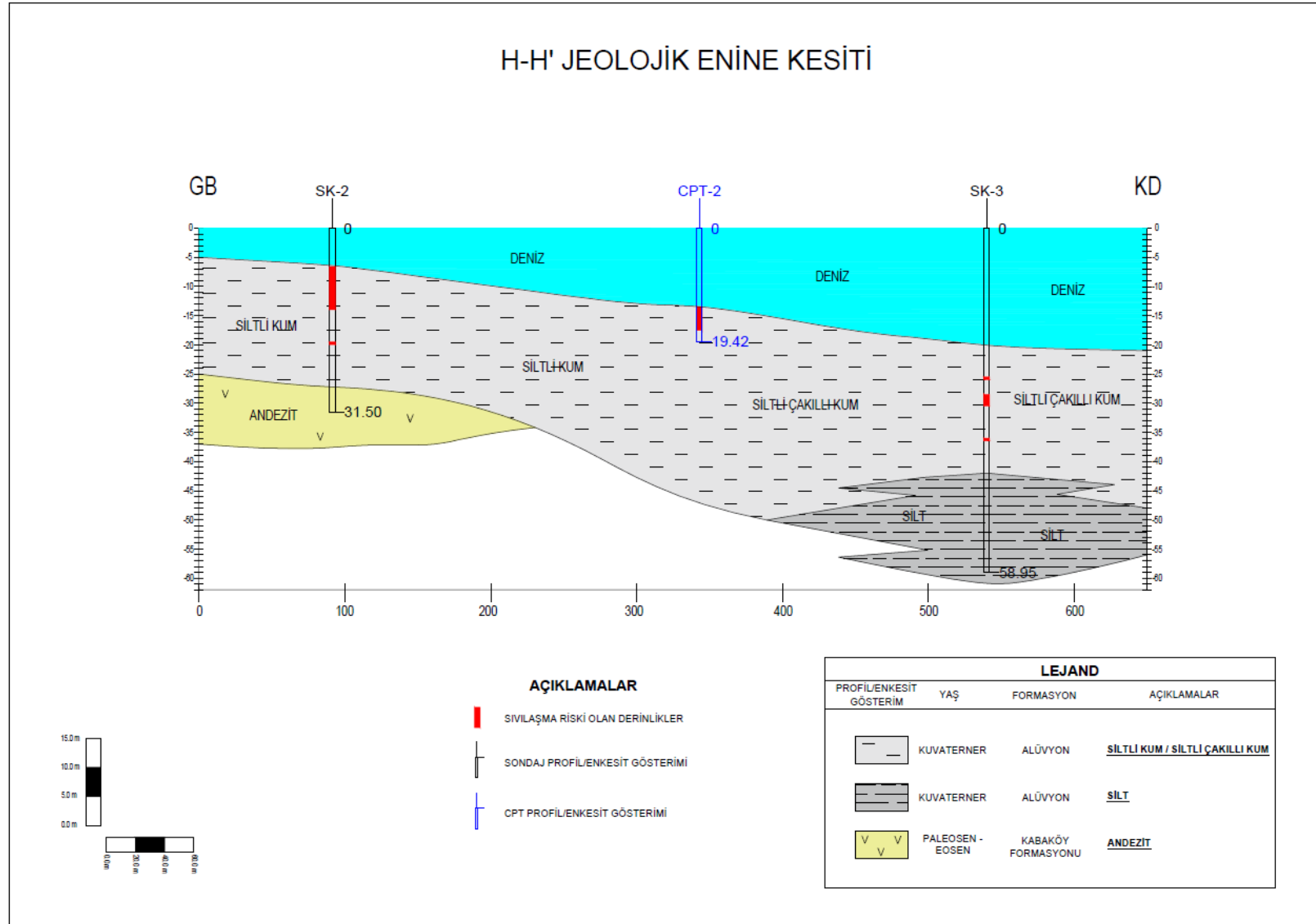
Şekil 4.14: Çalışma alanı E-E' jeolojik enkesiti.



Şekil 4.15: Çalışma alanı F-F' jeolojik enkesiti.



Şekil 4.16: Çalışma alanı G-G' jeolojik enkesiti.



Şekil 4.17: Çalışma alanı H-H' jeolojik enkesiti.

4.4.2. Standart Penetrasyon Testi

Standart Penetrasyon Testi (SPT) ilk olarak 1927 yılında Raymon Pile Company tarafından geliştirilerek ortaya çıkmış, Kuzey ve Güney Amerika, İngiltere ve Japonya’da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1947’de SPT, Terzaghi tarafından Teksas Zemin Mekaniği konferansında kullanılmıştır (Clayton, 1995).

1958 yılında American Society for Testing and Materials tarafından standartlara alınmış ve günümüze kadar bazı düzeltmelerle bu standarttaki yerini koruduğu belirtilmiştir. SPT’nin örnek alıcı bir tüpün zemin içerisine çakılması olarak tanımlanmışlardır. Jeoteknik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan SPT, kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde kullanılmaktadır. Taşıma gücü, sıvılaşma potansiyeli analizi gibi mühendislik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan in-situ (yerinde) olarak yapılan arazi deneyidir. Numune alınabildiği için laboratuvar deneyleri yapmak mümkündür. Laboratuvar deneyleri ile su içeriği, dane dağılımları, atterberg kıvam limitleri, özgül ağırlık vb. özellikler belirlenebilmektedir. Bu özelliklerin her biri zeminin yapısını belirleme ve sınıflandırmada önem arz etmektedir.

SPT yapılırken ilk aşamada tij üstünden üç adet 15 cm’lik ilerleme adımı işaretlenmektedir. Her 15 cm’lik penetrasyon aşamasında şahmerdan darbe sayısı (serbest düşüşü) belirlenmektedir. Sert zeminlerde art arda üç 15 cm’lik ilerlemede bir tanesinde 50 darbeye 15 cm penetrasyon gerçekleşmediği zaman deney durdurulmaktadır. Bu durum “son ölçüm 50 darbe miktarı” olarak kaydedilmektedir. İlk 15 cm’lik penetrasyon yerleştirme aşaması olduğundan yani örselenmiş olması nedeni ile dikkate alınmamaktadır. İkinci ve üçüncü 15 cm’lik penetrasyon için ölçülen darbe sayıları ile bu değerlerin toplamı SPT N arazi (30) değeri olarak kaydedilmektedir. Günümüzde geliştirilerek daha kullanılabilir duruma gelmiştir.

SPT N değeri düzeltilmesi, Türkiye Bina Yönetmeliği (2018) ile uyumlu olarak önerilen hesap cetveli kullanım kılavuzuna göre gerçekleştirilmiştir. TBDY-2018, Ulusal Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (NCEER) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda önerilen düzeltmeleri 2001 yılında kabul edilmiştir. SPT’nin geçerli olabilmesi için sondajlar sırasında kullanılan her türlü donanım ve prosedürler standartlara uygun olması gerekmektedir.

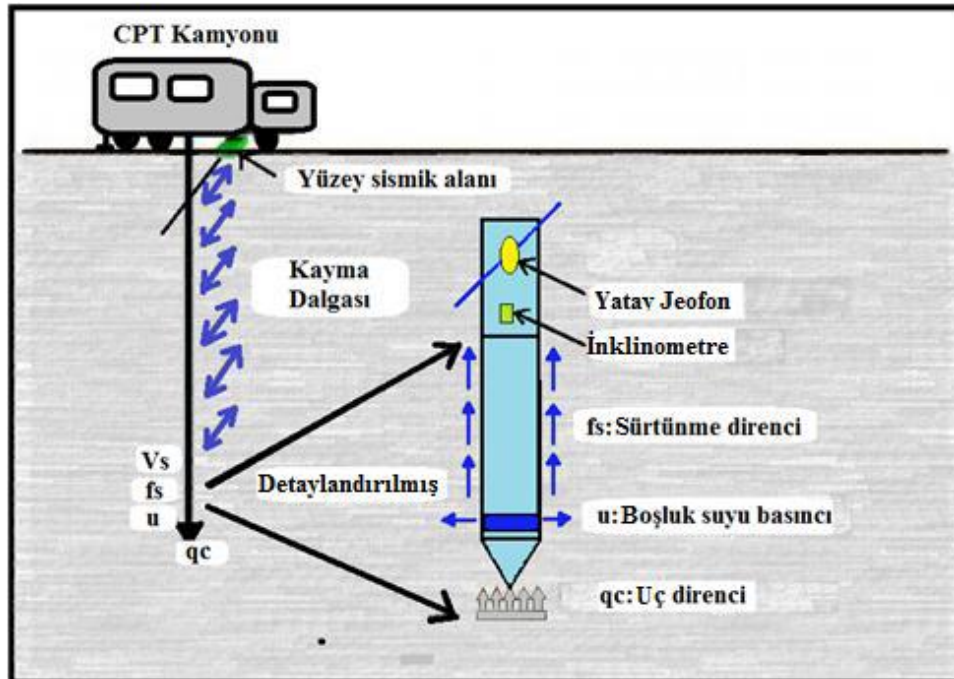
Çalışma alanını oluşturan saha üzerinde yapılan deniz ve kara sondajlarında, ince-iri taneli zeminlerden oluşan zemin tabakalarında Standart Penetrasyon Deneyleri yapılmıştır. Arazi deneylerinden elde edilen SPT deneyi darbe sayıları EK-1’de verilmiştir.

4.4.3. Konik Penetrasyon Testi

Konik penetrasyon deneyi ilk olarak 1934 yılında Hollanda’da çakma kazık tasarımına yönelik alüvyon kil malzemeler içindeki kum tabakalarının yerleşimini ve tabaka sıkılığını belirlemek amacıyla kullanılmıştır (Sanglerat, 1972). CPT, zemin profil yapısının belirlenmesi, yeraltı su seviyesinin ölçülmesi, boşluk suyu basınç tahmini, zemin katmanlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin tespit edilmesi, sığ ile derin temellerde oturma ve taşıma gücü yaklaşımlarının yapılması, sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılan arazi deneyidir (Erol ve Çekinmez, 2014).

CPT yapılırken ilk olarak zemine 20 mm/saniye hızla konik uç zemine itilir (Pekkan, Tün ve Mutlu, 2018). İtilme boyunca koninin uç kısmında (prop’ta) uç direnci (q_c), koninin ceket kısmında oluşan çevre sürtünmesi (f_c), ve boşluk suyu basıncı (u) belirlenebilmektedir. CPT, yumuşak killer ve kumlar için uygun olup kayaç ve çakıllar için uygun değildir. CPT deneyinin kullanım aşamasında sahip olduğu avantaj ve deavantajları Tablo 4.7’de belirtilmiştir. CPT deney düzeneği Şekil 4.18’de gösterilmiştir.

Çalışma alanında, 10 farklı lokasyonda deniz seviyesinden itibaren 14,56-22,18 metre arasında değişen derinliklere sahip toplam 178,73 metre CPT deneyi yapılmıştır (Şekil 4.19). Yapılan CPT deneylerinin bilgileri Tablo 4.8’de sunulmuştur.



Şekil 4.18: CPT deney düzeneği (Pekkan ve diğ., 2018).

Tablo 4.7: CPT avantaj ve dezavantajları (Alam ve diğ., 2018).

CPT Avantajları	CPT Dezavantajları
Deney süresi kısadır.	Deney, iri çakıl veya kaya ile sıkı zeminlerin yer aldığı koşullarda uygulanamamaktadır.
Turba, organik ve yumuşak killer gibi problemli zemin tabakalarının tespiti hızlıca yapılabilir.	Deney yapılırken örnek alınamamaktadır.
Deney verisi, eş zamanlı ve sürekli olarak kaydedilmektedir.	İnclinometre ile kontrol edilmezse penetrometrede düşey eksenden sapmalar olabilmektedir.
Deney sonuçları dijital ortamda hızlıca değerlendirilir.	-
SPT'ye göre operatör hatasının etkisi sonuçlarda daha azdır.	-
İnce tabakalar, bantlar ve mercekler belirlenebilmektedir.	-
Koni üstüne çeşitli ölçüm cihazları yerleştirilerek zeminlerin değişik özellikleri belirlenebilmektedir.	-

Tablo 4.8: CPT ölçümü derinlik ve boy bilgileri.

CPT No	Su Derinliği (m)	CPT Derinliği (m)	CPT Boyu (m)	Koordinat (ITRF96-3°)	
				Y	X
CPT-1	14,82	22,18	7,36	568565.523	4540174.375
CPT-2	13,48	19,42	5,96	568326.167	4540273.956
CPT-3	11,40	19,78	8,38	568091.606	4540361.247
CPT-4	9,00	18,86	9,86	567587.216	4540560.210
CPT-5	8,50	14,56	6,06	567078.152	4540762.249
CPT-6	8,70	17,12	8,42	566660.543	4540934.300
CPT-7	8,84	19,51	10,67	566243.037	4541097.121
CPT-8	8,18	14,72	6,54	565790.108	4541302.839
CPT-9	11,96	17,74	5,78	565302.370	4541483.595
CPT-10	11,76	14,84	3,08	564852.293	4541636.948



Şekil 4.19: Çalışma alanında CPT ölçümlerinin uydu fotoğrafı üzerindeki yerleri (Google Earth).

CPT deneyleri denizde ayaklı duba üzerinde A.P. Van Den Berg marka, HYSON 200 KN model test seti ile yapılmıştır. Sondalama 10 cm² konik uç ve 150 cm² çevre alanına sahip elektronik bir cihazın hidrolik baskı yoluyla 2 cm/sn sabit hızla zemine penetre edilmesi ile yapılmaktadır. Bu işlem sırasında koni ucunda oluşan direnç (qc), silindirik yüzeyde oluşan sürtünme (fs) ve penetrasyon sırasında oluşan boşluk suyu basınçları (u) elektronik olarak ölçülmektedir. İstenilen derinliklerde penetrasyon durdurulduğunda boşluk suyu basınçlarının sönümlenmesi gözlenerek zeminin geçirimsizlik ve sıkışabilirlik özellikleri hakkında bilgi edinilebilmektedir. Penetrasyon sırasında 2 cm ara ile ölçülen uç ve çevre sürtünmesi verileri bilgisayar aracılığı ile kaydedilmiştir. Kaydedilen veriler GeoLogismiki, CPeT-IT 3.0 yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir.

CPeT-IT, CPTu verilerinin yorumlanmasına yönelik bir yazılımdır. CPeT-IT, CPT verilerini alır ve Lunne, Robertson ve Powell (1997) tarafından yapılan kapsamlı incelemeye ve Profesör Robertson tarafından yapılan son güncellemelere dayanan güncel yayınlanmış korelasyonları kullanarak Zemin Davranış Tipi (SBT) ve çeşitli geoteknik zemin ve tasarım parametreleri açısından temel yorumlama yapar.

CPeT-IT, geoteknik parametreleri tahmin etmek için yerleşik ampirik korelasyonlar kullanır. Bunların birçoğu zemin türüne, jeolojik kökene ve diğer faktörlere bağlı olarak bir dizi değere sahip sabitleri vardır. Yazılım, genel olarak çeşitli geoteknik parametrelerin temkinli bir şekilde düşük tahminlerini sağlamak için seçilen varsayılan değerleri kullanır. Bu varsayılan değerler, içe aktardığınız her yeni CPTu verisine otomatik olarak atanır.

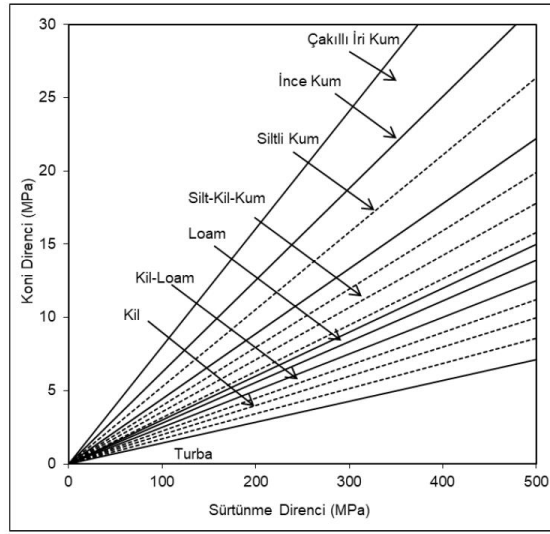
Deniz suyunun birim hacim ağırlığı, saf suya göre daha yüksektir çünkü deniz suyu tuz ve diğer mineralleri de içerir. Deniz suyunun yoğunluğu genellikle yaklaşık 1020-1030 kg/m³ olarak alınır. Buna bağlı olarak, deniz suyunun birim hacim ağırlığı yaklaşık 10.05 kN/m³ ile 10.1 kN/m³ arasında kabul edilir.

Parametrelerin hesaplanmasında aşağıdaki ampirik korelasyonlar kullanılmıştır:

Girdiler;	
1 atm basınç, Pa	101,325 kPa
Koni için net alan oranı, a	0,80
Zeminin birim hacim ağırlığı, γ	18,4 kN/m ³ (Örselenmiş numuler üzerinde laboratuvarda yapılan deneyler sonucu ortalama değer alınmıştır.)
Suyun birim hacim ağırlığı, γ_w	10 kN/m ³ (Deniz suyunun içeriğinde tuz ve mineraller bulunduğu için birim hacim ağırlığı bu değer alınmıştır.)
Deniz suyu derinliği, z_w	Her CPT deneyi için ölçülen değer girilmiştir.

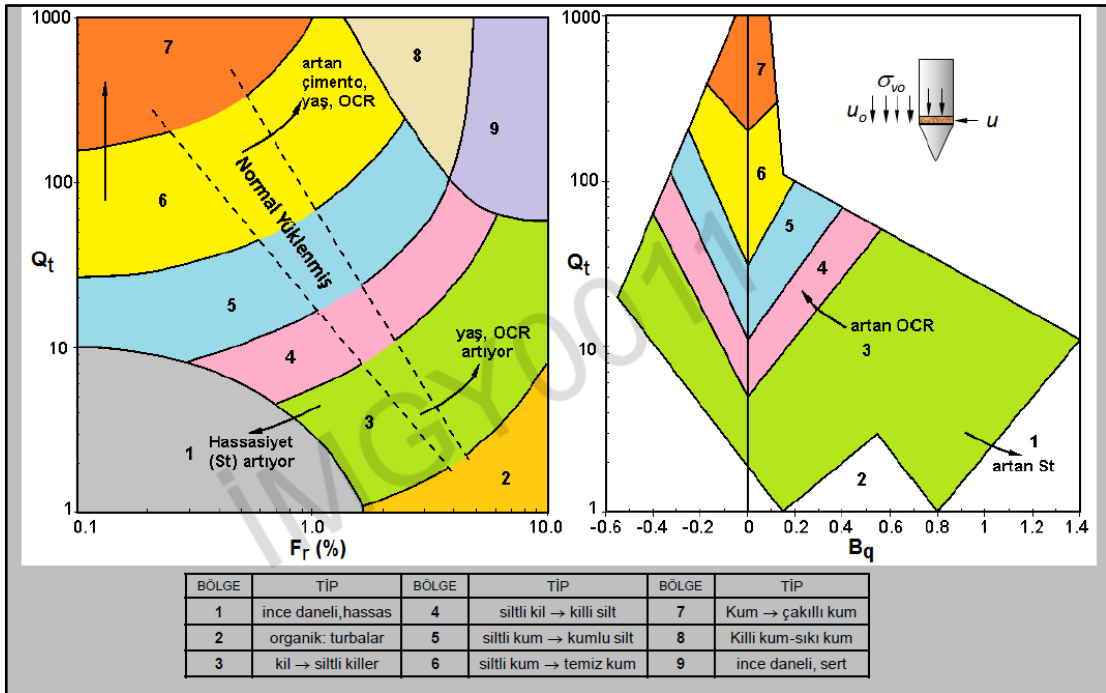
Çıktılar;	
Koni uç direnci (düzeltilmiş)	$q_t \text{ (MPa)} = q_c + u \times (1-a)$
Sürtünme oranı	$R_f \text{ (\%)} = (f_s/q_t) \times 100\%$
Toplam düşey gerilme	$\sigma_{vo} = (\gamma \times Z) + (\gamma_w \times z_w)$
Boşluk suyu basıncı	$u_o = \gamma_w \times (Z + z_w)$
Düşey efektif gerilme	$\sigma'_{vo} = \sigma_{vo} - u_o$
Normalleştirilmiş koni uç direnci	$Q_t = (q_t - \sigma_{vo}) / \sigma'_{vo}$
Normalleştirilmiş sürtünme oranı	$F_r \text{ (\%)} = f_s / (q_t - \sigma_{vo}) \times 100\%$
Normalleştirilmiş boşluk suyu basıncı	$B_q = u - u_o / (q_t - \sigma_{vo})$
Zemin davranış tipi indisi	$I_c = \sqrt{((3.47 - \log Q_t)^2 + (\log F_r + 1.22)^2)}$

CPT deneyiyle numune eldesi yapılamadığından, CPT ile zemin tipinin belirlenmesinde farklı araştırmacılar tarafından test verilerini kullanılarak hazırlanan çeşitli grafikler önerilmiştir. İlk dönemlerde hazırlanan grafiklerde düzeltilmemiş parametreler olan koni uç direnci (q_c) ve sürtünme direnci (f_s) kullanılmıştır (Şekil 4.20). Daha sonraları normalize edilmiş sürtünme oranı (F_r), normalleştirilmiş koni uç direnci (Q_t) ve boşluk suyu basıncı oranı (B_q) değerlerine göre düzenlenmiş sınıflandırma grafikleri kullanılmaktadır.

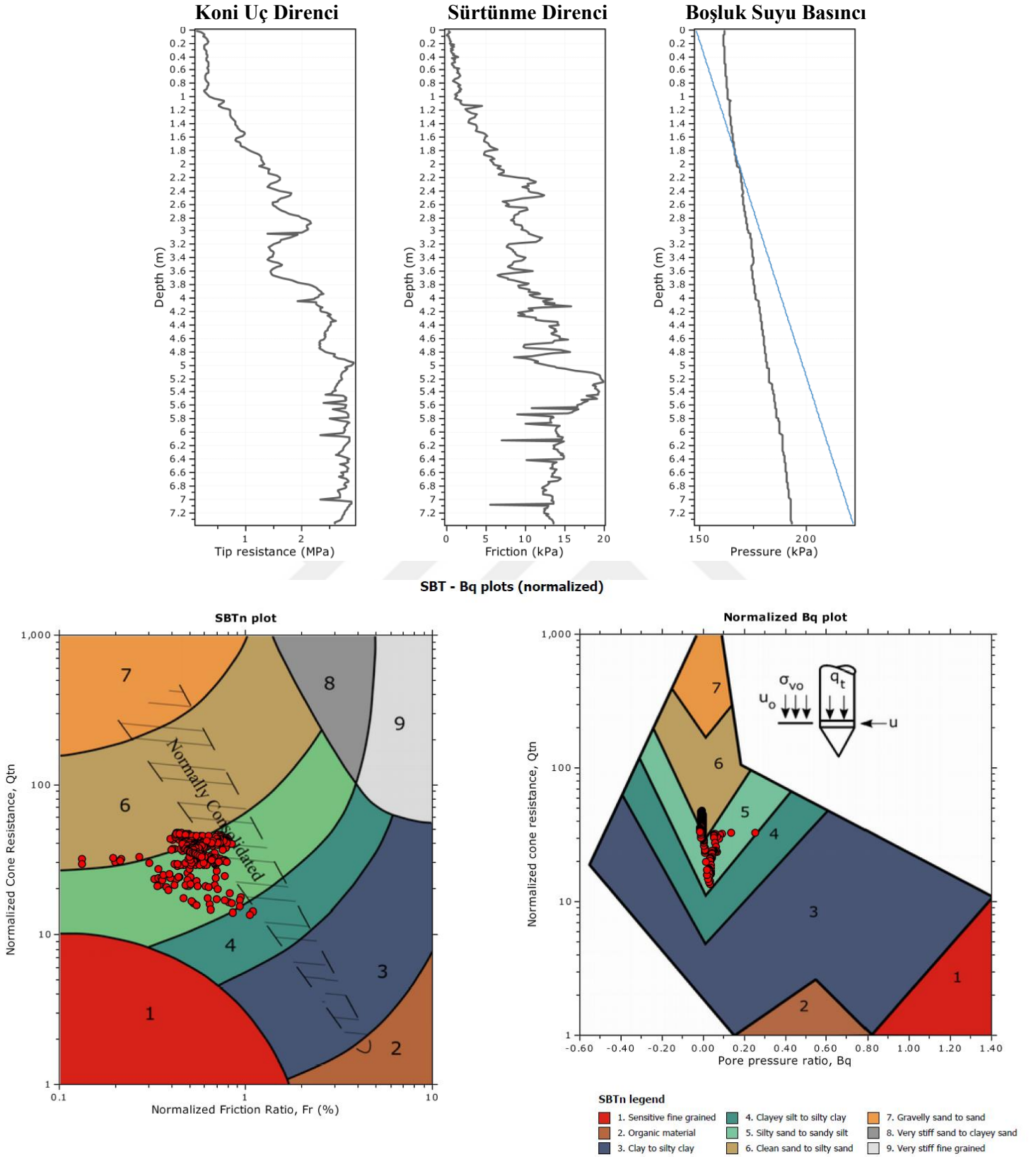


Şekil 4.20: Begemann (1965) tarafından önerilen sınıflandırma kartı.

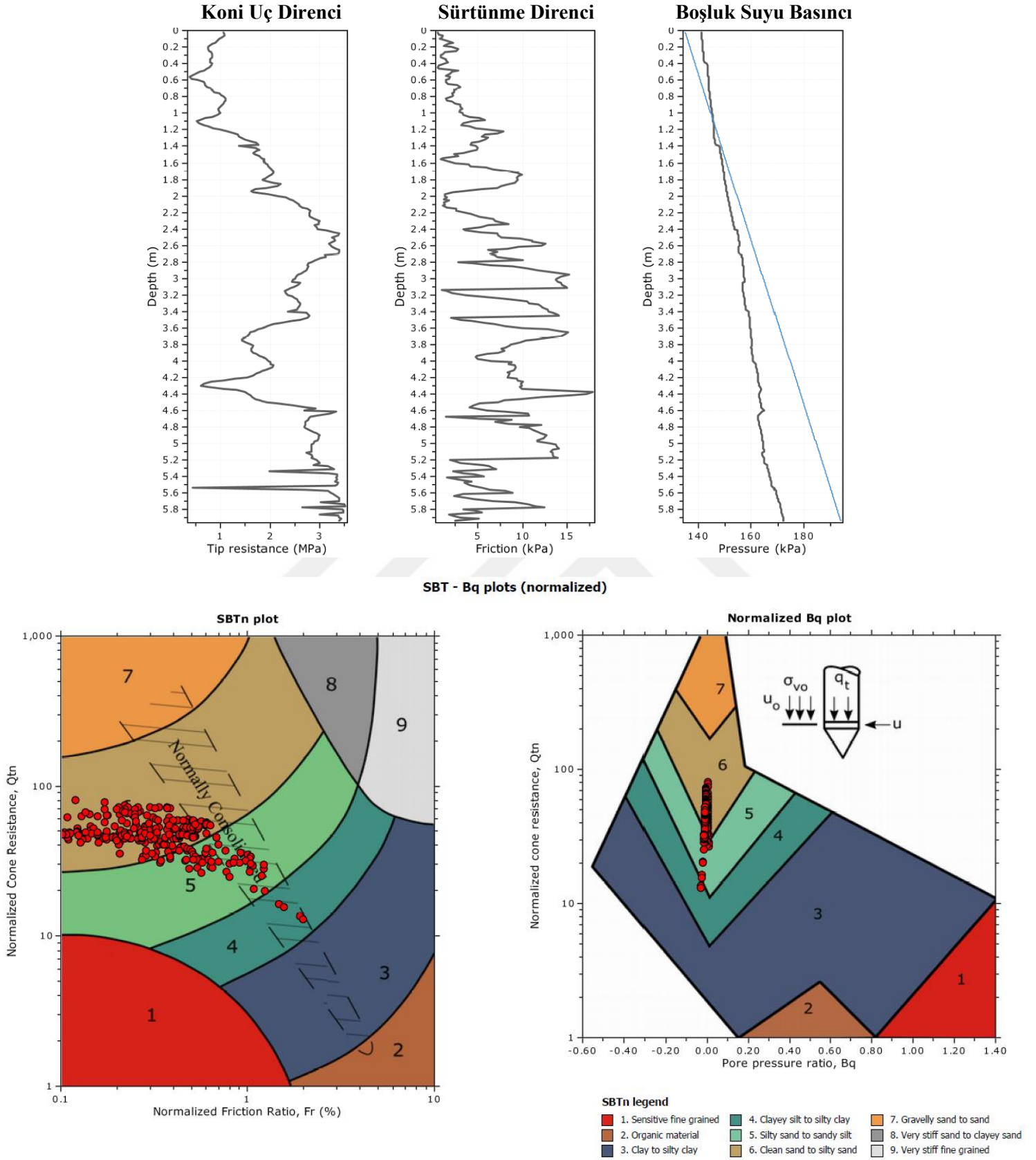
CPT ile zemin türünün belirlenmesi amacıyla literatürde önerilen abaklar kullanılmaktadır. Bu çalışmada zemin türünün belirlenmesi için Robertson (1990) tarafından önerilen abak kullanılmıştır. Robertson (1990) eksenlerini normalleştirilmiş sürtünme direnci (F_r) ve normalleştirilmiş uç direnci (Q_t) olarak belirlemiştir. Bu çalışmada zemin sınıfı bölgeleri 9'a indirilmiştir. Bu sınıflandırma tablosu günümüzde de en çok başvurulan sınıflandırma grafiklerinden biridir (Şekil 4.21). Çalışma alanında yapılan CPT deneyi analiz sonuçları aşağıda detaylı bir şekilde sunulmaktadır (Şekil 4.22-4.31).



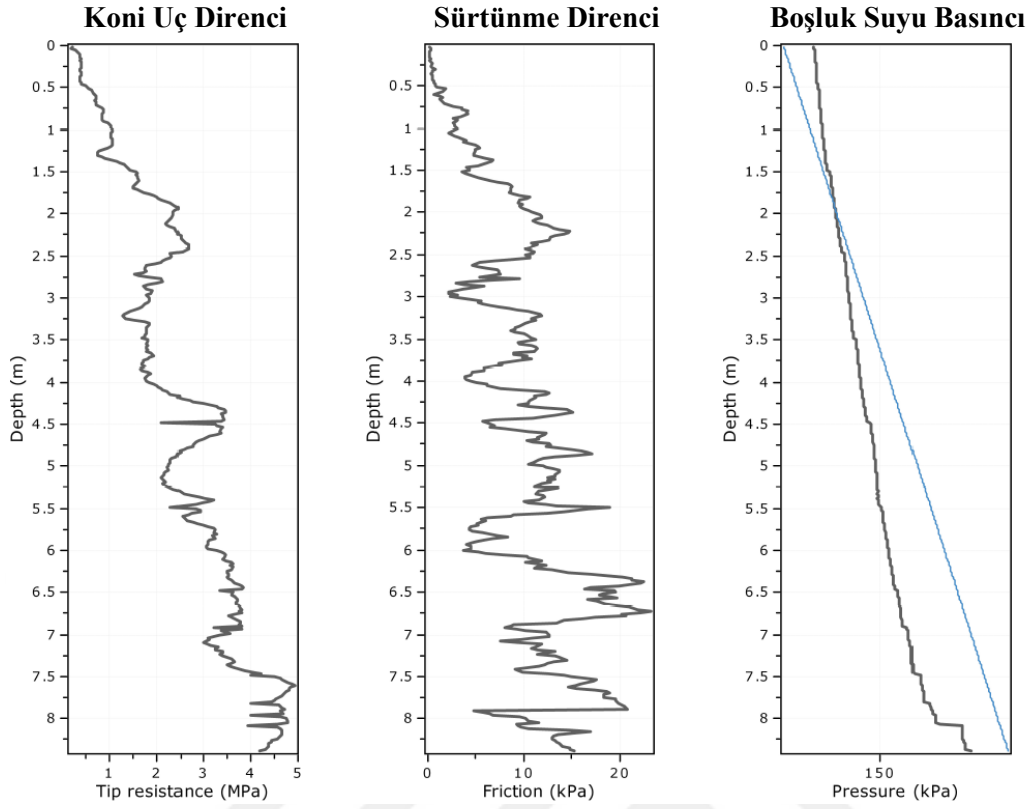
Şekil 4.21: CPT zemin sınıflaması (Robertson 1990).



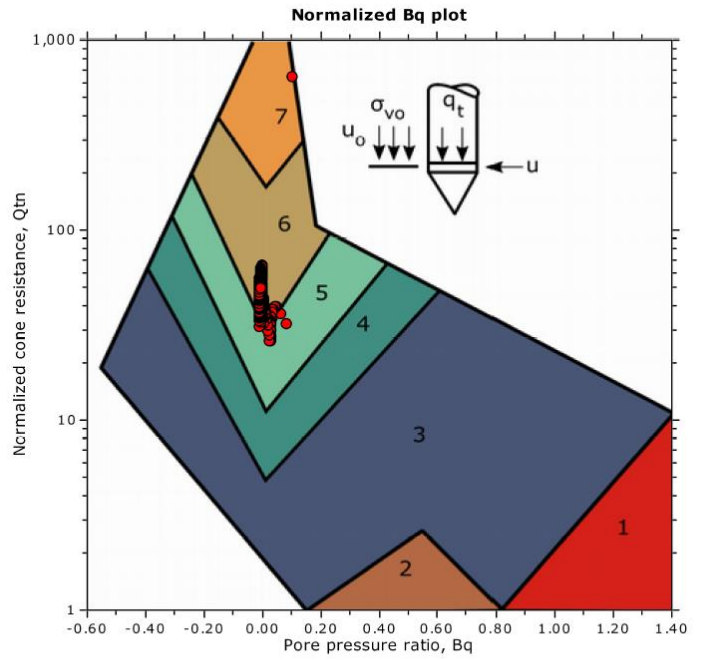
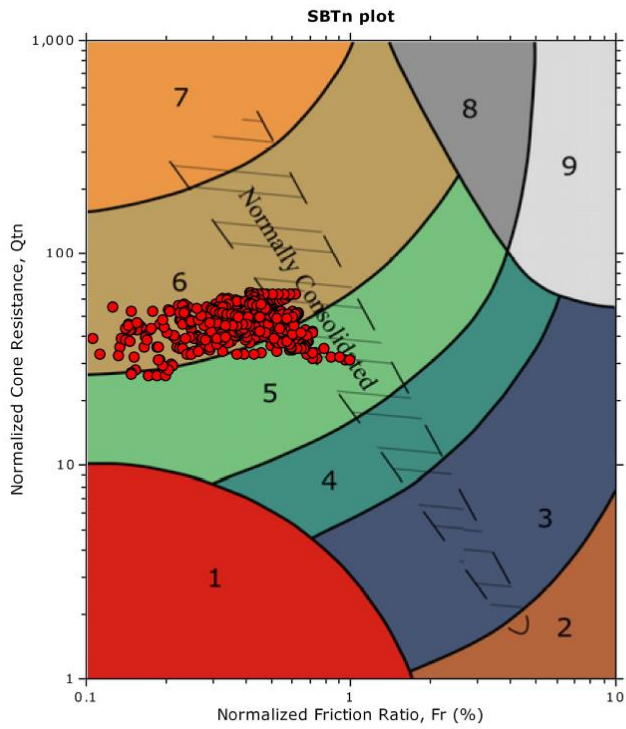
Şekil 4.22: CPT-1 analiz sonuçları.



Şekil 4.23: CPT-2 analiz sonuçları.



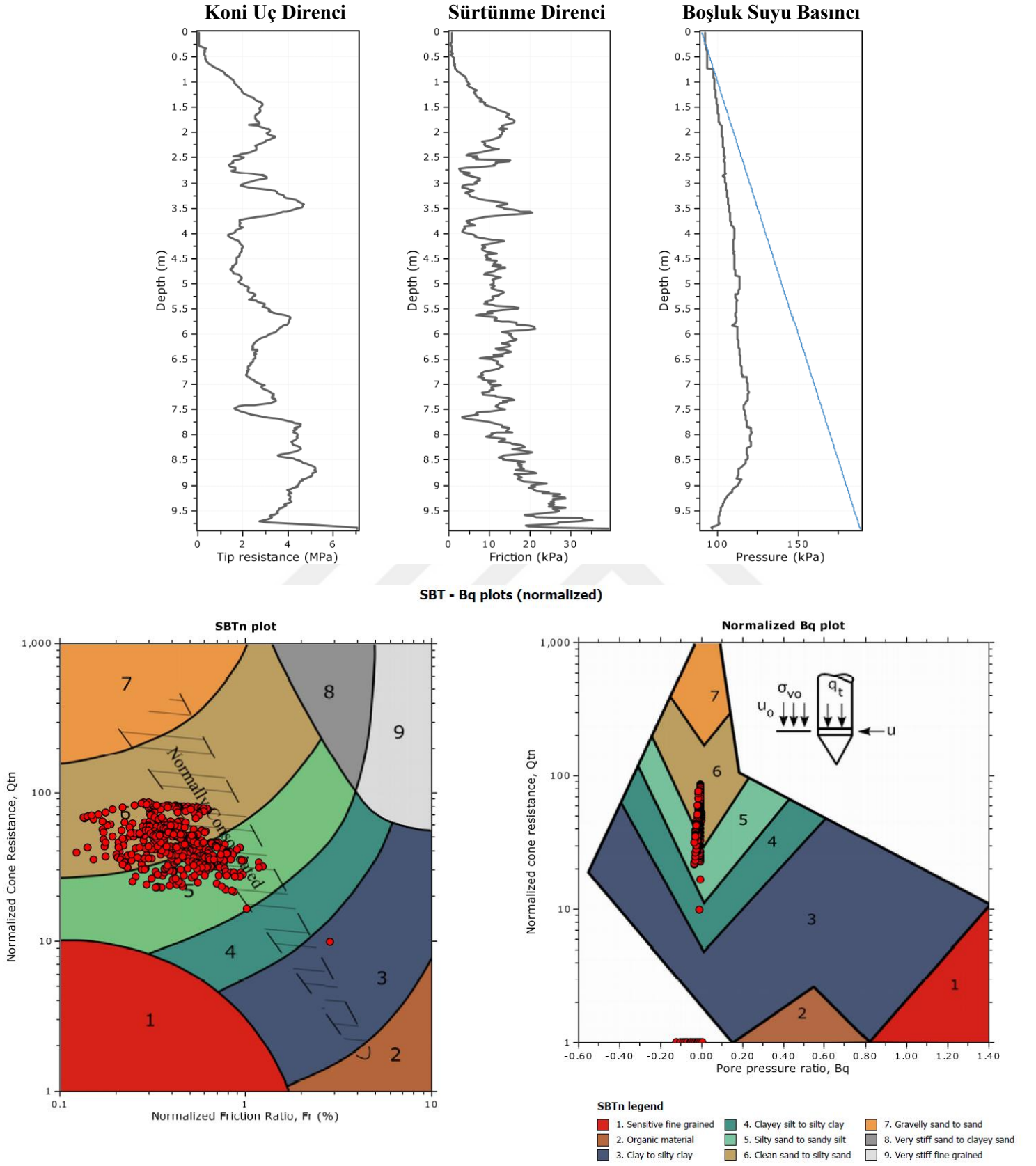
SBT - Bq plots (normalized)



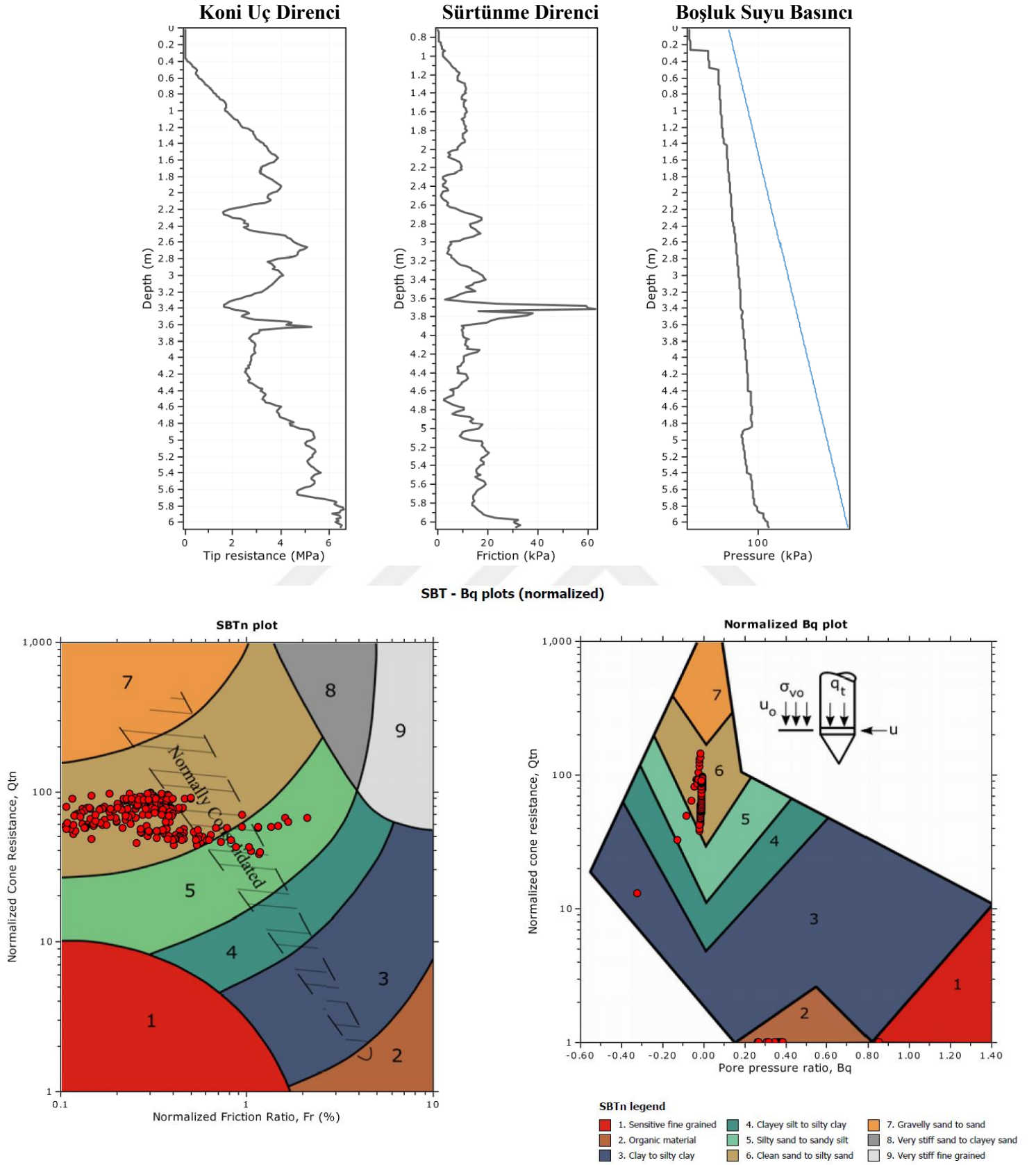
SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

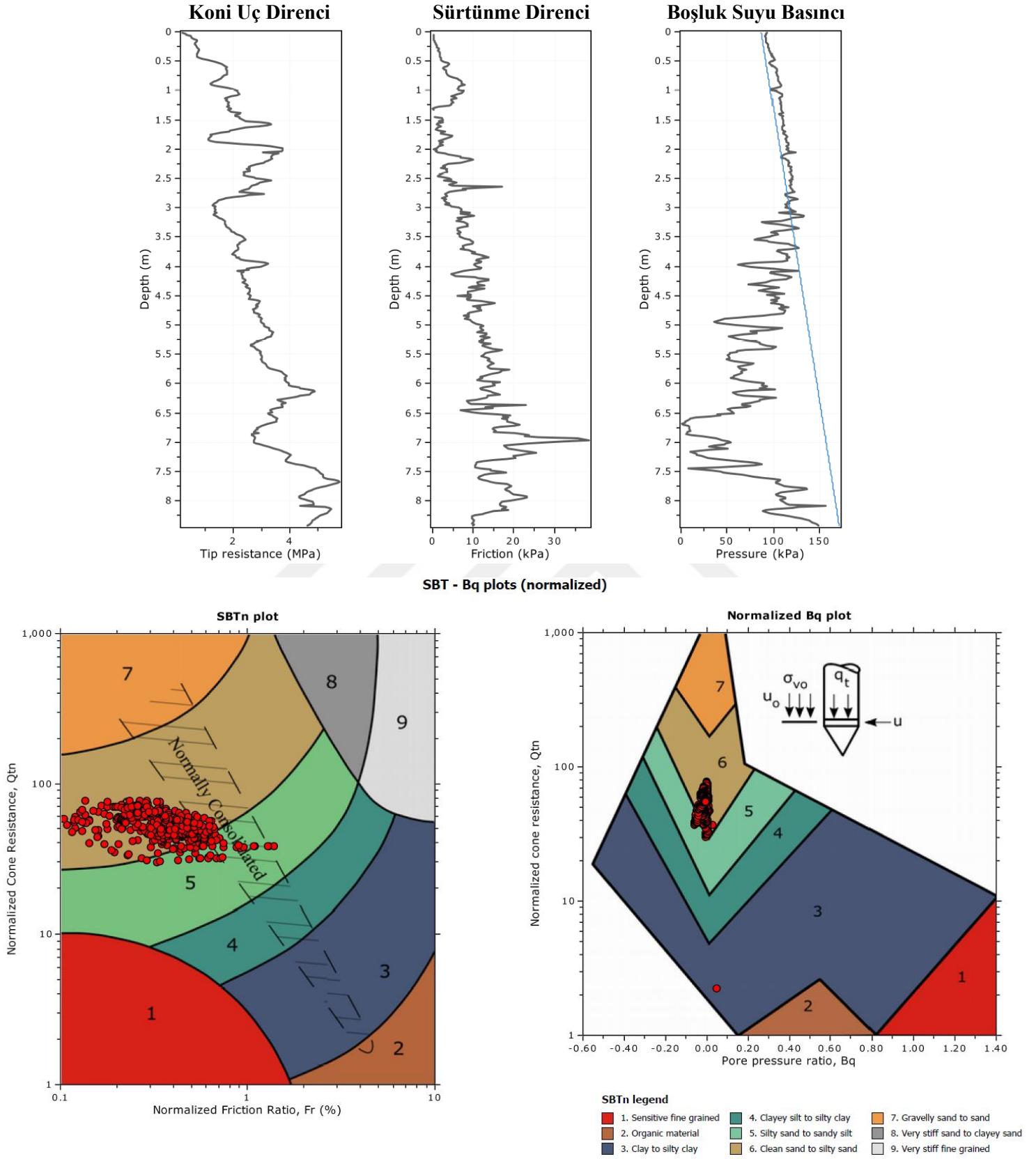
Şekil 4.24: CPT-3 analiz sonuçları.



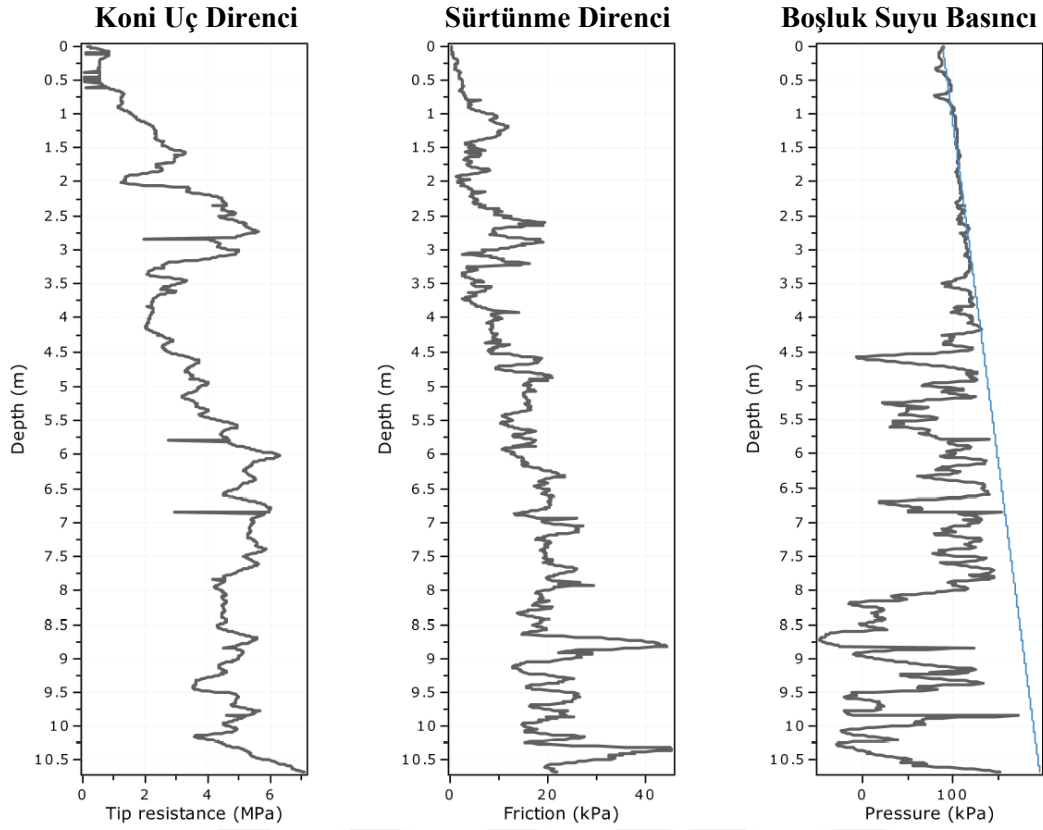
Şekil 4.25: CPT-4 analiz sonuçları.



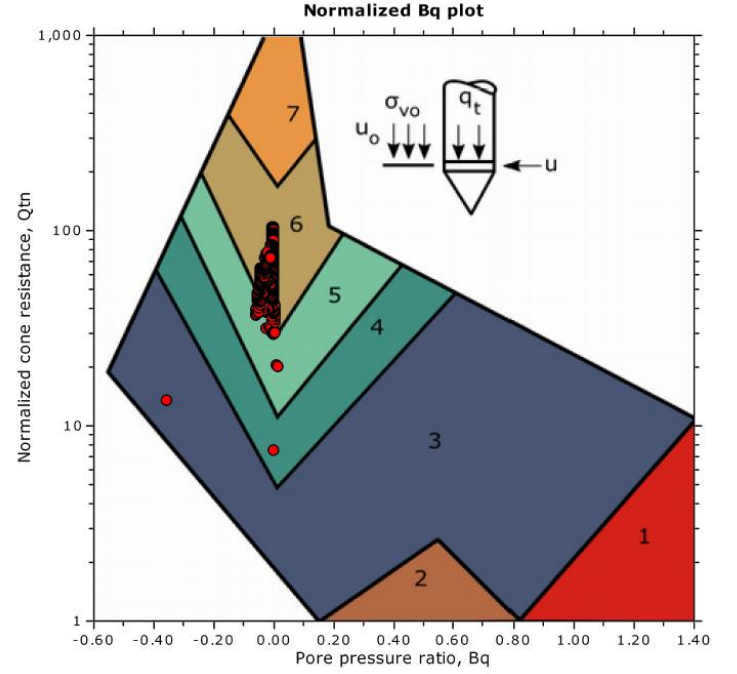
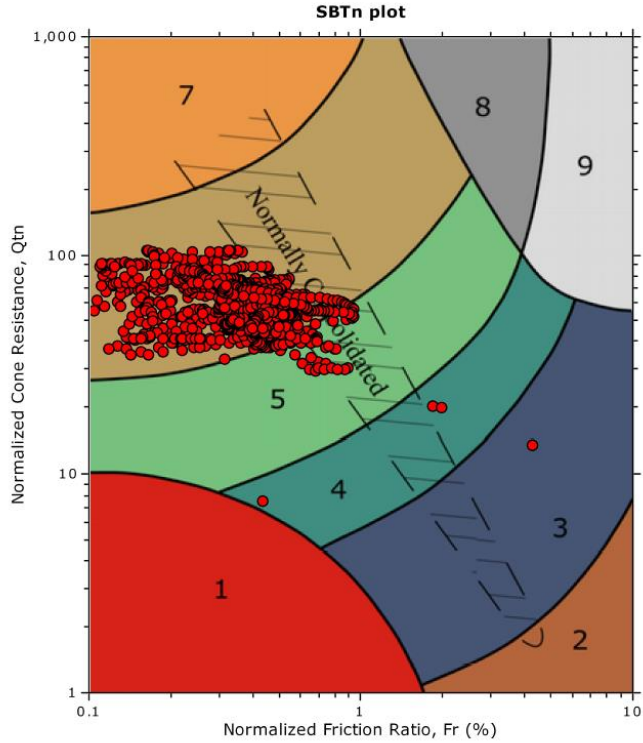
Şekil 4.26: CPT-5 analiz sonuçları.



Şekil 4.27: CPT-6 analiz sonuçları.



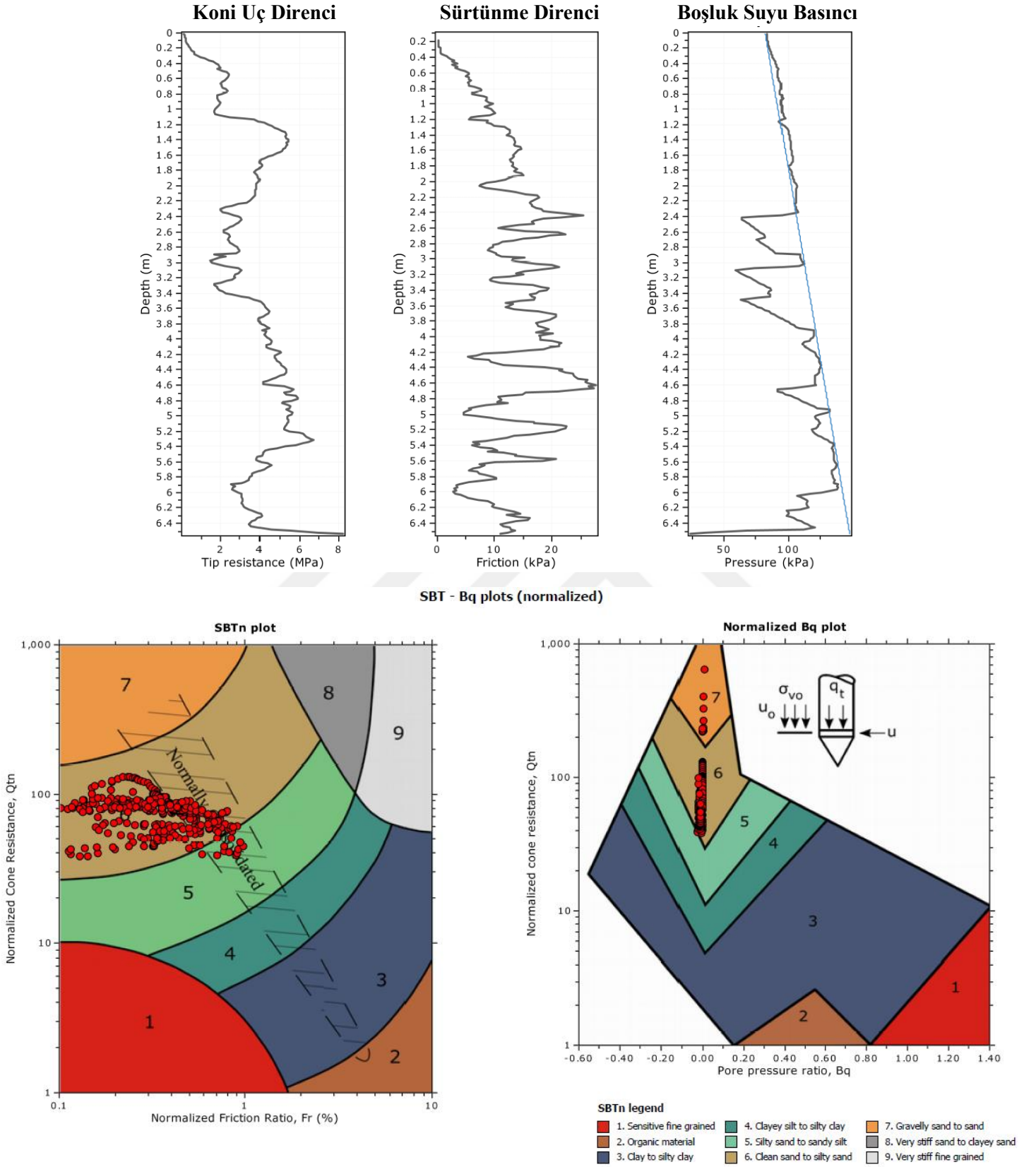
SBT - Bq plots (normalized)



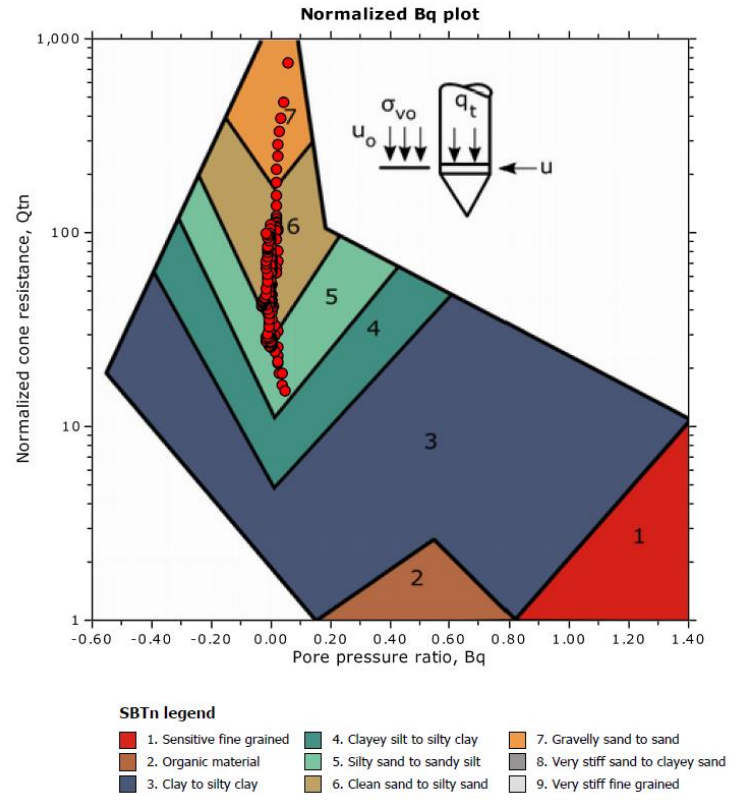
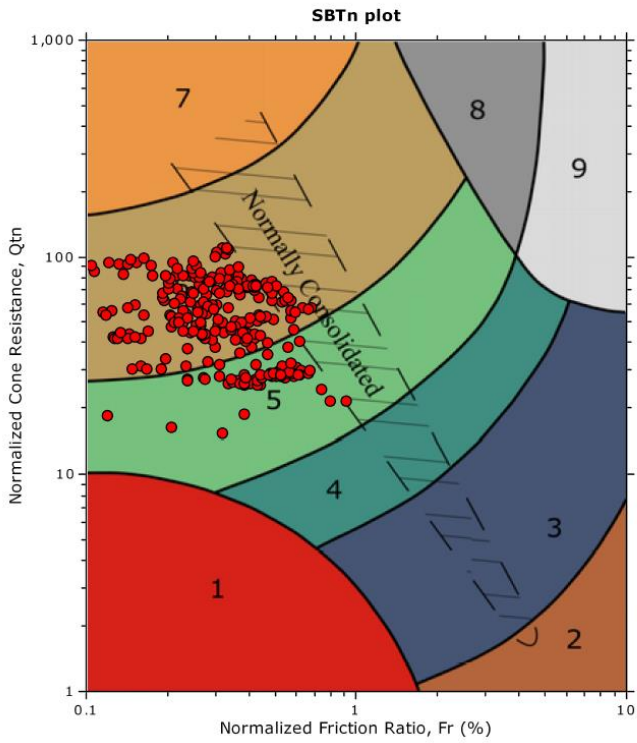
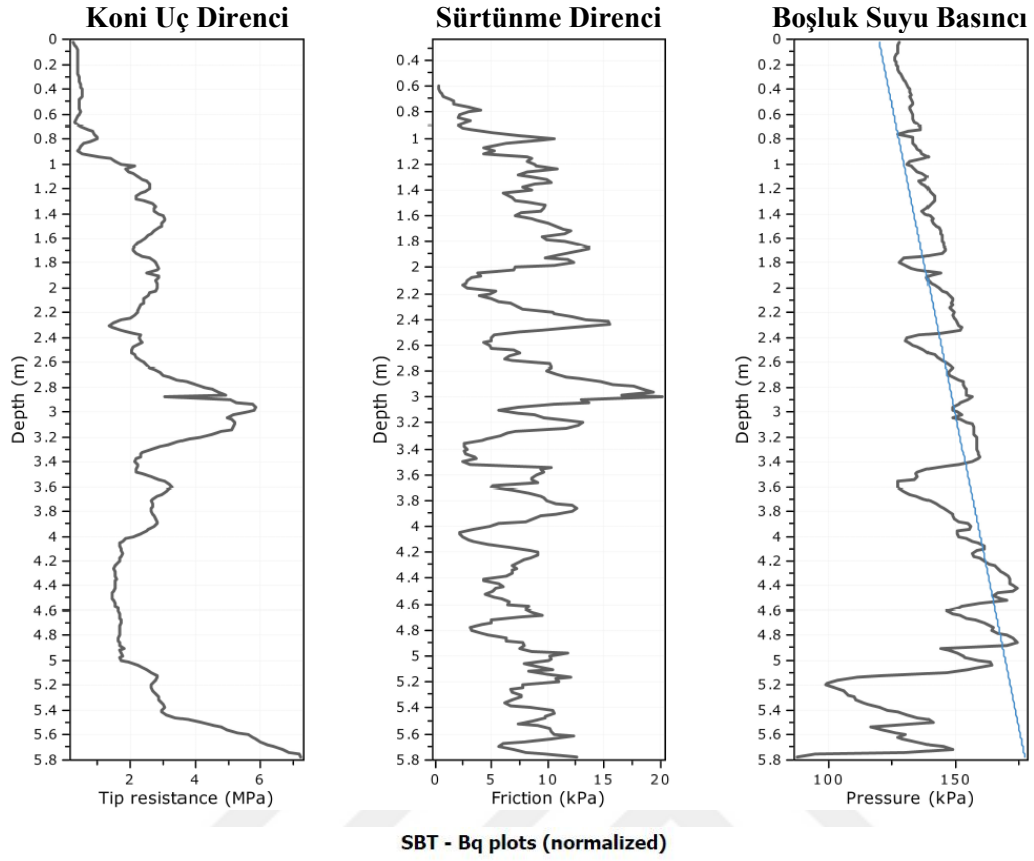
SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

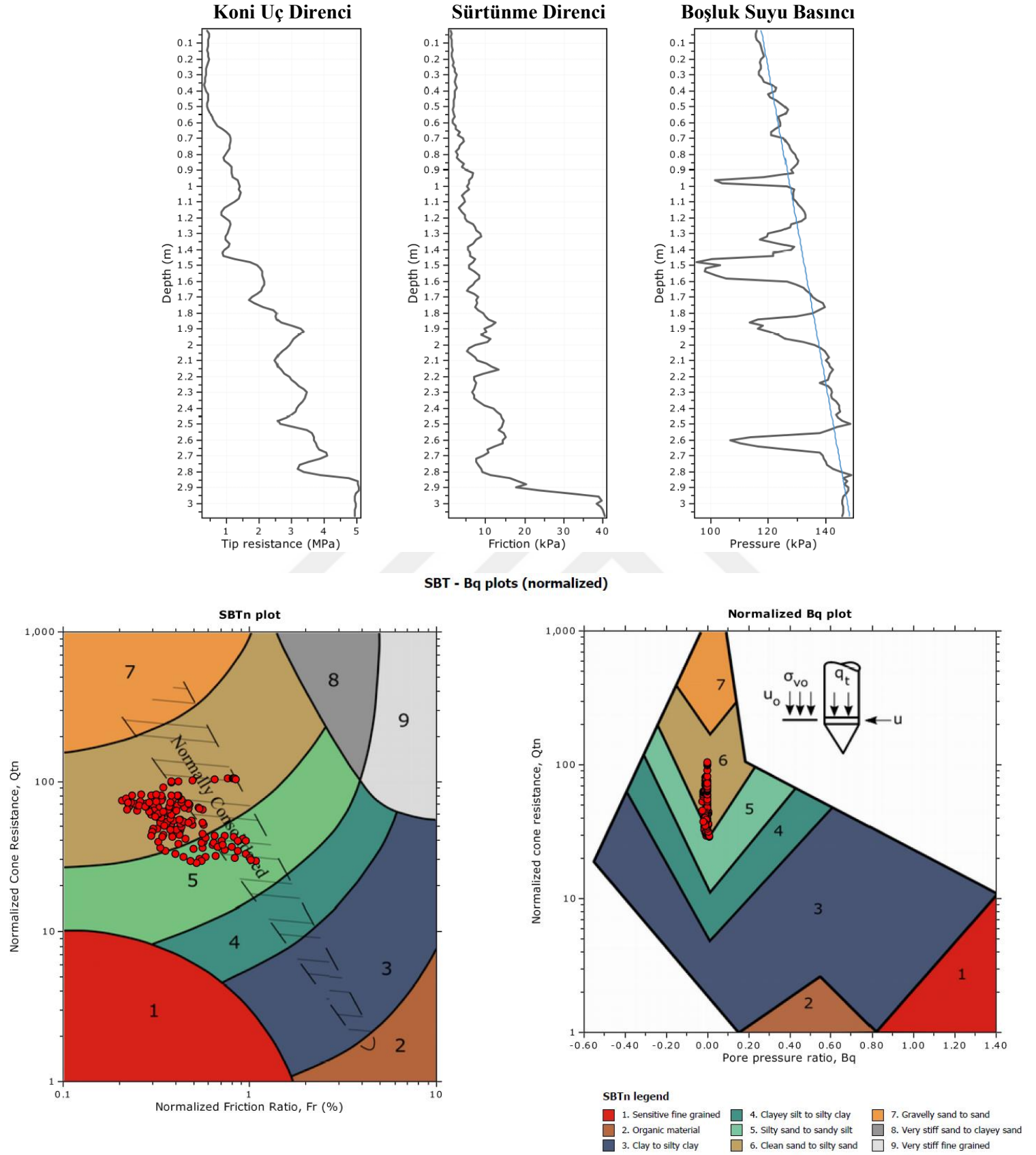
Şekil 4.28: CPT-7 analiz sonuçları.



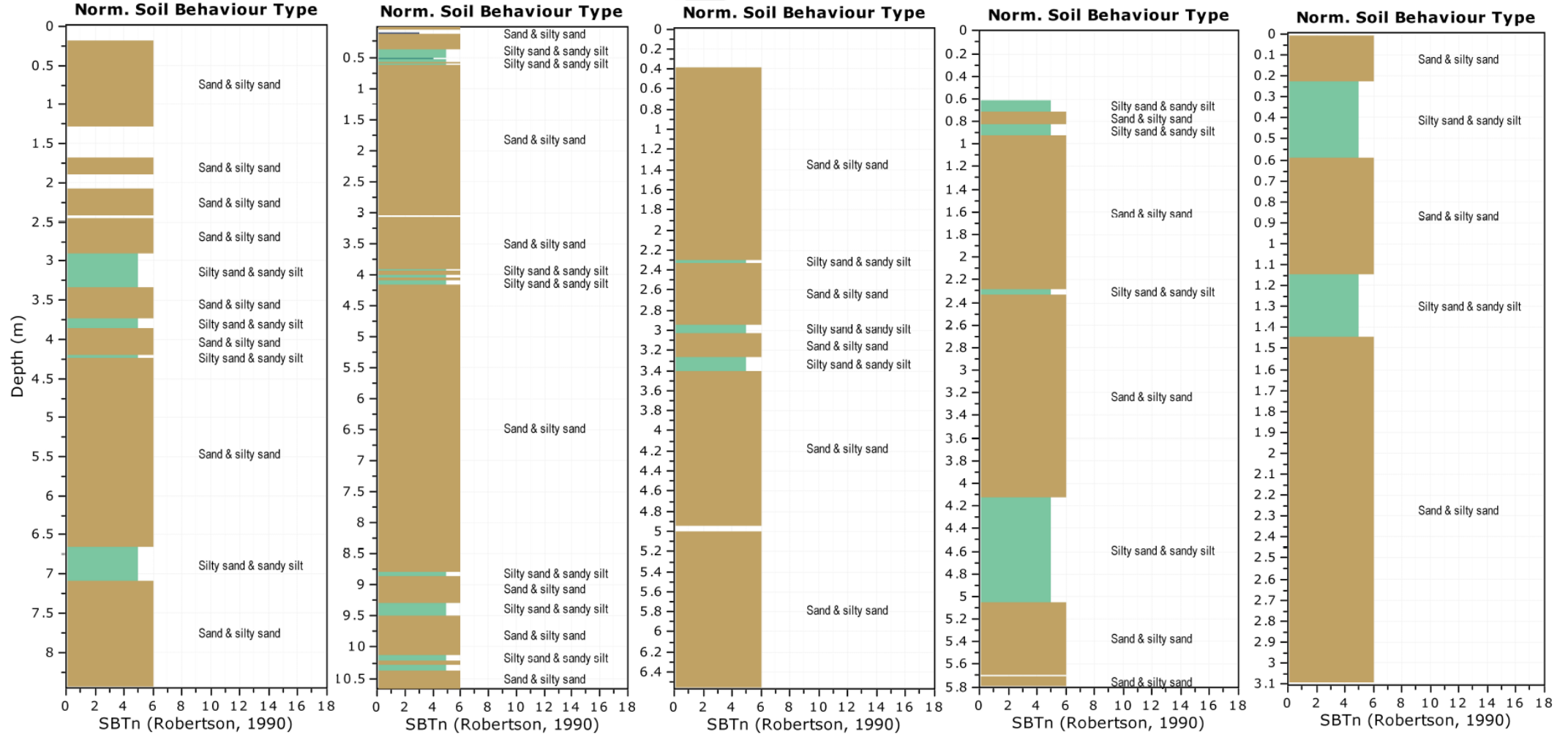
Şekil 4.29: CPT-8 analiz sonuçları.



Şekil 4.30: CPT-9 analiz sonuçları.



Şekil 4.31: CPT-10 analiz sonuçları.



Şekil 4.33: CPT-6, CPT-7, CPT-8, CPT-9 ve CPT-10 normalleştirilmiş zemin davranış tipleri.

CPT deneyi sonucu elde edilen veriler ‘GeoLogismiki CPeT-IT 3.0’ yazılımı kullanılarak Robertson (1990) tarafından önerilen abak referans alınarak zemin davranış tipi belirlenmiştir (Şekil 4.32, 4.33). Ağırlıklı olarak zemin tipi bütün CPT kuyularında kum-siltli kum ve siltli kum-kumlu silt olarak bulunmuştur. CPT-1, CPT-2, CPT-4 ve CPT-7 kuyularında yer yer kil-siltli kil birimleri de gözlenmiştir.

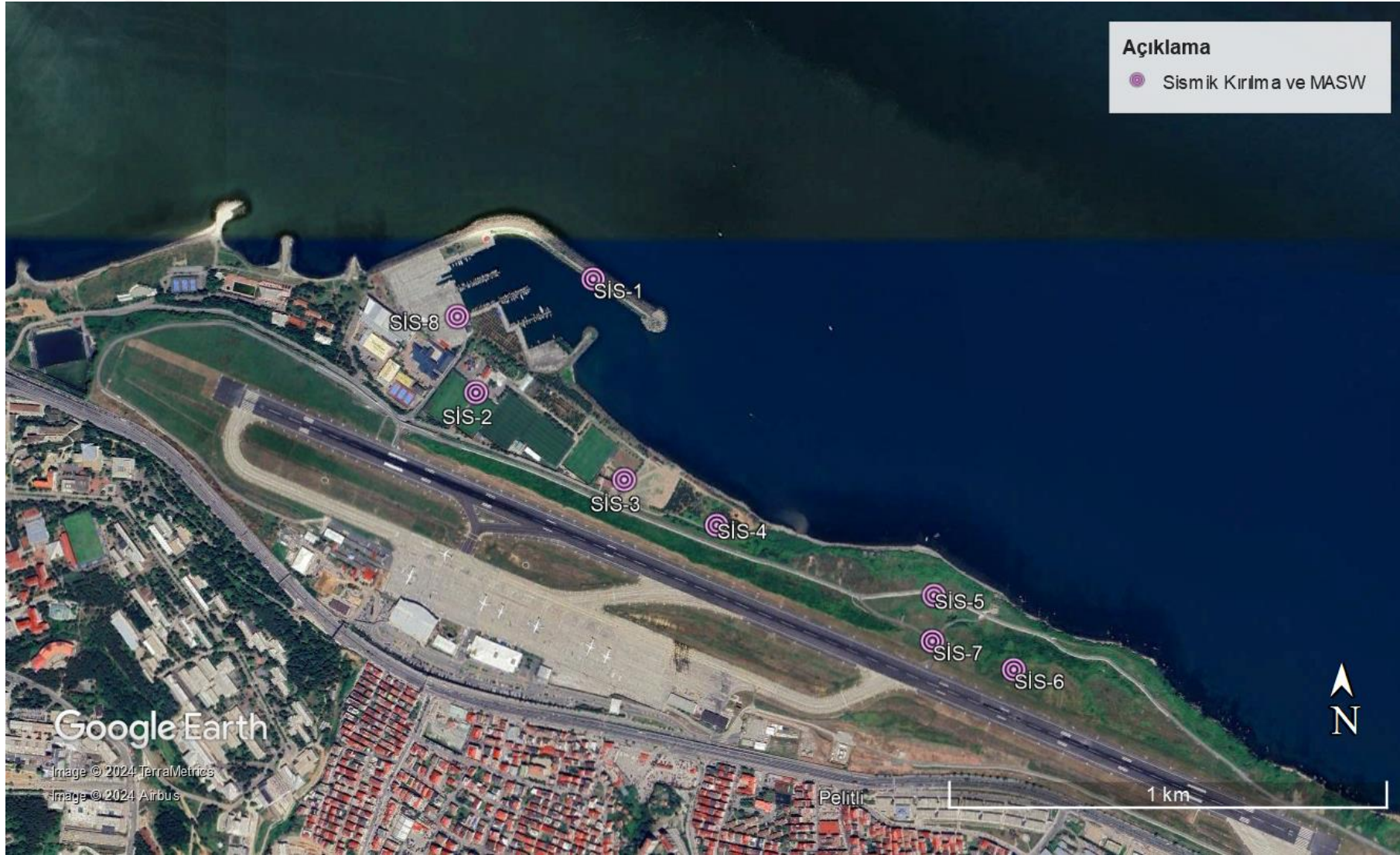
4.4.4. Sismik Kırılma - MASW

Etüt sırasında 24 kanallı PASI GEA-24 marka, sinyal biriktirmeli bir sismograf 4,5 Hz düşey jeofonlar kullanılmış ve uygulamada dizüstü bilgisayarı yardımı ile sismik kayıtlar alınmıştır. Sismik dalga kaynağı olarak 9 kg ağırlığındaki balyoz ile çelik plaka üzerine yaptırılan vuruşlardan yararlanılmıştır (Şekil 4.34).

Sismik kırılma yöntemi genel olarak belirli tabakanın alt veya üst sınırlarını, fayları ve yanıl değişimleri saptamak amacıyla kullanılır. Yöntemin temeli, sığ ortamda yapay olarak oluşturulan elastik dalgaların belirli ortamlarda kırılıp yansıdıktan sonra, alıcılara kadar geçen ilk varış zamanlarının kaydedilmesi ilkesine dayanır.



Şekil 4.34: Masw-Kırılma ölçümüne ait arazi fotoğrafı.



Şekil 4.35: Çalışma alanında yapılan jeofizik çalışmalarının uydu fotoğrafı üzerindeki yerler (Google Earth).

Sismik kırılma çalışmaları genellikle boyuna dalga ölçümleriyle yapılmaktadır. Fakat araştırma alanını oluşturan kayaçların dinamik elastik parametrelerini de hesaplamak gerekirse, o zaman enine dalga ölçümleri de yapılmalıdır. Boyuna dalgalar (P dalgası) küçük genlikli ve yüksek frekanslı olup, hızlı yayılabilen dalgalardır. Sismik dalga hızları ilerlediği ortamın yoğunluğuna, içerdiği su miktarına, çatlaklık, porozite ve çimentolanma derecesine bağlıdır. Enine dalgalar bu faktörlere, boyuna dalgalara nazaran daha fazla duyarlıdır.

Çalışma alanında belirlenen ve kroki üzerinde gösterilen 8 hat üzerinde, karşılıklı atış olacak şekilde, ofset mesafesi 12 m, jeofon aralıkları 3 m ve toplam hat uzunluğu 57 m olmak üzere ‘Sismik Kırılma - MASW’ çalışması yapılmıştır (Şekil 4.35, Tablo 4.9).

Tablo 4.9: Sismik ölçümlere ait genel bilgiler.

Ölçüm Noktası	Serim Uzunluğu (m)	Kesit Hattı	Koordinatlar (ITRF96, 3°)	
			Y	X
Masw-Kırılma-1	57.00	Sis1-B	566028.416	4541101.781
		Sis1-S	566050.430	4541085.976
Masw-Kırılma-2	57.00	Sis2-B	565755.044	4540831.914
		Sis2-S	565738.532	4540807.236
Masw-Kırılma-3	57.00	Sis3-B	566105.833	4540631.828
		Sis3-S	566126.147	4540650.944
Masw-Kırılma-4	57.00	Sis4-B	566317.871	4540517.923
		Sis4-S	566342.676	4540513.553
Masw-Kırılma-5	57.00	Sis5-B	566782.252	4540395.025
		Sis5-S	566807.251	4540395.828
Masw-Kırılma-6	57.00	Sis6-B	567052.119	4540296.891
		Sis6-S	567075.087	4540283.675
Masw-Kırılma-7	57.00	Sis7-B	566934.709	4540209.272
		Sis7-S	566959.718	4540209.500
Masw-Kırılma-8	57.00	Sis8-B	565701.073	4540995.042
		Sis8-S	565717.372	4540969.901

Pdüz, Pters ölçüleri alınarak ilk varış okumaları yapılmış, ilk varış okumalarına bağlı olarak zaman-uzaklık (x-t) grafiği oluşturulmuş, MASW ölçüm kayıtlarından yola çıkılarak dispersiyon eğrisi oluşturulmuş, buna bağlı olarak da Vs hızı hesaplanmış ve jeofizik zemin kesiti çizilmiştir. Kayma dalgası, zeminde kayma (shear) hareketi yaratan bir dalga türüdür. Bu dalganın hızı (Vs), zeminin sertliği, dayanıklılığı ve sıkılığı hakkında bilgi verir. Vs değeri, yüksekse zemin sert ve dayanıklı, düşükse zemin gevşek ve kolayca deforme olabilir anlamına gelmektedir.

Çalışma alanında gerçekleştirilen Sismik Kırılma-MASW çalışmaları neticesinde ortalama 20m araştırma derinliğine ulaşılmış olup araştırma derinliği boyunca 3 tabaka tespit edilmiştir. Her bir sismik profil hattı için zemin kesitleri incelendiğinde yüzeyden itibaren 3,80-6,00 m kalınlıkları arasında değişmekte olan yüzeysel dolgu birimlerin varlığı söz konusu olup “Masw-Kırılma-1” profili hariç diğer tüm profillerde bu yüzeysel birimin hemen ardından 4,80 – 14,05m kalınlığında değişmekte olan çok ayrılmış kayaçların (ayrışmış andezit) varlığı söz konusudur. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan bu çok ayrılmış kayaç biriminden sonra ise ayrılmış kayaçlar (andezit) mevcuttur. Ölçümler sonucunda elde edilen veriler aşağıdaki tabloda sunulmuştur (Tablo 4.10). Çalışma alanında yapılan sismik çalışmalar doğrultusunda zemin profilleri hakkında bir çıkarımda bulunulmuş ve kesitler çizilmiştir (Şekil 4.36, 4.37).

Tablo 4.10: Sismik ölçümlere ait değerlendirme sonuçları.

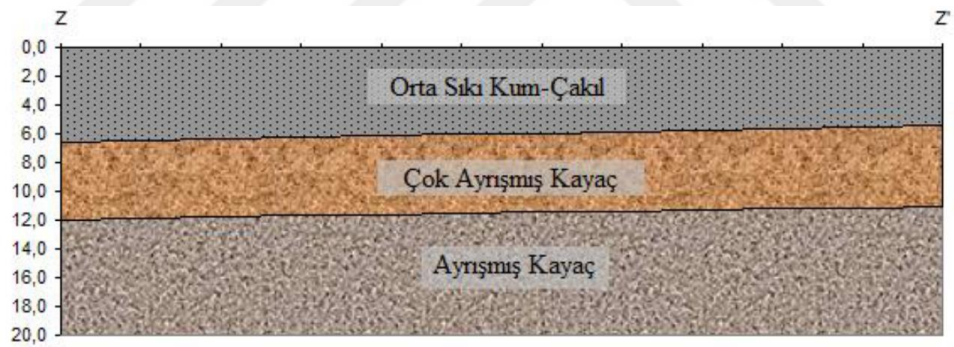
Hat	Tabakalar	P Dalgası Hızı Vp (m/sn)	S Dalgası Hızı Vs (m/sn)	Tabaka Kalınlığı (m)	Litoloji	Formasyon	V _{S30} Hızı (m/sn)
Masw-Kırılma-1	1. Tabaka	1230	230	4,55	Dolgu Birim (Kumlu Birim)	Yapay Dolgu	346
	2. Tabaka	1850	345	-	Orta Sıkı Kum-Çakıl	-	
Masw-Kırılma-2	1. Tabaka	1400	375	4,00	Dolgu Birim (Kumlu Birim)	-	730
	2. Tabaka	1900	600	4,90	Çok Ayrılmış Kayaç	Kabaköy	
	3. Tabaka	2700	855	-	Ayrılmış Kayaç	Kabaköy	
Masw-Kırılma-3	1. Tabaka	1300	320	6,00	Orta Sıkı Kum-Çakıl	-	647
	2. Tabaka	2100	605	5,50	Çok Ayrılmış Kayaç	Kabaköy	
	3. Tabaka	2500	895	-	Ayrılmış Kayaç	Kabaköy	
Masw-Kırılma-4	1. Tabaka	1300	280	5,70	Orta Sıkı Kum-Çakıl	-	586
	2. Tabaka	1700	570	6,10	Çok Ayrılmış Kayaç	Kabaköy	
	3. Tabaka	2700	885	-	Ayrılmış Kayaç	Kabaköy	
Masw-Kırılma-5	1. Tabaka	1050	275	3,80	Orta Sıkı Kum-Çakıl	-	667
	2. Tabaka	1690	535	7,00	Çok Ayrılmış Kayaç	Kabaköy	
	3. Tabaka	2730	900	-	Ayrılmış Kayaç	Kabaköy	
Masw-Kırılma-6	1. Tabaka	980	295	4,15	Dolgu Birim (Kumlu Birim)	-	688
	2. Tabaka	1755	590	4,80	Çok Ayrılmış Kayaç	Kabaköy	
	3. Tabaka	2545	860	-	Ayrılmış Kayaç	Kabaköy	
Masw-Kırılma-7	1. Tabaka	1100	285	5,90	Dolgu Birim (Kumlu Birim)	-	603
	2. Tabaka	1715	580	6,00	Çok Ayrılmış Kayaç	Kabaköy	
	3. Tabaka	2605	890	-	Ayrılmış Kayaç	Kabaköy	
Masw-Kırılma-8	1. Tabaka	980	305	5,95	Dolgu Birim (Kumlu Birim)	-	536
	2. Tabaka	1800	585	-	Çok Ayrılmış Kayaç	Kabaköy	



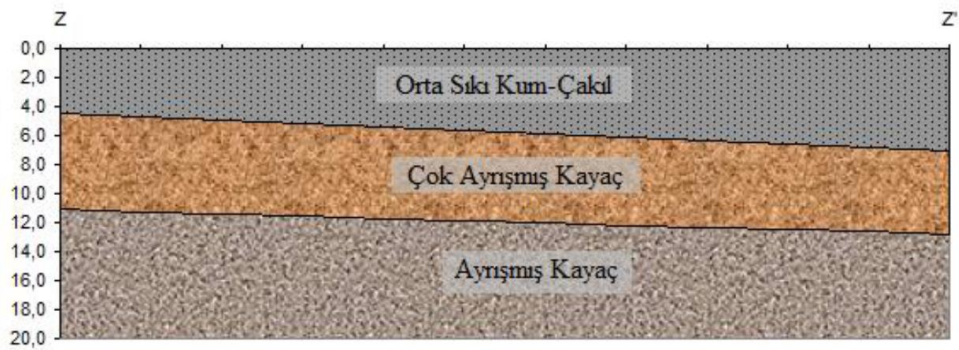
SİS-1 ZAMAN UZAKLIK (T-X) GRAFİĞİ, VARIŞ ZAMANLARI VE ZEMİN KESİTİ



SİS-2 ZAMAN UZAKLIK (T-X) GRAFİĞİ, VARIŞ ZAMANLARI VE ZEMİN KESİTİ



SİS-3 ZAMAN UZAKLIK (T-X) GRAFİĞİ, VARIŞ ZAMANLARI VE ZEMİN KESİTİ



SİS-4 ZAMAN UZAKLIK (T-X) GRAFİĞİ, VARIŞ ZAMANLARI VE ZEMİN KESİTİ

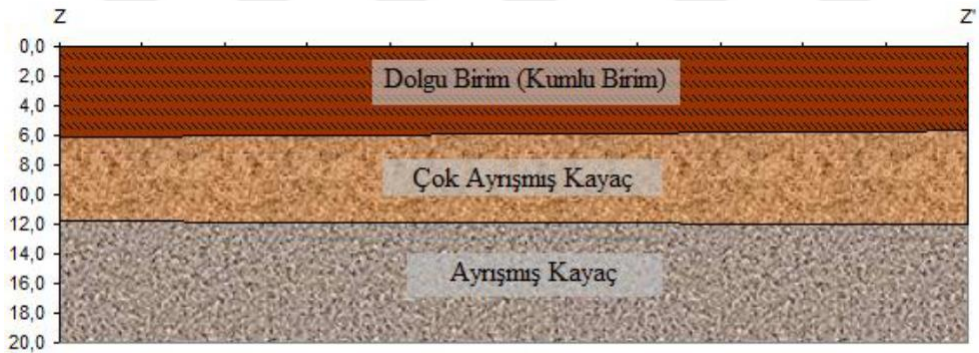
Şekil 4.36: Sismik Kırılma 1, 2, 3 ve 4'e ait zemin kesitleri.



ŞİS-5 ZAMAN UZAKLIK (T-X) GRAFİĞİ, VARIŞ ZAMANLARI VE ZEMİN KESİTİ



ŞİS-6 ZAMAN UZAKLIK (T-X) GRAFİĞİ, VARIŞ ZAMANLARI VE ZEMİN KESİTİ



ŞİS-7 ZAMAN UZAKLIK (T-X) GRAFİĞİ, VARIŞ ZAMANLARI VE ZEMİN KESİTİ



ŞİS-8 ZAMAN UZAKLIK (T-X) GRAFİĞİ, VARIŞ ZAMANLARI VE ZEMİN KESİTİ

Şekil 4.37: Sismik Kırılma 5, 6, 7 ve 8'e ait zemin kesitleri.

4.4.5. Laboratuvar Deneyleri

Çalışma alanında yapılan deniz ve kara araştırma sondajlarından alınan örselenmiş (SPT) numuneler laboratuvarlarda deneylere tabi tutulmuştur. Yapılan deneyler TS standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Deneylerin standartları ve adetleri tabloda sunulmuştur (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: Laboratuvar deneyleri ve adetleri.

Deney Adı	Standart	Adet
Doğal Su Muhtevası (%)	TS EN ISO 17892-1	306
Likit limitinin çarpmalı cihazla tayini	TS EN ISO 17892-12 2018	306
Plastik limitin tayini ve plastisite indisinin bulunması	TS EN ISO 17892-12 2018	306
Birim hacim kütlenin belirlenmesi	TS 1900-1/MART 2006	306
Tane büyüklüğü dağılımının bulunması (eleme metodu)	TS EN ISO 17892-4/ARALIK 2016	306
Tane büyüklüğü dağılımının bulunması (hidrometre metodu)	TS EN ISO 17892-4/ARALIK 2016	73

Çalışma alanında açılan sondajlardan alınan örselenmiş (SPT) numuneler üzerinde zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için; doğal su muhtevası, doğal birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, elek analizi, atterberg limitleri deneyleri ve hidrometrik analiz deneyleri yapılmıştır. Laboratuvar sonuçları EK-2’de sunulmaktadır.

4.5. SIVILAŞMA ANALİZİ

Deprem etkisi altında zeminlerin sıvılaşma potansiyellerinin belirlenmesi için çeşitli yöntemler mevcuttur. Sıvılaşma potansiyeli irdelemeleri çeşitli laboratuvar deneyleri yardımı ile yapılabilmekte olsa da pratikte sıvılaşabilirlik değerlendirmeleri çoğunlukla saha deneyleri yardımı ile yapılmaktadır. Sıvılaşma analizlerinde en yaygın kullanılan saha deneyi standart penetrasyon testidir. SPT deneyine ek olarak sıvılaşma analizlerinde koni penetrasyon testi (CPT) ve kayma dalgası hızı (V_s) ölçümüne imkân vermekte olan saha deneyleri de kullanılabilir. Mollomahmutoğlu ve Babuçcu (2006), sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan arazi deneylerinin avantaj ve dezavantajlarını detaylı bir şekilde ele almıştır (Tablo 4.12).

Tablo 4.12: Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan arazi deneylerinin avantaj ve dezavantajları (Mollomahmutoğlu ve Babuçu, 2006).

ÖZELLİK	DENEY TİPİ		
	SPT	CPT	Vs
Sıvılaşma bölgelerinde veri kayıtları	Zengin	Zengin	Sınırlı
Deneyi etkileyen gerilme-deformasyon davranışlarının tipi	Kısmi drenajlı büyük deformasyon	Drenajlı, büyük deformasyon	Küçük deformasyon
Kalite kontrolü ve kanıtlanabilirlik	Zayıf iyi arası	Çok iyi	İyi
Zeminlerdeki değişkenliğin izlenebilmesi	Kısa aralıklarla yapılan deneylerde iyi	Çok iyi	Orta
Hangi zemin tipi için önerildiği	Çakılsız zeminler	Çakılsız zeminler	Hepsi
Zemin numunesi alınıyor mu?	Evet	Hayır	Hayır
Deney indeks mi, mühendislik özelliği mi ölçüyor?	İndeks	İndeks	Mühendislik

TBDY (2018)'de yer alan “Deprem Etkisi Altında Zeminin Sıvılaşma Riskinin Değerlendirilmesi” başlığı altında sıvılaşma riski ile ilgili hususlar belirtilmiş olup, Deprem Tasarım Sınıfı DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a olan binalar için ZD, ZE veya ZF grubuna giren, sürekli bir tabaka veya kalın mercekler halinde bulunan ve yine tanımlanan durumlar dışındaki kumlu zeminlerde sıvılaşma potansiyelinin bulunup bulunmadığının, arazi ve laboratuvar deneylerine dayanan uygun analiz yöntemleri ile incelenmesi ve analiz sonuçlarının ayrıntılı olarak rapor edilmesinin zorunlu olduğu belirtilmiştir (Tablo 4.13).

Tablo 4.13: Deprem tasarım sınıfları (DTS).

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2,3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} \leq 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} \leq 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Bir zeminde sıvılaşma analizi yapılması esnasında o zeminin ve ortamın sağlaması gereken bazı koşullar bulunmaktadır. Wang 1979'da zeminlerin sıvılaşp sıvılaşmayacağını değerlendirilmesi amacıyla zemin özelliklerine bağlı olarak belirlediği Çin Ölçünü'nü önermiştir. Çin ölçütündeki koşulları sağlayan ince taneli zeminlerin dayanım kaybı yaşayıp sıvılaşmaya eğilimli olabileceği öne sürülmüştür. Bu koşullar;

- 0,005 mm'den daha ince partiküllerin zemindeki kuru ağırlıkça yüzdesi 15'den daha az olmalıdır (0,005 mm'den geçen yüzde < %15).
- Likit limit değeri yüzde 35'den küçük olmalıdır ($LL < \%35$).
- Zeminin su muhtevası (w) likit limitin 0,9'undan daha büyük olmalıdır ($w > 0,9LL$).

Buna ek olarak maksimum yatay yer ivmesi (a_{max}) değerinin 0.10g'den ve deprem büyüklüğü (ML) değerinin 5.0'ten küçük olduğu durumda sıvılaşma analizinin yapılmasına gerek duyulmamaktadır (Day, 2002).

TBDY (2018)'e göre sıvılaşma 20 metre derinliğe kadar olan kısımlarda aranır. Bunun nedeni ise zemin sıvılaşması efektif gerilmeye bağlı olduğu için efektif gerilme ne kadar büyük olursa sıvılaşma o oranda düşük olur, zemin derinleştikçe efektif gerilme artacağından sıvılaşma riski azalır.

Yaygın kullanımda olan sıvılaşma analizi yönteminin genel olarak Seed ve Idriss tarafından 1971 yılında önerilmiş olan basitleştirilmiş yöntemin temellerine dayandığı söylenebilir. Sıvılaşma analizlerinde genel olarak takip edilen prosedür aşağıda verilmektedir (Day, 2002).

- Zemin Cinsinin Uygunluğu: Sıvılaşma analizinin ilk adımı zeminde sıvılaşma potansiyelinin aranıp aranmayacağını tespit edilmesidir. Sıvılaşmaya duyarlı olan zemin tipleri genel olarak plastik olmayan özellik gösteren kohezyonsuz zeminler olarak tanımlanmaktadır. Sıvılaşabilir zemin tipleri potansiyellerinin büyüklüğüne göre genel olarak temiz kumlar, non plastik siltli kumlar ve non plastik siltler olarak sıralanabilir.
- Yeraltı Suyu Seviyesi: Bir zeminde sıvılaşma potansiyelinin hesaplanması için zeminin yeraltı suyu seviyesinin altında yer alıyor olması veya gelecekte yeraltı suyu seviyesinin

altında yer alma ihtimalinin olması gerekmektedir. Zemin ortamında suyun bulunmaması durumunda zeminde sıvılaşma aranmaz.

Zemin sıvılaşması, yeraltı su seviyesinin altında yer alan ve yüzeyden 20 m derinliğe kadar olan kohezyonsuz ya da düşük kohezyonlu ($PI < 12$) zeminlerin deprem sarsıntısı altında, boşluk suyu basıncındaki artışa paralel kayma mukavemeti ve rijitliğindeki önemli oranda azalış olarak tanımlanmıştır (TBDY, 2018).

- Çevrimsel Gerilme Oranı (CSR): Eğer zemin yukarıdaki iki kriteri sağlıyorsa basitleştirilmiş yöntem uygulanabilir. Basitleştirilmiş yöntemin ilk adımı deprem kaynaklı çevrimsel gerilme oranının tespit edilmesidir. Çevrimsel gerilme oranına etki eden en önemli faktörlerden biri maksimum yatay yer ivmesidir (a_{max}).
- Çevrimsel Direnç Oranı (CRR): Arazide gerçekleştirilen deneylerden elde edilen parametreler kullanılarak zeminin çevrimsel direnç oranı belirlenir. Eğer bir önceki adımda belirlenmiş olan çevrimsel gerilme oranı, çevrimsel direnç oranından daha büyük ise analizde belirtilen deprem koşullarında zeminde sıvılaşma meydana geleceği görülür.
- Güvenlik Katsayısı (F_L): Analizin son adımında zeminin sahip olduğu sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı belirlenir. Güvenlik katsayısı çevrimsel direnç oranının, çevrimsel gerilme oranına bölünmesi ($F_L = CRR / CSR$) ile elde edilir.

TBDY (2018)'e göre; $F_L \geq 1.10$ ise sıvılaşmanın olmayacağı, $F_L < 1.10$ ise sıvılaşmanın olabileceğini ifade etmektedir.

- Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (L_s)

Sıvılaşma potansiyeli indeksi, ilk olarak Iwasaki ve diğ. (1982) tarafından çoklu tabakaları oluşturan düşey zemin kolonunun yüzeyden 20 m'ye kadar olan sıvılaşma potansiyelini hesaplamak için geliştirilmiştir ve sıvılaşma olasılığı kavramı getirilmiştir. Bu çalışmada daha güncel olan Sönmez ve Gökçeoğlu (2005) tarafından uyarlanan sıvılaşma potansiyeli indeksi kavramı kullanılmıştır.

Sıvılaşan Tabaka Kalınlığı: $F_L < 1.411$ için sıvılaşan tabaka kalınlığını ifade eder. Birimi “m” dir.

$W(z)$: Derinlikle değişen sıvılaşma potansiyeli azaltma faktörüdür. Burada (z) zemin yüzeyinden zemin tabakasının orta noktasına olan derinliktir. Bu derinliklere göre farklı formüller kullanılmaktadır (Denklem 4.1, 4.2).

$$z < 20m \quad \text{için} \quad W(z) = 10 - 0,5 \cdot z \quad 4.1$$

$$z \geq 20m \quad \text{için} \quad W(z) = 0 \quad 4.2$$

$P_L(z)$: Her bir seviye için Juang vd. (2003) tarafından tanımlanan sıvılaşma olasılığıdır. Güvenlik katsayısının değerine göre formülize edilmiştir (Denklem 4.3, 4.4).

$$F_L \leq 1,411 \text{ için}; \quad P_L(z) = \frac{1}{1 + \left(\frac{F_L}{0,96}\right)^{4,5}} \quad 4.3$$

$$F_L > 1,411 \text{ için}; \quad P_L(z) = 0 \quad 4.4$$

Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (L_s): Sıvılaşma analizini gerektiren her bir SPT derinliğindeki sıvılaşma şiddeti indeksi değerlerinin toplamı o sondaj kuyusu için sıvılaşma şiddeti indeksini belirleyecektir (Denklem 4.5). Hesaplanan toplam sıvılaşma şiddeti indeksi değerine göre derecelendirilen sıvılaşma potansiyeli Tablo 4.14'te belirtilmiştir.

$$L_s = \int_0^{20} P_L(z) \cdot W(z) \cdot dz \quad 4.5$$

Tablo 4.14: Sıvılaşma şiddeti indeksi (L_s) sınıflaması (Sönmez ve Gökçeoğlu, 2005).

L_s	Sıvılaşma Şiddeti
$85 \leq L_s < 100$	Çok Yüksek
$65 \leq L_s < 85$	Yüksek
$35 \leq L_s < 65$	Orta
$15 \leq L_s < 35$	Düşük
$0 < L_s < 15$	Çok Düşük
$L_s = 0$	Sıvılaşmaz

4.5.1. SPT Verilerine Göre Sıvılaşma Analizi

Jeoteknik araştırmalarda geniş şekilde kullanılan bir saha testidir. Arazide iri taneli (kumlu) zeminlerin özelliklerini belirlemede ve sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan standart penetrasyon testi, siltler ve kumlar için arazideki relatif sıkılık ve efektif kayma dayanımı açısı gibi zemin özelliklerini belirlemek için kullanılabilir. Bu dinamik testin en önemli özelliği kumlu bir zemine girişte uygulanan direnci ölçmek ve örselenmemiş bir numune alabilmektir.

SPT deneyi, bir ağırlığın belirli yükseklikten düşürülerek, boyutları standart olan tüpün zemini içine belirli bir mesafede çakılması deneyidir. Numune alıcının zemine son 30 cm'lik giren kısmına karşı gelen toplam darbe sayısı, zeminin penetrasyon direnci (SPT-N) olarak tarif edilir (Sağlam, 1979).

Potansiyel olarak sıvılaşabilir zeminler, yeraltı su tablasının altında yer alan kum, çakıllı kum, siltli killi kum, plastik olmayan silt ve silt-kum karışımları olarak tanımlanmaktadır. Temel altı zeminlerinin potansiyel olarak sıvılaşabilir zeminlerden oluştuğu ve bu zemin tabakalarında düzeltilmiş SPT vuruş sayısının, $N_{1,60}$ 30 darbe / 30 cm değerinden küçük olduğu durumlarda zemin sıvılaşması tetiklenme değerlendirilmesi yapılması gerektiği belirtilmektedir (TBDY, 2018).

TBDY madde 16.6.6'da;

Deprem Tasarım Sınıfı'nın $DTS = 4$ olduğu ve aynı zamanda aşağıdakilerden en az birinin sağlandığı durumlarda sıvılaşma tetiklenme analizi yapılmayabilir:

(a) Kil içeriğinin %20'den fazla ve plastisite indisinin %10'dan yüksek olduğu kumlu zeminlerde;

(b) İnce dane yüzdesinin %35'den fazla ve düzeltilmiş SPT vuruş sayısının, $N_{1,60}$ 20 vuruş / 30 cm'den yüksek olduğu kumlu zeminlerde ifadesi bulunmaktadır.

Sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulu aşağıdaki denklem ile tanımlanmıştır.

Burada τ_R ve τ_{deprem} , sırası ile sıvılaşma direncini ve zeminde depremden oluşan ortalama tekrarlı kayma gerilmesini ifade etmektedir.

Sıvılaşmaya Karşı Güvenlik Koşulu; $(\tau_R / \tau_{\text{deprem}}) \geq 1.10$ şartı sağlanmaz ise “Sıvılaşma Olabilir”, koşul sağlanır ise “Sıvılaşma Yok” olarak ifade edilmektedir.

Deprem Hesabı Verileri

M_w: Tasarım depreminin moment büyüklüğüdür. Moment büyüklüğü saha etki alanı içinde bulunan ve depreme kaynaklık edecek süreksizlik sistemleri, fay segmentinin uzunluğu ve deprem katalogları dikkate alınarak belirlenecektir. Ya da sahaya etki eden en büyük deprem moment büyüklüğü (M_w) değeri alınacaktır.

S_{DS}: Kısa periyot (0.2s) tasarım spektral ivme katsayısıdır. S_{DS}’nin S’si Spektral ivme, alt indis “D”si Design/tasarım, alt indis küçük “S” Short/kısa anlamına gelmektedir.

$$S_{DS} = S_S F_S \quad 4.6$$

S_S : Kısa periyot spektral ivme değeri

F_S : Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı

S_{DS}, Türkiye Deprem Tehlike Haritası’ndan deprem yer hareketi düzeyi, yerel zemin sınıfı, enlem ve boylama göre hesaplanmaktadır (Denklem 4.6). Çalışma alanı için ZD yerel zemin sınıfına ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyine göre S_{DS} değeri 0,669 olarak bulunmuştur.

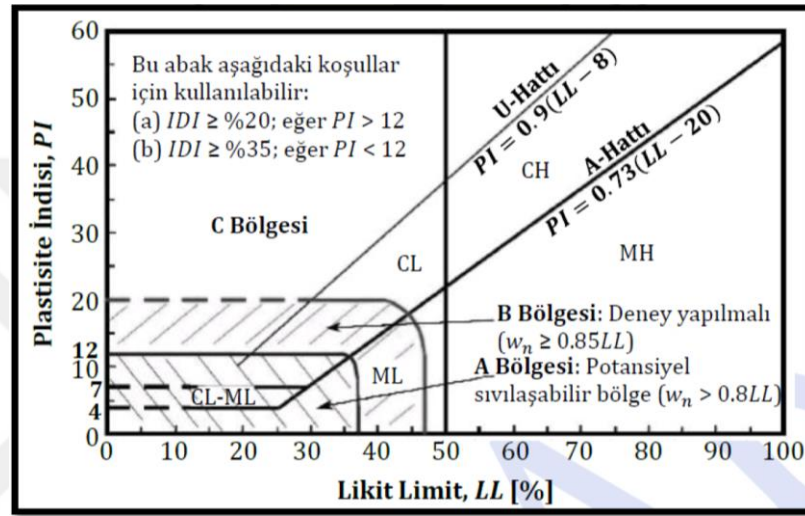
SPT Verileri

SPT (N): Arazide her 1,5 m’de bir yapılan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) sonucunda elde edilen SPT (N) verileri yazılmaktadır (son iki 15 cm’nin toplamı). Deney sonucunda refü için “R” yazılmaktadır.

Zemin Tipi (USCS): Sondaj derinliğine bağlı malzemeni tanımıdır. Sondaj çalışmalarında alınan numunelerin laboratuvar sonuçlarından elde edilmektedir.

Plastisite İndisi: SPT derinliğinde atterberg kıvam limitleri deneyine bağlı olarak likit limit ve plastik limitin belirlenmesi sonucu bulunan plastisite indisi. Analizlerde plastisite indisinin %12’den büyük olması durumunda sıvılaşma potansiyeli analizini otomatik olarak yapılmamıştır.

TBDY’de belirtilmemekle birlikte; Seed ve diğ. (2003) yaklaşımına göre; plastisite indisi 12’den ve likit limiti (LL) 37’den küçük zeminler doğal su içerikleri likit limitlerinin %80’inden fazla ise potansiyel olarak sıvılaşabilir; plastisite indisi 12 ile 20, likit limiti 37 ile 47 arasında olan zeminlerde ise doğal su içeriği (W_s) likit limitlerinin %85’inden fazla olması durumunda sıvılaşma potansiyeli daha detaylı testler (örneğin tekrarlı üç eksenli deneylerin yapılması gibi) ile incelenmelidir. Aşağıdaki şekilde; ince daneli zeminlerin sıvılaşma/yumuşama performansı değerlendirmesi Seed ve diğ. (2003)’nin grafiği verilmektedir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38: İnce daneli zeminlerin sıvılaşma/yumuşama performansı değerlendirme (Seed ve diğ., 2003).

Kil İçeriği: SPT derinliğinde alınan numunelerde yer alan yüzde (%) cinsinden ifade edilen kil içeriğidir. Laboratuvar da hidrometre deneyi sonucunda elde edilir. TBDY Madde 16.6.6’da deprem tasarım sınıfının $DTS=4$ olduğu ve aynı zamanda kil içeriğinin %20’den fazla ve plastisite indisinin %10’dan yüksek olduğu kumlu zeminlerde sıvılaşma analizi yapılmayabilmektedir.

Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n): SPT derinliğinde bulunan zeminin doğal birim hacim ağırlığıdır. Birimi kN/m^3 ’tür. Yeraltı suyu seviyesi altında doğal birim hacim ağırlık, doymuş birim hacim ağırlığa eşit olur.

Zeminin Suyu Doymuş Birim Hacim Ağırlığı (γ_d): SPT derinliğinde bulunan zeminin suya doymuş birim hacim ağırlığıdır. Birimi kN/m^3 ’tür.

İnce Dane İçeriği (IDI): Her bir SPT derinliğinde bulunan zeminde yer alan ince dane içeriğidir. Yüzde (%) cinsinden ifade edilir. TBDY Madde 16.6.6’da belirtilen, deprem tasarım sınıfının

DTS=4 olduğu ve aynı zamanda ince dane yüzdesinin %35'ten fazla ve düzeltilmiş SPT vuruş sayısının, $N_{1,60}$ 20 vuruş/30cm'den yüksek olduğu kumlu zeminlerde sıvılaşma analizi yapılmayabilir ifadesi hesaplarda dikkate alınmıştır.

SPT Verilerinin Düzeltilmesi

Toplam Düşey Gerilme (σ_{vo}): Zemin içinde herhangi bir düzlemde birim alana dik olarak etki eden kuvvetin bu alanda dağılması ile oluşan gerilmedir. Hesaplamalar yapılırken deniz suyu seviyesi ve yeraltı suyu seviyesi göz önünde bulundurulmuştur. Su yüksekliği, örtü yükü olarak kabul edilmiştir. Sıvılaşma analizinde kullanılan düşey zemin gerilmesinin birimi kN/m^2 olup değeri aşağıda verilen formülden yararlanılarak bulunmuştur (Denklem 4.7).

$$\sigma_{vo} = \gamma_z h \quad 4.7$$

γ_z : Doğal birim hacim ağırlığı

(Eğer zemin suya doymuş ise suya doymuş birim hacim ağırlığı (γ_d) kullanılmaktadır.)

h : SPT derinliği (m)

Düşey Efektif Gerilme (σ'_{vo}): Zemin kütlesi içinde taneden taneye aktarılan ve birim alana etkiyen ortalama dik kuvvet olarak tanımlanır. Toplam gerilmeden boşluk suyu basıncının çıkartılması ile bulunur. Sıvılaşma analizinde kullanılan efektif düşey zemin gerilmesinin birimi kN/m^2 olup değeri aşağıda verilen formülden yararlanılarak bulunmuştur (Denklem 4.8).

$$\sigma'_{vo} = \sigma_{vo} - (\gamma_w \times YASS) \quad 4.8$$

σ_{vo} : Toplam düşey gerilme (kN/m^2)

γ_w : Suyun birim hacim ağırlığı (kN/m^3)

YASS : Yeraltı su seviyesi(m)

Derinlik Düzeltme Katsayısı (C_N): Kohezyonsuz zeminler için uygulanmakta olan jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısıdır ve aşağıda verilen eşitlikten bulunur (Denklem 4.9). Bulunan değer 1,70'ten büyük ya da eşit çıktığı takdirde, maksimum değer olarak 1,70 alınmalıdır (TBDY, 2018).

$$C_N = 9,78 \sqrt{\frac{1}{\sigma'_{vo}}} \leq 1,70 \quad 4.9$$

Tij Boyu Düzeltme Katsayısı (C_R): SPT tij boyu düzeltme katsayısıdır.

Numune Alıcı Tipi Düzeltme Katsayısı (C_S): SPT numune alıcı tipi düzeltme katsayısıdır.

Sondaj Delgi Çapı Düzeltme Katsayısı (C_B): SPT sondaj delgi çapı düzeltme katsayısıdır.

Enerji Oranı Düzeltme Katsayısı (C_E): SPT enerji oranı düzeltme katsayısıdır. Tüm katsayılar Tablo 4.15'te belirtilmiştir.

Tablo 4.15: SPT düzeltme katsayıları (TBDY 2018).

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

Düzeltilmiş SPT Vuruş Sayısı ($N_{1,60}$): Düzeltilmiş SPT vuruş sayısı olup aşağıda verilen formülden yararlanılarak hesaplanmaktadır (Denklem 4.10).

$$N_{1,60} = N C_N C_R C_S C_B C_E \quad 4.10$$

İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltilmiş SPT Vuruş Sayısı ($N_{1,60f}$): İnce tane içeriğine göre α ve β katsayıları kullanılarak (Tablo 4.16) elde edilen düzeltilmiş SPT vuruş sayısı Denklem 4.11'de gösterildiği gibi bulunmaktadır (Youd ve Idriss, 2001). Çalışma alanında, sondaj çalışmalarından elde edilen SPT-N değerlerinde yapılan düzeltmeler EK-3'de verilmektedir.

$$N_{1,60f} = \alpha + \beta N_{1,60} \quad 4.11$$

Tablo 4.16: İnce tane içeriğine göre düzeltilmiş SPT vuruş sayısı ($N_{1,60f}$) (TBDY, 2018).

$\alpha = 0$	$\beta = 1,0$	$IDI \leq \%5$
$\alpha = \exp[1,76-(1,90/IDI_2)]$	$\beta = 0,99+IDI^{1,5}/1000$	$\%5 \leq IDI \leq \%35$
$\alpha = 5,0$	$\beta = 1,2$	$IDI \geq \%35$

Sıvılaşma Direncinin Hesaplanması

Moment Büyüklüğü 7.5 Olan Depreme Karşı Gelen Çevrimsel Dayanım Oranı ($CRR_{M7.5}$): Moment büyüklüğü 7.5 olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranı olup ince tane içeriğine göre düzeltilmiş SPT vuruş sayısı aşağıdaki denklemde belirtilmiştir (Youd ve Idriss, 2001). SPT vuruş sayısı “34” ve üzeri olduğunda aşağıda verilen formülde ince tane içeriğine bağlı olarak düzeltilmiş çevrimsel dayanım oranı tanımsız olmaktadır (Denklem 4.12). Bu nedenle $N_{1,60f}$ 34 ve üzeri için sıvılaşma hesabı yapılmamıştır.

$$CRR_{M7.5} = \frac{1}{34 - N_{1,60f}} + \frac{N_{1,60f}}{135} + \frac{50}{[10N_{1,60f} + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad 4.12$$

Deprem Büyüklüğü Düzeltme Katsayısı (C_M): Tasarım depremi moment büyüklüğü düzeltme katsayısı olarak tanımlanmıştır. 7.5 büyüklüğündekinden farklı büyüklükteki olası depremler için uygulanacak düzeltme faktörü için Seed ve Idriss (1971) tarafından verilen eşitlik kullanılmıştır (Denklem 4.13). Çalışma alanında Kandilli Rasathanesi Deprem Kataloğundan alınan 100 km yarıçap içerisindeki en büyük $M_w = 5,5$ değeri kullanılmıştır.

$$C_M = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}} \quad 4.13$$

Sıvılaşma Direnci (τ_R): Ani yüklemeler sonucunda suya doygun zemin yapısının bozulması ile birlikte ayrı taneler arasındaki temas kuvveti azalır. Bunun sonucunda boşluk suyu basıncının yükselmesi zeminin direncini kaybetmesine sebebiyet verir. Bu durum sıvılaşma direnci olarak tanımlanır. Moment büyüklüğü 7.5 olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranının ($CRR_{M7.5}$), tasarım depremi moment büyüklüğü düzeltme katsayısı (C_M) ve efektif düşey gerilme (σ'_{vo}) ile çarpılması ile hesaplanmıştır (Denklem 4.14). Birimi kPa'dır.

$$\tau_R = CRR_{M7.5} C_M \sigma'_{vo} \quad 4.14$$

C_M : Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısı

σ'_{vo} : Düşey efektif gerilme

$CRR_{M7.5}$: Moment büyüklüğü 7.5 olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranı

Depremde Oluşan Kayma Gerilmesinin Hesaplanması

Gerilme Azaltma Katsayısı (r_d): Gerilme azaltma katsayısıdır. İncelenen derinliğe (z) bağlı olarak hesaplanacaktır (Tablo 4.17).

Tablo 4.17: Gerilme azaltma katsayısı (r_d) (TBDY, 2018).

$r_d = 1.0 - 0.00765z$	$z \leq 9.15 \text{ m}$
$r_d = 1.174 - 0.267z$	$9.15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m}$
$r_d = 0.744 - 0.008z$	$23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m}$
$r_d = 0.50$	$z > 30 \text{ m}$

Zeminde Depremden Oluşan Ortalama Tekrarlı Kayma Gerilmesi (τ_{deprem}): Zeminde depremden oluşan ortalama tekrarlı kayma gerilmesi olup birimi kPa'dır. Burada σ_{vo} sıvılaşma değerlendirmesi yapılan derinlikteki toplam düşey gerilmeyi, r_d ilgili derinlikteki gerilme azaltma katsayısını, S_{DS} ise kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını göstermektedir. Aşağıda verilen eşitlikten hesaplanmıştır (Denklem 4.15).

$$\tau_{deprem} = 0,65 \sigma_{vo} (0,4 S_{DS}) r_d \quad 4.15$$

Sıvılaşma Güvenlik Koşulu

Sıvılaşmaya Karşı Güvenlik Koşulu (τ_R / τ_{deprem}): Sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulu aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır (Denklem 4.16). Aşağıdaki denklemde verilen şart sağlanmazsa “Sıvılaşma Olabilir”, eğer verilen şart sağlanırsa “Sıvılaşma Yok” olarak belirtilmektedir.

$$F_L = \frac{\tau_R}{\tau_{deprem}} \geq 1,10 \quad 4.16$$

Yukarıdaki denklemde belirtilen şartın gerçekleşmemesi sonucunda, sıvılaşması beklenen tabakaların dayanım ve rijitlik özelliklerindeki azalma, olası taşıma gücü kayıpları, duraylılık

bozuklukları ile oturma ve yanal yayılma türündeki zemin hareketleri değerlendirilmektedir (TBDY, 2018).

Sıvılaşma analizleri tüm kuyuların tüm seviyeleri için gerçekleştirilmiş olup; sıvılaşma analizlerinin maksimum 20 m derinliğe kadar yapılması önerilmektedir (Ulusay, 2010). Bunun nedeni ise zemin sıvılaşması efektif gerilmeye bağlı olduğu için efektif gerilme ne kadar büyük olursa sıvılaşma o oranda düşük olur, zemin derinleştikçe efektif gerilme artacağından sıvılaşma riski azalır. Tez kapsamında yapılan sıvılaşma analizinde kuyu sonuna kadar yapılan tüm SPT deneyi numunelerinde sıvılaşma analizi yapılmıştır. Ancak 20 m derinliğinden sonra sıvılaşma riskinin olmadığı görülmüştür.

Çalışma alanında sondajlar sırasında yapılan SPT deneylerindeki ve alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar sonuçlarındaki değerler üzerinde düzeltmeler yapılarak elde edilen düzeltilmiş $N_{1,60}$ ve $N_{1,60f}$ değerlerine göre hesaplamalar yapılmıştır. SPT deneyleri sırasında bazı seviyelerde darbe gerçekleştirilmeden takım kendi ağırlığı ile ilerlemiştir. Bu seviyelerdeki SPT- N değerleri '1' olarak alınmıştır.

SPT deneyine göre yapılan sıvılaşma analiz sonuçlarında;

SK-11, SK-12, SK-23, SK-24, SK-29 sıvılaşmaz,

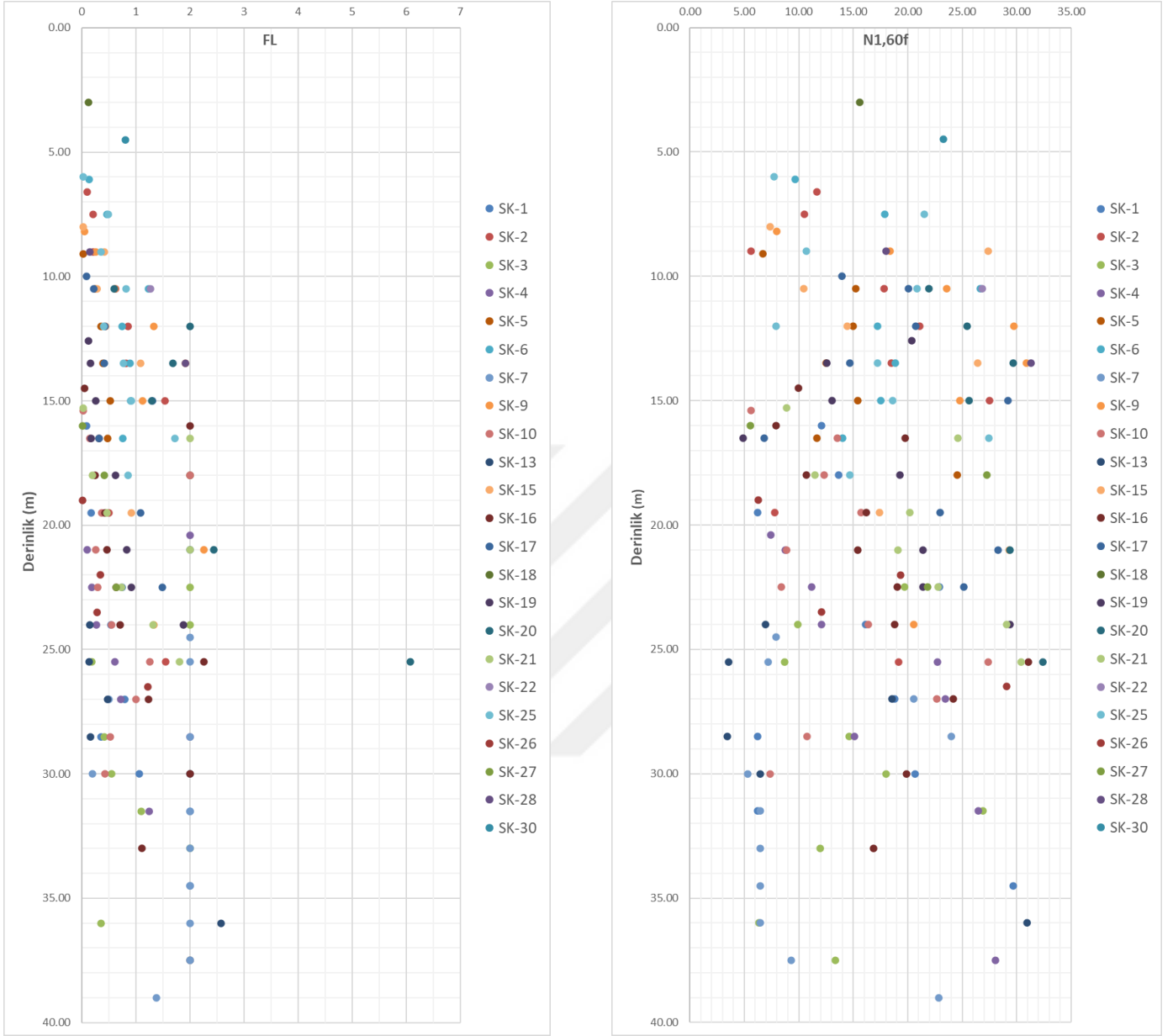
SK-18, SK-22, SK-28, SK-30 çok düşük,

SK-3, SK-7, SK-9, SK-20, SK-27 düşük,

SK-1, SK-2, SK-4, SK-5, SK-6, SK-15, SK-16, SK-17, SK-19, SK-21, SK-25, SK-26 orta,

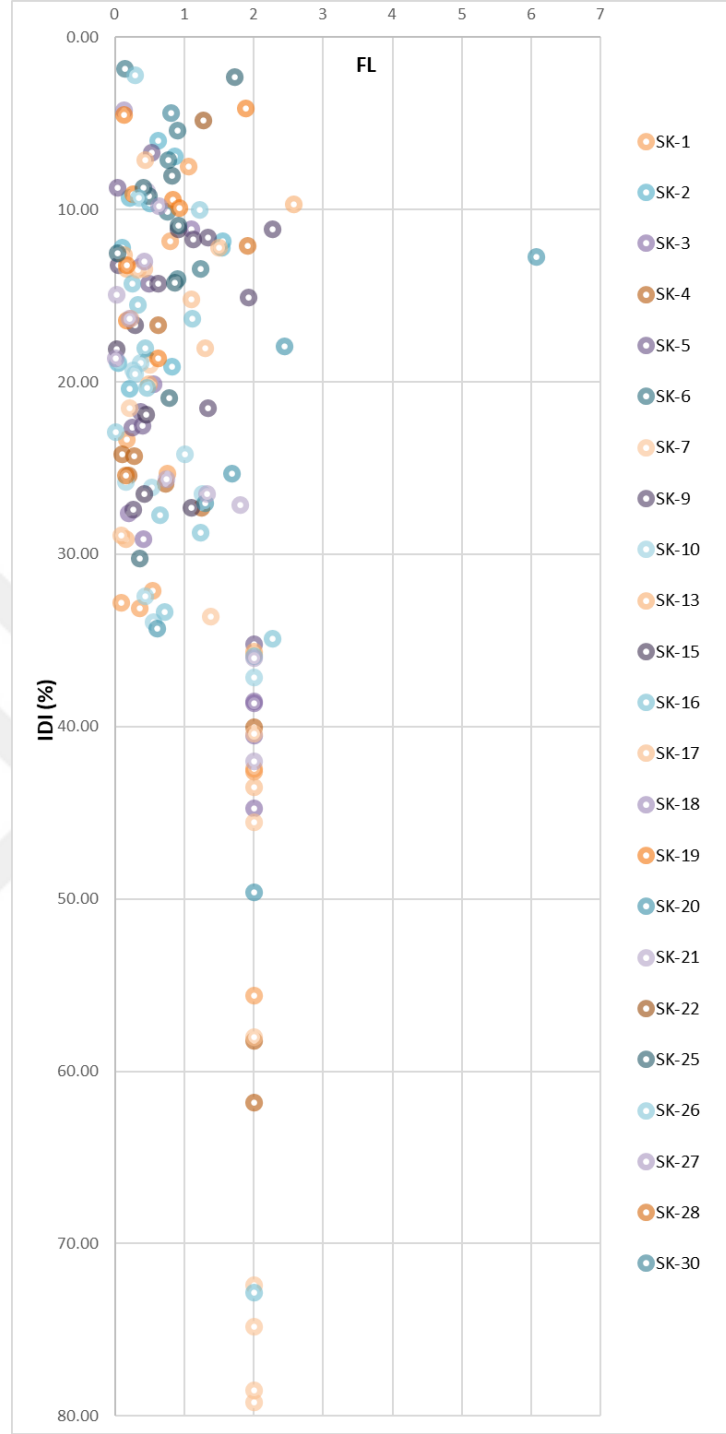
SK-10 yüksek ve SK-13 çok yüksek olarak bulunmuştur.

SPT deneyi verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçlarında elde edilen F_L değerleri 0,01 ile 6,07 arasında değişmektedir. Derinliğe bağlı F_L ve $N_{1,60f}$ değerlerindeki değişim Şekil 4.39'da verilmektedir.



Şekil 4.39: Çalışma alanı için derinlik ile F_L ve $N_{1,60f}$ değerlerinin değişimi.

Çalışma alanında SPT deneyine göre yapılan sınıflama analizi sonuçlarından elde edilen F_L değeri ile laboratuvarında numuneler üzerinde yapılan deneylerden elde edilen ince dane içeriğinden (IDI) yararlanarak bu iki kavramın ilişkisini ortaya koymak amacıyla grafik oluşturulmuştur (Şekil 4.40). Grafığe baktığımızda ince dane içeriği %35'den büyük olan numunelerde F_L değerinin 2 olarak alındığı ve sınıflama riskine sahip olmadığı düşünülmüştür.



Şekil 4.40: Çalışma alanı için F_L ve IDI değerlerinin değişimi.

Kara sondajlarında ve deniz yüzeyinden itibaren başlatılan deniz sondaj çalışmalarında yapılan SPT deneyinin derinlikleri ve sıvılaşma potansiyelleri aşağıdaki tablolarda sunulmuştur (Tablo 4.18-4.22). Bu tablo, farklı derinliklerde ve çeşitli kuyularda sıvılaşma riskinin değişkenlik gösterdiğini ve sıvılaşma potansiyeli ile arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır.

Deniz sondaj kuyularında değişen deniz suyu derinliğinden dolayı, deneyin başladığı derinlik ve numune aralıkları değişkenlik gösterebilmektedir. Tablo zerindeki mavi hücreler deniz suyunun bulunduğu derinlikleri, sarı hücreler ise numune alınamayan derinlikleri ifade etmektedir.

Sıvılaşmanın genellikle sığ derinliklerde yoğun olarak gözlendiği, derinlik arttıķa sıvılaşma riskinin azaldığı ve deniz tabanından itibaren 15,50 metreden sonra sıvılaşma riskine rastlanılmadığı gözlenmiştir.

Sondaj kuyularının sıvılaşma potansiyelini belirlerken yalnızca sıvılaşma beklenen derinliklerin sıklığına dayanarak yorum yapmak yeterli değildir. Sıvılaşma riski belirlenen derinliklere ve güvenlik katsayısına bağlı olarak hesaplanan sıvılaşma şiddeti indeksi de göz önünde bulundurulmalıdır. Bahsedilen bu değerler EK-4’de her derinlik için detaylı bir şekilde hesaplanmış ve sonuçları verilmiştir.

Açılan kara sondajlarında ise yeraltı suyunun kaya biriminde yer almasından dolayı zemin biriminde su bulunmadığından sıvılaşma durumu söz konusu olmamakta olup, tüm kuyularda sıvılaşma potansiyeli sıvılaşmaz olarak bulunmuştur.

Tablo 4.18: SK-1, SK-2, SK-3, SK-4, SK-5 ve SK-6 deniz sondaj kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.

	DENİZ SONDAJ KUYULARI					
	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6
Derinlik (m)	Orta	Orta	Düşük	Orta	Orta	Orta
6.1						Sıvılaşma Beklenir
6.6		Sıvılaşma Beklenir				
7.5		Sıvılaşma Beklenir				Sıvılaşma Beklenir
9		Sıvılaşma Beklenir				
9.1					Sıvılaşma Beklenir	
10.5		Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez
12		Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
13.5		Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
15		Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
16	Sıvılaşma Beklenir					
16.5		Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
18	Sıvılaşma Beklenmez				Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
19.5	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
20.4				Sıvılaşma Beklenmez		
21	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
22.5	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
24	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	
25.5		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	
27	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir		
28.5	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez		
30	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenir			
31.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		
33			Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		
34.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez			

Tablo 4.18 (devam): SK-1, SK-2, SK-3, SK-4, SK-5 ve SK-6 deniz sondaj kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.

Derinlik (m)	DENİZ SONDAJ KUYULARI					
	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6
	Orta	Orta	Düşük	Orta	Orta	Orta
36	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenir			
37.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		
39	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		
40.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez			
42			Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		
43.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		
45	Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenmez		
46.5	Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenmez		
48	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		
49.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		
51			Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		
52.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez			
54	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez			
55.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez			
57	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez			
58.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez			
60	Sıvılaşma Beklenmez					
61.5	Sıvılaşma Beklenmez					
63	Sıvılaşma Beklenmez					
64.5	Sıvılaşma Beklenmez					

Tablo 4.19: SK-7, SK-9, SK-10, SK-13, SK-15 ve SK-16 deniz sondaj kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.

Derinlik (m)	DENİZ SONDAJ KUYULARI					
	SK-7	SK-9	SK-10	SK-13	SK-15	SK-16
	Düşük	Düşük	Yüksek	Çok Yüksek	Orta	Orta
8					Sıvılaşma Beklenir	
8.2		Sıvılaşma Beklenir				
9		Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenir	
10.5		Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenir	
12		Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenir	
13.5		Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenir	
14.5						Sıvılaşma Beklenir
15		Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenmez	
15.4			Sıvılaşma Beklenir			
16						Sıvılaşma Beklenmez
16.5		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenir
18		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir
19.5		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
21		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir
22.5		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenir
24		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenir
24.5	Sıvılaşma Beklenmez					
25.5	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenmez
27	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenmez
28.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenmez
30	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez
31.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenmez
33	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez
34.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez
36	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez
37.5	Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez
39	Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez
40.5	Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez
42	Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez
43.5	Sıvılaşma Beklenmez					
46.5	Sıvılaşma Beklenmez					
48	Sıvılaşma Beklenmez					
49.5	Sıvılaşma Beklenmez					
51	Sıvılaşma Beklenmez					

Tablo 4.20: SK-17, SK-18, SK-19, SK-20, SK-21 ve SK-22 deniz sondaj kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.

	DENİZ SONDAJ KUYULARI					
	SK-17	SK-18	SK-19	SK-20	SK-21	SK-22
Derinlik (m)	Orta	Çok Düşük	Orta	Düşük	Orta	Çok Düşük
3		Sıvılaşma Beklenir				
4.5		Sıvılaşma Beklenmez				
9				Sıvılaşma Beklenmez		
10	Sıvılaşma Beklenir					
10.5	Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenmez
12	Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenmez		
12.6			Sıvılaşma Beklenir			
13.5	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez
15	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez		
15.3					Sıvılaşma Beklenir	
16.5	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
18			Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	
19.5	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	
21	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
22.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	
24	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
25.5	Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
27	Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
28.5				Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
30				Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
31.5				Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
33					Sıvılaşma Beklenmez	
34.5					Sıvılaşma Beklenmez	
36					Sıvılaşma Beklenmez	
37.5					Sıvılaşma Beklenmez	
39					Sıvılaşma Beklenmez	

Tablo 4.21: SK-25, SK-26, SK-27, SK-28 ve SK-30 deniz sondaj kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.

Derinlik (m)	DENİZ SONDAJ KUYULARI				
	SK-25	SK-26	SK-27	SK-28	SK-30
	Orta	Orta	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
3					Sıvılaşma Beklenmez
4.5					Sıvılaşma Beklenir
6	Sıvılaşma Beklenir				
7.5	Sıvılaşma Beklenir				
9	Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenir	
10.5	Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenmez	
12	Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenmez	
13.5	Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenmez	
15	Sıvılaşma Beklenir			Sıvılaşma Beklenmez	
16			Sıvılaşma Beklenir		
16.5	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
18	Sıvılaşma Beklenir		Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	
19		Sıvılaşma Beklenir			
19.5			Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
21			Sıvılaşma Beklenmez		
22		Sıvılaşma Beklenir			
22.5			Sıvılaşma Beklenir		
23.5		Sıvılaşma Beklenir			
24			Sıvılaşma Beklenmez		
25		Sıvılaşma Beklenmez			
25.5			Sıvılaşma Beklenmez		
26.5		Sıvılaşma Beklenmez			
27			Sıvılaşma Beklenmez		
28		Sıvılaşma Beklenmez			

Tablo 4.22: SK-11, SK-12, SK-23, SK-24 ve SK-29 kara sondaj kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.

KARA SONDAJ KUYULARI					
	SK-11	SK-12	SK-23	SK-24	SK-29
Derinlik (m)	Sıvılaşmaz	Sıvılaşmaz	Sıvılaşmaz	Sıvılaşmaz	Sıvılaşmaz
0	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
1.5	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
3	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez
4.5		Sıvılaşma Beklenmez			Sıvılaşma Beklenmez
7.5			Sıvılaşma Beklenmez		

4.5.2. CPT Verilerine Göre Sıvılaşma Analizi

CPT testinin temel kullanım alanı, zemin stratigrafisinin belirlenmesi ve geoteknik özelliklerin ön değerlendirmesidir. Test, dane boyutları çakıl fraksiyonuna kadar olan yumuşak ve orta sertlikteki zeminlerde, yani darbe veya döndürme kullanılmadan bir probun aşağı itilebildiği zeminlerde kullanılır. Bu zeminlerde yöntem, stratigrafinin rasyonel olarak belirlenmesi açısından eşsizdir. Temiz kumda, hidrostatik basınçların test sonuçlarını etkileyecek kadar yüksek olduğu su derinliklerinde yapılan deneyler haricinde, deney boşluk ölçümü yapılmadan da gerçekleştirilebilir. Diğer tüm zemin türlerinde CPT testi, penetrasyon sırasında oluşan boşluk basınçlarının eş zamanlı olarak kaydedilmesiyle gerçekleştirilir. Çakıl tabakaları, taşlar, sert ve/veya iri taneli dolgular, çok yoğun zemin tabakaları veya ana kaya nedeniyle penetrasyon durur (Larsson, 1995).

Sıvılaşma potansiyeli, eşdeğer sismik yükler ve sıvılaşma direnci ölçümleri karşılaştırılarak değerlendirilir. Deprem yükünün karakterize edilmesi için kullanılan genel kanaat çevrimsel kayma gerilmelerinin kullanılması yönündedir. Çevrimsel kayma gerilmesi genliğinin başlangıç düşey efektif gerilme ile normalleştirilmesiyle bir çevrimsel direnç oranı (CSR) bulunur. CSR, zemin profilinde farklı derinliklerde görülen depremlerin etkisiyle maruz kalan gerilme seviyelerini temsil eder. Çevrimsel kayma gerilmelerini değerlendirmek için farklı prosedürler vardır. Bunlardan saha tepki analizleri veya maksimum yer yüzü ivmesi genliğinin bir fonksiyonu halinde CSR'yi tahmin etmek için "basitleştirilmiş" yaklaşım kullanılabilir (Kramer ve Seed, 1988).

Zemin sıvılaşma potansiyelini ortaya koymak için CSR, zeminin çevrimsel direnç (dayanım) oranı (CRR) ile karşılaştırılır ve CRR'yi aşarsa zemin sıvılaşmasının muhtemel olduğu ortaya konulur. Sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörü (F_L) CRR'nin CSR'ye oranı olarak tanımlanır (Denklem 4.17). $F_L > 1.10$ için sıvılaşmanın olmadığından bahsedilebilir.

$$F_L = \frac{CRR}{CSR} \quad 4.17$$

Emniyet faktörünün 1'den küçük olduğu derinliklerde, sıvılaşmanın olduğu kabul edilmektedir (Kramer, 1996). Ancak emniyet faktörünün 1'in hafifçe üzerinde olan zeminler yine de bir deprem anında sıvılaşabilir. Örneğin alttaki tabakanın sıvılaşması durumunda yukarı doğru yükselen su akışı üstte yer alan ve emniyet faktörü 1'den biraz büyük olan tabakanın sıvılaşmasına neden olabilir (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

4.5.2.1. Çevrimsel Gerilme Oranı (CSR)

Bir zeminin deprem anında sıvılaşmaya yatkın olduğu ve zeminin yeraltı suyu altında olduğu veya olacağı tespit edildiğinde, sıvılaşma analizi yapılır. Sadeleştirilmiş yöntemde ilk adım, depremin neden olduğu ve genellikle sismik gerilme oranı olarak da söz edilen çevrimsel gerilme oranını hesaplamaktır (Musluoğlu, 2007).

CSR deprem denklemini geliştirmek için, zemin yüzeyinin düz olduğu, birim genişlik ve uzunlukta bir zemin kolonu olduğu; zemin yüzeyinde deprem ile zorlanan maksimum yatay ivmeye (a_{max}) tepki vermede rijit bir nesne olarak hareket edeceği varsayılır. Bu kabuller dikkate alınır, zemin kolonunun ağırlığı $w = \gamma z$ olur. Zemin kolonu üzerine etkiyen yatay deprem kuvveti (F) (genişliği ve uzunluğu 1 birimdir) aşağıdaki gibi hesaplanır (Denklem 4.18).

$$F = ma = (w/g)a = (\gamma z/g)a_{max} = \sigma_{vo}(a_{max}/g) \quad 4.18$$

Burada,

F = Birim genişlik ve uzunluktaki zemin kolonu üzerine etkiyen yatay deprem kuvveti (kN)

$m = w/g$ 'ye eşit zemin kolonunun toplam kütlesi (kg)

w = Zemin kolonunun toplam ağırlığı (kN). Zemin kolonunun varsayılan birim genişlik ve uzunluk için toplam ağırlığı γz 'dir.

γ = Zeminin toplam birim ağırlığı (kN/m³)

z = Zemin kolonunun zemin yüzeyinden aşağı derinliği

a = İvme; bu durumda depremin neden olduğu zemin yüzeyindeki maksimum yatay ivme ($a = a_{max}$)

a_{max} = Depremin neden olduğu zemin yüzeyindeki maksimum yatay ivme. Maksimum yatay ivmeden genellikle pik yer ivmesi olarak da söz edilir.

σ_{vo} = Zemin kolonu tabanındaki toplam düşey gerilme (kPa). Hesaplamalar yapılırken deniz suyu seviyesi ve yeraltı suyu seviyesi göz önünde bulundurulmuştur. Su yüksekliği, örtü yükü olarak kabul edilmiştir.

Yatay yöndeki kuvvetler toplandığında, rijit zemin elemanı üzerine etkiyen F kuvveti zemin elemanının tabanındaki maksimum kayma kuvvetine eşit olur. Zemin elemanının bir birim taban genişliğine ve uzunluğuna sahip olduğu varsayıldığından, maksimum kayma kuvveti F maksimum kayma gerilmesine (τ_{max}) eşittir ya da yukarıdaki eşitlikten:

$$\tau_{max} = F = \sigma_{vo}(a_{max}/g) \quad 4.19$$

Denklemin iki tarafı da düşey efektif gerilmeye (σ'_{vo}) bölündüğünde:

$$\tau_{max}/\sigma'_{vo} = (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})(a_{max}/g) \quad 4.20$$

Deprem esnasında zemin kolonu rijit olarak davranmayıp deforme olduğundan dolayı, Seed ve Idriss (1971), yukarıdaki eşitliğin sağ tarafına bir derinlik azaltma faktörü r_d faktörü dahil etmiştir.

$$\tau_{max}/\sigma'_{vo} = r_d (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})(a_{max}/g) \quad 4.21$$

Sadeleştirilmiş yöntemde Seed ve diğ. (1975) aşağıdaki kabulü yaparak tipik olarak düzensiz olan deprem kaydını üniform gerilme devirlerinin eşdeğer bir serisine dönüştürmüştür (Denklem 4.22).

$$\tau_{dev} = 0,65 \tau_{max} \quad 4.22$$

τ_{dev} = Depremin üniform çevrimsel kayma gerilmesinin genliğidir (kPa)

Düzensiz deprem hareketi, τ_{dev} olarak adlandırılan üniform gerilme devirlerinin bir eşdeğer serisine dönüştürülmüştür. Yukarıdaki eşitliği bir üstündeki eşitlikteki yerine koyarak deprem kökenli çevrimsel gerilme oranı elde edilir. Seed ve Idriss (1971), 1964 Alaska ve Niigata depremleri sonrasında çevrimsel (döngüsel) gerilme oranı (CSR) olarak ifade edilen en büyük dinamik gerilme oranını hesaplamak için derinliğe bağlı basitleştirilmiş yöntem olarak anılan güvenilir matematiksel bir metodoloji geliştirmişlerdir (Denklem 4.23).

$$CSR = \tau_{dev}/\sigma'_{vo} = 0,65r_d(\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})(a_{max}/g) \quad 4.23$$

Burada,

CSR = Çevrimsel gerilme oranı; genellikle sismik gerilme oranı olarak da söz edilir.

a_{max} = Genellikle pik yer ivmesi olarak söz edilen ve depremin neden olduğu zemin yüzeyindeki maksimum yatay ivme. TDTH interaktif web uygulamasından elde edilen bilgiler doğrultusunda a_{max} değeri 0,204 olarak alınmıştır.

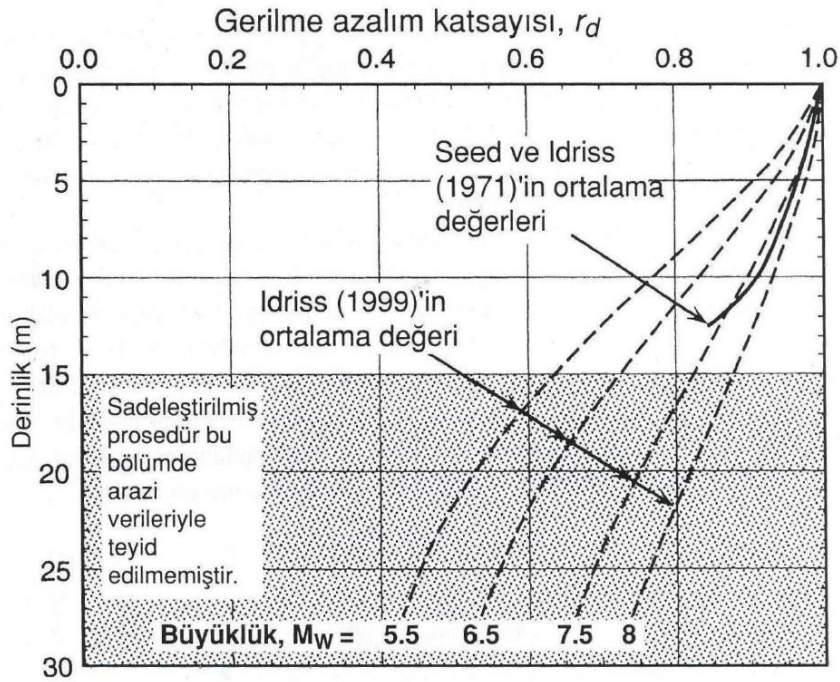
g = Yer çekimi ivmesi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

σ_{v0} = Sıvılaşma analizinin yapıldığı belirli bir derinlikteki toplam düşey gerilme (kPa). Toplam düşey gerilmeyi hesaplamak için zemin tabakalarının birim ağırlığı (γ) bilinmelidir.

σ'_{v0} = Zemin çökeline σ_{v0} ın hesaplandığı aynı derinlikteki düşey efektif gerilme (kPa). Düşey efektif gerilmeyi hesaplamak için, yeraltı su seviyesinin derinliği bilinmelidir.

r_d = Derinlik azaltma faktörü; gerilme azaltma katsayısı (boyutsuz) olarak da bilinir.

Zeminin rijit bir cisim olmadığı fakat, daha çok deforme olabileceği gerçeğinin izahı için, derinlikle birlikte derinlik azaltma faktörü uygulanmaktadır. Şekil 4.41'de gösterildiği gibi, r_d değerlerinin deprem büyüklüğüne bağlı olduğu belirtilmektedir.



Şekil 4.41: Düz veya hafif eğimli zeminler için derinliğe bağlı gerilme azaltım faktörü (r_d).

r_d , Liao ve Whitman (1986) tarafından 23 metre derinliğe kadar formülize edilmiştir (Denklem 4.24, Denklem 4.25). Daha büyük derinliklerde r_d 'yi tahmin etmek için farklı çalışmacılar tarafından ek eşitlikler geliştirilmiştir. Denklem 4.26, Robertson ve Wride tarafından National Center for Earthquake Engineering Research (NCEER) tarafından desteklenen 1997 yılındaki çalıştay raporunda, Denklem 4.27 ise William R. Marcuson tarafından aynı çalıştay sonrası tartışmalar kısmında önerilmiş ve kabul görmüştür.

$$r_d = 1,0 - 0,0765 z \quad z \leq 9,15 \text{ m} \quad 4.24$$

$$r_d = 1,174 - 0,0267 z \quad 9,15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m} \quad 4.25$$

$$r_d = 0,744 - 0,008 z \quad 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m} \quad 4.26$$

$$r_d = 0,50 \quad 30 \text{ m} < z \quad 4.27$$

z = Zemin yüzeyinden aşağıda sıvılaşma analizinin yapıldığı derinlik (m)

4.5.2.2. Çevrimsel Direnç Oranı (CRR)

Konik penetrasyon deneyi, penetrometreler arasında en başarılı yöntemdir. Deneyde zemine 2 cm/s hızla itilen sondanın gördüğü uç direnci q_c ve yüzey sürtünme f_s 'in her saniye elektronik olarak kaydı ile yapılır. Bunun sonucunda zemin profilinin çok duyarlı bir biçimde çıkartılması mümkün olduğundan bu tür sondalama özellikle yumuşak/gevşek alüvyal zeminde uygulanmalıdır. Ölçülen uç direnci ve sonda çevre sürtünmesi değerlerinden zemin tipi davranışı I_c ve F sürtünme oranı hesaplanır (Ergun ve diğ., 2005).

Temiz kumlarda penetrasyon direnci genellikle derinlikle doğrusal olmayan bir şekilde değişir bu nedenle araziden elde edilen penetrasyon direncine bazı düzeltmeler uygulamak gerekmektedir (Robertson, 2016).

Sıvılaşma analizi gibi birçok jeoteknik deprem mühendisliği değerlendirmesinde konik penetrasyon deneyi değeri (q_c) düşey efektif gerilme (σ'_{vo}) için uygulandığı zaman, bu değerler q_{c1N} olarak kullanılır. q_{c1N} aşağıdaki denklemler yardımıyla hesaplanır (Denklem 4.28, 4.29).

$$q_{c1N} = C_Q (q_c/P_a) \quad 4.28$$

$$C_Q = (P_a/\sigma'_{vo})^{0,5} \quad 4.29$$

CPT ile zeminin sıvılaşma potansiyelinin belirlenebilmesi amacıyla, Idriss ve Boulanger (2008) tarafından yapılan çalışmalar neticesinde öncelikle normalize edilmiş koni uç direncinin (Q_t) ve normalize edilmiş sürtünme oranının (F_r) bulunması gerekmektedir. Normalize edilmiş CPT data sonuçları Q_t ve F_r kullanılarak, zemin davranış tipi katsayısı I_c aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Denklem 4.30).

$$I_c = [(3,47 - \log Q_t)^2 + (1,22 + \log F_r)^2]^{0,5} \quad 4.30$$

Bu denklemde Q_t ve F_r 'nin değerleri aşağıdaki formülle hesaplanır (Denklem 4.31, 4.32).

$$Q_t = [(q_c - \sigma_{vo})/P_a] C_Q \quad 4.31$$

$$F_r = [f_s/(q_c - \sigma_{vo})] \times 100\% \quad 4.32$$

Bu denklemlerden çıkan I_c değerleri eğer 2,6'dan büyük ise zemin kil olarak sınıflandırılır. Bu değerlerde sıvılaşma analizi Çin kriterlerine göre yapılmalıdır. Çin kriterleri üç ana maddeden oluşur.

- 0,005 mm'den daha ince partiküllerin zemindeki kuru ağırlıkça yüzdesi 15'den daha az olmalıdır (0,005 mm'de geçen yüzde < 15).
- Zeminin likit limiti (LL) 35'den küçük olmalıdır (LL < 35).
- Zeminin su muhtevası (w) likit limitin 0,9'undan daha büyük olmalıdır (w>0,9LL)

Bu üç kriterin de sağlandığı durumlarda zemin sıvılaşma riskine sahiptir.

Robertson ve Wride (1998) temiz kumlar için penetrasyon direncine bağlı olarak (q_{c1N}) için düzeltme uygulamışlar ve temiz kum eşdeğeri CPT penetrasyon direncini (q_{c1N})_{cs} önermişlerdir. Normalize edilmiş uç direncine (q_{c1N}), eşdeğer temiz kum değeri elde etmek üzere, aşağıdaki gibi ince dane düzeltmesi uygulanır (Denklem 4.33).

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c (q_{c1N}) \quad 4.33$$

Buradaki K_c düzeltme faktörü zemin davranış tipi indeksine (I_c) bağlı olup yaklaşıktır. Çünkü CPT; zeminin plastisitesi, ince tane içeriği, mineraloji, zemin hassasiyeti ve gerilme geçmişi gibi birçok faktörden etkilenebilmektedir (Robertson ve Wride, 1998). K_c düzeltme faktörü, aşağıdaki gibi zemin davranış tipi indeksine (I_c) bağlı olarak formülize edilmiştir (Denklem 4.34, 4.35).

$$I_c \leq 1,64 \quad ise \quad K_c = 1 \quad 4.34$$

$$I_c \geq 1,64 \quad ise \quad K_c = -0,403I_c^4 + 5,581I_c^3 - 21,63I_c^2 + 33,75I_c - 17,88 \quad 4.35$$

Elde edilen $(q_{c1N})_{cs}$ değeri ile Robertson & Wride (1998)'in önerdiği formülden CRR değerleri elde edilir (Denklem 4.36, 4.37). Elde edilen CRR değerlerinin CSR değerlerine bölümü ile o derinlikteki zemin için sıvılaşma güvenlik katsayısı bulunur. Güvenlik katsayısının 1.10'dan küçük olduğu durumlarda sıvılaşma riski vardır.

$$(q_{c1N})_{cs} < 50 \quad ise \quad CRR = 0,833[(q_{c1N})_{cs}/1000] + 0,05 \quad 4.36$$

$$50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160 \quad ise \quad CRR = 93[(q_{c1N})_{cs}/1000]^3 + 0,08 \quad 4.37$$

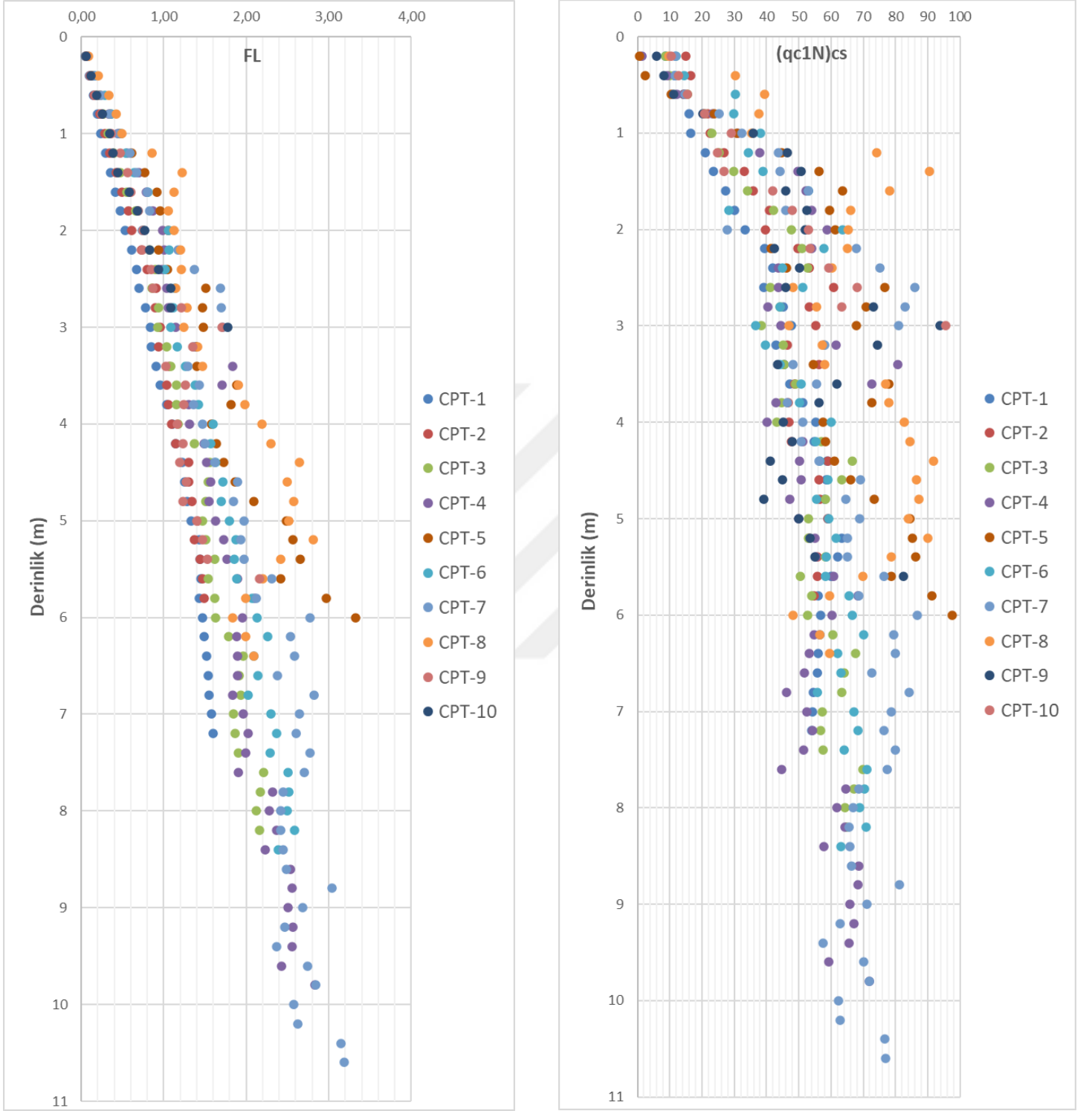
Robertson & Wride (1998) yönteminde dikkat edilecek bir diğer parametre; $(q_{c1N})_{cs}$ değerinin 160'dan büyük olduğu durumlarda sıvılaşma olmayacağıdır.

CPT testi verileri kullanılarak yapılan sıvılaşma analiz sonuçları EK-5'de sunulmuştur. Sıvılaşma riski gözlenen derinlikler aşağıdaki tabloda verilmektedir (Tablo 4.23).

Tablo 4.23: CPT'ye göre sıvılaşma riski olan derinlikler.

No	Derinlik (m)
CPT-1	14,82-18,8
CPT-2	13,48-17,28
CPT-3	11,40-14,84
CPT-4	9,00-11,8
CPT-5	8,50-10,96
CPT-6	8,70-11,18
	11,52-11,72
CPT-7	8,84-11,01
CPT-8	8,18-9,46
	9,8-10,04
	10,44-10,52
CPT-9	11,96-14,7
	15,26-15,46
CPT-10	11,76-14,38
	14,5-14,56

CPT deneyi verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçlarında elde edilen F_L değerleri 0,05 ile 3,33 arasında değişmektedir. Grafiklere bakıldığında F_L ve $(q_{c1N})_{cs}$ değerlerinin derinlikle doğru orantılı olacak şekilde arttığı gözlemlenmektedir (Şekil 4.43).



Şekil 4.43: Çalışma alanı için derinlik ile F_L ve $(q_{c1N})_{cs}$ değerlerinin değişimi.

Tablo 4.24: CPT analizine dayalı sıvılaşma potansiyeli değerlendirme tablosu.

	Derinlik	FS	W(z)	PL(Z)	LS	Sıvılaşma Potansiyeli
CPT-1	1,5	0,38	9,25	0,98	13,66	Orta
CPT-1	3	0,84	8,50	0,64	16,39	
CPT-1	4,5	1,23	7,75	0,25	8,63	
CPT-1	6	1,47	7,00	0,00	0,00	
CPT-2	1,5	0,45	9,25	0,97	13,42	Orta
CPT-2	3	0,96	8,50	0,50	12,74	
CPT-2	4,5	1,19	7,75	0,28	9,73	
CPT-3	1,5	0,51	9,25	0,95	13,13	Düşük
CPT-3	3	0,92	8,50	0,54	13,83	
CPT-3	4,5	1,41	7,75	0,15	5,27	
CPT-3	6	1,63	7,00	0,00	0,00	
CPT-3	7,5	2,09	6,25	0,00	0,00	
CPT-4	1,5	0,74	9,25	0,76	10,58	Düşük
CPT-4	3	1,14	8,50	0,31	7,96	
CPT-4	4,5	1,51	7,75	0,00	0,00	
CPT-4	6	1,96	7,00	0,00	0,00	
CPT-4	7,5	2,02	6,25	0,00	0,00	
CPT-4	9	2,50	5,50	0,00	0,00	
CPT-5	1,5	0,84	9,25	0,65	8,96	Çok Düşük
CPT-5	3	1,48	8,50	0,00	0,00	
CPT-5	4,5	1,76	7,75	0,00	0,00	
CPT-5	6	3,33	7,00	0,00	0,00	
CPT-6	1,5	0,69	9,25	0,81	11,29	Düşük
CPT-6	3	1,08	8,50	0,37	9,45	
CPT-6	4,5	1,61	7,75	0,00	0,00	
CPT-6	6	2,13	7,00	0,00	0,00	
CPT-6	7,5	2,51	6,25	0,00	0,00	
CPT-7	1,5	0,73	9,25	0,78	10,78	Çok Düşük
CPT-7	3	1,72	8,50	0,00	0,00	
CPT-7	4,5	1,61	7,75	0,00	0,00	
CPT-7	6	2,77	7,00	0,00	0,00	
CPT-7	7,5	2,58	6,25	0,00	0,00	
CPT-7	9	2,68	5,50	0,00	0,00	
CPT-7	10,5	3,16	4,75	0,00	0,00	
CPT-8	1,5	1,25	9,25	0,24	3,29	Çok Düşük
CPT-8	3	1,24	8,50	0,24	6,09	
CPT-8	4,5	2,51	7,75	0,00	0,00	
CPT-8	6	1,83	7,00	0,00	0,00	
CPT-9	1,5	0,60	9,25	0,89	12,41	Düşük
CPT-9	3	1,71	8,50	0,00	0,00	
CPT-9	4,5	1,20	7,75	0,27	9,29	
CPT-10	1,5	0,53	9,25	0,94	13,00	Çok Düşük
CPT-10	3	1,78	8,50	0,00	0,00	

CPT deneyi verilerine dayalı sıvılaşma analizi sonuçlarından elde edilen güvenlik katsayısı kullanılarak sıvılaşma şiddeti indeksi değerleri hesaplanmış ve bu veriler ışığında sıvılaşma potansiyeli belirlenmiştir (Tablo 4.24). Analizler sonucunda, tüm CPT kuyularında sıvılaşma potansiyelinin orta, düşük ve çok düşük olduğu tespit edilmiştir.

Denizde yapılan CPT deneyinin derinlikleri ve sıvılaşma potansiyelleri aşağıdaki tablolarda sunulmuştur (Tablo 4.25, 4.26). Bu tablo, deniz tabanından itibaren ilerleyen derinlikler boyunca sıvılaşma riskinin devamlılığını ve sıvılaşma potansiyeli ile arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Derinlikler deniz tabanından itibaren başlamakta olup, deniz suyunun derinliği de mavi hücreler içerisinde yazmaktadır.

Sıvılaşmanın genellikle sığ derinliklerde yoğun olarak gözlemlendiği, derinlik arttıkça sıvılaşma riskinin azaldığı ve deniz tabanından itibaren 3,80 metreden sonra sıvılaşma riskine rastlanılmadığı gözlenmiştir. En son sıvılaşma derinliği 3,80 metre olan CPT-1 ve CPT-2 nolu kuyularda sıvılaşma potansiyelinin orta olarak bulunduğu görülmektedir.

CPT kuyularının sıvılaşma potansiyelini belirlerken yalnızca sıvılaşma beklenen derinliklerin sıklığına dayanarak yorum yapmak yeterli değildir. Sıvılaşma riski, belirlenen derinliklere ve güvenlik katsayısına bağlı olarak hesaplanan sıvılaşma şiddeti indeksi de göz önünde bulundurulmalıdır. Bahsedilen bu değerler EK-5’de her derinlik için detaylı bir şekilde hesaplanmış ve sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.25: CPT-1, CPT -2, CPT -3, CPT -4 ve CPT -5 kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.

Derinlik (m)	KONİK PENETRASYON KUYULARI				
	CPT-1	CPT-2	CPT-3	CPT-4	CPT-5
	Orta	Orta	Düşük	Düşük	Çok Düşük
	14,82	13,48	11,4	9	8,5
0,2	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
0,4	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
0,6	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
0,8	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
1	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
1,2	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
1,4	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
1,6	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
1,8	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
2	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
2,2	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
2,4	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
2,6	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez
2,8	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez
3	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
3,2	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
3,4	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
3,6	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
3,8	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
4	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
4,2	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
4,4	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
4,6	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
4,8	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez

Tablo 4.25 (devam): CPT-1, CPT -2, CPT -3, CPT -4 ve CPT -5 kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.

Derinlik (m)	KONİK PENETRASYON KUYULARI				
	CPT-1	CPT-2	CPT-3	CPT-4	CPT-5
	Orta	Orta	Düşük	Düşük	Çok Düşük
	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
5	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
5,2	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
5,4	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
5,6	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
5,8	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
6	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
6,2	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
6,4	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
6,6	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
6,8	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
7	Sıvılaşma Beklenmez		Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
7,2			Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
7,4			Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
7,6			Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
7,8			Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
8			Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
8,2				Sıvılaşma Beklenmez	
8,4				Sıvılaşma Beklenmez	
8,6				Sıvılaşma Beklenmez	
8,8				Sıvılaşma Beklenmez	
9				Sıvılaşma Beklenmez	
9,2				Sıvılaşma Beklenmez	
9,4				Sıvılaşma Beklenmez	
9,6				Sıvılaşma Beklenmez	
9,8					

Tablo 4.26: CPT-6, CPT -7, CPT -8, CPT -9 ve CPT -10 kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.

Derinlik (m)	KONİK PENETRASYON KUYULARI				
	CPT-6	CPT-7	CPT-8	CPT-9	CPT-10
	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük	Çok Düşük
	8,7	8,84	8,18	11,96	11,76
0,2	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
0,4	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
0,6	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
0,8	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
1	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
1,2	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
1,4	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
1,6	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
1,8	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
2	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
2,2	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
2,4	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
2,6	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenir
2,8	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir
3	Sıvılaşma Beklenir	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez
3,2	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
3,4	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenir	
3,6	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
3,8	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
4	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
4,2	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
4,4	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
4,6	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
4,8	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
5	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
5,2	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	

Tablo 4.26 (devam): CPT-6, CPT -7, CPT -8, CPT -9 ve CPT -10 kuyuları sıvılaşma riski değerlendirme derinlikleri.

Derinlik (m)	KONİK PENETRASYON KUYULARI				
	CPT-6	CPT-7	CPT-8	CPT-9	CPT-10
	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük	Çok Düşük
	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	
5,6	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		
5,8	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		
6	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		
6,2	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez		
6,4	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez			
6,6	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez			
6,8	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez			
7	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez			
7,2	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez			
7,4	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez			
7,6	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez			
7,8	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez			
8	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez			
8,2	Sıvılaşma Beklenmez	Sıvılaşma Beklenmez			
8,4		Sıvılaşma Beklenmez			
8,6		Sıvılaşma Beklenmez			
8,8		Sıvılaşma Beklenmez			
9		Sıvılaşma Beklenmez			
9,2		Sıvılaşma Beklenmez			
9,4		Sıvılaşma Beklenmez			
9,6		Sıvılaşma Beklenmez			
9,8		Sıvılaşma Beklenmez			
10		Sıvılaşma Beklenmez			
10,2		Sıvılaşma Beklenmez			
10,4		Sıvılaşma Beklenmez			
10,6		Sıvılaşma Beklenmez			

4.5.3. Jeofizik Çalışmalarına Göre Sıvılaşma Analizi

Geçmiş yıllarda kayma dalga hızına (V_s) bağlı sıvılaşma direncini tahmin etmek için birkaç yöntem önerilmektedir. Bu yöntemler; laboratuvar çalışmaları, analitik çalışmalar, penetrasyon ve kayma dalga hız ilişkileri ve yerinde kayma dalga hız ölçümlerinden geliştirilmiştir.

Bu yöntemlerin birçoğu Seed ve Idriss, (1971) analiz yönteminin genel şeklini izlemektedir. Bu yöntemlerde kullanılan kayma dalga hızları referans bir basınç gerilmesi ile düzeltilmiş ve devir gerilme ya da sıvılaşma direnç oranı ile ilişkilendirilmiştir.

4.5.3.1. Çevrimsel Gerilme Oranının (CSR) Bulunması

Çevrimsel gerilme oranı (CSR) Seed ve Idriss (1971)' in önerdiği eşitliğe göre hesaplanmaktadır (Denklem 4.38).

$$CSR = 0,65r_d(\sigma_{v0}/\sigma'_{v0})(a_{max}/g) \quad 4.38$$

a_{max} = Genellikle pik yer ivmesi olarak söz edilen ve depremin neden olduğu zemin yüzeyindeki maksimum yatay ivme.

g = Yer çekimi ivmesi

σ_{v0} = Sıvılaşma analizinin yapıldığı belirli bir derinlikteki toplam düşey gerilme (kPa). Toplam düşey gerilmeyi hesaplamak için zemin tabakalarının birim ağırlığı (γ) bilinmelidir.

σ'_{v0} = Zemin çökeline σ_{v0} ın hesaplandığı aynı derinlikteki düşey efektif gerilme (kPa). Düşey efektif gerilmeyi hesaplamak için, yeraltı su seviyesinin derinliği bilinmelidir.

r_d = Derinlik azaltma faktörü; gerilme azaltma katsayısı (boyutsuz) olarak da bilinir.

4.5.3.2. Kayma Dalga Hızına (V_s) Bağlı CRR Değerinin Bulunması

Andrus ve Stokoe (1997) sahada deneylerle bulunabilen kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma direnci için bir kriter geliştirdiler. Bu yöntemin daha önceki yöntemlere karşı en önemli avantajı ise CPT veya SPT testlerinin yapılamadığı zeminlerde (çakıllı kumlar vb.) uygulanabilir olmasıdır. Buna bağlı olarak da en önemli olumsuzluğu ise küçük deformasyonlar ile hesaplanmasıdır. Bununla birlikte sıvılaşma meydana geldiği zaman deformasyonların oldukça büyük olduğu bilinmektedir (Youd ve Idriss, 2001).

Kayma dalga hızına bağlı CRR değerlerini elde edebilmek için öncelikle arazide ölçülen V_s değerlerini düzeltmek gerekir. Bunun için aşağıdaki eşitlik kullanılabilir (Denklem 4.39).

$$V_{s1} = V_s (P_a / \sigma'_{vo})^{0,25} \quad 4.39$$

V_s = Arazide ölçülen kayma dalgası hızı

V_{s1} = Düzeltilmiş kayma dalgası hızı

P_a = 1 atm basınç (efektif düşey gerilme ile aynı birimde alınmalıdır)

σ'_{vo} = Efektif düşey gerilme

V_{s1}^* sıvılaşma olduğu üst limit kayma dalgası hızını vermektedir ki bu ince oranı %35 olan zeminler için 200 m/s ile başlayarak lineer olarak ince oranı %5'den küçük zeminler için ise 215 m/s değerini almaktadır (Youd ve Idriss, 2001).

$$CRR = a \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + b \left(\frac{1}{V_{s1}^* - V_{s1}} - \frac{1}{V_{s1}^*} \right) \quad 4.40$$

Bunlara ek olarak eşitlikte geçen a ve b değerleri sabitler olup, eğrileri en uygun şekilde konumlandırmak için geliştirilmiştir. Youd ve Idriss (2001) eğrileri çizmek için kullanılan a ve b sabitlerini sırasıyla 0,022 ve 2,8 olarak önermişlerdir. Kayma dalga hızına göre hesaplanan CRR değeri Denklem 4.40'da belirtilmiştir.

4.5.3.3. Sıvılaşmaya Karşı Güvenlik Katsayısı

Aşağıda verilen eşitlikle elde edilen güvenlik katsayısı 1.10'dan büyük ise sıvılaşma beklenmezken, 1.10'dan küçük ise senaryo bir deprem için sıvılaşma beklenir.

$$F_L = CRR / CSR * BDD \quad 4.41$$

F_L = Güvenlik katsayısı

BDD = Büyüklük düzeltme değeri

CRR = Çevrimsel direnç oranı

CSR = Çevrimsel gerilme oranı

Araştırmacıların büyüklük düzeltme faktörleri ile ilgili geliştirdikleri değerler topluca verilmektedir (Tablo 4.27). Bu değerler bütün yöntemlerde elde edilen CRR değerlerini bir katsayı ile çarpılarak tasarımda öngörülen deprem büyüklüğü için gerekli CRR değerlerini

bulmaya yöneliktir. 1996’da toplanan çalışma grubu bu değerlerden Idriss’in bulduğu ve tablo kolon 3’e denk ve kenarlığı çift çizgi ile gösterilen değerleri mühendislik uygulamaları açısından uygun bulmuşlardır. Çalışma alanı için AFAD Başkanlığının (www.tdth.afad.gov.tr) web sayfasından alınan verilere göre en büyük $M_w = 5,5$ olarak bulunmuştur. Buna karşılık BDD değeri 2,20 olarak kullanılmıştır.

Tablo 4.27: Farklı araştırmacılar tarafından önerilen büyüklük düzeltme faktörleri.

Deprem Büyüklüğü (M)	Seed ve Idriss (1982)	Idriss	Ambraseys (1988)	Arango (1996)		Andrus ve Stokoe (1997)	Youd ve Noble (1997)		
				Uzaklık bazlı	Enerji bazlı		$P_L < \%20$	$P_L < \%32$	$P_L < \%50$
5,5	1,43	2,20	2,89	3,0	2,2	2,8	2,86	3,42	4,44
6,0	1,32	1,76	2,20	2,0	1,7	2,1	1,93	2,35	2,92
6,5	1,19	1,44	1,69	1,6	1,4	1,6	1,34	1,66	1,99
7,0	1,08	1,19	1,30	1,3	1,1	1,3	1,00	1,20	1,39
7,5	1,00	1,00	1,00	1,0	1,0	1,0	-	-	1,00
8,0	0,94	0,84	0,67	0,8	0,9	0,8?	-	-	0,73?
8,5	0,89	0,72	0,44			0,65?	-	-	0,56?
? = net olmayan değerler									

Kayma dalga hızına göre sıvılaşma hesabı yaparken; yeraltı suyu derinliği, birim hacim ağırlık ve ince tane oranı gibi parametreler, sismik ölçüme yakın olan sondaj kuyularından alınan numuneler üstünde yapılan laboratuvar sonuçlarından yararlanılarak elde edilmiştir.

Sismik çalışmalar sonucunda oluşturulan zemin profillerinde ağırlıklı olarak ilk seviyelerde dolgu ve kum-çakıl birimleri gözlenmektedir. Bu birimlerin altında ise çok ayrışmış ve az ayrışmış kayaç birimleri bulunmaktadır. Yeraltı suyu derinliği kayaç biriminde bulunduğu için V_s hızına göre yapılan sıvılaşma analizlerinde 8 hatta da sıvılaşma şiddeti indeksi değeri sıvılaşmaz olarak bulunmuştur.

Jeofizik çalışmalarına göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçlarında elde edilen F_L değerleri 1,61 ile 39,7 arasında değişmektedir. Derinliğe bağlı F_L ve V_{s1} değerlerindeki değişim Şekil 4.44’te verilmektedir. Jeofizik çalışmalarına göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları EK-6’da sunulmaktadır.



Şekil 4.44: Çalışma alanı için derinlik ile F_L ve V_{s1} değerlerinin değişimi.

4.5.4. Sıvılaşma Analizi Kesitleri

Çalışma alanında farklı yöntemlerle gerçekleştirilen sıvılaşma analiz sonuçlarının daha kolay anlaşılması ve karşılaştırılabilmesi amacıyla sıvılaşma analiz kesitleri hazırlanmıştır. Bu kesitlerde, SPT, CPT ve jeofizik çalışmaların yanı sıra sıvılaşma analiz sonuçlarının derinlikleri ve birbirleriyle olan ilişkileri detaylı bir şekilde sunulmuştur. Sıvılaşma riski taşıyan derinlikler esas alınarak tahmini sıvılaşma hattı çizilmiştir.

Çalışma alanında gerçekleştirilen SPT ve CPT kuyularının üç boyutlu görselleştirmesi, Şekil 4.45' te detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Mühendislik jeolojisi başlığında çizilen kesitlere ek olarak bu başlık altında sıvılaşma analiz kesitleri aynı şekilde üniversite e-posta hesabı kullanılarak oluşturulan AutoCAD 2024 ile çizilmiştir. Bu kesitlerde ilave olarak SPT, CPT ve jeofizik çalışmalarına göre yapılan analiz sonuçlarından yararlanarak sıvılaşmanın beklendiği ve beklenmediği alanlar, $N_{1,60} > 30$ olduğu ve inceleme derinliğinin 20 metreyi aştığı seviyeler de ayrıca belirtilmiştir.

A-A' kesiti KB-GD güzergahında ve 4000 metre uzunluğundadır (Şekil 4.46). Bu kesitte sondaj kuyularında yapılan SPT deneyi verileri kullanılarak sıvılaşma analizi yapılmıştır. Deniz seviyesinden sonra zemin litolojisi ağırlıklı olarak siltli kum/siltli çakıllı kum, yer yer de silt birimlerinden oluşmaktadır. SK-26 ve SK-27 nolu sondajlarda andezit/bazalt kaya birimine de rastlanılmıştır. Tüm kuyularda sıvılaşabilir seviyeler gözlenirken bu kesitte sıvılaşma riski düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olarak bulunmuştur.

B-B' kesiti KB-GD güzergahında ve 4500 metre uzunluğundadır (Şekil 4.47). Bu kesitte CPT deneyi ve sondaj kuyularında yapılan SPT deneyi verileri kullanılarak sıvılaşma analizi yapılmıştır. Deniz seviyesinden sonra zemin litolojisi ağırlıklı olarak siltli kum/siltli çakıllı kum, yer yer de silt/kil birimlerinden oluşmaktadır. SK-19, SK-28, SK-25, SK-15 ve SK-9 nolu sondaj kuyularında andezit/bazalt kaya birimine de rastlanılmıştır. Tüm SPT ve CPT kuyularında sıvılaşabilir seviyeler gözlenirken bu kesitte sıvılaşma riski çok düşük, düşük ve orta olarak bulunmuştur.

C-C' kesiti KB-GD güzergahında ve 4000 metre uzunluğundadır (Şekil 4.48). Bu kesitte sondaj kuyularında yapılan SPT deneyi verileri kullanılarak sıvılaşma analizi yapılmıştır. Deniz seviyesinde sonra zemin litolojisi ağırlıklı olarak siltli kum/siltli çakıllı kum birimlerinden oluşmakta, kuyu sonuna kadar da andezit birimi gözlenmektedir. Bu hat üzerinde SK-17, SK-

6 ve SK-2 nolu sondajlarda sıvılaştırılabilir seviyeler gözlenmiştir. SK-14 ve SK-8 nolu sondaj kuyuları deniz seviyesinden sonra kaya birimini kestikleri için sıvılaştırma analizi yapılmamıştır. C-C' kesitinde sıvılaştırma riski çok düşük ve orta olarak bulunmuştur.

D-D' kesiti KB-GD güzergahında ve 1500 metre uzunluğundadır (Şekil 4.49). Bu kesitte Sismik Kırılma-MASW ve SPT deneyi verileri kullanılarak sıvılaştırma analizi yapılmıştır. Açılan sondajlar sonucunda zemin litolojisi ağırlıklı olarak siltli çakıl/siltli çakıllı kum birimlerinden oluşmakta, kuyu sonuna kadar da andezit birimi gözlenmektedir. Bu hat üzerinde bulunan tüm sondaj kuyularında ve MASW-Kırılma Sismik ölçümlerinde zemin biriminde yeraltı suyu bulunmadığı için sıvılaştırma riski gözlenmemiştir. D-D' kesitinde sıvılaştırma analizi sonucu sıvılaştırmaz olarak bulunmuştur.

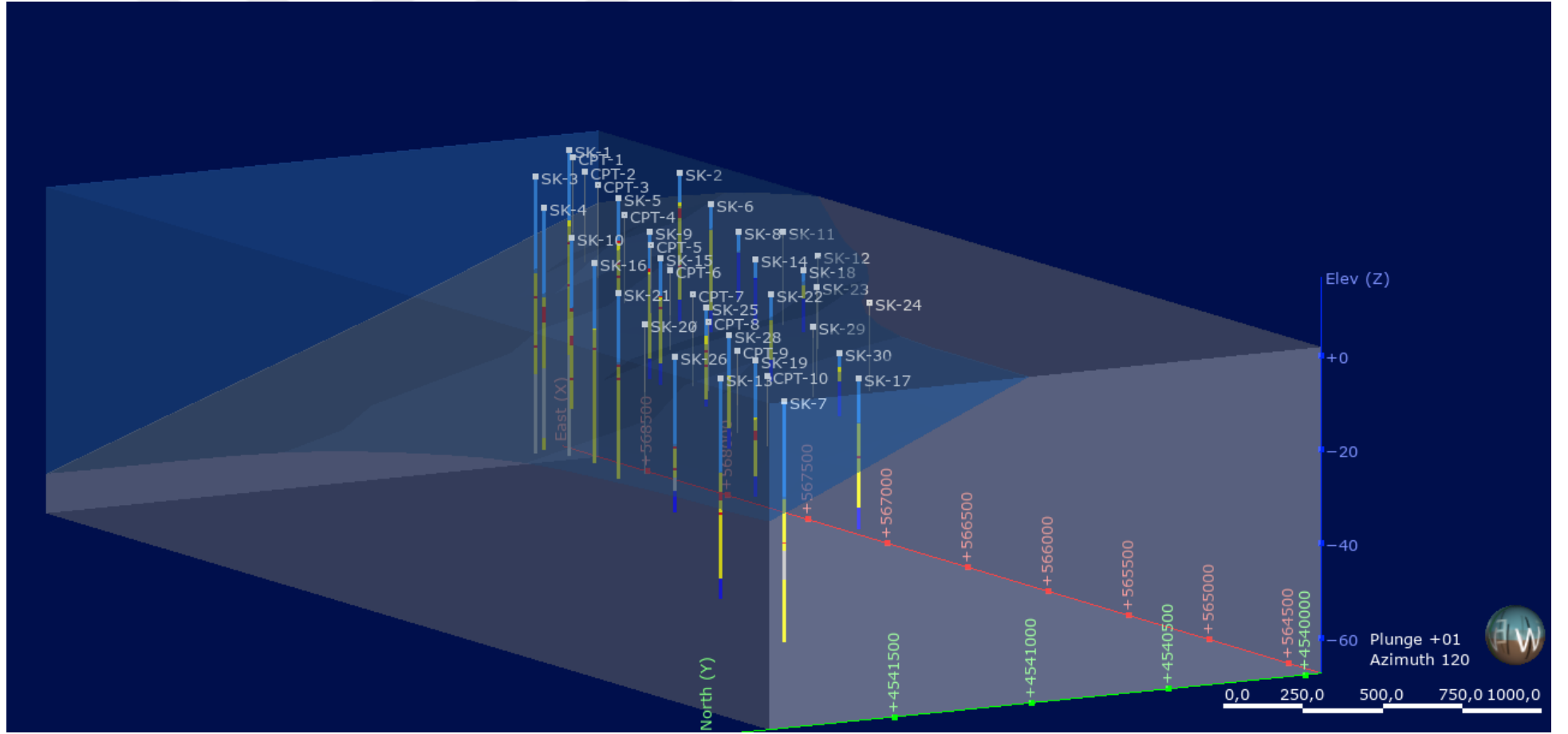
E-E' kesiti GB-KD güzergahında ve 650 metre uzunluğundadır (Şekil 4.50). Bu kesitte sondaj kuyularında yapılan SPT deneyi verileri kullanılarak sıvılaştırma analizi yapılmıştır. Deniz seviyesinden sonra zemin litolojisi ağırlıklı olarak siltli kum/çakıllı kum, yer yer silt biriminden oluşmakta, kuyu sonuna kadar da andezit birimi gözlenmektedir. Tüm kuyularda sıvılaştırılabilir seviyeler gözlenirken bu kesitte sıvılaştırma riski çok düşük ve orta olarak bulunmuştur.

F-F' kesiti GB-KD güzergahında ve 630 metre uzunluğundadır (Şekil 4.51). Bu kesitte CPT deneyi ve sondaj kuyularında yapılan SPT deneyi verileri kullanılarak sıvılaştırma analizi yapılmıştır. Deniz seviyesinden itibaren zemin litolojisi siltli kum biriminden oluşmakta ve SK-22 nolu sondajda andezit birimine rastlanılmaktadır. Bu hat üzerinde SK-22 hariç, SK-21 ve CPT-7'de sıvılaştırılabilir seviyeler gözlenmiştir. F-F' kesitinde sıvılaştırma riski çok düşük ve orta olarak bulunmuştur.

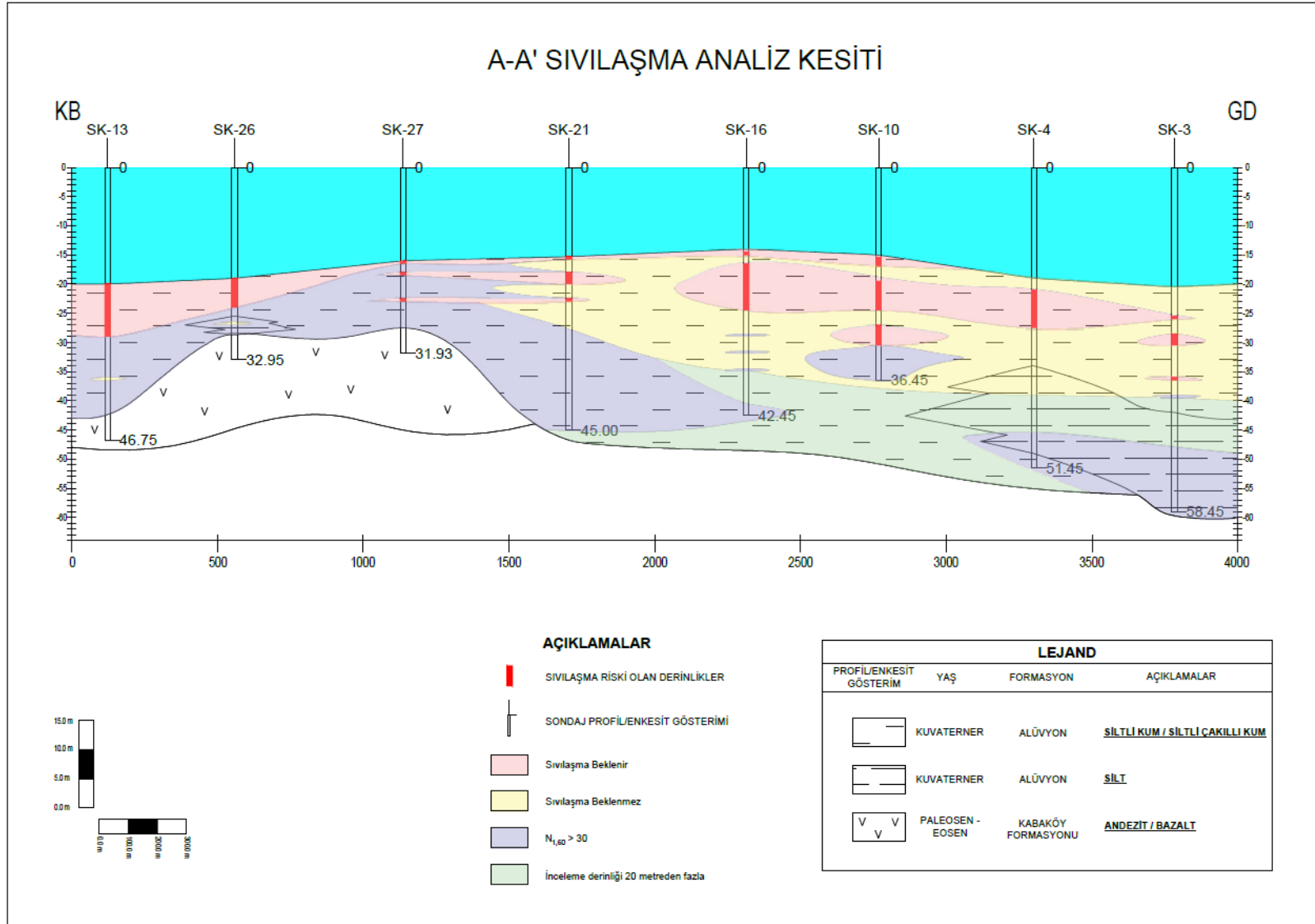
G-G' kesiti GB-KD güzergahında ve 900 metre uzunluğundadır (Şekil 4.52). Bu kesitte sondaj kuyularında yapılan SPT deneyi verileri kullanılarak sıvılaştırma analizi yapılmıştır. Zemin litolojisi açılan kara sondajında siltli çakıl gözlenirken, deniz sondajlarında ise deniz seviyesinden sonra siltli çakıllı kum biriminden oluşmaktadır. SK-11 ve SK-8 nolu sondaj kuyularında andezit birimine rastlanılmıştır. Bu hat üzerinde SK-11 yeraltı suyu bulundurmadığı ve SK-8 deniz seviyesinden sonra kaya birimini kestiği için sıvılaştırma gözlenmemektedir. Sıvılaştırma riski SK-9 nolu kuyuda düşük olarak bulunurken SK-10 nolu kuyuda yüksek olarak bulunmuştur.

H-H' kesiti GB-KD güzergahında ve 650 metre uzunluğundadır (Şekil 4.53). Bu kesitte CPT deneyi ve sondaj kuyularında yapılan SPT deneyi verileri kullanılarak sıvılaşma analizi yapılmıştır. Deniz seviyesinden itibaren zemin litolojisi siltli kum/siltli çakıllı kum, yer yer silt biriminden oluşmaktadır. Tüm kuyularda sıvılaşabilir seviyeler gözlenirken bu kesitte sıvılaşma riski düşük ve orta olarak bulunmuştur.

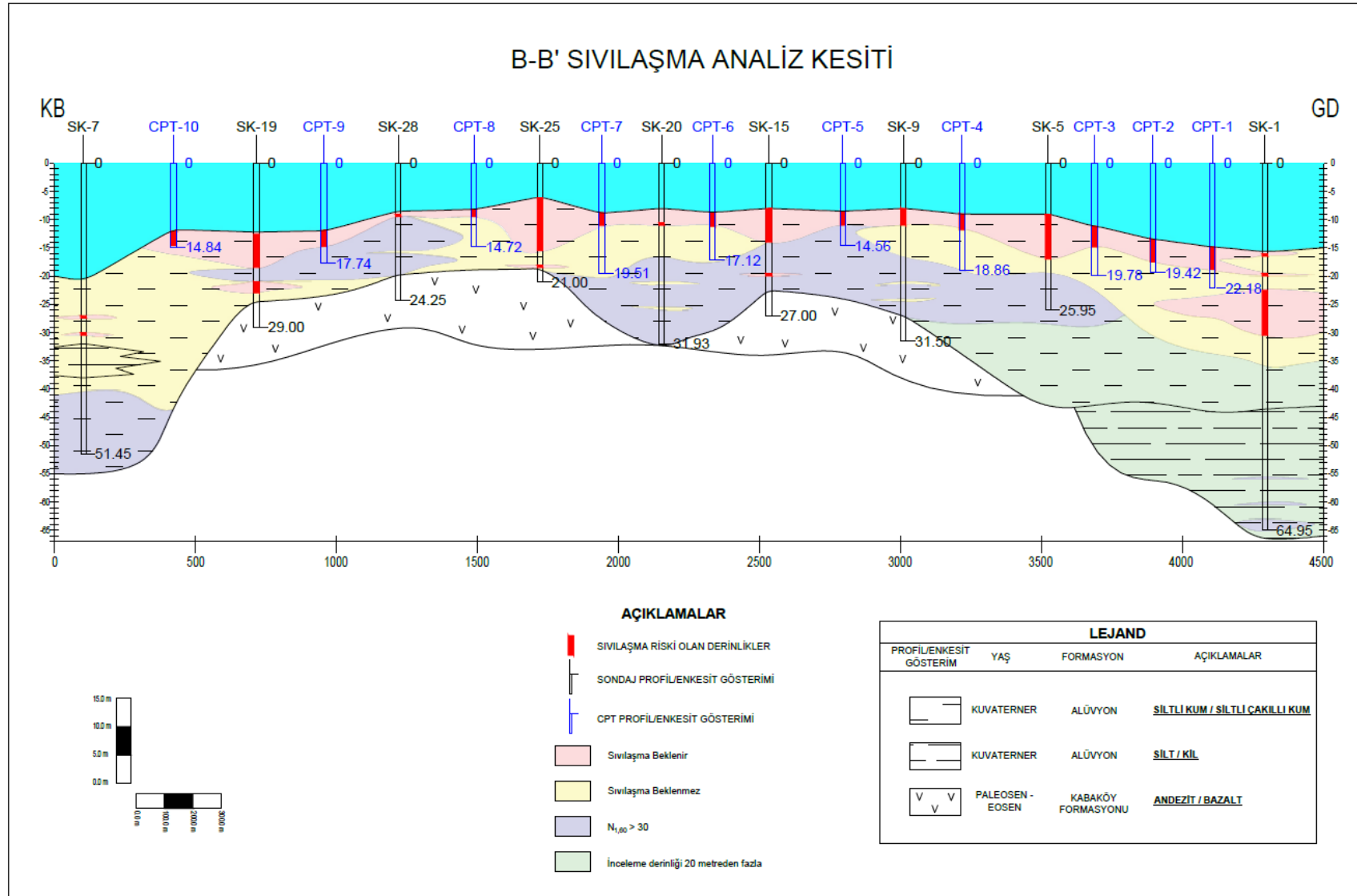




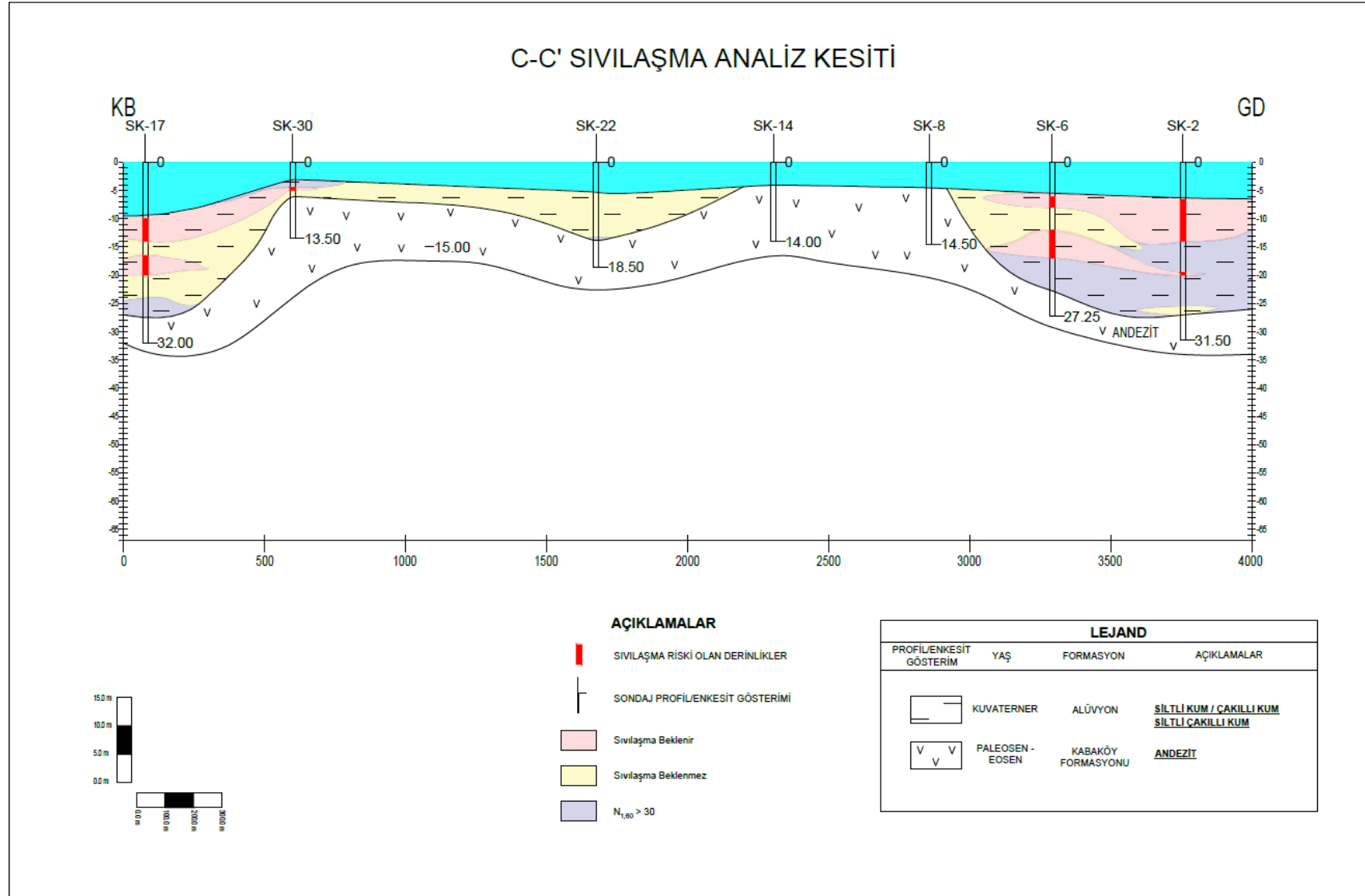
Şekil 4.45: Çalışma alanı SPT ve CPT kuyuları 3 boyutlu görünümü.



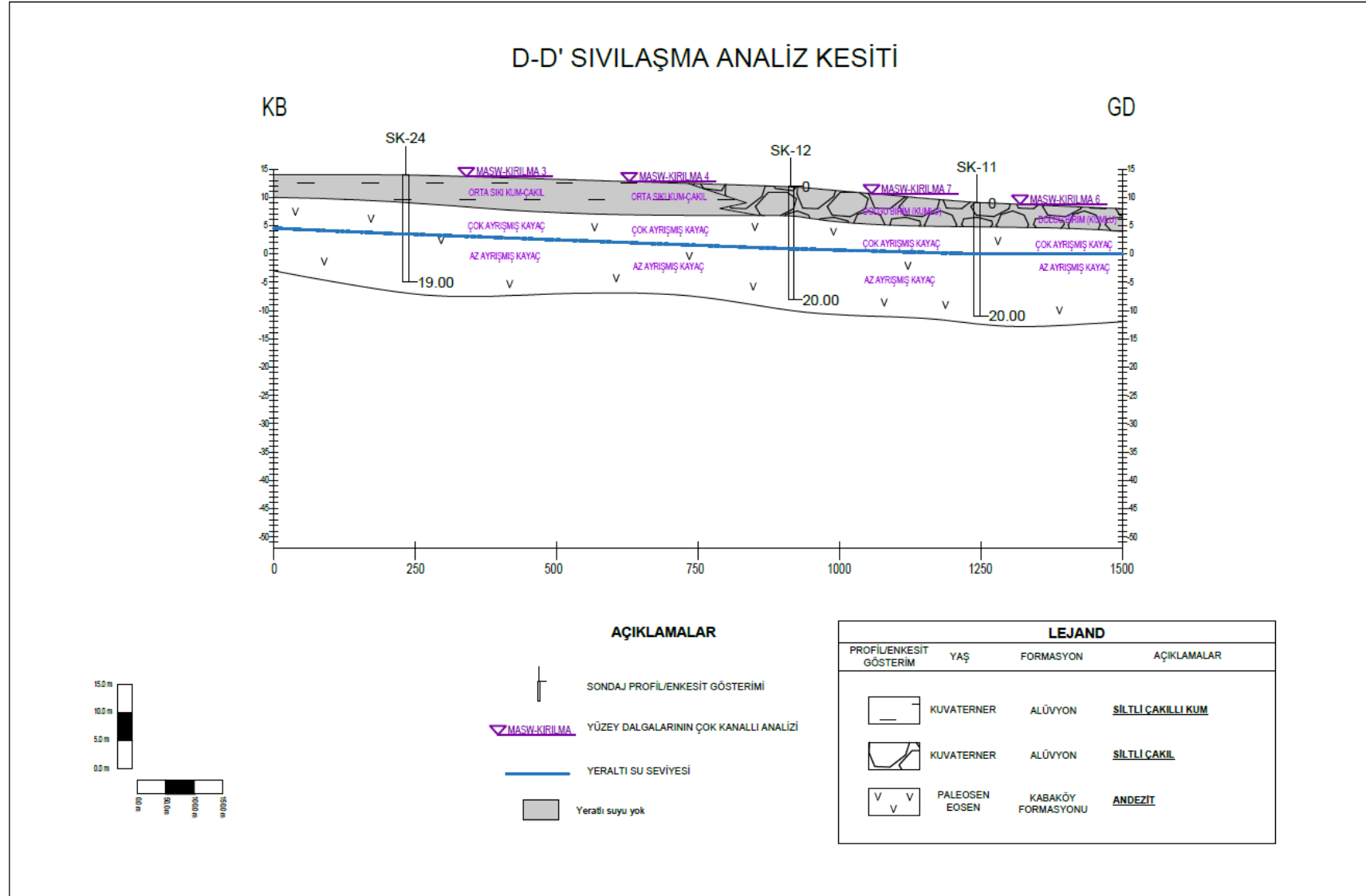
Şekil 4.46: Çalışma alanı A-A' sıvılaşma analiz kesiti.



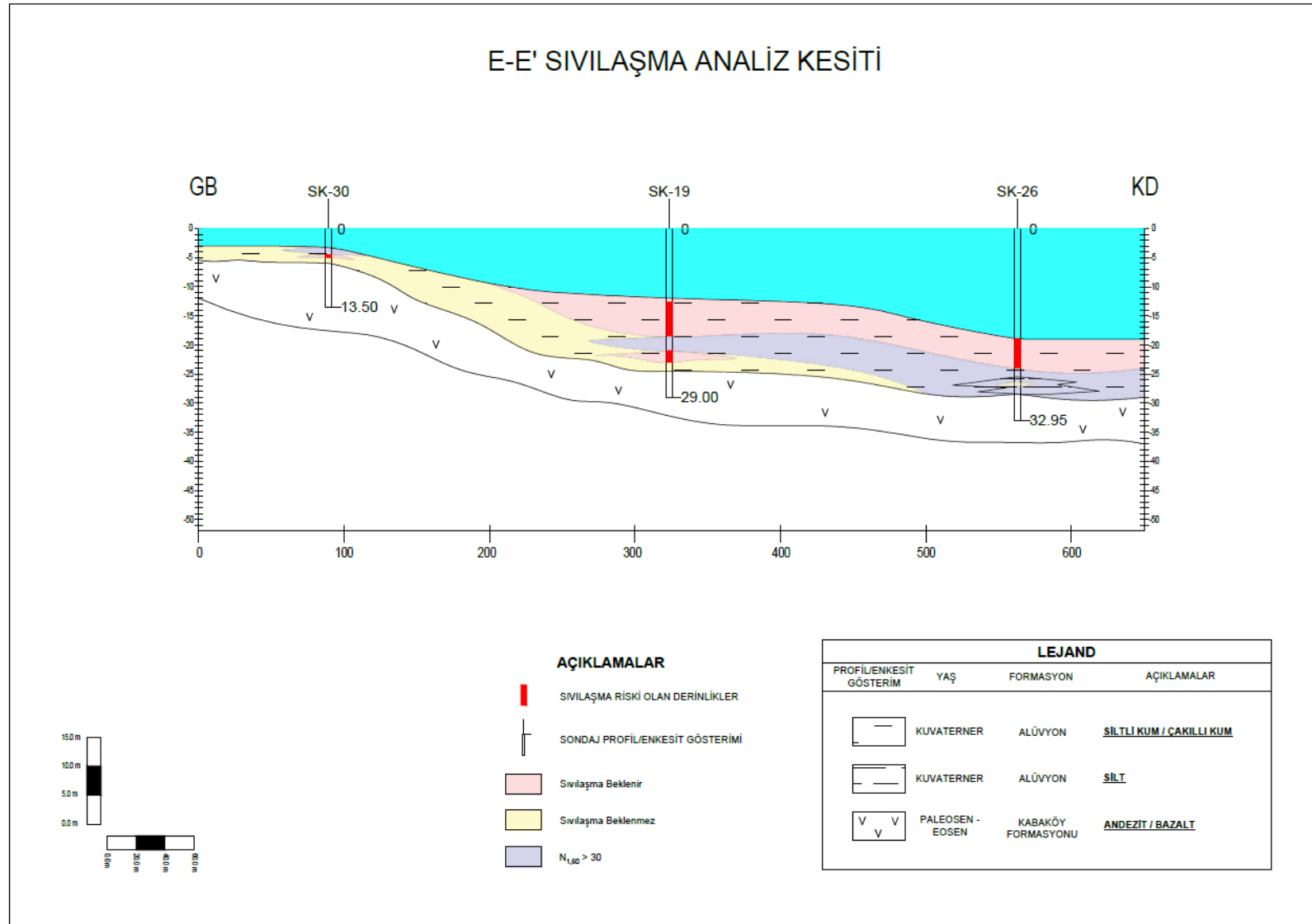
Şekil 4.47: Çalışma alanı B-B' sivilaşma analiz kesiti.



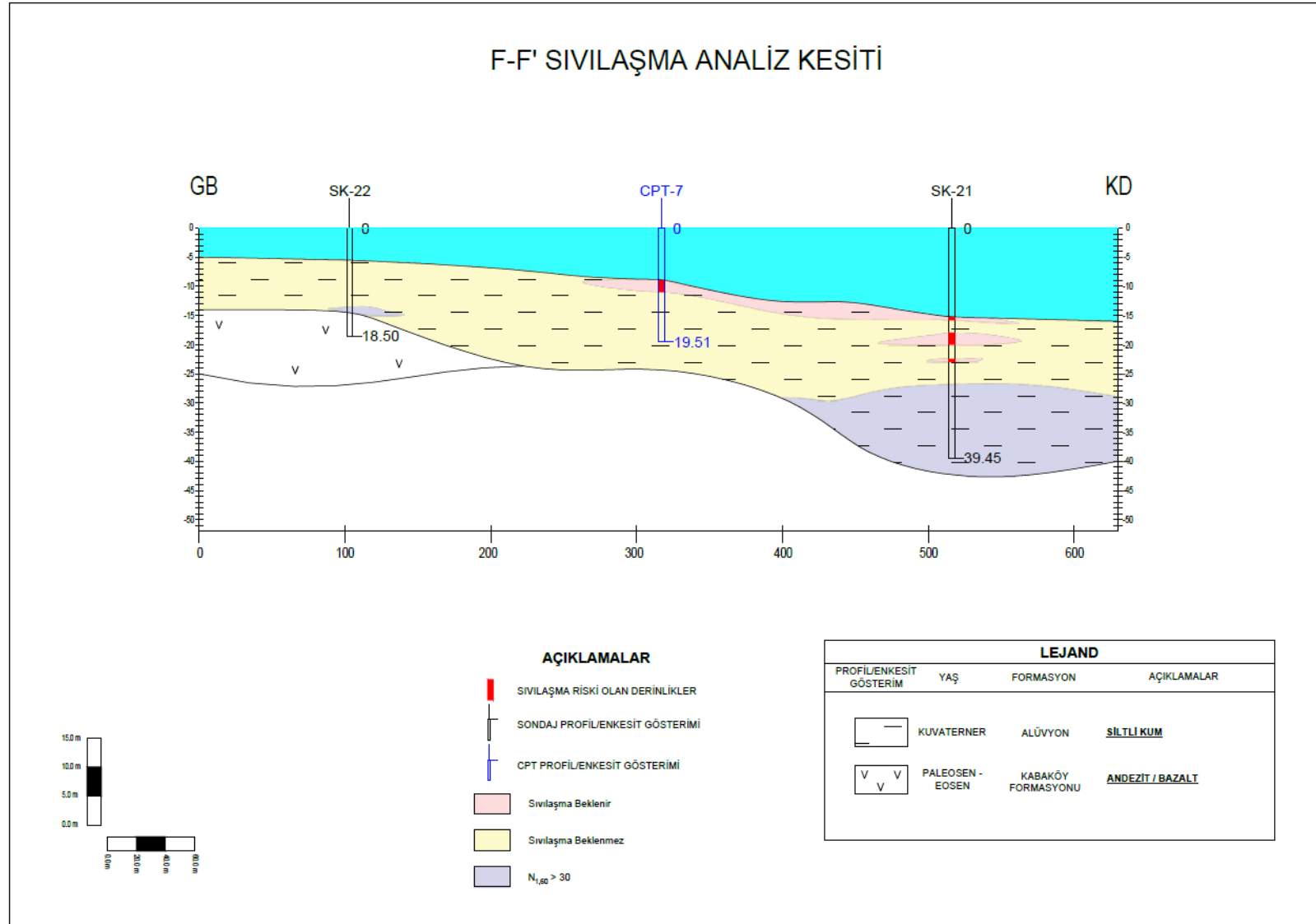
Şekil 4.48: Çalışma alanı C-C' sivilaşma analiz kesiti.



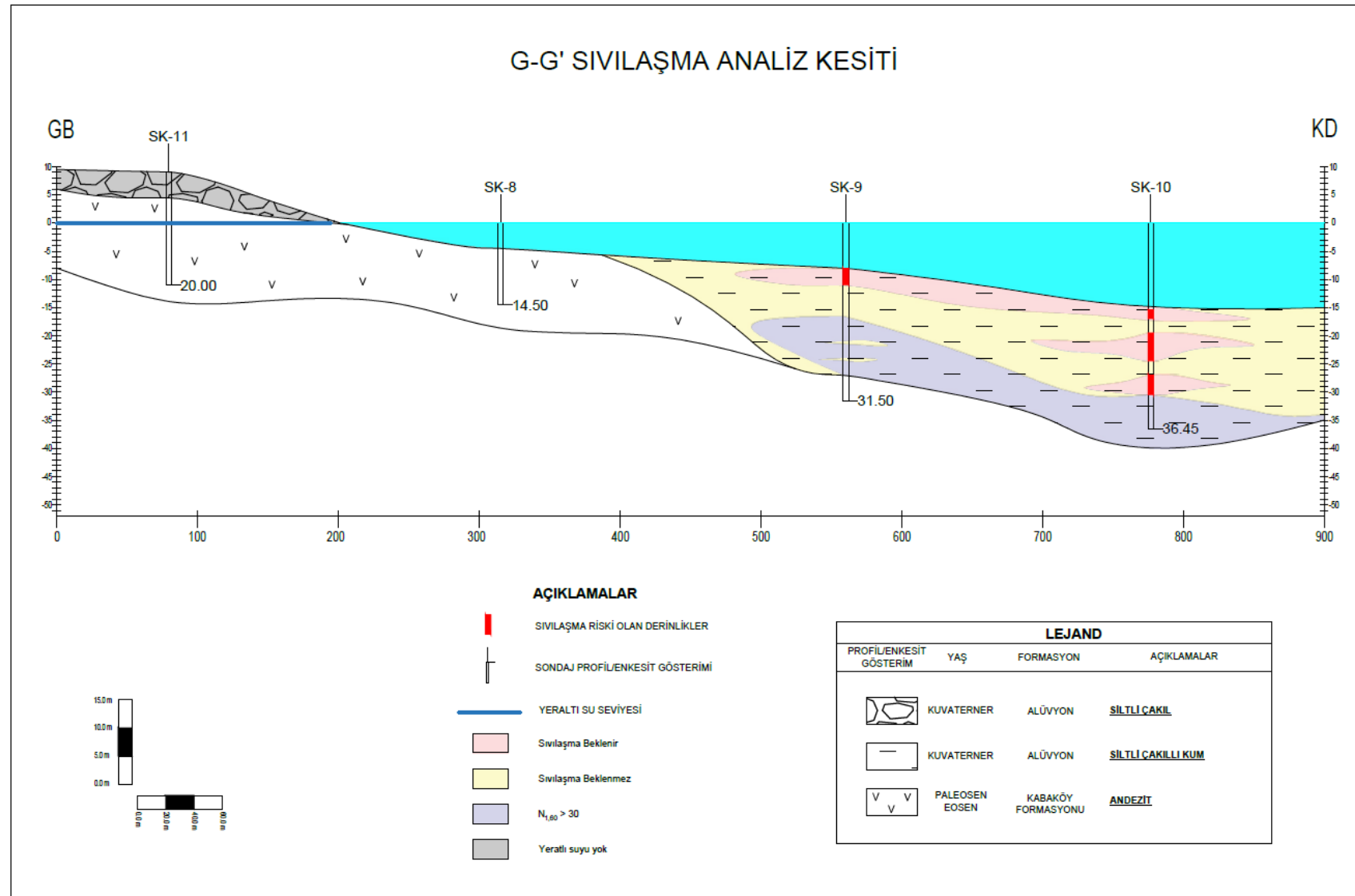
Şekil 4.49: Çalışma alanı D-D' sivilaşma analiz kesiti.



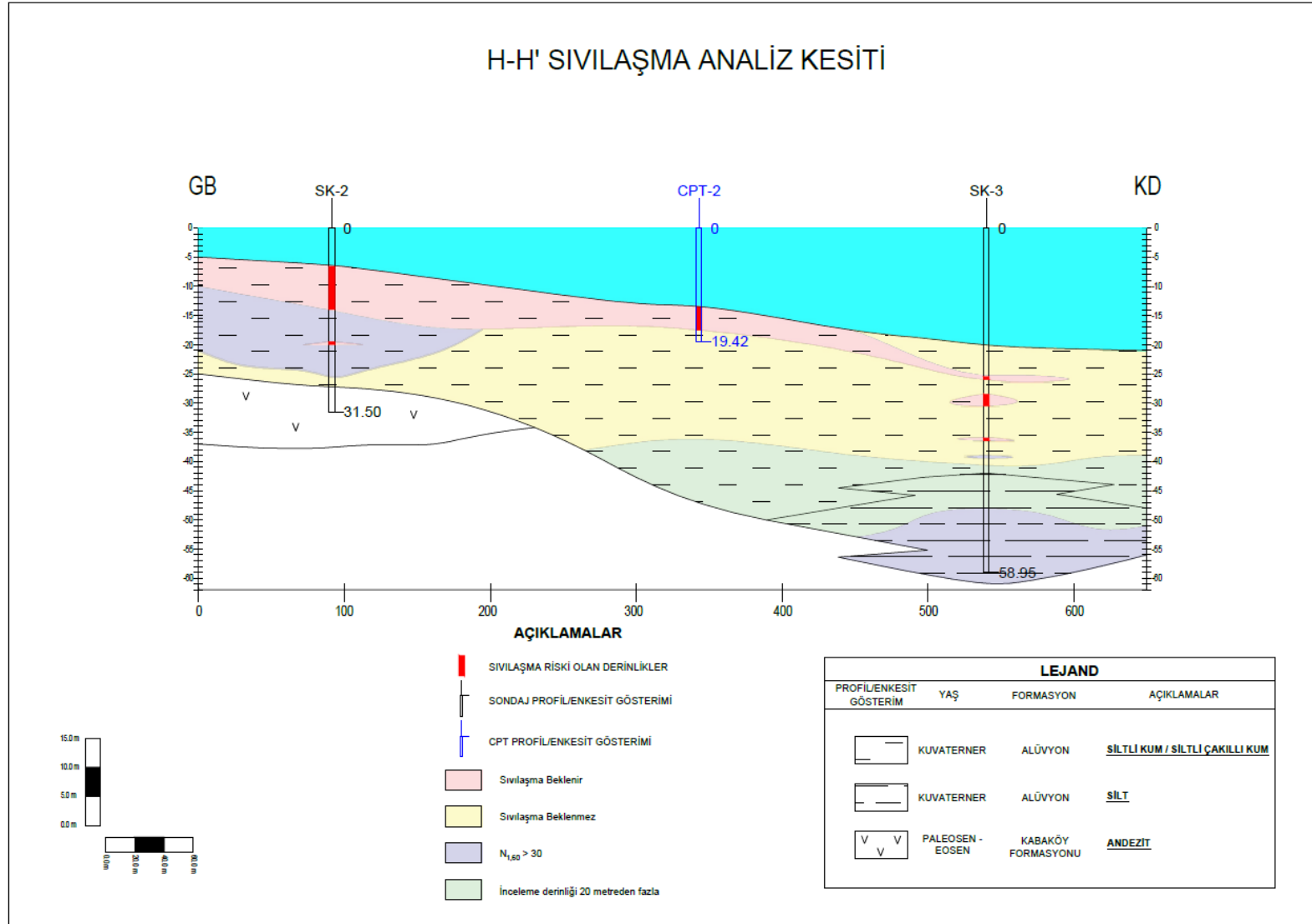
Şekil 4.50: Çalışma alanı E-E' sivilaşma analiz kesiti.



Şekil 4.51: Çalışma alanı F-F' sıvılaşma analiz kesiti.



Şekil 4.52: Çalışma alanı G-G' sıvılaşma analiz kesiti.

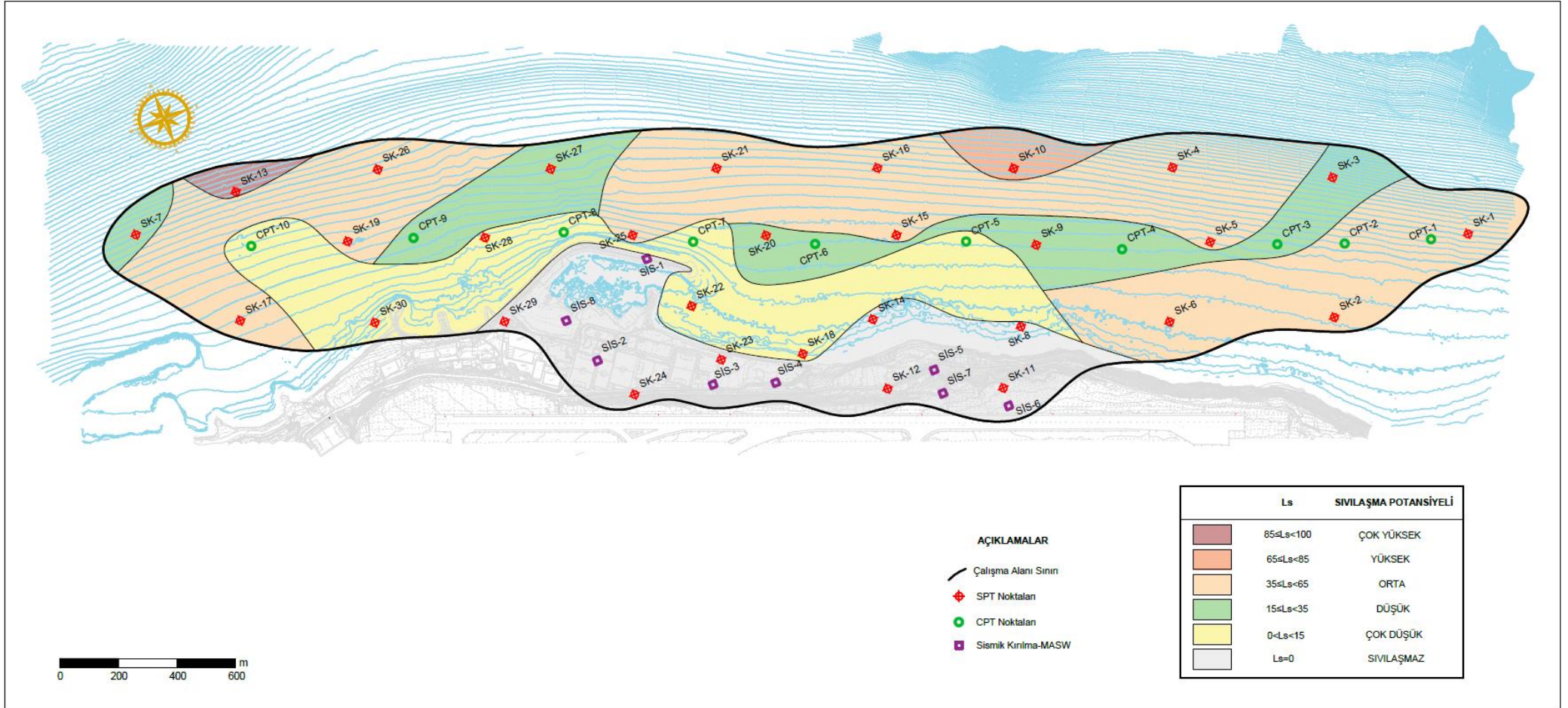


Şekil 4.53: Çalışma alanı H-H' sıvılaşma analiz kesiti.

Çalışma alanında farklı deneylerden elde edilen veriler kullanılarak yapılan sıvılaşma analizleri sonucunda belirlenen sıvılaşma haritası çizilerek daha net anlaşılması amaçlanmıştır (Şekil 4.54). Sıvılaşmaz olarak bulunan yerler çalışma alanının güneyinde mendirek yapısını ve kıyı alanını kapsamaktadır. Karada yapılan SPT deneyi ve Sismik Kırılma-MASW çalışmalarında zemin biriminde yeraltı suyuna rastlanmadığı ve SK-8 ile SK-14 nolu sondaj kuyularında deniz seviyesinden sonra kaya birimine rastlanıldığı için sıvılaşma durumu söz konusu olmamaktadır. Yer yer istisnalar bulunsa da kıyıdan deniz açıklarına doğru ilerledikçe sıvılaşma potansiyelleri çok düşük, düşük ve orta olarak birbirini takip etmektedir. Sıvılaşma potansiyeli, kıyıya en uzak noktalarda bulunan SK-10 nolu sondajda yüksek, SK-13 nolu sondajda çok yüksek olarak bulunmuştur. Bu iki kuyu da zemin tipi ağırlıklı olarak non-plastik kum/siltli kum gibi sıvılaşma potansiyeli yüksek olan kohezyonsuz zeminlerden oluşmaktadır. Bu sondaj kuyularında sıvılaşma riskinin gözlemlendiği derinlikler gevşek ve çok gevşek özellikte olup, $IDI < 33,90$ ve $N_{1,60f} < 22,65$ olan değerleri kapsamaktadır.

Sıvılaşma potansiyeli kıyı çizgisine uzak noktalarda bulunan SK-3 nolu sondaj kuyusunda düşük, SK-26, SK-21, SK-16, SK-4 ve SK-1 nolu sondaj kuyularında ise orta olarak bulunmuştur. Aynı doğrultuda bulunan SK-10 ve SK-13 nolu sondajlara göre daha düşük sıvılaşma potansiyeline sahip olmalarının sebebinin yer yer içerdikleri kil ve/veya silt seviyelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışma alanında plasitisite indisi 12,1-NP arasında değişen kil ve silt birimlerinden oluşan seviyelerin tamamında sıvılaşmanın beklenmediği bulunmuştur. Sıvılaşma beklenmeyen bu kohezyonlu birimlerin kıvam tanımları çok yumuşak, yumuşak, orta katı, katı, çok katı ve sert olduğu gözlenmiştir. Çok yumuşak ve yumuşak kohezyonlu zeminlerin genellikle 20 metrenin altında olduğu ve ince dane içeriğinin %58-95 arasında değişmesinden dolayı sıvılaşma durumunun olmadığı düşünülmektedir.

Çalışma alanında denizde açılan sondajlarda $N_{1,60f}$ değerleri 41,29-86,12 arasında değişen değerler alan orta sıkı, sıkı, çok sıkı özellikteki siltli çakıl ve çakıl birimlerinin olduğu seviyelerde sıvılaşma gözlenmemektedir. Sıvılaşmanın beklendiği seviyelerdeki gevşek, çok gevşek özellikteki siltli çakıl ve çakıl birimlerinin $N_{1,60f}$ değerlerinin 10,71-23,26 değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir.



şekil 4.54: Çalışma alanı sivilaşma haritası.

5. TARTIŞMA

Çalışma alanının deniz bölümünde yapılan jeoteknik çalışmalarında zemin türünün ağırlıklı olarak siltli kum olduğu gözlenmiştir. Bu zemin türünde bol çakıllı ve sert birimler gözlenmediği için her iki yöntemle de sınılaşma analizi yapılabilmektedir. Maliyetinin uygun olması ve kolay uygulanabilmesinden dolayı SPT deneyi yapılması öncelikle tercih edilmiştir. Zeminde daha hassas ölçüm yapabilmek ve verileri daha sık aralıklarla elde edebilmek amacıyla CPT deneyinden de faydalanılmıştır.

Çalışma alanının kara bölümünde ise gerçekleştirilen jeoteknik çalışmalarda, zemin ağırlıklı olarak çakıllı birimlerden oluşmakta olup, yer yer kumlu seviyeler de gözlenmiştir. Bu sebeple karada, SPT ve CPT deneyleriyle ilerlemek uygun bir yöntem olmazken, Sismik Kırılma-MASW yöntemi uygundur. Karada açılan sondaj kuyularında belirli seviyelerde SPT deneyi yapılabilmiş ve bu sondajlar sayesinde yeraltı suyu tespit edilebilmiştir. Yeraltı suyu derinliği ise kayaç biriminden itibaren gözlenmektedir.

Bu çalışmada, farklı yöntemlerden elde edilen veriler kullanılarak sınılaşma analizi gerçekleştirilmiştir. Bu metod tek verilere göre hareket etmeyerek zemin profilinin ve özelliklerinin tanımlanması açısından daha doğru bir sonuç elde edilmesini sağlamıştır. Sonuçlar genel olarak birbirlerini destekler ve benzer nitelikte değerler vermiştir.

Zemin sınılaşması genellikle yeraltı suyunu sığ derinliklerde gözlendiği, kohezyonsuz zeminlerde sıkça rastlanılmaktadır. Bu çalışmada ise sınılaşma riskine karşılık bir zeminin deniz suyunun altında, suya doymun vaziyette iken nasıl bir davranış sergileyeceğinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Toplam düşey gerilme ve boşluk suyu basıncı hesaplanırken deniz suyu içerisinde yer alan çalışmalardaki su yüksekliği, örtü yükü olarak kabul edilmiş ve düşey efektif gerilme de bu husus dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada SPT deneyi 45 cm kalınlığında ve çoğunlukla 1,5 m ara ile yapıldığı ve CPT deneyi 2 cm arayla ölçüm aldığı için CPT deneyinin derinliğe bağlı değişimleri daha doğru bir şekilde tespit edip, zemin tipini daha detaylı belirlediği görülmüştür. Bu sebeple CPT deneyi, SPT deneyine göre devamlı bir profil sağlama ve stratigrafiyi tanımlama konusunda daha

faydalı olduğu bulunmuştur. Ancak SPT deneyinin daha kolay uygulanabilmesi, daha derinlere ulaşılmasını sağlamış ve böylece daha derinlerdeki zeminlerin tanımlanmasına olanak tanımıştır.

Çalışmalar sonucu elde edilen SPT, CPT ve kayma dalgası hızı (V_s) verileri kullanılarak yapılan analiz sonuçlarında elde edilen güvenlik katsayıları emniyetli ve sıvılaşır olarak ikiye ayrılmıştır. Güvenlik katsayısının 1.10'dan büyük olduğu durumlar emniyetli olmakta, küçük olduğu durumlar sıvılaşma riski taşımaktadır. Bu üç yöntemde de 1,5 metre aralıklarda bulunan güvenlik katsayıları kullanılarak Sönmez ve Gökçeoğlu (2005) tarafından tasarlanan sıvılaşma potansiyeli hesaplanmıştır.

Seed ve Idriss (1971) ile Ishihara (1985) sıvılaşmaya en hassas zeminlerin gevşek kumlu ve siltli zeminler olduğunu belirtmiştir. Çalışmanın bulgularında ise sıvılaşma riskinin, çok gevşek, gevşek kumun yanı sıra yer yer orta sıkı kumda da gerçekleştiği görülmüştür.

Youd ve Wieczorek (1984), sıvılaşmaya en duyarlı zeminlerin suya doymuş genç kumlarda ve aynı zamanda siltlerde de olabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise, suya doymuş kum ve siltli kumlarda sıvılaşma beklenirken kil ve siltlerde sıvılaşmanın olmadığı görülmüştür. Tez kapsamında bu çalışma alanında gözlenen kil ve siltler 20 metreden fazla derinliklerde gözlenmekte ve $N_{1,60}$ değeri 30'dan büyük değerler almaktadır. Bu koşullarda bulunmayan kil ve siltlerin ise güvenlik katsayısı 1,22-2,00 arasında değer aldığı için sıvılaşma söz konusu olmamaktadır. Robertson (1990) CPT'ye dayalı zemin sınıflandırma sistemi, $I_c > 2.6$ değerine sahip zeminlerin kil olarak sınıflandırılmasını önermiştir. CPT deneyine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçlarında, sıvılaşma riski taşıyan derinliklerdeki I_c değerleri 0-2,45 arasında değer almakta bu sonuca göre de çalışma alanında killerde sıvılaşma olmadığı görülmüştür.

Lin ve diğ. (2004), çakıllı zeminlerde genel olarak sıvılaşma potansiyeli olmadığı düşünülmese de, 1999 yılında Chi-Chi Tayvan'da ve 1988'de Ermenistan'da meydana gelen depremlerde çakıllı zeminlerde de sıvılaşma olduğunu belirtmiştir. Çalışma alanında da $N_{1,60f}$ değerlerinin 10,71-23,26 arasında değiştiği gevşek, çok gevşek özellikteki siltli çakıl ve çakıl birimlerinde sıvılaşmanın olduğu görülmüş ve çakıllarda da sıvılaşma riskinin gözlenebileceğini destekler nitelikte sonuçlar vermiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma alanı Trabzon ili, Ortahisar ilçesinde yer almaktadır. Trabzon Havalimanı'nın kuzeyinde yer alan çalışma alanında, havalimanının kapasitesini artırmak ve bölgenin ulaşımını güçlendirmek amacıyla bir genişletme projesi planlanmaktadır. Yapılacak olan havalimanını düşündüğümüzde yapının stabil ve duraylı kalması, uçakların piste güvenli şekilde inmesi ve yolcu güvenliğinin sağlanması için büyük önem taşımaktadır. Buna bağlı olarak zeminlerin özellikleri ve sıvılaşma durumu bu tez kapsamında detaylıca araştırılmıştır.

Genellikle siltli kum, siltli çakıllı kum ve siltli çakıl zemin birimlerinden oluşan çalışma alanının çoğunluğu deniz içerisinde kalmakta ve olası bir deprem senaryosunda sıvılaşma riski ihtimali söz konusu olabilmektedir. Bu çalışmada sıvılaşma riskini belirlemek adına araziden elde edilen SPT, CPT ve jeofizik çalışmalara bağlı veriler kullanılarak sıvılaşma analizi yapılmıştır. Farklı sıvılaşma analiz yöntemlerinin aynı sahada bir arada kullanılması, bu yöntemlerin avantaj ve sınırlamalarının belirlemesini amaçlanmıştır. Sonuç olarak, bu çalışma, sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin birbirine göre avantaj ve dezavantajlarını ortaya koyarak, bu yöntemlerin uygulama alanlarına yönelik rehberlik edici bir kaynak olması temenni edilmiştir.

Çalışma alanında daha kullanışlı, hızlı ve ekonomik olmasından dolayı en fazla SPT deneyi yapılmış ve laboratuvar deneyleriyle de zeminin fiziksel özellikleri hakkında bilgi edinilmiştir. Zeminde daha sık aralıklarla ve daha hassas ölçüm yapabilmek için CPT deneyinden de yararlanılmıştır. Denizin açıklarından kıyı çizgisine doğru gidildikçe zeminde çakıllı birimler artmakta ve sonrasında da andezit/bazalt kaya birimi ile karşılaşmaktadır. Kayanın gözlendiği bu alanlarda diğer deneyleri uygulamak güç olacağı için bu alanda her zemin tipinde kullanıma uygun olan Sismik Kırılma – MASW çalışmalarıyla ilerlenmiştir. Tez kapsamında, 30 sondaj kuyusunda SPT deneyi, 10 adet CPT deneyi ve 8 hat üzerinde Sismik Kırılma-MASW çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanında deniz yüzeyinden itibaren 13,00-64,95 metre arasında değişen derinliklere sahip toplam 811,66 metre derinliğinde 25 adet deniz sondajı ve 15,00-20,00 metre arasında değişen derinliklere sahip toplam 94 metre derinliğinde 5 adet kara sondajı açılmıştır. Aynı

zamanda 10 farklı lokasyonda deniz yüzeyinden itibaren 14,56-22,18 metre arasında değişen derinliklere sahip toplam 178,73 metre CPT deneyi ve 8 hat üzerinde Sismik Kırılma-MASW çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Asıl amaç; SPT, CPT ve jeofizik yöntemler kullanılarak sıvılaşma analizini yapmak olsa da bu üç yöntem aracılığıyla zemin türü hakkında da bilgiler edinme ve zemin profilini rahatça belirleyebilme fırsatı elde edilmiştir. Bu sayede, zemin özellikleriyle sıvılaşma potansiyeli arasındaki ilişkinin daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olmuştur.

Açılan sondaj kuyularında alınan numuneler üzerinde testler yapılmış ve zemin tipi belirlenmiştir. Bu doğrultuda çalışma alanının jeolojisi; deniz sondaj kuyularına göre, 0,45-27,50 metre kalınlıklarında kum, siltli kum, siltli çakıllı kum, çakıllı kum seviyeleri; 2,95-21,45 metre kalınlıklarında silt, kil seviyeleri; 1,50-10,00 metre kalınlıklarında andezit, bazalt kaya biriminden oluşmaktadır. Açılan kara sondaj kuyularına göre, 1,60-4,40 metre kalınlıklarında siltli kum, siltli çakıllı kum seviyeleri; 4,50-9,70 metre kalınlıklarında siltli çakıl seviyeleri; 0,40 kalınlığında kil seviyesi; 7,80-15,50 metre kalınlıklarında andezit kaya birimi gözlenmektedir.

CPT deneyi sonucu elde edilen veriler ‘GeoLogismiki CPeT-IT 3.0’ yazılımı kullanılarak Robertson (1990) tarafından önerilen abak referans alınarak normalleştirilmiş sürtünme direnci (F_r) ve normalleştirilmiş uç direnci (Q_t) kullanılarak zemin davranış tipi belirlenmiştir. Ağırlıklı olarak zemin tipi bütün CPT kuyularında kum/siltli kum ve siltli kum/kumlu silt olarak bulunmuştur. CPT-1, CPT-2, CPT-4 ve CPT-7 kuyularında yer yer kil/siltli kil birimleri de gözlenmiştir.

Çalışma alanında gerçekleştirilen Sismik Kırılma-MASW çalışmaları neticesinde ortalama 20 metre araştırma derinliğine ulaşılmış olup araştırma derinliği boyunca 3 tabaka tespit edilmiştir. Her bir sismik profil hattı için zemin kesitleri incelendiğinde yüzeyden itibaren 3,80-6,00 m kalınlıkları arasında değişmekte olan yüzeysel dolgu birimlerin varlığı söz konusu olup “Masw-Kırılma-1” profili hariç diğer tüm profillerde bu yüzeysel birimin hemen ardından 4,80-14,05 metre kalınlığında değişmekte olan çok ayrılmış kayaçların varlığı söz konusudur. Kırıklı çatlaklı olan bu çok ayrılmış kayaç biriminden sonra ise ayrılmış kayaçlar bulunmaktadır.

Çalışma alanı SPT verilerine göre sıvılaşma analizi yapılırken, açılan 30 adet sondaj kuyusundan alınan örselenmiş (SPT) numuneler laboratuvarlarda deneylere tabi tutulmuştur.

Bu çalışmalar sırasında yapılan SPT deney verileri ve laboratuvar sonuçlarından yararlanarak TBDY (2018), Seed ve diğ. (2003), JMO (2021), Youd vd. (2001), Seed ve Idriss (1971), Ulusay (2010)'dan yararlanarak sıvılaşma analizi yapılmıştır. SPT deneyi verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçlarında elde edilen F_L değerleri 0,01 ile 6,07 arasında değişmektedir. Yapılan sıvılaşma analiz sonuçlarında; SK-11, SK-12, SK-23, SK-24, SK-29 sıvılaşmaz, SK-18, SK-22, SK-28, SK-30 çok düşük, SK-3, SK-7, SK-9, SK-20, SK-27 düşük, SK-1, SK-2, SK-4, SK-5, SK-6, SK-15, SK-16, SK-17, SK-19, SK-21, SK-25, SK-26 orta, SK-10 yüksek ve SK-13 çok yüksek sıvılaşma potansiyeline sahip olduğu bulunmuştur.

CPT deneyi ile kaydedilen veriler GeoLogismiki, CPeT-IT 3.0 yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. CPeT-IT yazılımı, CPT verilerini Lunne, Robertson ve Powell (1997)'un çalışmalarına dayalı olarak değerlendirerek, zemin davranış tipi (SBT) ve diğer geoteknik parametreler hakkında yorumlar yapmaktadır. Bunlara ek olarak TBDY (2018), Seed ve Idriss (1971), Seed vd. (1975), Liao ve Whitman (1986), NCEER (1997), Robertson (2016), Robertson (1990), Robertson ve Wride (1998)' dan yararlanarak sıvılaşma analizi yapılmıştır. CPT deneyi verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçlarında elde edilen F_L değerleri 0,05 ile 3,33 arasında değişmektedir. CPT testi verileri kullanılarak yapılan sıvılaşma analiz sonuçlarına göre; CPT-5, CPT-7, CPT-8, CPT-10 nolu kuyularda çok düşük, CPT-3, CPT-4, CPT-6, CPT-9 nolu kuyularda düşük ve CPT-1, CPT-2 nolu kuyularda orta sıvılaşma potansiyeline sahip olduğu bulunmuştur.

Sıvılaşma analizi sonuçlarından elde edilen güvenlik katsayısı kullanılarak sıvılaşma şiddeti indeksi değerleri hesaplanmış ve bu veriler ışığında sıvılaşma potansiyeli belirlenmiştir. Sıvılaşmaz olarak bulunan yerler çalışma alanının güneyinde bulunan mendirek yapısını ve kıyı alanını kapsamaktadır. Karada yapılan SPT deneyi ve Sismik Kırılma-MASW çalışmalarında zemin biriminde yeraltı suyu rastlanmadığı ve SK-8 ile SK-14 nolu sondaj kuyularında deniz seviyesinden sonra kaya birimine rastlanıldığı için sıvılaşma durumu söz konusu olmamaktadır. Yer yer istisnalar bulunsun da kıyıda deniz açıklarına doğru ilerledikçe sıvılaşma potansiyelleri çok düşük, düşük ve orta olarak birbirini takip etmektedir. Sıvılaşma potansiyeli, kıyıya en uzak noktalarda bulunan SK-10 nolu sondajda yüksek, SK-13 nolu sondajda çok yüksek olarak bulunmuştur. Bu iki kuyu da zemin tipi ağırlıklı olarak non-plastik kum/siltli kum gibi sıvılaşma potansiyeli yüksek olan kohezyonsuz zeminlerden oluşmaktadır. Bu sondaj kuyularında sıvılaşma riskinin gözlemlendiği derinlikler gevşek ve çok gevşek özellikte olup, $IDI < 33,90$ ve $N_{1,60f} < 22,65$ olan değerleri kapsamaktadır.

Sıvılaşma potansiyeli kıyı çizgisine uzak noktalarda bulunan SK-3 nolu sondaj kuyusunda düşük, SK-26, SK-21, SK-16, SK-4 ve SK-1 nolu sondaj kuyularında ise orta olarak bulunmuştur. Aynı doğrultuda bulunan SK-10 ve SK-13 nolu sondajlara göre daha düşük sıvılaşma potansiyeline sahip olmalarının sebebinin yer yer içerdikleri kil ve/veya silt seviyelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışma alanında plasitite indisi $12,1-NP$ arasında değişen kil ve silt birimlerinden oluşan seviyelerin tamamında sıvılaşmanın beklenmediği bulunmuştur. Sıvılaşma beklenmeyen bu kohezyonlu birimlerin kıvam tanımları çok yumuşak, yumuşak, orta katı, katı, çok katı ve sert olduğu gözlenmiştir. Çok yumuşak ve yumuşak kohezyonlu zeminlerin genellikle 20 metrenin altında olduğu ve ince dane içeriğinin %58-95 arasında değişmesinden dolayı sıvılaşma durumunun olmadığı düşünülmektedir.

Sismik Kırılma ve MASW ölçümünden elde edilen kayma dalga hızı (V_s) kullanılarak Seed ve Idriss (1971), Youd ve Idriss (2001)' den yararlanılarak sıvılaşma analizi yapılmıştır. Jeofizik çalışmalarına göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçlarında elde edilen F_L değerleri 1,61 ile 39,7 arasında değişmektedir. Yeraltı suyu derinliği kayaç biriminde bulunduğu için V_s hızına göre yapılan sıvılaşma analizlerinde 8 hatta da sıvılaşma potansiyeli sıvılaşmaz olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada deniz alanında gerçekleştirilen SPT, CPT ve jeofizik çalışmalar kullanılarak yapılan sıvılaşma analizi sonuçları birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. SPT, CPT ve jeofizik çalışmaları kapsayan kesitler alınmış ve sıvılaşma riski olan derinlikler işaretlenmiştir. Kesitlerde de görüldüğü gibi birbirlerine yakın konumlarda bulunan SPT ve CPT deneylerine ait verilerde sıvılaşma potansiyeli birbirine yakın çıkmış ve birbirini destekler nitelikte sonuçlar vermiştir. İleriki çalışmalar için bu yöntemlerin daha spesifik olarak karşılaştırılması isteniyorsa bu deneyleri aynı veya birbirine çok daha yakın noktalardan yapmak ve deney sayısını arttırmak daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesine olanak sağlayabilir.

SPT deneyi verilerine dayanarak yapılan sıvılaşma analizi sonuçlarında, sıvılaşma riski taşıyan derinliklerdeki zemin tipi çoğunlukla kum ve siltli kum olarak belirlenmiş olsa da bazı seviyelerde çakıl, siltli çakıl birimlerinde de sıvılaşma riski olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanında denizde açılan sondajlarda $N_{1,60f}$ değerleri 41,29-86,12 arasında değişen değerler alan orta sıkı, sıkı, çok sıkı özellikteki siltli çakıl ve çakıl birimlerinin olduğu seviyelerde sıvılaşma gözlenmezken, $N_{1,60f}$ değerlerinin 10,71-23,26 arasında değiştiği gevşek, çok gevşek özellikteki siltli çakıl ve çakıl birimlerinde sıvılaşmanın olduğu gözlenmiştir.

Çalışma alanında denizde yapılan SPT deneyine göre sıvılaşma analizi sonucunda, doğal su muhtevası (W_n) < 13 olduğu ve düzeltilmiş darbe sayısının ($N_{1,60}$) > 30 olduğu non-plastik zeminlerde sıvılaşmanın beklenmediği görülmüştür.

SPT deneyinin gerçekleştiği silt ve kil gibi kohezyonlu zeminlerin tümünde SPT-N değerleri 1-74 arasında geniş bir aralıkta değerler vermesine rağmen güvenlik katsayısı 1.10'dan yüksek değerler almış ve sıvılaşma riski taşımadığı görülmüştür.

CPT deneyi sonucu elde edilen veriler ile GeoLogismiki yazılımı kullanılarak I_c değerleri bulunmuştur. I_c değerinin 2,6'dan büyük olduğu durumlarda zemin kil olarak sınıflandırılır (Robertson, 1990). Sıvılaşma analizi sonuçlarında, sıvılaşma riski taşıyan derinliklerdeki I_c değerleri 0-2,45 arasında değer almakta ve zemin çoğunlukla kum ve siltli kum birimlerinden oluşmaktadır. CPT kuyularında, kohezyonlu zeminlerde sıvılaşma riskinin bulunmaması, SPT kuyularında elde edilen benzer sonuçları desteklemiş ve bu doğrultuda her iki deney yöntemi de birbirini doğrular nitelikte olmuştur. Bu uyum, zemin türü ve sıvılaşma potansiyeli arasındaki ilişkinin güvenilir bir şekilde değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır.

Çalışma alanında yapılan CPT deneylerinden elde edilen veriler doğrultusunda gerçekleştirilen sıvılaşma analizleri sonucunda, zemin davranış tipi indeksi (I_c) > 2 ve düzeltilmiş uç direnci (q_{c1N}) > 36 olduğu durumlarda, güvenlik katsayısının 1.11 ile 3.15 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu verilere dayanarak, söz konusu zemin koşullarında sıvılaşmanın beklenmediği sonucuna varılmıştır.

Sınırlı alanlarda da olsa sıvılaşma potansiyelinin yüksek ve çok yüksek olarak bulunduğu göz önüne alınmalı ve olası hasarlara karşı gerekli önlemler alınmalıdır. Öncelikli olarak uygun zemin iyileştirme yöntemlerinin gerçekleştirilmesi düşünülmeli, yetersiz kaldığında da diğer bir alternatif çözüm olarak zemin birimlerinin altında kaya birimlerinin bulunmasından dolayı kazıklı derin temellerin fizibilite çalışmaları gerçekleştirilip sonuca göre tasarım aşamasına geçilebilir.

Sıvılaşma analizlerinde, sıvılaşma potansiyelinin yanı sıra sıvılaşabilir tabakaların derinlikleri de detaylı olarak belirlenmiştir. Sıvılaşan tabakaların derinliğini bilmek, uygun zemin iyileştirme yöntemlerinin seçilmesine yardımcı olur. Eğer sıvılaşma riski sığ derinliklerde bulunuyorsa o derinliğe kadar tarama yapılarak bu risk ortadan kaldırılabilir.

Çalışma alanı bir genişletme projesi olduğu için dolgu işlemi uygulanması olasıdır. Dolgu işlemi sonrasında, dolgunun oluşturduğu basıncın sıvılaşma potansiyeli taşıyan zeminlerde konsolidasyona yol açması durumunda, bu zeminlerde yeniden gerekli deneyler yapılarak sıvılaşma analizinin tekrarlanması önerilmektedir. Bu sayede, dolgunun etkisiyle zeminin mekanik özelliklerinde meydana gelebilecek değişiklikler detaylı bir şekilde değerlendirilerek daha güvenilir sonuçlar elde edilebilir.

Çalışma alanında elde edilen sonuçlara göre, kohezyonsuz zeminlerde kıyı şeridinden denizin açıklarına doğru gidildikçe, sıvılaşma potansiyelinin genel olarak arttığı gözlemlenmiştir. Sıvılaşma riski taşıyan derinliklerde ihtiyaç duyulan zemin iyileştirme yöntemlerinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Genişletme projesi çerçevesinde gerçekleştirilecek olan zemin iyileştirme çalışmalarının ardından, süreç tamamlandıktan sonra yapılan analizlerle uygulanan iyileştirme yöntemlerinin etkinliği ve verimliliği yeniden değerlendirilerek, bu yöntemlerin etkinliği kontrol edilebilir.

KAYNAKLAR

Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, *Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası*, <https://tdth.afad.gov.tr>, [Ziyaret Tarihi: 17 Temmuz 2024].

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, Ankara, (2018).

Akca, N., 2003, Correlation of SPT- CPT data from the United Arab Emirates, *Engineering Geology*, 67, 219-231.

Akın, K.M., Kramer, S.L. and Topal, T., 2011, Empirical Correlations of Shear Wave Velocity (V_s) and Penetration Resistance (SPT-N) for Different Soils in an Earthquake-prone area (Erbaa-Turkey), *Engineering Geology*, 119, (1–2), 1–17

Alam, M., Aaqib, M., Sadiq, S., Mandokhail, J. S., Adeel, M. B., Rehman, M.R. and Kakar, N. A., 2018, Empirical SPT-CPT correlation for soils from Lahore, *Materials Science and Engineering*, (s. 414).

Ambraseys, N.N., 1988, *Engineering seismology*, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, John Wiley&Sons Ltd., 17: 1 – 105.

Andrus, R.D., Stokoe. K.H., 1997, *Liquefaction resistance based on shear wave velocity*, Proc. NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Nat. Ctr. for Earthquake Engrg. Res., State Univ., New York at Buffalo, 89 – 128.

Arango, I., 1996, Magnitude Scaling Factors for Soil Liquefaction Evaluations, *Journal of Geotechnical Engineering*, 122, 929-936.

Aydan, Ö., Ulusay, R., Kumsar, H., 2000, *Liquefaction phenomenon in the earthquakes of Turkey, including recent Erzincan, Dinar and Adana-Ceyhan earthquakes*, Proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering, Auckland.

Begemann, H.K., 1965, *The Friction Jacket Cone as an Aide in Determining the Soil Profile*, Proceedings, 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 1, Montreal, QC, Canada, pp. 17–20.

- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ, K., ve Özgür, S., 1995, Cretaceous Rifting of the Eastern Pontide Carbonate Platform (NE Turkey): The Formation of Carbonates Breccias and Turbidites as Evidences of Drowned Platform, *Geologia*, V. 57, n.1-2, 233 -244.
- Castro, G., Poulos, S.J., France, J.W. and Enos, J.L., 1982, *Liquefaction induced by cyclic loading*, Report Submitted to the National Science Found, Washington D.C.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2000, *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, Beta Yayınevi, İstanbul.
- Chen, C. J., Juang, C. H., Mayne, P.W., Hryciw, R., 2000, Calibration of SPT and CPT based liquefaction evaluation methods, (eds) Innovations and applications in geotechnical site characterization, *Geotechnical Special Publication*, Vol.97, ASCE, Reston, 49–64.
- Clayton, C.R., 1995, *The standard penetration test (SPT): methods and use*, Construction Industry Research and Information Association.
- Çetin, K.Ö., Youd, T.L., Seed, R.B., Bray, J.D., Sancio, R., Lettis, W., Yılmaz, M.T., Durgunoğlu, H.T, 2002, Liquefaction-induced ground deformations at Hotel Sapanca during Kocaeli (İzmit), Turkey Earthquake, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 22:1083-1092.
- Çoğulu, E., 1970, *Gümüşhane ve Rize Plütonlarının mukayeseli petrolojik ve jeokronolojik etüdü*, Doç. Tezi, İTÜ Maden Fak., İstanbul.
- Day, R. W., 2002, *Geotechnical Earthquake Engineering Handbook*, McGraw-Hill, 6.1-6.22.
- Derinöz, N., 2004, *Hakkari Barajı ve HES Projesi Zemin Sıvılaşma Riskinin Belirlenmesi*, TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı, 431.
- Dobry, R., Powell, D.J., Yokel, F.Y. and Ladd, R.S.,1981, Geotechnical Aspect Liquefaction Potential of Saturated Sand – The Stiffness Method, *Proceeding of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering*, Istanbul, Turkey.
- Ecemiş, N., Karaman, M., 2014, Influence of non-/low plastic fines on cone penetration and liquefaction resistance, *Engineering Geology*, 181, 48-57.

Ergun, U., Özkan, Y., Önalp, A., ve Keçeli, A., 2005, *Parsel Bazında Zemin – Temel Etüdleri ve Zemin İyileştirme İşleri Hakkında Yönetmelik Taslağı Ön Raporu*, Afet İşleri Genel Müdürlüğü.

Erken, A., Özay, R., Kaya, Z., Ülker, M. C., ve Elibol, B., 2004, *Depremler sırasında Zeminlerin Sıvılaşması ve Taşıma Gücü Kayıpları*, Türkiye Mühendislik Haberleri (431).

Erken, A., Yıldırım, H., Savar, T., Kılıç, C., Ansal, A., 1995, *Erzincan Ekşisu’da Siltli Zeminlerin Dinamik Davranışı*, Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı İstanbul.

Erol, A. O., ve Çekinmez, Z., 2014, *Geoteknik mühendisliğinde saha deneyleri*, Cilt 14, Ankara, Yüksel proje yayınları.

Erol, O., 1991, *Türkiye Jeomorfoloji Haritası*, 1:1.000.000, Ankara, MTA.

Eyüboğlu, Y., Bektaş, O. ve Pul, D., 2007, *Mid-Cretaceous Olistostromal Ophiolitic Melange Developed in the Back-Arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey)*, International Geology Reviews, Vol.49, No:12, 1103-1126.

Ferritto, J.M., 1997, *Seismic design criteria for soil liquefaction*, Technical Report TR-2077-SHR, Naval Facilities Engineering Service Center, Port Hueneme, California, 58p.

Gattinger, T. E., 1962, *1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Trabzon Paftası İzahnamesi*, M.T.A Enst. Yayını, Ankara.

Guoxing, C., Mengyun, K., Khoshnevisan, S., Weiyun, C., Xiaojun, L., 2017, Calibration of Vs based empirical models for assessing soil liquefaction potential using expanded database, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 78(2), 945-957.

Güven, İ.H., 1993, *Doğu Karadeniz Bölgesi’nin 1/250000 ölçekli jeolojik ve metalojenik haritası*, MTA, Ankara.

Hazen, A., 1920, *Hydraulic fill of dams*, ASCE Transactions, 83: 1713-1745.

Idriss, I.M. and Boulanger R.W., 2008, *Soil Liquefaction During Earthquakes*, Earthquake Engineering Research Institute.

Ishihara, K., 1985, *Stability of natural deposits during earthquakes*, Proceedings of the 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 1.A, A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 321-376.

Iwasaki, T., 1986, Soil Liquefaction Studies in Japan: State-of-the-Art, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 5, 2-68.

Iwasaki, T., Arakawa, T., and Tokida, K., 1982, Simplified procedures for assessing soil liquefaction during earthquakes, *Proceedings of the Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Southampton, UK, 925–939.

Jeoloji Mühendisleri Odası., 2021, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile Uyumlu Basitleştirilmiş Zemin Sıvılaşma Potansiyeli Analizi ve Sıvılaşma Sonrası Oturma, Yanal Defarmasyon, Kayma Dayanımı Kaybı ve Kapak Tabakası Etkisi Hesap Cetveli ve Kullanım Kılavuzu (v.2)*.

Juang, C.H., Yuan H., Lee D.H., Lin P.S., 2003 A simplified CPT-based method for evaluating liquefaction potential of soils, *J Geotech Geoenviron Eng*, 129 (1):66- 80.

Juang, C.H., Yuan, H., Li, D.K., Yang, S.H., Christopher, R.A., 2005, *Estimating severity of liquefaction-induced damage near foundation*, Soil Dynamics Earthquake Engineering Research Insititue 25(5), 403-411.

Kanıbir, A., 2003, *Sapanca'daki yanal yayılmanın incelenmesi ve yanal yayılmaya bağlı yer değiştirmelerin tahmini için görgül ilişkilerin önerilmesi*, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 209.

Ketin, İ., 1976, *San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları Arasında Bir Karşılaştırma*, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19, 2.

KOERI, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, <http://www.koeri.boun.edu.tr.>, [Ziyaret Tarihi: 17 Temmuz 2024].

Köleoğlu, E., 2002, *Sıvılaşma Potansiyeli Değerlendirmeleri ve Sıvılaşma Analizi Kriterlerinin Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Kramer, S. L., 1996, *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice Hall, New Jersey, 348-423.

Kramer, S.L. and Seed, H.B., 1988, Initiation of Soil Liquefaction under Static Loading Conditions, *Journal of Geotechnical Engineering*, 114, 412-430.

Kramer, S.L., 1996, *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice-Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics, New Jersey.

Ku, C.S., Lee, D.H., ve Wu, J.H., 2004, Evaluation of soil liquefaction in the Chi-Chi, Taiwan earthquake using CPT, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 24, 9-10, 659-673.

Larsson, R., 1995, *CPT test, Equipment, testing, evaluation, An in situ method for determination of stratigraphy and properties in soil profiles*, Statens geotekniska institut.

Liao, S. S. ve Whitman, R. V., 1986, *A catalog of liquefaction and non-liquefaction occurrences during earthquakes*, Department of Civil Engineering, MIT.

Lin, P.S., Chang, C.-W., Chang, W.J., 2004, *Characterization of liquefaction resistance in gravelly soil: large hammer penetration test and shear wave velocity approach*, *Soil Dynamics Earthquake Engineering Research Insititue* 24(9-10), 675-687.

Lunne, T., Robertson, P.K., Powell, J.J.M., 1997, *Cone Penetration testing in Geotechnical Practice*.

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2008, 1:500.000, *Trabzon İli Jeoloji Haritası*, Ankara.

Mollamahmutoğlu, M., Babuçcu, F., 2006., *Zeminlerde Sıvılaşma Analiz ve İyileştirme Yöntemleri*, Gazi kitapevi, Ankara.

Musluoğlu, Ç., 2007, *İstanbul Boğazı Tüp Geçit Projesinde Karşılaşılabilecek Olası Jeoteknik Sorunlar*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

NCEER., 1997, *Proceeding of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils* (Technical report NCEER 97-0022), T. L. Edited by Youd, Idriss, I. M.

Orhan M., ve Ateş A., 2012, *Standard Penetrasyon Testi (SPT) ile Saruhanlı (Manisa) İlçesi Zeminlerinin Sıvılaşma Potansiyelinin Araştırılması*, AKÜ Fen Bilimleri Dergisi, 2012-02, 26-41.

Özçep, F., 1992, Aşçı, M., Karabulut, S., Alpaslan, N., Yas, T., 2004, *Zeminlerin Sıvılaşma Potansiyelinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi*, Uygulamalı Yerbilimleri, Cilt:3, Sayı:2, Sayfa: 11-22.

Pehlivan, M., 2009, *Assessment of liquefaction susceptibility of fine grained soils*, M.Sc. Thesis, Middle East Technical University. Ankara, Turkey.

Pekkan, E., Tün, M., ve Mutlu, S., 2018, *Eskişehir alüvyon formasyonunun konumsal değişkenliğinin CPT ölçümleri ile belirlenmesi*, Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6, 36-46.

Robertson, P. K., 2010, *Soil behaviour type from the CPT: an update*, Greeg Drilling & Testing Inc.

Robertson, P., 2016, *Suggested QC criteria for deep compaction using the CPT*, Geotechnical and Geophysical Site Characterisation, 5, 5-9.

Robertson, P., Wride, C., 1998, Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test, *Canadian Geotechnical Journal*, 35(3), 442-459.

Robertson, P.K., 1990, Soil Classification Using the Cone Penetration Test, *Canadian Geotechnical Journal*, 27, 151-158.

Sağlam, A., 1979, *Standart Penetrasyon Deneyi Nedir- Ne Değildir*, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi Bülteni, 1(4), 267-271.

Sanglerat, G., 1972, *The penetration and soil exploration*, Development in geotechnical engineering, Elsevier Scientific Publishing, Newyork, 52-80.

Seed H.B., and DeAlba, P., 1986, *Use of SPT and CPT tests for evaluating the liquefaction resistance of sands in use of in-situ test in geotechnical engineering*, Proceedings of In-Situ'86, Geotechnical Special Publication, ASCE, 6, 281-302.

Seed, H. B., Idriss, I.M., 1982, *Ground Motion and Soil Liquefaction during Earthquakes*, Monograph Series, Earthquake Engineering Reserch Institute, University of California.

Seed, H. B., Mori, K., and Chan, C. K., 1975, *Influence of Seismic History on Liquefaction Characteristics of Sands*, Report EERC 75-25. Eartquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.

Seed, H. B., Tokimatsu, K., Harder, L. F., and Chang, R. M., 1985, Influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 111 (GT12), 1425-1445.

Seed, H.B., 1976, *Evaluation of soil liquefaction effects on level ground during earthquakes*, ASCE National Convention on Liquefaction Problems in Engineering, P.A., pp. 27-52.

Seed, H.B., Idriss, I.M., 1971, Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 97(9): 1249- 1273.

Seed, R. B., Cetin, K.O., Moss, R. E. S., Kammerer, A., Wu, J., Pestana, J., Riemer, M., Sancio, R. B., Bray, J. D., Kayen, R. E., & Faris, A., 2003, *Recent advances in soil liquefaction engineering: a unified and consistent framework*, Keynote presentation, 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar, Long Beach, CA.

Sönmez, B., Dağdelenler, G., Özcan, N. T., ve Ercanoğlu, M., 2015, *Yapay Sinir Ağı kullanılarak CPT tabanlı Sıvılaşma Değerlendirme Abağının Geliştirilmesi*, Yer Bilimleri, 36(2), 45-60.

Sönmez, H. Gökçeoğlu, C., 2005, A liquefaction severity index suggested for engineering practice, *Environmental Geology*, 48(1), 81 - 91.

Şahin, A., Çetin, K.O., 2024, Liquefaction at two petrochemical facilities during the February 6, 2023, Kahramanmaraş-Türkiye earthquake sequence, *Engineering Geology*, 335 (107539), 1-16.

T.C. Trabzon Valiliği, 2022, *Trabzon Coğrafi Özellikleri*, <http://www.trabzon.gov.tr/cografiozellikleri>, [Ziyaret Tarihi: 12 Temmuz 2024].

Terzaghi, K., 1925, *Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage*, Vienna, Deuticke.

Tokimatsu K, Yoshimi Y., 1983, Empirical correlation of soil liquefaction based on SPT-N value and fines content, *Soil and Foundations*, 23(4), 56-74.

Tokimatsu, K., and Uchida, A., 1990, Correlation between Liquefaction Resistance and Shear Wave Velocity, *Soils And Foundations*, 30, 2, 33-42.

Ulusay, R. 2000, *Yerin Sıvılaşması ve Türkiye'deki Sıvılaşma Olgusuyla İlgili Değerlendirmeler*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.

Ulusay, R., 2010, *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler*, JMO Yayınları, No.38, Güncellenmiş Genişletilmiş 5. Baskı, Nitelik Matbaacılık, Ankara, 458 s.

Ulusay, R., Tuncay, E., Sönmez, H., Gökçeoğlu, C., 2004, An attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey, *Engineering Geology*, 74, 265-291.

Ündül, Ö., & Gürpınar, O., 2003, Çokal Vadisindeki (Gelibolu) Alüvyal Zeminlerin Sıvılaşma Potansiyeli, *İstanbul Yerbilimleri Dergisi (E.A: İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi)*, vol.16, 67-80.

Wang, J.G.Z.Q. and Law, K.T., 1994, *Siting in Earthquake Zones*, Balkema, Rotterdam, 115 p. 433-446.

Wang, W. S., 1979, *Some Findings In Soil Liquefaction*, Water Conservancy And Hydroelectric Power Scientific Research Institute, Beijing, China, 3-9.

Wikipedia, Ortahisar, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Ortahisar>, [Ziyaret Tarihi: 28 Haziran 2024].

Yang, Y., Chen, L., Sun, R., Chen, Y., Wang, W., 2017, A depth-consistent SPT-based empirical equation for evaluating sand liquefaction, *Journal of Engineering Geology*, 221, 41-49.

Youd T.L., Idriss, I.M., 2001, Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127 (4): 297 – 313.

Youd T.L., Perkins D.M., 1978, Mapping liquefaction- induced ground failure potential, *Journal of Geotech Eng Div.*, 104 (4), 443-446.

Youd, T. L., and Noble, S. K., 1997, *Liquefaction criteria based on statistical and probabilistic analyses*, Proc., NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Nat. Ctr. For Earthquake Engrg. Res., State Univ. of NY at Buffalo, 201–215.

Youd, T., L. and Gilstrap, S.D., 1999, Liquefaction and Deformation of Silty and Fine-Grained Soils, *Earthquake Geotechnical Engineering*, 2nd-3rd, Balkema, Rotterdam, 1013-1020.

Youd, T.L., 1992, *Liquefaction, ground failure, and consequent damage during the 22 April 1991 Costa Rika Earthquake*, Proceedings of the NSF/UCR US, Workshop on the Costa Rika.

Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, W.D.L., Harder, L.F., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F., Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B., & Stokoe, K.H., 2001, Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils, *Journal Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127 (10): 817–833.

Youd, T.L., Wieczorek, G.F., 1984, *Liquefaction during the 1981 and previous earthquakes near Westmorland, California*, Geological Survey, Menlo Park, CA, USA.

Yücel, C, 2013, *Trabzon-Giresun arasındaki Tersiyer Volkanitlerinin Petroğrafisi, 40Ar-39Ar Jeokronolojisi, Petrokimyası, Sr-Nd-Pb İzotop Jeokimyası ve Petrolojisi*, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 405s., Trabzon.

Zhang, G., Robertson, P. K., ve Brachman, R. I., 2002, *Estimating şiquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground*, Can. Geotech J. (39), 1168-1180.

EKLER

EK 1. Çalışma alanında yapılan SPT deneyi darbe sayıları.

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi (m)	0-15	15-30	30-45	SPT-N30	Litoloji	Formasyon
SK 1	SPT-1	16.00-16.45	1	1	2	3	Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-2	18.00-18.45	2	2	4	6	Silt	Alüvyon
SK 1	SPT-3	19.50-19.95	1	0	0	0	Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-4	21.00-21.45	7	9	6	15	Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-5	22.50-22.95	3	4	7	11	Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-6	24.00-24.45	3	4	3	7	Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-7	25.50-25.95	6	10	13	23	Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-8	27.00-27.45	3	5	9	14	Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-9	28.50-28.95	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi.				Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-10	30.00-30.45	10	13	6	19	Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-11	31.50-33.70	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi.				Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-12	34.50-34.95	8	8	14	22	Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-13	36.00-36.45	6	7	8	15	Silt	Alüvyon
SK 1	SPT-14	37.50-37.95	7	6	8	14	Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-15	39.00-39.45	3	0	0	0	Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-16	40.50-43.50	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi.				Siltli Kum	Alüvyon
SK 1	SPT-17	43.50-43.95	0	0	5	5	Silt	Alüvyon
SK 1	SPT-18	45.00-45.45	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi.				Silt	Alüvyon
SK 1	SPT-19	46.50-46.95	5	2	2	4	Kil	Alüvyon
SK 1	SPT-20	48.00-48.45	5	2	3	5	Kil	Alüvyon
SK 1	SPT-21	49.50-49.95	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi.				Kil	Alüvyon
SK 1	SPT-22	52.50-52.95	5	2	1	3	Kil	Alüvyon
SK 1	SPT-23	54.00-54.45	3	1	0	1	Kil	Alüvyon
SK 1	SPT-24	55.50-55.95	7	12	17	29	Silt	Alüvyon
SK 1	SPT-25	57.00-57.45	3	2	2	4	Kil	Alüvyon
SK 1	SPT-26	58.50-58.95	10	7	8	15	Kil	Alüvyon
SK 1	SPT-27	60.00-60.45	10	11	19	30	Kil	Alüvyon
SK 1	SPT-28	61.50-61.95	7	7	13	20	Silt	Alüvyon
SK 1	SPT-29	63.00-63.45	12	12	18	30	Silt	Alüvyon
SK 1	SPT-30	64.50-64.95	15	29	45	74	Silt	Alüvyon
SK 2	SPT-1	6.60-7.05	2	2	3	5	Siltli Kum	Alüvyon
SK 2	SPT-2	7.50-7.95	2	3	2	5	Siltli Kum	Alüvyon
SK 2	SPT-3	9.00-9.45	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi.				Siltli Kum	Alüvyon
SK 2	SPT-4	10.50-10.95	5	4	7	11	Siltli Kum	Alüvyon
SK 2	SPT-5	12.00-12.45	4	5	9	14	Siltli Kum	Alüvyon

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi (m)	0-15	15-30	30-45	SPT-N30	Litoloji	Formasyon
SK 2	SPT-6	13.50-13.95	4	4	6	10	Siltli Kum	Alüvyon
SK 2	SPT-7	15.00-15.45	4	7	12	19	Siltli Kum	Alüvyon
SK 2	SPT-8	16.50-16.95	6	11	15	26	Siltli Kum	Alüvyon
SK 2	SPT-9	18.00-18.45	4	2	3	5	Siltli Kum	Alüvyon
SK 2	SPT-10	19.50-19.95	5	2	4	6	Siltli Kum	Alüvyon
SK 2	SPT-11	21.00-21.45	6	12	16	28	Siltli Kum	Alüvyon
SK 2	SPT-12	22.50-22.95	6	12	18	30	Siltli Kum	Alüvyon
SK 2	SPT-13	24.00-24.45	17	20	21	41	Siltli Kum	Alüvyon
SK 2	SPT-14	25.50-25.95	11	10	7	17	Siltli Kum	Alüvyon
SK 3	SPT-1	22.50-22.95	2	2	4	6	Siltli Kum	Alüvyon
SK 3	SPT-2	24.00-24.45	1	1	1	2	Siltli Kum	Alüvyon
SK 3	SPT-3	25.50-25.95	5	1	1	2	Siltli Kum	Alüvyon
SK 3	SPT-4	27.00-27.45	4	6	11	17	Siltli Kum	Alüvyon
SK 3	SPT-5	28.50-28.95	4	1	5	6	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 3	SPT-6	30.00-30.45	5	5	5	10	Siltli Kum	Alüvyon
SK 3	SPT-7	31.50-31.95	4	7	13	20	Siltli Kum	Alüvyon
SK 3	SPT-8	33.00-33.45	4	2	3	5	Siltli Kum	Alüvyon
SK 3	SPT-9	34.50-34.95	8	9	14	23	Silt	Alüvyon
SK 3	SPT-10	36.00-36.45	3	1	3	4	Siltli Kum	Alüvyon
SK 3	SPT-11	37.50-37.95	6	1	6	7	Siltli Kum	Alüvyon
SK 3	SPT-12	39.00-39.45	8	18	21	39	Silt	Alüvyon
SK 3	SPT-13	40.50-40.95	4	3	1	4	Siltli Kum	Alüvyon
SK 3	SPT-14	42.00-42.45	7	4	4	8	Silt	Alüvyon
SK 3	SPT-15	43.50-48.00	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi.				Silt	Alüvyon
SK 3	SPT-16	48.00-48.45	12	17	17	34	Silt	Alüvyon
SK 3	SPT-17	49.50-49.95	15	26	28	54	Silt	Alüvyon
SK 3	SPT-18	51.00-51.45	20	28	29	57	Silt	Alüvyon
SK 3	SPT-19	52.50-52.95	19	27	28	55	Silt	Alüvyon
SK 3	SPT-20	54.00-54.45	17	20	18	38	Silt	Alüvyon
SK 3	SPT-21	55.50-55.95	21	19	23	42	Silt	Alüvyon
SK 3	SPT-22	57.00-57.45	16	22	22	44	Silt	Alüvyon
SK 3	SPT-23	58.50-58.95	18	21	27	48	Silt	Alüvyon
SK 4	SPT-1	20.40-20.85	3	1	0	1	Siltli Kum	Alüvyon
SK 4	SPT-2	21.00-21.45	1	1	1	2	Siltli Kum	Alüvyon
SK 4	SPT-3	22.50-22.95	2	1	2	3	Siltli Kum	Alüvyon
SK 4	SPT-4	24.00-24.45	2	2	2	4	Siltli Kum	Alüvyon
SK 4	SPT-5	25.50-25.95	4	5	7	12	Siltli Kum	Alüvyon
SK 4	SPT-6	27.00-27.45	2	5	7	12	Siltli Kum	Alüvyon
SK 4	SPT-7	28.50-28.95	1	1	6	7	Silt	Alüvyon
SK 4	SPT-8	30.00-30.45	4	7	7	14	Siltli Kum	Alüvyon
SK 4	SPT-9	31.50-31.95	10	9	8	17	Siltli Kum	Alüvyon
SK 4	SPT-10	33.00-33.45	8	8	17	25	Siltli Kum	Alüvyon
SK 4	SPT-11	37.50-37.95	8	9	7	16	Silt	Alüvyon

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi (m)	0-15	15-30	30-45	SPT-N30	Litoloji	Formasyon
SK 4	SPT-12	39.00-39.45	5	3	3	6	Silt	Alüvyon
SK 4	SPT-13	42.00-42.45	6	5	4	9	Silt	Alüvyon
SK 4	SPT-14	43.50-43.95	10	6	8	14	Silt	Alüvyon
SK 4	SPT-15	45.00-45.45	10	10	20	30	Silt	Alüvyon
SK 4	SPT-16	46.50-46.95	12	14	22	36	Silt	Alüvyon
SK 4	SPT-17	48.00-48.45	24	31	34	65	Silt	Alüvyon
SK 4	SPT-18	49.50-49.95	34	31	35	66	Siltli Kum	Alüvyon
SK 4	SPT-19	51.00-51.45	40	39	33	72	Siltli Kum	Alüvyon
SK 5	SPT-1	9.10-9.55	1	1	2	3	Siltli Kum	Alüvyon
SK 5	SPT-2	10.50-10.95	3	3	2	5	Siltli Kum	Alüvyon
SK 5	SPT-3	12.00-12.45	3	2	3	5	Siltli Kum	Alüvyon
SK 5	SPT-4	13.50-13.95	2	1	3	4	Siltli Kum	Alüvyon
SK 5	SPT-5	15.00-15.45	4	3	6	9	Siltli Kum	Alüvyon
SK 5	SPT-6	16.50-16.95	2	2	4	6	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 5	SPT-7	18.00-18.45	4	6	6	12	Siltli Kum	Alüvyon
SK 5	SPT-8	19.50-19.95	12	16	17	33	Siltli Kum	Alüvyon
SK 5	SPT-9	21.00-21.45	19	24	27	51	Siltli Kum	Alüvyon
SK 5	SPT-10	22.50-22.95	21	27	27	54	Siltli Kum	Alüvyon
SK 5	SPT-11	24.00-24.45	24	29	32	61	Siltli Kum	Alüvyon
SK 5	SPT-12	25.50-25.95	10	22	28	50	Siltli Kum	Alüvyon
SK 6	SPT-1	6.10-6.55	2	3	2	5	Siltli Kum	Alüvyon
SK 6	SPT-2	7.50-7.95	3	2	5	7	Siltli Kum	Alüvyon
SK 6	SPT-3	9.00-9.45	2	3	7	10	Siltli Kum	Alüvyon
SK 6	SPT-4	10.50-10.95	4	6	7	13	Siltli Kum	Alüvyon
SK 6	SPT-5	12.00-12.45	5	4	6	10	Siltli Kum	Alüvyon
SK 6	SPT-6	13.50-13.95	5	4	7	11	Siltli Kum	Alüvyon
SK 6	SPT-7	15.00-15.45	3	5	8	13	Siltli Kum	Alüvyon
SK 6	SPT-8	16.50-16.95	11	6	5	11	Siltli Kum	Alüvyon
SK 6	SPT-9	18.00-18.45	11	15	19	34	Siltli Kum	Alüvyon
SK 6	SPT-10	19.50-19.95	12	23	33	56	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 6	SPT-11	21.00-21.45	19	39	31	60	Siltli Kum	Alüvyon
SK 6	SPT-12	22.50-22.75	26	50/10	-	R	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 7	SPT-1	24.50-24.95	4	2	0	2	Silt	Alüvyon
SK 7	SPT-2	25.50-25.95	1	0	0	0	Siltli Kum	Alüvyon
SK 7	SPT-3	27.00-27.45	4	5	5	10	Siltli Kum	Alüvyon
SK 7	SPT-4	28.50-28.95	4	5	6	11	Siltli Kum	Alüvyon
SK 7	SPT-5	30.00-30.45	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi.				Siltli Kum	Alüvyon
SK 7	SPT-6	31.50-31.95	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi.				Siltli Kum	Alüvyon
SK 7	SPT-7	33.00-33.45	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi.				Silt	Alüvyon
SK 7	SPT-8	34.50-34.95	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi.				Silt	Alüvyon
SK 7	SPT-9	36.00-36.45	3	0	0	0	Silt	Alüvyon
SK 7	SPT-10	37.50-37.95	0	0	3	3	Silt	Alüvyon
SK 7	SPT-11	39.00-39.45	3	6	10	16	Siltli Kum	Alüvyon

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi (m)	0-15	15-30	30-45	SPT-N30	Litoloji	Formasyon
SK 7	SPT-12	40.50-40.95	10	16	21	37	Siltli Kum	Alüvyon
SK 7	SPT-13	42.00-42.45	15	30	40	70	Siltli Kum	Alüvyon
SK 7	SPT-14	43.50-43.95	20	30	27	57	Silt	Alüvyon
SK 7	SPT-15	45.00-45.45	21	25	29	54	Siltli Kum	Alüvyon
SK 7	SPT-16	46.50-46.95	19	27	28	55	Siltli Kum	Alüvyon
SK 7	SPT-17	48.00-48.45	21	28	34	62	Siltli Kum	Alüvyon
SK 7	SPT-18	49.50-49.95	25	37	44	81	Siltli Kum	Alüvyon
SK 7	SPT-19	51.00-51.45	30	43	49	92	Siltli Kum	Alüvyon
SK 8	SPT-1	4.50-4.64	50/14	-	-	R	Siltli Kum	Alüvyon
SK 9	SPT-1	8.20-8.65	1	1	2	3	Siltli Kum	Alüvyon
SK 9	SPT-2	9.00-9.45	3	3	3	6	Siltli Kum	Alüvyon
SK 9	SPT-3	10.50-10.95	4	4	6	10	Siltli Kum	Alüvyon
SK 9	SPT-4	12.00-12.45	5	8	4	12	Siltli Kum	Alüvyon
SK 9	SPT-5	13.50-13.95	4	7	9	16	Siltli Kum	Alüvyon
SK 9	SPT-6	15.00-15.45	5	8	7	15	Siltli Kum	Alüvyon
SK 9	SPT-7	16.50-16.95	5	7	12	19	Siltli Kum	Alüvyon
SK 9	SPT-8	18.00-18.45	6	7	15	22	Siltli Kum	Alüvyon
SK 9	SPT-9	19.50-19.95	8	12	16	28	Siltli Kum	Alüvyon
SK 9	SPT-10	21.00-21.45	10	12	12	24	Siltli Kum	Alüvyon
SK 9	SPT-11	22.50-22.71	12	50/6	-	R	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 9	SPT-12	24.00-24.45	6	9	9	18	Siltli Kum	Alüvyon
SK 9	SPT-13	25.50-25.95	21	27	34	61	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-1	15.40-15.85	1	0	1	1	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-2	16.50-16.95	2	2	2	4	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 10	SPT-3	18.00-18.45	3	2	1	3	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-4	19.50-19.95	3	2	4	6	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-5	21.00-21.45	2	1	2	3	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-6	22.50-22.95	1	2	1	3	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-7	24.00-24.45	2	2	5	7	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-8	25.50-25.95	3	8	8	16	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-9	27.00-27.45	6	6	8	14	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-10	28.50-28.95	1	1	4	5	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-11	30.00-30.45	1	1	1	2	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-12	31.50-31.95	13	25	32	57	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-13	33.00-33.45	10	15	39	54	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-14	34.50-34.95	11	26	25	51	Siltli Kum	Alüvyon
SK 10	SPT-15	36.00-36.45	26	40	34	74	Siltli Kum	Alüvyon
SK 11	SPT-1	0.00-0.45	2	4	8	12	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 11	SPT-2	1.50-1.95	4	7	8	15	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 11	SPT-3	3.00-3.45	19	31	33	64	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 12	SPT-1	0.00-0.45	20	7	4	11	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 12	SPT-2	1.50-1.88	12	32	50/8	R	Çakıl	Alüvyon
SK 12	SPT-3	3.00-3.45	22	31	23	54	Çakıl	Alüvyon

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi (m)	0-15	15-30	30-45	SPT-N30	Litoloji	Formasyon
SK 12	SPT-4	4.50-4.95	10	15	22	37	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 13	SPT-1	24.00-24.45	3	0	0	0	Siltli Kum	Alüvyon
SK 13	SPT-2	25.50-25.95	1	0	0	0	Siltli Kum	Alüvyon
SK 13	SPT-3	27.00-27.45	2	4	5	9	Siltli Kum	Alüvyon
SK 13	SPT-4	28.50-28.95	1	0	0	0	Siltli Kum	Alüvyon
SK 13	SPT-5	30.00-32.85	Takım kendi ağırlığı ile ilerledi.				Siltli Kum	Alüvyon
SK 13	SPT-6	33.00-33.45	3	10	19	29	Siltli Kum	Alüvyon
SK 13	SPT-7	34.50-34.95	22	32	33	65	Kum	Alüvyon
SK 13	SPT-8	36.00-36.45	13	16	13	29	Siltli Kum	Alüvyon
SK 13	SPT-9	37.50-37.95	17	22	25	47	Siltli Kum	Alüvyon
SK 13	SPT-10	39.00-39.45	10	22	22	44	Siltli Kum	Alüvyon
SK 13	SPT-11	40.50-40.94	6	23	50/14	R	Siltli Kum	Alüvyon
SK 13	SPT-12	42.00-42.25	21	50/10	-	R	Siltli Kum	Alüvyon
SK15	SPT-1	8.00-8.45	1	1	1	2	Siltli Kum	Alüvyon
SK15	SPT-2	9.00-9.45	4	5	5	10	Siltli Kum	Alüvyon
SK15	SPT-3	10.50-10.95	2	2	2	4	Siltli Kum	Alüvyon
SK15	SPT-4	12.00-12.45	2	2	4	6	Siltli Kum	Alüvyon
SK15	SPT-5	13.50-13.95	4	6	7	13	Siltli Kum	Alüvyon
SK15	SPT-6	15.00-15.45	11	17	13	30	Siltli Kum	Alüvyon
SK15	SPT-7	16.50-16.95	17	15	15	30	Siltli Kum	Alüvyon
SK15	SPT-8	18.00-18.45	10	13	13	26	Siltli Kum	Alüvyon
SK15	SPT-9	19.50-19.95	10	6	7	13	Siltli Kum	Alüvyon
SK15	SPT-10	21.00-21.45	18	26	26	52	Siltli Kum	Alüvyon
SK15	SPT-11	22.50-22.95	9	23	28	51	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-1	14.50-14.95	1	1	2	3	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-2	16.00-16.45	1	1	1	2	Silt	Alüvyon
SK 16	SPT-3	16.50-16.95	4	3	5	8	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-4	18.00-18.45	2	1	3	4	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 16	SPT-5	19.50-19.95	3	3	4	7	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-6	21.00-21.45	2	3	4	7	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-7	22.50-22.95	3	4	5	9	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-8	24.00-24.45	4	4	5	9	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-9	25.50-25.95	5	8	10	18	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-10	27.00-27.45	4	6	9	15	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-11	28.50-28.95	30	28	26	54	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-12	30.00-30.45	1	3	9	12	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-13	31.50-31.95	12	19	22	41	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-14	33.00-33.45	6	7	7	14	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-15	34.50-34.95	13	20	30	50	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-16	36.00-36.45	10	6	13	19	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-17	37.50-37.95	8	8	10	18	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-18	39.00-39.45	8	9	9	18	Siltli Kum	Alüvyon
SK 16	SPT-19	40.50-40.95	12	25	29	54	Siltli Kum	Alüvyon

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi (m)	0-15	15-30	30-45	SPT-N30	Litoloji	Formasyon
SK 16	SPT-20	42.00-42.45	21	32	39	71	Siltli Kum	Alüvyon
SK 17	SPT-1	10.00-10.45	2	2	2	4	Siltli Kum	Alüvyon
SK 17	SPT-2	10.50-10.95	3	3	5	8	Siltli Kum	Alüvyon
SK 17	SPT-3	12.00-12.45	4	4	6	10	Siltli Kum	Alüvyon
SK 17	SPT-4	13.50-13.95	2	3	3	6	Siltli Kum	Alüvyon
SK 17	SPT-5	15.00-15.45	6	6	8	14	Siltli Kum	Alüvyon
SK 17	SPT-6	16.50-16.95	4	1	2	3	Siltli Kum	Alüvyon
SK 17	SPT-7	18.00-18.45	14	15	17	32	Siltli Kum	Alüvyon
SK 17	SPT-8	19.50-19.95	4	5	10	15	Siltli Kum	Alüvyon
SK 17	SPT-9	21.00-21.45	5	7	9	16	Siltli Kum	Alüvyon
SK 17	SPT-10	22.50-22.95	5	6	14	20	Siltli Kum	Alüvyon
SK 17	SPT-11	24.00-24.45	11	17	11	28	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 17	SPT-12	25.50-25.95	13	20	28	48	Siltli Kum	Alüvyon
SK 17	SPT-13	27.00-27.21	20	50/6	-	R	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 18	SPT-1	3.00-3.45	15	4	5	9	Kum	Alüvyon
SK 18	SPT-2	4.50-4.95	11	13	31	44	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 18	SPT-3	6.00-6.12	50/12	-	-	R	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 19	SPT-1	12.60-13.05	2	4	6	10	Kum	Alüvyon
SK 19	SPT-2	13.50-13.95	1	1	4	5	Siltli Kum	Alüvyon
SK 19	SPT-3	15.00-15.45	2	3	3	6	Siltli Kum	Alüvyon
SK 19	SPT-4	16.50-16.95	1	0	0	0	Siltli Kum	Alüvyon
SK 19	SPT-5	18.00-18.45	5	5	4	9	Siltli Kum	Alüvyon
SK 19	SPT-6	19.50-19.95	9	13	16	29	Siltli Kum	Alüvyon
SK 19	SPT-7	21.00-21.45	4	8	7	15	Siltli Kum	Alüvyon
SK 19	SPT-8	22.50-22.95	5	5	11	16	Siltli Kum	Alüvyon
SK 19	SPT-9	24.00-24.45	7	9	16	25	Kum	Alüvyon
SK20	SPT-1	9.00-9.45	9	9	8	17	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-2	10.50-10.95	2	3	4	7	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-3	12.00-12.45	5	4	5	9	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-4	13.50-13.95	9	7	7	14	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-5	15.00-15.45	7	5	8	13	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-6	16.50-16.95	9	11	15	26	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-7	18.00-18.45	8	12	18	30	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-8	19.50-19.95	9	13	14	27	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-9	21.00-21.45	10	10	13	23	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-10	22.50-22.95	9	14	17	31	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-11	24.00-24.45	11	15	20	35	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-12	25.50-25.95	9	13	19	32	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-13	27.00-27.45	11	17	20	37	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-14	28.50-28.95	6	21	30	51	Siltli Kum	Alüvyon
SK20	SPT-15	30.00-30.45	11	24	27	51	Kum	Alüvyon
SK20	SPT-16	31.50-31.93	18	48	50/13	R	Kum	Alüvyon
SK 21	SPT-1	15.30-15.75	1	2	1	3	Siltli Kum	Alüvyon

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi (m)	0-15	15-30	30-45	SPT-N30	Litoloji	Formasyon
SK 21	SPT-2	16.50-16.95	2	3	5	8	Siltli Kum	Alüvyon
SK 21	SPT-3	18.00-18.45	2	1	3	4	Siltli Kum	Alüvyon
SK 21	SPT-4	19.50-19.95	4	4	6	10	Siltli Kum	Alüvyon
SK 21	SPT-5	21.00-21.45	4	3	4	7	Siltli Kum	Alüvyon
SK 21	SPT-6	22.50-22.95	4	5	6	11	Siltli Kum	Alüvyon
SK 21	SPT-7	24.00-24.45	6	7	9	16	Siltli Kum	Alüvyon
SK 21	SPT-8	25.50-25.95	6	9	9	18	Siltli Kum	Alüvyon
SK 21	SPT-9	27.00-27.45	5	9	15	24	Siltli Kum	Alüvyon
SK 21	SPT-10	28.50-28.95	10	15	30	45	Silt	Alüvyon
SK 21	SPT-11	30.00-30.45	12	11	14	25	Siltli Kum	Alüvyon
SK 21	SPT-12	31.50-31.95	10	12	17	29	Silt	Alüvyon
SK 21	SPT-13	33.00-33.45	14	15	14	29	Silt	Alüvyon
SK 21	SPT-14	34.50-34.95	13	22	31	53	Siltli Kum	Alüvyon
SK 21	SPT-15	36.00-36.45	17	24	43	67	Silt	Alüvyon
SK 21	SPT-16	37.50-37.95	16	21	30	51	Siltli Kum	Alüvyon
SK 22	SPT-1	7.50-7.95	1	2	1	3	Siltli Kum	Alüvyon
SK 22	SPT-2	9.00-9.45	5	6	6	12	Siltli Kum	Alüvyon
SK 22	SPT-3	10.50-10.95	5	5	10	15	Kum	Alüvyon
SK 22	SPT-4	12.00-12.45	5	6	6	12	Siltli Kum	Alüvyon
SK 22	SPT-5	13.50-13.90	10	15	50/10	R	Siltli Kum	Alüvyon
SK 23	SPT-1	1.50-1.95	9	12	13	25	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 23	SPT-2	3.00-3.45	3	4	11	15	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 23	SPT-3	7.50-7.56	50/6	-	-	R	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 24	SPT-1	1.50-1.95	6	7	11	18	Siltli Kum	Alüvyon
SK 24	SPT-2	3.00-3.45	13	17	12	29	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 25	SPT-1	6.00-6.45	1	2	1	3	Siltli Kum	Alüvyon
SK 25	SPT-2	7.50-7.95	5	5	6	11	Siltli Kum	Alüvyon
SK 25	SPT-3	9.00-9.45	1	1	2	3	Siltli Kum	Alüvyon
SK 25	SPT-4	10.50-10.95	5	7	6	13	Siltli Kum	Alüvyon
SK 25	SPT-5	12.00-12.45	3	3	2	5	Siltli Kum	Alüvyon
SK 25	SPT-6	13.50-13.95	4	4	5	9	Siltli Kum	Alüvyon
SK 25	SPT-7	15.00-15.45	7	5	8	13	Siltli Kum	Alüvyon
SK 25	SPT-8	16.50-16.95	8	9	13	22	Kum	Alüvyon
SK 25	SPT-9	18.00-18.45	9	4	6	10	Siltli Kum	Alüvyon
SK26	SPT-1	19.00-19.45	1	0	0	0	Siltli Kum	Alüvyon
SK26	SPT-2	22.00-22.45	3	4	5	9	Siltli Kum	Alüvyon
SK26	SPT-3	23.50-23.95	2	0	7	7	Kum	Alüvyon
SK26	SPT-4	25.00-25.45	9	8	14	22	Kum	Alüvyon
SK26	SPT-5	26.50-26.95	6	8	15	23	Silt	Alüvyon
SK26	SPT-6	28.00-28.45	16	21	32	53	Silt	Alüvyon
SK 27	SPT-1	16.00-16.45	1	0	1	1	Siltli Kum	Alüvyon
SK 27	SPT-2	16.50-16.95	7	14	14	28	Siltli Kum	Alüvyon
SK 27	SPT-3	18.00-18.45	7	7	5	12	Siltli Kum	Alüvyon

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi (m)	0-15	15-30	30-45	SPT-N30	Litoloji	Formasyon
SK 27	SPT-4	19.50-19.95	8	12	12	24	Siltli Kum	Alüvyon
SK 27	SPT-5	21.00-21.45	11	11	12	23	Siltli Kum	Alüvyon
SK 27	SPT-6	22.50-22.95	6	4	9	13	Siltli Kum	Alüvyon
SK 27	SPT-7	24.00-24.45	13	20	31	51	Siltli Kum	Alüvyon
SK 27	SPT-8	25.50-25.95	10	17	20	37	Siltli Kum	Alüvyon
SK 27	SPT-9	27.00-27.43	13	28	50/13	R	Siltli Kum	Alüvyon
SK 28	SPT-1	9.00-9.45	3	3	3	6	Siltli Kum	Alüvyon
SK 28	SPT-2	10.50-10.95	10	7	7	14	Siltli Kum	Alüvyon
SK 28	SPT-3	12.00-12.45	6	6	7	13	Siltli Kum	Alüvyon
SK 28	SPT-4	13.50-13.95	5	7	9	16	Siltli Kum	Alüvyon
SK 28	SPT-5	15.00-15.45	32	22	26	48	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 28	SPT-6	16.50-16.94	16	47	50/14	R	Siltli Kum	Alüvyon
SK 28	SPT-7	18.00-18.45	21	42	47	89	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 28	SPT-8	19.50-19.75	33	50/10	-	R	Siltli Kum	Alüvyon
SK 29	SPT-1	0.00-0.45	3	4	7	11	Kil	Alüvyon
SK 29	SPT-2	1.50-1.95	4	4	5	9	Siltli Kum	Alüvyon
SK 29	SPT-3	3.00-3.45	24	10	12	22	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 29	SPT-4	4.50-4.95	7	17	12	29	Siltli Çakıl	Alüvyon
SK 30	SPT-1	3.00-3.45	1	13	35	48	Kum	Alüvyon
SK 30	SPT-2	4.50-4.95	8	6	6	12	Çakıl	Alüvyon

EK 2. Çalışma alanında yapılan sondajlara ait laboratuvar deney sonuçları.

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Elek Analizi		Hidrometrik Analiz		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Litoloji	Formasyon
					#10 Kalan (%)	#200 Geçen (%)	#kil geçen %	#silt geçen %	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS		
SK-1	SPT-1	16,00-16,45	27.5	1.79	0.0	32.8	7.4	25.4	-	0.0	32.8	SM	Siltli KUM	Denizel çökel
SK-1	SPT-2	18,00-18,45	23.8	1.80	0.0	55.6	9.7	45.9	-	0.0	55.6	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-1	SPT-3	19,50-19,95	25.6	1.77	0.0	23.3	2.3	21.0	-	0.0	23.3	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-1	SPT-4	21,00-21,45	20.0	1.83	30.2	32.4	-	-	-	30.2	32.4	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-1	SPT-5	22,50-22,95	28.7	1.80	0.6	25.3	-	-	-	0.6	25.3	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-1	SPT-6	24,00-24,45	25.2	1.82	0.0	32.1	5.7	26.4	-	0.0	32.1	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-1	SPT-8	27,00-27,45	19.9	1.80	16.7	11.8	-	-	-	16.7	11.8	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-1	SPT-9	28,50-28,95	22.3	1.82	21.7	33.1	7.4	25.7	-	21.7	33.1	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-1	SPT-10	30,00-30,45	13.2	1.86	42.1	7.5	-	-	-	42.1	7.5	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-1	SPT-11	31,50-33,70	29.9	1.84	15.7	42.6	13.5	29.1	-	15.7	42.6	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-1	SPT-12	34,50-34,95	34.7	1.83	4.9	42.4	-	-	-	4.9	42.4	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-1	SPT-13	36,00-36,45	36.0	1.78	0.0	62.0	-	-	-	0.0	62.0	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-1	SPT-14	37,50-37,95	31.7	1.83	19.9	43.0	12.6	30.4	-	19.9	43.0	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-1	SPT-15	39,00-39,45	32.0	1.80	0.0	48.0	-	-	-	0.0	48.0	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-1	SPT-16	40,50-43,50	34.4	1.80	5.4	46.8	11.1	35.7	-	5.4	46.8	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-1	SPT-17	43,50-43,95	31.1	1.81	2.1	51.1	-	-	-	2.1	51.1	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-1	SPT-18	45,00-45,45	40.6	1.87	0.0	85.2	36.9	48.3	42.0	0.0	85.2	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-1	SPT-19	46,50-46,95	41.0	1.92	0.0	71.3	45.0	26.3	43.3	0.0	71.3	CL	KİL	Denizel Çökel
SK-1	SPT-20	48,00-48,45	44.7	1.93	0.0	90.6	63.5	27.1	46.9	0.0	90.6	CL	KİL	Denizel Çökel
SK-1	SPT-21	49,50-49,95	42.3	1.91	0.0	80.8	53.0	27.8	45.0	20.9	24.1	CL	KİL	Denizel Çökel
SK-1	SPT-22	52,50-52,95	41.4	1.88	0.0	72.4	47.8	24.6	44.6	21.8	22.8	CL	KİL	Denizel Çökel
SK-1	SPT-23	54,00-54,45	43.8	1.93	0.0	95.6	59.7	35.9	45.5	22.0	23.5	CL	KİL	Denizel Çökel
SK-1	SPT-24	55,50-55,95	36.8	1.81	0.0	55.8	-	-	38.0	25.9	12.1	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-1	SPT-25	57,00-57,45	38.5	1.90	0.0	77.7	45.0	32.7	40.5	21.1	19.4	CL	KİL	Denizel Çökel
SK-1	SPT-26	58,50-58,95	40.0	1.88	0.0	65.2	37.8	27.4	43.3	22.7	20.6	CL	KİL	Denizel Çökel
SK-1	SPT-27	60,00-60,45	40.4	1.89	0.0	77.1	39.8	37.3	41.2	25.2	16.0	CL	KİL	Denizel Çökel
SK-1	SPT-28	61,50-61,95	47.4	1.88	0.0	78.9	-	-	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-1	SPT-29	63,00-63,45	35.4	1.86	0.0	64.6	-	-	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-1	SPT-30	64,50-64,95	38.6	1.84	0.0	62.1	-	-	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-2	SPT-1	6,60-7,05	26.5	1.83	0.0	12.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-2	SPT-2	7,50-7,95	20.7	1.85	35.2	9.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Elek Analizi		Hidrometrik Analiz		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Litoloji	Formasyon
					#10 Kalan (%)	#200 Geçen (%)	#kil geçen %	#silt geçen %	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS		
SK-2	SPT-3	9,00-9,45	26.1	1.80	18.7	20.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-2	SPT-4	10,50-10,95	25.7	1.77	0.0	6.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-2	SPT-5	12,00-12,45	23.3	1.82	2.0	6.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-2	SPT-6	13,50-13,95	25.3	1.80	1.9	19.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-2	SPT-7	15,00-15,45	25.2	1.84	1.3	12.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-2	SPT-8	16,50-16,95	25.7	1.83	4.5	15.8	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-2	SPT-10	19,50-19,95	24.6	1.81	2.6	9.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-2	SPT-11	21,00-21,45	24.6	1.80	0.0	13.8	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-2	SPT-12	22,50-22,95	4.2	1.82	87.5	12.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-2	SPT-13	24,00-24,45	13.7	1.81	39.7	11.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-2	SPT-14	25,50-25,95	19.7	1.84	2.6	11.8	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-3	SPT-1	22,50-22,95	25.5	1.81	0.0	40.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-3	SPT-2	24,00-24,45	26.6	1.79	2.3	38.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-3	SPT-3	25,50-25,95	23.7	1.82	19.8	27.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-3	SPT-4	27,00-27,45	28.9	1.83	10.0	38.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-3	SPT-5	28,50-28,95	18.8	1.8	51.2	29.1	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Denizel Çökel
SK-3	SPT-6	30,00-30,45	23.1	1.80	32.5	20.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-3	SPT-7	31,50-31,95	24.2	1.81	40.5	11.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-3	SPT-8	33,00-33,45	23.4	1.84	14.2	38.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-3	SPT-9	34,50-34,95	35.9	1.82	11.8	50.0	-	-	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-3	SPT-10	36,00-36,45	31.9	1.83	6.6	13.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-3	SPT-11	37,50-37,95	23.6	1.83	0.0	44.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-3	SPT-12	39,00-39,45	44.5	1.85	5.5	56.1	-	-	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-3	SPT-13	40,50-40,95	24.2	1.84	31.0	29.8	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-3	SPT-14	42,00-42,45	38.1	1.77	0.0	70.9	17.6	53.3	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-3	SPT-15	43,50-48,00	41.4	1.81	10.2	65.6	20.0	45.6	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-3	SPT-16	48,00-48,45	39.1	1.88	0.0	94.8	34.4	60.4	42.0	26.0	16.0	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-3	SPT-17	49,50-49,95	39.3	1.84	0.0	85.1	34.8	50.3	41.6	26.8	14.8	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-3	SPT-18	51,00-51,45	40.2	1.83	0.0	78.2	31.4	46.8	41.9	27.5	14.4	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-3	SPT-19	52,50-52,95	41.7	1.83	0.0	83.3	30.5	52.8	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-3	SPT-20	54,00-54,45	40.2	1.85	0.0	91.3	31.4	59.9	44.2	27.8	16.4	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-3	SPT-21	55,50-55,95	40.7	1.88	0.0	85.0	37.6	47.4	45.6	27.4	18.2	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-3	SPT-22	57,00-57,45	39.9	1.84	0.0	85.4	29.7	55.7	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Elek Analizi		Hidrometrik Analiz		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Litoloji	Formasyon
					#10 Kalan (%)	#200 Geçen (%)	#kil geçen %	#silt geçen %	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS		
SK-3	SPT-23	58,50-58,95	26.0	1.80	21.2	38.0	6.2	31.8	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-4	SPT-1	20,40-20,85	29.0	1.84	0.0	40.0	12.2	27.8	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-4	SPT-2	21,00-21,45	27.4	1.82	11.3	24.2	5.7	18.5	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-4	SPT-3	22,50-22,95	27.0	1.86	17.2	25.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-4	SPT-4	24,00-24,45	27.0	1.88	11.8	24.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-4	SPT-5	25,50-25,95	28.0	1.84	18.9	16.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-4	SPT-6	27,00-27,45	27.1	1.82	12.0	25.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-4	SPT-7	28,50-28,95	28.7	1.85	0.0	61.8	14.3	47.5	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-4	SPT-9	31,50-31,95	23.6	1.85	21.2	27.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-4	SPT-10	33,00-33,45	34.0	1.84	0.0	43.8	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-4	SPT-11	37,50-37,95	33.9	1.89	0.0	58.2	-	-	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-4	SPT-12	39,00-39,45	40.4	1.83	0.0	88.2	31.0	57.2	41.4	27.1	14.3	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-4	SPT-13	42,00-42,45	41.4	1.86	0.0	83.8	23.5	60.3	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-4	SPT-14	43,50-43,95	37.9	1.87	0.0	84.7	24.7	60.0	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-4	SPT-15	45,00-45,45	40.0	1.88	0.0	73.3	31.7	41.6	42.2	26.9	15.3	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-4	SPT-16	46,50-46,95	37.7	1.80	0.0	63.0	24.6	38.4	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-4	SPT-17	48,00-48,45	36.6	1.84	0.0	64.7	-	-	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-4	SPT-18	49,50-49,95	30.8	1.80	0.0	46.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-4	SPT-19	51,00-51,45	30.5	1.83	0.0	36.8	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-5	SPT-1	9,10-9,55	23.0	1.83	0.0	8.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-5	SPT-2	10,50-10,95	27.1	1.80	0.0	22.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-5	SPT-3	12,00-12,45	22.4	1.77	5.6	21.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-5	SPT-4	13,50-13,95	22.5	1.79	36.8	22.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-5	SPT-5	15,00-15,45	22.2	1.79	0.0	6.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-5	SPT-6	16,50-16,95	16.3	1.90	48.3	14.3	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Denizel Çökel
SK-5	SPT-7	18,00-18,45	15.3	1.88	1.1	35.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-5	SPT-8	19,50-19,95	26.9	1.85	16.6	26.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-5	SPT-9	21,00-21,45	23.7	1.86	15.7	36.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-5	SPT-10	22,50-22,95	31.7	1.89	5.8	30.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-5	SPT-11	24,00-24,45	29.6	1.84	4.5	42.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-5	SPT-12	25,50-25,95	29.8	1.85	0.0	32.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-6	SPT-1	6,10-6,55	22.8	1.83	4.8	1.8	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-6	SPT-2	7,50-7,95	27.5	1.81	0.0	18.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Elek Analizi		Hidrometrik Analiz		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Litoloji	Formasyon
					#10 Kalan (%)	#200 Geçen (%)	#kil geçen %	#silt geçen %	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS		
SK-6	SPT-4	10,50-10,95	23.2	1.80	0.0	13.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-6	SPT-5	12,00-12,45	26.3	1.84	1.5	10.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-6	SPT-6	13,50-13,95	24.8	1.79	0.0	14.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-6	SPT-7	15,00-15,45	19.8	1.78	19.8	5.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-6	SPT-8	16,50-16,95	22.7	1.77	9.6	7.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-6	SPT-9	18,00-18,45	17.7	1.81	16.6	5.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-6	SPT-10	19,50-19,95	8.7	1.86	48.7	8.7	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Denizel Çökel
SK-6	SPT-11	21,00-21,45	16.9	1.85	39.0	10.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-6	SPT-12	22,50-22,75	4.9	1.87	60.9	22.6	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Denizel Çökel
SK-7	SPT-1	24,50-24,95	34.5	1.88	0.0	58.0	-	-	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-7	SPT-2	25,50-25,95	28.4	1.86	4.9	40.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-7	SPT-3	27,00-27,45	24.9	1.82	17.2	19.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-7	SPT-4	28,50-28,95	35.4	1.84	7.4	45.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-7	SPT-5	30,00-30,45	26.8	1.83	15.8	21.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-7	SPT-6	31,50-31,95	36.6	1.83	10.2	35.8	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-7	SPT-7	33,00-33,45	41.3	1.82	0.0	79.2	22.4	56.8	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-7	SPT-8	34,50-34,95	40.5	1.86	0.0	78.5	20.1	58.4	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-7	SPT-9	36,00-36,45	40.1	1.82	2.1	72.4	28.7	43.7	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-7	SPT-10	37,50-37,95	39.8	1.85	4.5	74.8	27.7	47.1	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-7	SPT-11	39,00-39,45	32.8	1.84	0.0	33.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-7	SPT-12	40,50-40,95	36.1	1.85	0.0	46.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-7	SPT-13	42,00-42,45	30.2	1.84	0.0	32.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-7	SPT-14	43,50-43,95	28.5	1.88	1.6	52.8	-	-	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-7	SPT-16	46,50-46,95	23.3	1.84	0.0	26.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-7	SPT-17	48,00-48,45	20.3	1.84	0.0	27.8	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-7	SPT-18	49,50-49,95	26.6	1.82	0.0	14.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-7	SPT-19	51,00-51,45	21.0	1.85	6.4	23.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-8	SPT-1	4,50-4,64	22.0	1.83	21.3	10.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-9	SPT-1	8,20-8,65	37.5	1.86	0.0	13.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-9	SPT-2	9,00-9,45	20.7	1.84	0.0	27.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-9	SPT-3	10,50-10,95	23.6	1.82	10.7	14.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-9	SPT-4	12,00-12,45	25.0	1.86	0.0	21.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-9	SPT-5	13,50-13,95	23.8	1.88	0.0	15.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Elek Analizi		Hidrometrik Analiz		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Litoloji	Formasyon
					#10 Kalan (%)	#200 Geçen (%)	#kil geçen %	#silt geçen %	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS		
SK-9	SPT-6	15,00-15,45	28.3	1.83	0.0	11.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-9	SPT-7	16,50-16,95	18.6	1.80	9.3	28.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-9	SPT-8	18,00-18,45	24.2	1.82	10.8	23.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-9	SPT-9	19,50-19,95	4.2	1.77	0.0	16.8	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-9	SPT-10	21,00-21,45	19.3	1.79	0.0	11.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-9	SPT-11	22,50-22,71	8.2	1.78	46.6	12.3	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Denizel Çökel
SK-9	SPT-12	24,00-24,45	22.1	1.80	4.1	11.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-9	SPT-13	25,50-25,95	21.5	1.79	4.2	14.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-1	15,40-15,85	21.2	1.82	11.4	18.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-2	16,50-16,95	19.0	1.81	37.4	25.8	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Denizel Çökel
SK-10	SPT-3	18,00-18,45	19.0	1.83	25.9	37.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-4	19,50-19,95	21.1	1.8	30.0	18.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-5	21,00-21,45	24.9	1.8	15.5	19.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-6	22,50-22,95	25.2	1.78	27.7	19.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-7	24,00-24,45	28.5	1.79	0.0	33.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-8	25,50-25,95	27.4	1.81	11.2	26.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-9	27,00-27,45	23.7	1.84	25.8	24.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-10	28,50-28,95	23.6	1.82	6.4	26.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-11	30,00-30,45	30.0	1.84	15.9	32.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-12	31,50-31,95	29.4	1.82	14.3	42.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-13	33,00-33,45	26.2	1.80	2.4	38.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-14	34,50-34,95	22.9	1.80	5.1	25.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-10	SPT-15	36,00-36,45	23.7	1.79	0.0	34.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-11	SPT-1	0,00-0,45	16.2	1.96	74.4	8.1	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Alüvyon
SK-11	SPT-2	1,50-1,95	15.7	1.94	65.4	8.6	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Alüvyon
SK-11	SPT-3	3,00-3,45	12.2	1.93	60.4	13.7	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Alüvyon
SK-12	SPT-1	0,00-0,45	6.9	1.92	53.4	17.2	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Alüvyon
SK-12	SPT-2	1,50-1,88	11.6	1.96	81.8	4.1	-	-	-	-	NP	GW	ÇAKIL	Alüvyon
SK-12	SPT-3	3,00-3,45	39.3	1.95	70.5	1.2	-	-	-	-	NP	GW	ÇAKIL	Alüvyon
SK-12	SPT-4	4,50-4,95	12.7	1.92	51.2	14.6	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Alüvyon
SK-13	SPT-1	24,00-24,45	28.1	1.83	8.5	29.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-13	SPT-2	25,50-25,95	25.2	1.85	31.9	12.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-13	SPT-3	27,00-27,45	19.2	1.79	31.0	20.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Elek Analizi		Hidrometrik Analiz		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Litoloji	Formasyon
					#10 Kalan (%)	#200 Geçen (%)	#kil geçen %	#silt geçen %	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS		
SK-13	SPT-4	28,50-28,95	25.5	1.81	25.5	13.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-13	SPT-5	30,00-32,85	31.7	1.84	17.1	35.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-13	SPT-6	33,00-33,45	27.7	1.88	12.7	23.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-13	SPT-7	34,50-34,95	26.1	1.81	0.0	4.3	-	-	-	-	NP	SW	KUM	Denizel Çökel
SK-13	SPT-8	36,00-36,45	22.7	1.86	1.4	9.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-13	SPT-9	37,50-37,95	24.4	1.84	0.0	29.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-13	SPT-10	39,00-39,45	25.4	1.82	0.0	27.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-13	SPT-11	40,50-40,94	23.5	1.79	0.0	11.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-13	SPT-12	42,00-42,45	22.1	1.78	3.8	8.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-15	SPT-1	8,00-8,45	32.1	1.78	0.0	18.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-15	SPT-2	9,00-9,45	30.0	1.77	7.8	26.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-15	SPT-3	10,50-10,95	23.1	1.93	38.0	16.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-15	SPT-4	12,00-12,45	24.6	1.80	14.6	21.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-15	SPT-5	13,50-13,95	27.7	1.79	7.7	27.3	7.6	19.7	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-15	SPT-6	15,00-15,45	23.4	1.79	1.0	19.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-15	SPT-8	18,00-18,45	27.8	1.81	1.2	15.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-15	SPT-9	19,50-19,95	20.2	1.80	19.0	11.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-15	SPT-10	21,00-21,45	24.9	1.78	0.0	8.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-1	14,50-14,95	25.0	1.81	11.0	18.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-2	16,00-16,45	24.5	1.84	6.8	72.8	-	-	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-16	SPT-3	16,50-16,95	19.9	1.81	24.2	15.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-4	18,00-18,45	23.1	1.79	44.0	14.3	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Denizel Çökel
SK-16	SPT-5	19,50-19,95	25.9	1.78	10.1	18.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-6	21,00-21,45	27.5	1.81	10.1	20.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-7	22,50-22,95	29.1	1.8	9.2	27.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-8	24,00-24,45	25.5	1.8	9.9	33.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-9	25,50-25,95	27.4	1.83	8.6	34.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-10	27,00-27,45	29.4	1.85	14.0	28.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-11	28,50-28,95	29.4	1.84	6.3	45.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-12	30,00-30,45	21.8	1.81	9.4	35.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-13	31,50-31,95	31.5	1.82	0.0	45.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-14	33,00-33,45	27.6	1.85	0.0	16.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-15	34,50-34,95	23.6	1.81	0.0	34.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Elek Analizi		Hidrometrik Analiz		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Litoloji	Formasyon
					#10 Kalan (%)	#200 Geçen (%)	#kil geçen %	#silt geçen %	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS		
SK-16	SPT-16	36,00-36,45	24.3	1.83	0.0	21.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-17	37,50-37,95	24.8	1.84	0.0	5.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-18	39,00-39,45	21.2	1.84	0.0	9.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-19	40,50-40,95	22.4	1.83	0.0	10.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-16	SPT-20	42,00-42,45	21.9	1.82	0.0	12.8	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-17	SPT-1	10,00-10,45	23.0	1.83	2.7	28.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-17	SPT-2	10,50-10,95	25.1	1.81	2.2	16.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-17	SPT-3	12,00-12,45	24.5	1.81	12.9	7.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-17	SPT-4	13,50-13,95	21.6	1.84	22.7	13.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-17	SPT-5	15,00-15,45	27.5	1.82	6.7	18.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-17	SPT-6	16,50-16,95	16.9	1.86	37.6	13.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-17	SPT-8	19,50-19,95	22.1	1.81	23.0	15.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-17	SPT-9	21,00-21,45	28.3	1.80	3.0	43.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-17	SPT-10	22,50-22,95	18.0	1.83	10.5	12.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-17	SPT-11	24,00-24,45	11.7	1.85	31.8	44.7	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Denizel Çökel
SK-17	SPT-12	25,50-25,95	21.1	1.82	0.0	17.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-17	SPT-13	27,00-27,24	11.7	1.86	49.7	4.5	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Denizel Çökel
SK-18	SPT-1	3,00-3,45	22.4	1.83	3.3	4.2	-	-	-	-	NP	SW	KUM	Denizel Çökel
SK-18	SPT-2	4,50-4,95	11.2	1.85	78.8	7.0	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Denizel Çökel
SK-19	SPT-1	12,60-13,05	25.9	1.88	6.3	4.5	-	-	-	-	NP	SW	KUM	Denizel Çökel
SK-19	SPT-2	13,50-13,95	26.0	1.84	4.4	13.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-19	SPT-3	15,00-15,45	22.4	1.85	11.6	9.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-19	SPT-4	16,50-16,95	22.1	1.82	13.9	16.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-19	SPT-5	18,00-18,45	25.5	1.89	3.3	18.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-19	SPT-6	19,50-19,95	18.8	1.84	6.9	9.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-19	SPT-7	21,00-21,45	27.1	1.82	1.2	9.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-19	SPT-8	22,50-22,95	20.2	1.81	12.7	9.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-19	SPT-9	24,00-24,45	19.9	1.80	9.1	4.1	-	-	-	-	NP	SW	KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-1	9,00-9,45	19.6	1.97	28.7	17.7	3.8	13.9	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-2	10,50-10,95	30.6	1.90	5.2	34.3	7.0	27.3	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-3	12,00-12,45	30.0	1.92	6.8	49.6	12.8	36.8	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-4	13,50-13,95	22.9	1.96	31.3	25.3	6.5	18.8	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-5	15,00-15,45	23.9	1.95	28.9	27.0	7.0	20.0	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Elek Analizi		Hidrometrik Analiz		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Litoloji	Formasyon
					#10 Kalan (%)	#200 Geçen (%)	#kil geçen %	#silt geçen %	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS		
SK-20	SPT-6	16,50-16,95	27.7	1.91	11.3	26.2	5.3	20.9	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-7	18,00-18,45	30.2	1.92	0.0	42.2	11.7	30.5	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-8	19,50-19,95	29.5	1.90	0.0	23.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-9	21,00-21,45	32.1	1.92	0.0	17.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-10	22,50-22,95	33.1	1.90	5.0	38.1	10.7	27.4	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-11	24,00-24,45	31.0	1.94	3.0	37.5	10.5	27.0	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-12	25,50-25,95	30.7	1.93	3.0	12.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-13	27,00-27,45	27.5	1.90	0.6	22.8	2.9	19.9	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-14	28,50-28,95	21.8	1.95	0.0	10.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-15	30,00-30,45	25.9	1.93	0.0	3.7	-	-	-	-	NP	SW	KUM	Denizel Çökel
SK-20	SPT-16	31,50-31,93	21.5	1.97	1.0	3.1	-	-	-	-	NP	SW	KUM	Denizel Çökel
SK-21	SPT-1	15,30-15,75	30.8	1.86	6.3	14.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-21	SPT-2	16,50-16,95	25.5	1.84	4.5	42.0	10.4	31.6	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-21	SPT-3	18,00-18,45	21.5	1.81	13.8	16.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-21	SPT-4	19,50-19,95	25.1	1.88	5.2	8.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-21	SPT-5	21,00-21,45	27.4	1.84	9.8	36.0	11.0	25.0	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-21	SPT-6	22,50-22,95	23.6	1.85	19.5	25.6	7.2	18.4	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-21	SPT-7	24,00-24,45	28.9	1.82	3.9	26.5	7.8	18.7	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-21	SPT-8	25,50-25,95	28.5	1.83	12.4	27.1	8.0	19.1	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-21	SPT-9	27,00-27,45	31.4	1.85	5.2	29.9	7.0	22.9	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-21	SPT-10	28,50-28,95	29.2	1.88	5.4	52.2	15.6	36.6	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-21	SPT-11	30,00-30,45	27.9	1.86	2.5	31.1	9.2	21.9	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-21	SPT-12	31,50-31,95	25.4	1.87	0.0	59.0	16.4	42.6	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-21	SPT-13	33,00-33,45	26.5	1.81	0.0	51.9	19.1	32.8	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-21	SPT-14	34,50-34,95	27.8	1.77	0.0	29.0	8.5	20.5	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-21	SPT-15	36,00-36,45	23.4	1.82	0.0	56.4	16.5	39.9	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-21	SPT-16	37,50-37,95	24.3	1.80	0.0	38.9	9.8	29.1	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-21	SPT-17	39,00-39,45	22.6	1.85	6.4	15.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-22	SPT-3	10,50-10,95	15.2	1.84	13.4	4.8	-	-	-	-	NP	SW	KUM	Denizel Çökel
SK-22	SPT-5	13,50-13,95	13.3	1.86	29.2	7.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-23	SPT-1	1,50-1,95	14.5	1.94	60.9	17.6	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Altüvyon
SK-23	SPT-2	3,00-3,45	19.0	1.88	49.1	23.0	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Altüvyon
SK-23	SPT-3	7,50-7,95	19.0	1.89	49.7	26.5	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Altüvyon

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Elek Analizi		Hidrometrik Analiz		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Litoloji	Formasyon
					#10 Kalan (%)	#200 Geçen (%)	#kil geçen %	#silt geçen %	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS		
SK-24	SPT-1	1,50-1,95	5.3	1.86	25.1	13.4	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Alüvyon
SK-24	SPT-2	3,00-3,45	9.2	1.92	54.9	27.2	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Alüvyon
SK-25	SPT-1	6,00-6,45	30.4	1.82	0.0	12.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-25	SPT-2	7,50-7,95	22.4	1.85	0.7	9.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-25	SPT-3	9,00-9,45	22.9	1.83	2.0	30.2	9.2	21.0	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-25	SPT-4	10,50-10,95	22.6	1.84	4.6	8.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-25	SPT-5	12,00-12,45	18.8	1.79	29.1	8.7	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-25	SPT-6	13,50-13,95	18.0	1.80	24.9	20.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-25	SPT-7	15,00-15,45	24.8	1.82	1.9	10.9	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-25	SPT-8	16,50-16,95	25.1	1.80	17.7	2.3	-	-	-	-	NP	SW	KUM	Denizel Çökel
SK-25	SPT-9	18,00-18,45	18.9	1.79	15.8	14.2	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-26	SPT-1	19,00-19,45	25.2	1.95	29.1	22.9	2.9	20.0	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-26	SPT-2	22,00-22,45	22.7	1.99	20.8	9.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-26	SPT-3	23,50-23,95	24.3	2.00	16.1	2.2	-	-	-	-	NP	SW	KUM	Denizel Çökel
SK-26	SPT-4	25,00-25,45	22.8	1.97	22.3	2.3	-	-	-	-	NP	SW	KUM	Denizel Çökel
SK-26	SPT-5	26,50-26,95	22.6	1.94	3.2	10.0	-	-	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-26	SPT-6	28,00-28,45	22.9	1.90	4.3	10.4	-	-	-	-	NP	ML	SİLT	Denizel Çökel
SK-27	SPT-1	16,00-16,45	26.8	1.86	13.7	18.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-27	SPT-2	16,50-16,95	22.9	1.83	1.3	17.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-27	SPT-3	18,00-18,45	26.4	1.82	4.7	13.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-27	SPT-4	19,50-19,95	19.1	1.83	1.7	24.0	6.2	17.8	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-27	SPT-5	21,00-21,45	30.1	1.86	1.5	13.3	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-27	SPT-6	22,50-22,95	25.8	1.80	0.0	9.8	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-27	SPT-7	24,00-24,45	29.1	1.79	0.0	8.5	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-27	SPT-8	25,50-25,95	27.5	1.78	0.0	36.1	7.3	28.8	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-27	SPT-9	27,00-27,43	22.1	1.77	0.8	47.4	9.6	37.8	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-28	SPT-1	9,00-9,45	25.4	1.83	3.5	25.4	6.1	19.3	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-28	SPT-2	10,50-10,95	27.2	1.84	1.2	20.7	5.3	15.4	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-28	SPT-3	12,00-12,45	26.2	1.84	1.2	39.8	12.9	26.9	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-28	SPT-4	13,50-13,95	23.0	1.82	18.2	12.1	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-28	SPT-5	15,00-15,45	10.6	1.88	56.3	16.2	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Denizel Çökel
SK-28	SPT-6	16,50-16,95	18.9	1.89	0.0	30.3	10.1	20.2	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-28	SPT-7	18,00-18,45	11.0	1.85	52.0	13.9	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Denizel Çökel

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Elek Analizi		Hidrometrik Analiz		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Litoloji	Formasyon
					#10 Kalan (%)	#200 Geçen (%)	#kil geçen %	#silt geçen %	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS		
SK-28	SPT-8	19,50-19,75	22.4	1.84	12.8	6.6	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Denizel Çökel
SK-29	SPT-1	0,00-0,45	21.7	1.90	18.2	51.5	31.2	20.3	37.5	20.9	16.6	CL	KİL	Alüvyon
SK-29	SPT-2	1,50-1,95	18.8	1.84	37.6	18.0	-	-	-	-	NP	SM	Siltli KUM	Alüvyon
SK-29	SPT-3	3,00-3,45	9.8	1.82	65.4	9.4	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Alüvyon
SK-29	SPT-4	4,50-4,95	11.6	1.81	77.2	13.0	-	-	-	-	NP	GM	Siltli ÇAKIL	Alüvyon
SK-30	SPT-1	3,00-3,45	23.8	1.82	0.0	2.3	-	-	-	-	NP	SW	KUM	Denizel Çökel
SK-30	SPT-2	4,50-4,95	19.9	1.87	76.0	4.4	-	-	-	-	NP	GW	ÇAKIL	Denizel Çökel

EK 3. Sondaj çalışmalarından elde edilen SPT-N değerlerinde yapılan düzeltmeler.

Kuyu No : SK-1
 Kuyu Çapı (mm) : 89 mm
 Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) : 15,00 m
 Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	N ₆₀ N ₃₀ *C _E *C _R *C _S *C _B	Birim Hacim Ağırlık Y _η /Y _{sat} (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78*√(1/σ'(kPa)) Liao ve Whitman (1986)	N _{1,60} N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	16.00-16.45	16,23	3	1.20	1.00	1.0	1.00	3.60	17.56	168.75	9.53	1.70	6.12	Siltli KUM	SM
SPT-2	18.00-18.45	18,23	6	1.20	1.00	1.0	1.00	7.20	17.66	204.07	25.23	1.70	7.20	SİLT	ML
SPT-3	19.50-19.95	19,73	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.36	230.11	36.56	1.62	1.94	Siltli KUM	SM
SPT-4	21.00-21.45	21,23	15	1.20	1.00	1.0	1.00	18.00	17.95	257.04	48.77	1.40	25.20	Siltli KUM	SM
SPT-5	22.50-22.95	22,73	11	1.20	1.00	1.0	1.00	13.20	17.66	283.53	60.55	1.26	16.63	Siltli KUM	SM
SPT-6	24.00-24.45	24,23	7	1.20	1.00	1.0	1.00	8.40	17.85	310.31	72.61	1.15	9.66	Siltli KUM	SM
SPT-8	27.00-27.45	27,23	14	1.20	1.00	1.0	1.00	16.80	17.66	363.29	96.16	1.00	16.80	Siltli KUM	SM
SPT-9	28.50-28.95	28,73	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.85	390.07	108.23	0.94	1.13	Siltli KUM	SM
SPT-10	30.00-30.45	30,23	19	1.20	1.00	1.0	1.00	22.80	18.25	417.45	120.89	0.89	20.29	Siltli KUM	SM
SPT-11	31.50-33.70	32,60	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	18.05	460.23	140.42	0.83	1.00	Siltli KUM	SM
SPT-12	34.50-34.95	34,73	22	1.20	1.00	1.0	1.00	26.40	17.95	498.46	157.76	0.78	20.59	Siltli KUM	SM
SPT-13	36.00-36.45	36,23	15	1.20	1.00	1.0	1.00	18.00	17.46	524.65	169.23	0.75	18.00	SİLT	ML
SPT-14	37.50-37.95	37,73	14	1.20	1.00	1.0	1.00	16.80	17.95	551.58	181.45	0.73	12.26	Siltli KUM	SM
SPT-15	39.00-39.45	39,23	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.66	578.07	193.22	0.70	0.84	Siltli KUM	SM
SPT-16	40.50-43.50	42,00	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.66	626.99	214.97	0.67	0.80	Siltli KUM	SM
SPT-17	43.50-43.95	43,73	5	1.20	1.00	1.0	1.00	6.00	17.76	657.71	228.72	0.65	6.00	SİLT	ML
SPT-18	45.00-45.45	45,23	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	18.34	685.22	241.51	0.63	1.20	SİLT	ML
SPT-19	46.50-46.95	46,73	4	1.20	1.00	1.0	1.00	4.80	18.84	713.48	255.06	0.61	4.80	KİL	CL
SPT-20	48.00-48.45	48,23	5	1.20	1.00	1.0	1.00	6.00	18.93	741.88	268.74	0.60	6.00	KİL	CL
SPT-21	49.50-49.95	49,73	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	18.74	769.99	282.14	0.58	1.20	KİL	CL
SPT-22	52.50-52.95	52,73	3	1.20	1.00	1.0	1.00	3.60	18.44	825.31	308.03	0.56	3.60	KİL	CL
SPT-23	54.00-54.45	54,23	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	18.93	853.71	321.71	0.55	1.20	KİL	CL

Kuyu No : SK-1

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 15,00 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	N ₆₀ N ₃₀ *C _E *C _R *C _S *C _B	Birim Hacim Ağırlık Y _η /Y _{sat} (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78*√(1/σ'(kPa)) Liao ve Whitman (1986)	N _{1,60} N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-24	55.50-55.95	55,73	29	1.20	1.00	1.0	1.00	34.80	17.76	880.35	333.64	0.54	34.80	SİLT	ML
SPT-25	57.00-57.45	57,23	4	1.20	1.00	1.0	1.00	4.80	18.64	908.31	346.88	0.53	4.80	KİL	CL
SPT-26	58.50-58.95	58,73	15	1.20	1.00	1.0	1.00	18.00	18.44	935.97	359.83	0.52	18.00	KİL	CL
SPT-27	60.00-60.45	60,23	30	1.20	1.00	1.0	1.00	36.00	18.54	963.78	372.92	0.51	36.00	KİL	CL
SPT-28	61.50-61.95	61,73	20	1.20	1.00	1.0	1.00	24.00	18.44	991.44	385.87	0.50	24.00	SİLT	ML
SPT-29	63.00-63.45	63,23	30	1.20	1.00	1.0	1.00	36.00	18.25	1018.82	398.53	0.49	36.00	SİLT	ML
SPT-30	64.50-64.95	64,73	74	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.05	1045.90	410.90	0.48	60.00	SİLT	ML

Kuyu No : SK-2

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 6,30 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	6.60-7.05	6,83	5	1.20	0.95	1.0	1.00	5.70	17.95	71.32	4.32	1.70	9.69	Siltli KUM	SM
SPT-2	7.50-7.95	7,73	5	1.20	0.95	1.0	1.00	5.70	18.15	87.66	11.83	1.70	9.69	Siltli KUM	SM
SPT-3	9.00-9.45	9,23	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.66	114.15	23.60	1.47	1.76	Siltli KUM	SM
SPT-4	10.50-10.95	10,73	11	1.20	1.00	1.0	1.00	13.20	17.36	140.19	34.93	1.34	17.69	Siltli KUM	SM
SPT-5	12.00-12.45	12,23	14	1.20	1.00	1.0	1.00	16.80	17.85	166.97	46.99	1.24	20.83	Siltli KUM	SM
SPT-6	13.50-13.95	13,73	10	1.20	1.00	1.0	1.00	12.00	17.66	193.46	58.77	1.17	14.04	Siltli KUM	SM
SPT-7	15.00-15.45	15,23	19	1.20	1.00	1.0	1.00	22.80	18.05	220.54	71.13	1.10	25.08	Siltli KUM	SM
SPT-8	16.50-16.95	16,73	26	1.20	1.00	1.0	1.00	31.20	17.95	247.47	83.35	1.05	32.76	Siltli KUM	SM
SPT-10	19.50-19.95	19,73	6	1.20	1.00	1.0	1.00	7.20	17.76	300.75	107.20	0.96	6.91	Siltli KUM	SM
SPT-11	21.00-21.45	21,23	28	1.20	1.00	1.0	1.00	33.60	17.66	327.24	118.97	0.93	31.25	Siltli KUM	SM
SPT-12	22.50-22.95	22,73	30	1.20	1.00	1.0	1.00	36.00	17.85	354.02	131.04	0.90	32.40	Siltli KUM	SM
SPT-13	24.00-24.45	24,23	41	1.20	1.00	1.0	1.00	49.20	17.76	380.66	142.96	0.87	42.80	Siltli KUM	SM
SPT-14	25.50-25.95	25,73	17	1.20	1.00	1.0	1.00	20.40	18.05	407.74	155.33	0.84	17.14	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-3
 Kuyu Çapı (mm) : 89 mm
 Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 20,50 m
 Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN $9.78 * \sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve	$N_{1,60}$ $N_{60} * CN$	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	22.50-22.95	22,73	6	1.20	1.00	1.0	1.00	7.20	17.76	240.71	17.73	1.70	12.24	Siltli KUM	SM
SPT-2	24.00-24.45	24,23	2	1.20	1.00	1.0	1.00	2.40	17.56	267.05	29.35	1.70	4.08	Siltli KUM	SM
SPT-3	25.50-25.95	25,73	2	1.20	1.00	1.0	1.00	2.40	17.85	293.83	41.42	1.52	3.65	Siltli KUM	SM
SPT-4	27.00-27.45	27,23	17	1.20	1.00	1.0	1.00	20.40	17.95	320.76	53.63	1.34	27.34	Siltli KUM	SM
SPT-5	28.50-28.95	28,73	6	1.20	1.00	1.0	1.00	7.20	17.66	347.25	65.41	1.21	8.71	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-6	30.00-30.45	30,23	10	1.20	1.00	1.0	1.00	12.00	17.66	373.74	77.18	1.11	13.32	Siltli KUM	SM
SPT-7	31.50-31.95	31,73	20	1.20	1.00	1.0	1.00	24.00	17.76	400.38	89.11	1.04	24.96	Siltli KUM	SM
SPT-8	33.00-33.45	33,23	5	1.20	1.00	1.0	1.00	6.00	18.05	427.46	101.47	0.97	5.82	Siltli KUM	SM
SPT-9	34.50-34.95	34,73	23	1.20	1.00	1.0	1.00	27.60	17.85	454.24	113.54	0.92	27.60	SİLT	ML
SPT-10	36.00-36.45	36,23	4	1.20	1.00	1.0	1.00	4.80	17.95	481.17	125.75	0.87	4.18	Siltli KUM	SM
SPT-11	37.50-37.95	37,73	7	1.20	1.00	1.0	1.00	8.40	17.95	508.10	137.97	0.83	6.97	Siltli KUM	SM
SPT-12	39.00-39.45	39,23	39	1.20	1.00	1.0	1.00	46.80	18.15	535.33	150.48	0.80	46.80	SİLT	ML
SPT-13	40.50-40.95	40,73	4	1.20	1.00	1.0	1.00	4.80	18.05	562.41	162.85	0.77	3.70	Siltli KUM	SM
SPT-14	42.00-42.45	42,23	8	1.20	1.00	1.0	1.00	9.60	17.36	588.45	174.17	0.74	9.60	SİLT	ML
SPT-15	43.50-48.00	45,75	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.76	650.97	202.16	0.69	1.20	SİLT	ML
SPT-16	48.00-48.45	48,23	34	1.20	1.00	1.0	1.00	40.80	18.44	696.70	223.56	0.65	40.80	SİLT	ML
SPT-17	49.50-49.95	49,73	54	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.05	723.78	235.93	0.64	60.00	SİLT	ML
SPT-18	51.00-51.45	51,23	57	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.95	750.71	248.14	0.62	60.00	SİLT	ML
SPT-19	52.50-52.95	52,73	55	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.95	777.64	260.36	0.61	60.00	SİLT	ML
SPT-20	54.00-54.45	54,23	38	1.20	1.00	1.0	1.00	45.60	18.15	804.87	272.87	0.59	45.60	SİLT	ML
SPT-21	55.50-55.95	55,73	42	1.20	1.00	1.0	1.00	50.40	18.44	832.53	285.82	0.58	50.40	SİLT	ML
SPT-22	57.00-57.45	57,23	44	1.20	1.00	1.0	1.00	52.80	18.05	859.61	298.18	0.57	52.80	SİLT	ML
SPT-23	58.50-58.95	58,73	48	1.20	1.00	1.0	1.00	57.60	17.66	886.10	309.96	0.56	57.60	SİLT	ML

Kuyu No : SK-4
 Kuyu Çapı (mm) : 89 mm
 Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 19,00 m
 Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	20.40-20.85	20,63	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	18.05	215.81	13.43	1.70	2.04	Siltli KUM	SM
SPT-2	21.00-21.45	21,23	2	1.20	1.00	1.0	1.00	2.40	17.85	226.52	18.25	1.70	4.08	Siltli KUM	SM
SPT-3	22.50-22.95	22,73	3	1.20	1.00	1.0	1.00	3.60	18.25	253.90	30.92	1.70	6.12	Siltli KUM	SM
SPT-4	24.00-24.45	24,23	4	1.20	1.00	1.0	1.00	4.80	18.44	281.56	43.86	1.48	7.10	Siltli KUM	SM
SPT-5	25.50-25.95	25,73	12	1.20	1.00	1.0	1.00	14.40	18.05	308.64	56.23	1.30	18.72	Siltli KUM	SM
SPT-6	27.00-27.45	27,23	12	1.20	1.00	1.0	1.00	14.40	17.85	335.42	68.29	1.18	16.99	Siltli KUM	SM
SPT-7	28.50-28.95	28,73	7	1.20	1.00	1.0	1.00	8.40	18.15	362.65	80.81	1.09	8.40	SİLT	ML
SPT-9	31.50-31.95	31,73	17	1.20	1.00	1.0	1.00	20.40	18.15	417.10	105.83	0.95	19.38	Siltli KUM	SM
SPT-10	33.00-33.45	33,23	25	1.20	1.00	1.0	1.00	30.00	18.05	444.18	118.19	0.90	27.00	Siltli KUM	SM
SPT-11	37.50-37.95	37,73	16	1.20	1.00	1.0	1.00	19.20	18.54	527.61	157.48	0.78	19.20	SİLT	ML
SPT-12	39.00-39.45	39,23	6	1.20	1.00	1.0	1.00	7.20	17.95	554.54	169.69	0.75	7.20	SİLT	ML
SPT-13	42.00-42.45	42,23	9	1.20	1.00	1.0	1.00	10.80	18.25	609.29	195.01	0.70	10.80	SİLT	ML
SPT-14	43.50-43.95	43,73	14	1.20	1.00	1.0	1.00	16.80	18.34	636.80	207.81	0.68	16.80	SİLT	ML
SPT-15	45.00-45.45	45,23	30	1.20	1.00	1.0	1.00	36.00	18.44	664.46	220.75	0.66	36.00	SİLT	ML
SPT-16	46.50-46.95	46,73	36	1.20	1.00	1.0	1.00	43.20	17.66	690.95	232.53	0.64	43.20	SİLT	ML
SPT-17	48.00-48.45	48,23	65	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.05	718.03	244.89	0.62	60.00	SİLT	ML
SPT-18	49.50-49.95	49,73	66	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.66	744.52	256.67	0.61	36.60	Siltli KUM	SM
SPT-19	51.00-51.45	51,23	72	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.95	771.45	268.88	0.60	36.00	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-5

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 9,00 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	9.10-9.55	9,33	3	1.20	1.00	1.0	1.00	3.60	17.95	94.21	2.68	1.70	6.12	Siltli KUM	SM
SPT-2	10.50-10.95	10,73	5	1.20	1.00	1.0	1.00	6.00	17.66	118.93	13.67	1.70	10.20	Siltli KUM	SM
SPT-3	12.00-12.45	12,23	5	1.20	1.00	1.0	1.00	6.00	17.36	144.97	24.99	1.70	10.20	Siltli KUM	SM
SPT-4	13.50-13.95	13,73	4	1.20	1.00	1.0	1.00	4.80	17.56	171.31	36.62	1.62	7.78	Siltli KUM	SM
SPT-5	15.00-15.45	15,23	9	1.20	1.00	1.0	1.00	10.80	17.56	197.65	48.24	1.41	15.23	Siltli KUM	SM
SPT-6	16.50-16.95	16,73	6	1.20	1.00	1.0	1.00	7.20	18.64	225.61	61.49	1.25	9.00	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-7	18.00-18.45	18,23	12	1.20	1.00	1.0	1.00	14.40	18.44	253.27	74.43	1.13	16.27	Siltli KUM	SM
SPT-8	19.50-19.95	19,73	33	1.20	1.00	1.0	1.00	39.60	18.15	280.50	86.95	1.05	41.58	Siltli KUM	SM
SPT-9	21.00-21.45	21,23	51	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.25	307.88	99.61	0.98	58.80	Siltli KUM	SM
SPT-10	22.50-22.95	22,73	54	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.54	335.69	112.71	0.92	55.20	Siltli KUM	SM
SPT-11	24.00-24.45	24,23	61	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.05	362.77	125.07	0.87	52.20	Siltli KUM	SM
SPT-12	25.50-25.95	25,73	50	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.15	390.00	137.59	0.83	49.80	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-6

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 5,50 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_\eta / \gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	6.10-6.55	6,33	5	1.20	0.95	1.0	1.00	5.70	17.95	68.85	6.75	1.70	9.69	Siltli KUM	SM
SPT-2	7.50-7.95	7,73	7	1.20	0.95	1.0	1.00	7.98	17.76	93.71	17.88	1.70	13.57	Siltli KUM	SM
SPT-4	10.50-10.95	10,73	13	1.20	1.00	1.0	1.00	15.60	17.66	146.69	41.43	1.52	23.71	Siltli KUM	SM
SPT-5	12.00-12.45	12,23	10	1.20	1.00	1.0	1.00	12.00	18.05	173.77	53.79	1.33	15.96	Siltli KUM	SM
SPT-6	13.50-13.95	13,73	11	1.20	1.00	1.0	1.00	13.20	17.56	200.11	65.42	1.21	15.97	Siltli KUM	SM
SPT-7	15.00-15.45	15,23	13	1.20	1.00	1.0	1.00	15.60	17.46	226.30	76.89	1.12	17.47	Siltli KUM	SM
SPT-8	16.50-16.95	16,73	11	1.20	1.00	1.0	1.00	13.20	17.36	252.34	88.22	1.04	13.73	Siltli KUM	SM
SPT-9	18.00-18.45	18,23	34	1.20	1.00	1.0	1.00	40.80	17.76	278.98	100.14	0.98	39.98	Siltli KUM	SM
SPT-10	19.50-19.95	19,73	56	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.25	306.36	112.81	0.92	55.20	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-11	21.00-21.45	21,23	60	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.15	333.59	125.32	0.87	52.20	Siltli KUM	SM
SPT-12	22.50-22.75	22,63	R	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.34	359.27	137.27	0.83	49.80	Siltli ÇAKIL	GM

Kuyu No : SK-7
 Kuyu Çapı (mm) : 89 mm
 Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) : 20,80 m
 Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	24.50-24.95	24,73	2	1.20	1.00	1.0	1.00	2.40	18.44	276.52	33.92	1.68	2.40	SİLT	ML
SPT-2	25.50-25.95	25,73	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	18.25	294.77	42.36	1.50	1.80	Siltli KUM	SM
SPT-3	27.00-27.45	27,23	10	1.20	1.00	1.0	1.00	12.00	17.85	321.55	54.42	1.33	15.96	Siltli KUM	SM
SPT-4	28.50-28.95	28,73	11	1.20	1.00	1.0	1.00	13.20	18.05	348.63	66.79	1.20	15.84	Siltli KUM	SM
SPT-5	30.00-30.45	30,23	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.95	375.56	79.00	1.10	1.32	Siltli KUM	SM
SPT-6	31.50-31.95	31,73	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.95	402.49	91.22	1.02	1.22	Siltli KUM	SM
SPT-7	33.00-33.45	33,23	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.85	429.27	103.28	0.96	1.20	SİLT	ML
SPT-8	34.50-34.95	34,73	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	18.25	456.65	115.95	0.91	1.20	SİLT	ML
SPT-9	36.00-36.45	36,23	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.85	483.43	128.01	0.86	1.20	SİLT	ML
SPT-10	37.50-37.95	37,73	3	1.20	1.00	1.0	1.00	3.60	18.15	510.66	140.53	0.83	3.60	SİLT	ML
SPT-11	39.00-39.45	39,23	16	1.20	1.00	1.0	1.00	19.20	18.05	537.74	152.89	0.79	15.17	Siltli KUM	SM
SPT-12	40.50-40.95	40,73	37	1.20	1.00	1.0	1.00	44.40	18.15	564.97	165.41	0.76	33.74	Siltli KUM	SM
SPT-13	42.00-42.45	42,23	70	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.05	592.05	177.77	0.73	43.80	Siltli KUM	SM
SPT-14	43.50-43.95	43,73	57	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.44	619.71	190.72	0.71	60.00	SİLT	ML
SPT-16	46.50-46.95	46,73	55	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.05	673.86	215.44	0.67	40.20	Siltli KUM	SM
SPT-17	48.00-48.45	48,23	62	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.05	700.94	227.80	0.65	39.00	Siltli KUM	SM
SPT-18	49.50-49.95	49,73	81	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.85	727.72	239.87	0.63	37.80	Siltli KUM	SM
SPT-19	51.00-51.45	51,23	92	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.15	754.95	252.38	0.62	37.20	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-9

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 8,00 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	N _{1,60} N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	8.20-8.65	8,43	3	1.20	0.95	1.0	1.00	3.42	18.25	86.33	3.63	1.70	5.81	Siltli KUM	SM
SPT-2	9.00-9.45	9,23	6	1.20	1.00	1.0	1.00	7.20	18.05	100.77	10.22	1.70	12.24	Siltli KUM	SM
SPT-3	10.50-10.95	10,73	10	1.20	1.00	1.0	1.00	12.00	17.85	127.55	22.29	1.70	20.40	Siltli KUM	SM
SPT-4	12.00-12.45	12,23	12	1.20	1.00	1.0	1.00	14.40	18.25	154.93	34.95	1.65	23.76	Siltli KUM	SM
SPT-5	13.50-13.95	13,73	16	1.20	1.00	1.0	1.00	19.20	18.44	182.59	47.90	1.41	27.07	Siltli KUM	SM
SPT-6	15.00-15.45	15,23	15	1.20	1.00	1.0	1.00	18.00	17.95	209.52	60.11	1.26	22.68	Siltli KUM	SM
SPT-7	16.50-16.95	16,73	19	1.20	1.00	1.0	1.00	22.80	17.66	236.01	71.89	1.15	26.22	Siltli KUM	SM
SPT-8	18.00-18.45	18,23	22	1.20	1.00	1.0	1.00	26.40	17.85	262.79	83.95	1.07	28.25	Siltli KUM	SM
SPT-9	19.50-19.95	19,73	28	1.20	1.00	1.0	1.00	33.60	17.36	288.83	95.28	1.00	33.60	Siltli KUM	SM
SPT-10	21.00-21.45	21,23	24	1.20	1.00	1.0	1.00	28.80	17.56	315.17	106.90	0.95	27.36	Siltli KUM	SM
SPT-11	22.50-22.71	22,61	R	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.46	339.26	117.46	0.90	54.00	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-12	24.00-24.45	24,23	18	1.20	1.00	1.0	1.00	21.60	17.66	367.87	130.17	0.86	18.58	Siltli KUM	SM
SPT-13	25.50-25.95	25,73	61	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.56	394.21	141.80	0.82	49.20	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-10

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 15,00 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	15.40-15.85	15,63	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.85	158.40	5.07	1.70	2.04	Siltli KUM	SM
SPT-2	16.50-16.95	16,73	4	1.20	1.00	1.0	1.00	4.80	17.76	177.94	13.82	1.70	8.16	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-3	18.00-18.45	18,23	3	1.20	1.00	1.0	1.00	3.60	17.95	204.87	26.03	1.70	6.12	Siltli KUM	SM
SPT-4	19.50-19.95	19,73	6	1.20	1.00	1.0	1.00	7.20	17.66	231.36	37.81	1.59	11.45	Siltli KUM	SM
SPT-5	21.00-21.45	21,23	3	1.20	1.00	1.0	1.00	3.60	17.66	257.85	49.58	1.39	5.00	Siltli KUM	SM
SPT-6	22.50-22.95	22,73	3	1.20	1.00	1.0	1.00	3.60	17.46	284.04	61.06	1.25	4.50	Siltli KUM	SM
SPT-7	24.00-24.45	24,23	7	1.20	1.00	1.0	1.00	8.40	17.56	310.38	72.68	1.15	9.66	Siltli KUM	SM
SPT-8	25.50-25.95	25,73	16	1.20	1.00	1.0	1.00	19.20	17.76	337.02	84.61	1.06	20.35	Siltli KUM	SM
SPT-9	27.00-27.45	27,23	14	1.20	1.00	1.0	1.00	16.80	18.05	364.10	96.97	0.99	16.63	Siltli KUM	SM
SPT-10	28.50-28.95	28,73	5	1.20	1.00	1.0	1.00	6.00	17.85	390.88	109.04	0.94	5.64	Siltli KUM	SM
SPT-11	30.00-30.45	30,23	2	1.20	1.00	1.0	1.00	2.40	18.05	417.96	121.40	0.89	2.14	Siltli ÇAKIL	SM
SPT-12	31.50-31.95	31,73	57	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.85	444.74	133.47	0.85	51.00	Siltli KUM	SM
SPT-13	33.00-33.45	33,23	54	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.66	471.23	145.24	0.81	48.60	Siltli KUM	SM
SPT-14	34.50-34.95	34,73	51	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.66	497.72	157.02	0.78	46.80	Siltli KUM	SM
SPT-15	36.00-36.45	36,23	74	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.56	524.06	168.64	0.75	45.00	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-11
 Kuyu Çapı (mm) : 89 mm
 Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

YASS (m) 9,00 m
 Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	N ₆₀ N ₃₀ *C _E *C _R *C _S *C _B	Birim Hacim Ağırlık γ/γ_{sat} (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	N _{1,60} N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	0.00-0.45	0,23	12	1.20	0.75	1.0	1.00	10.80	19.23	4.42	4.42	1.70	18.36	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-2	1.50-1.95	1,73	15	1.20	0.75	1.0	1.00	13.50	19.03	32.97	32.97	1.70	22.95	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-3	3.00-3.45	3,23	64	1.20	0.85	1.0	1.00	51.00	18.93	61.37	61.37	1.25	63.75	Siltli ÇAKIL	GM

Kuyu No : SK-12
 Kuyu Çapı (mm) : 89 mm
 Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

YASS (m) 11,00 m
 Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	N ₆₀ N ₃₀ *C _E *C _R *C _S *C _B	Birim Hacim Ağırlık γ/γ_{sat} (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	N _{1,60} N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	0.00-0.45	0,23	11	1.20	0.75	1.0	1.00	9.90	18.84	4.33	4.33	1.70	16.83	ÇAKIL	GM
SPT-2	1.50-1.88	1,69	R	1.20	0.75	1.0	1.00	45.00	19.23	32.41	32.41	1.36	61.20	ÇAKIL	GW
SPT-3	3.00-3.45	3,23	54	1.20	0.85	1.0	1.00	51.00	19.13	61.87	61.87	1.15	58.65	ÇAKIL	GW
SPT-4	4.50-4.95	4,73	37	1.20	0.95	1.0	1.00	42.18	18.84	90.13	90.13	1.02	43.02	ÇAKIL	GM

Kuyu No : SK-13

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 20,00 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	24.00-24.45	24,23	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.95	272.13	34.43	1.67	2.00	Siltli KUM	SM
SPT-2	25.50-25.95	25,73	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	18.15	299.36	46.95	1.43	1.72	Siltli ÇAKIL	SM
SPT-3	27.00-27.45	27,23	9	1.20	1.00	1.0	1.00	10.80	17.56	325.70	58.57	1.28	13.82	Siltli KUM	SM
SPT-4	28.50-28.95	28,73	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.76	352.34	70.50	1.16	1.39	Siltli KUM	SM
SPT-5	30.00-32.85	31,43	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	18.05	401.08	92.75	1.02	1.22	Siltli KUM	SM
SPT-6	33.00-33.45	33,23	29	1.20	1.00	1.0	1.00	34.80	18.44	434.27	108.28	0.94	32.71	Siltli KUM	SM
SPT-7	34.50-34.95	34,73	65	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.76	460.91	120.21	0.89	53.40	KUM	SW
SPT-8	36.00-36.45	36,23	29	1.20	1.00	1.0	1.00	34.80	18.25	488.29	132.87	0.85	29.58	Siltli KUM	SM
SPT-9	37.50-37.95	37,73	47	1.20	1.00	1.0	1.00	56.40	18.05	515.37	145.24	0.81	45.68	Siltli KUM	SM
SPT-10	39.00-39.45	39,23	44	1.20	1.00	1.0	1.00	52.80	17.85	542.15	157.30	0.78	41.18	Siltli KUM	SM
SPT-11	40.50-40.95	40,73	R	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.56	568.49	168.93	0.75	45.00	Siltli ÇAKIL	SM
SPT-12	42.00-42.45	42,23	R	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.46	594.68	180.40	0.73	43.80	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-15

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 8,00 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_\eta / \gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{1/\sigma'}$ (kPa)) Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	8.00-8.45	8,23	2	1.20	0.95	1.0	1.00	2.28	17.46	82.50	1.76	1.70	3.88	Siltli KUM	SM
SPT-2	9.00-9.45	9,23	10	1.20	1.00	1.0	1.00	12.00	17.36	99.86	9.31	1.70	20.40	Siltli KUM	SM
SPT-3	10.50-10.95	10,73	4	1.20	1.00	1.0	1.00	4.80	18.93	128.26	23.00	1.48	7.10	Siltli KUM	SM
SPT-4	12.00-12.45	12,23	6	1.20	1.00	1.0	1.00	7.20	17.66	154.75	34.77	1.34	9.65	Siltli KUM	SM
SPT-5	13.50-13.95	13,73	13	1.20	1.00	1.0	1.00	15.60	17.56	181.09	46.40	1.24	19.34	Siltli KUM	SM
SPT-6	15.00-15.45	15,23	30	1.20	1.00	1.0	1.00	36.00	17.56	207.43	58.02	1.17	42.12	Siltli KUM	SM
SPT-8	18.00-18.45	18,23	26	1.20	1.00	1.0	1.00	31.20	17.76	260.71	81.87	1.05	32.76	Siltli KUM	SM
SPT-9	19.50-19.95	19,73	13	1.20	1.00	1.0	1.00	15.60	17.66	287.20	93.65	1.01	15.76	Siltli KUM	SM
SPT-10	21.00-21.45	21,23	52	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.46	313.39	105.12	0.97	58.20	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-16

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 14,00 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	14.50-14.95	14,73	3	1.20	1.00	1.0	1.00	3.60	17.76	150.30	5.80	1.70	6.12	Siltli KUM	SM
SPT-2	16.00-16.45	16,23	2	1.20	1.00	1.0	1.00	2.40	18.05	177.38	18.16	1.70	2.40	SİLT	ML
SPT-3	16.50-16.95	16,73	8	1.20	1.00	1.0	1.00	9.60	17.76	186.26	22.14	1.70	16.32	Siltli KUM	SM
SPT-4	18.00-18.45	18,23	4	1.20	1.00	1.0	1.00	4.80	17.56	212.60	33.76	1.68	8.06	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-5	19.50-19.95	19,73	7	1.20	1.00	1.0	1.00	8.40	17.46	238.79	45.24	1.45	12.18	Siltli KUM	SM
SPT-6	21.00-21.45	21,23	7	1.20	1.00	1.0	1.00	8.40	17.76	265.43	57.16	1.29	10.84	Siltli KUM	SM
SPT-7	22.50-22.95	22,73	9	1.20	1.00	1.0	1.00	10.80	17.66	291.92	68.94	1.18	12.74	Siltli KUM	SM
SPT-8	24.00-24.45	24,23	9	1.20	1.00	1.0	1.00	10.80	17.66	318.41	80.71	1.09	11.77	Siltli KUM	SM
SPT-9	25.50-25.95	25,73	18	1.20	1.00	1.0	1.00	21.60	17.95	345.34	92.93	1.01	21.82	Siltli KUM	SM
SPT-10	27.00-27.45	27,23	15	1.20	1.00	1.0	1.00	18.00	18.15	372.57	105.44	0.95	17.10	Siltli KUM	SM
SPT-11	28.50-28.95	28,73	54	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.05	399.65	117.81	0.90	54.00	Siltli KUM	SM
SPT-12	30.00-30.45	30,23	12	1.20	1.00	1.0	1.00	14.40	17.76	426.29	129.73	0.86	12.38	Siltli KUM	SM
SPT-13	31.50-31.95	31,73	41	1.20	1.00	1.0	1.00	49.20	17.85	453.07	141.80	0.82	40.34	Siltli KUM	SM
SPT-14	33.00-33.45	33,23	14	1.20	1.00	1.0	1.00	16.80	18.15	480.30	154.31	0.79	13.27	Siltli KUM	SM
SPT-15	34.50-34.95	34,73	50	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.76	506.94	166.24	0.76	45.60	Siltli KUM	SM
SPT-16	36.00-36.45	36,23	19	1.20	1.00	1.0	1.00	22.80	17.95	533.87	178.45	0.73	16.64	Siltli KUM	SM
SPT-17	37.50-37.95	37,73	18	1.20	1.00	1.0	1.00	21.60	18.05	560.95	190.82	0.71	15.34	Siltli KUM	SM
SPT-18	39.00-39.45	39,23	18	1.20	1.00	1.0	1.00	21.60	18.05	588.03	203.18	0.69	14.90	Siltli KUM	SM
SPT-19	40.50-40.95	40,73	54	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.95	614.96	215.40	0.67	40.20	Siltli KUM	SM
SPT-20	42.00-42.45	42,23	71	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.85	641.74	227.46	0.65	39.00	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-17

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 9,60 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_\eta / \gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	10.00-10.45	10,23	4	1.20	1.00	1.0	1.00	4.80	17.95	105.48	5.12	1.70	8.16	Siltli KUM	SM
SPT-2	10.50-10.95	10,73	8	1.20	1.00	1.0	1.00	9.60	17.76	114.36	9.10	1.70	16.32	Siltli KUM	SM
SPT-3	12.00-12.45	12,23	10	1.20	1.00	1.0	1.00	12.00	17.76	141.00	21.02	1.70	20.40	Siltli KUM	SM
SPT-4	13.50-13.95	13,73	6	1.20	1.00	1.0	1.00	7.20	18.05	168.08	33.39	1.69	12.17	Siltli KUM	SM
SPT-5	15.00-15.45	15,23	14	1.20	1.00	1.0	1.00	16.80	17.85	194.86	45.45	1.45	24.36	Siltli KUM	SM
SPT-6	16.50-16.95	16,73	3	1.20	1.00	1.0	1.00	3.60	18.25	222.24	58.12	1.28	4.61	Siltli KUM	SM
SPT-8	19.50-19.95	19,73	15	1.20	1.00	1.0	1.00	18.00	17.76	275.52	81.97	1.08	19.44	Siltli KUM	SM
SPT-9	21.00-21.45	21,23	16	1.20	1.00	1.0	1.00	19.20	17.66	302.01	93.74	1.01	19.39	Siltli KUM	SM
SPT-10	22.50-22.95	22,73	20	1.20	1.00	1.0	1.00	24.00	17.95	328.94	105.96	0.95	22.80	Siltli KUM	SM
SPT-11	24.00-24.45	24,23	28	1.20	1.00	1.0	1.00	33.60	18.15	356.17	118.47	0.90	30.24	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-12	25.50-25.95	25,73	48	1.20	1.00	1.0	1.00	57.60	17.85	382.95	130.54	0.86	49.54	Siltli KUM	SM
SPT-13	27.00-27.24	27,12	R	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.25	408.32	142.27	0.82	49.20	Siltli KUM	GM

Kuyu No : SK-18

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 3,00 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN $9.78 * \sqrt{(1/\sigma' (kPa))}$ Liao ve	$N_{1,60}$ $N_{60} * CN$	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	3.00-3.45	3,23	9	1.20	0.85	1.0	1.00	9.18	17.95	33.56	1.87	1.70	15.61	KUM	SW
SPT-2	4.50-4.95	4,73	44	1.20	0.95	1.0	1.00	50.16	18.15	60.79	14.39	1.70	85.27	Siltli ÇAKIL	GM

Kuyu No : SK-19

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 12,20 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN $9.78 * \sqrt{(1/\sigma' (kPa))}$ Liao ve	$N_{1,60}$ $N_{60} * CN$	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	12.60-13.05	12,83	10	1.20	1.00	1.0	1.00	12.00	18.44	131.30	5.44	1.70	20.40	KUM	SW
SPT-2	13.50-13.95	13,73	5	1.20	1.00	1.0	1.00	6.00	18.05	147.55	12.86	1.70	10.20	Siltli KUM	SM
SPT-3	15.00-15.45	15,23	6	1.20	1.00	1.0	1.00	7.20	18.15	174.78	25.37	1.70	12.24	Siltli KUM	SM
SPT-4	16.50-16.95	16,73	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	17.85	201.56	37.44	1.60	1.92	Siltli KUM	SM
SPT-5	18.00-18.45	18,23	9	1.20	1.00	1.0	1.00	10.80	18.54	229.37	50.53	1.38	14.90	Siltli KUM	SM
SPT-6	19.50-19.95	19,73	29	1.20	1.00	1.0	1.00	34.80	18.05	256.45	62.90	1.23	42.80	Siltli KUM	SM
SPT-7	21.00-21.45	21,23	15	1.20	1.00	1.0	1.00	18.00	17.85	283.23	74.96	1.13	20.34	Siltli KUM	SM
SPT-8	22.50-22.95	22,73	16	1.20	1.00	1.0	1.00	19.20	17.76	309.87	86.89	1.05	20.16	Siltli KUM	SM
SPT-9	24.00-24.45	24,23	25	1.20	1.00	1.0	1.00	30.00	17.66	336.36	98.66	0.98	29.40	KUM	SW

Kuyu No : SK-20

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 8,00 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	9.00-9.45	9,23	17	1.20	1.00	1.0	1.00	20.40	19.33	102.26	11.71	1.70	34.68	Siltli KUM	SM
SPT-2	10.50-10.95	10,73	7	1.20	1.00	1.0	1.00	8.40	18.64	130.22	24.96	1.70	14.28	Siltli KUM	SM
SPT-3	12.00-12.45	12,23	9	1.20	1.00	1.0	1.00	10.80	18.84	158.48	38.50	1.58	17.06	Siltli KUM	SM
SPT-4	13.50-13.95	13,73	14	1.20	1.00	1.0	1.00	16.80	19.23	187.33	52.64	1.35	22.68	Siltli KUM	SM
SPT-5	15.00-15.45	15,23	13	1.20	1.00	1.0	1.00	15.60	19.13	216.03	66.62	1.20	18.72	Siltli KUM	SM
SPT-6	16.50-16.95	16,73	26	1.20	1.00	1.0	1.00	31.20	18.74	244.14	80.02	1.09	34.01	Siltli KUM	SM
SPT-7	18.00-18.45	18,23	30	1.20	1.00	1.0	1.00	36.00	18.84	272.40	93.56	1.01	36.36	Siltli KUM	SM
SPT-8	19.50-19.95	19,73	27	1.20	1.00	1.0	1.00	32.40	18.64	300.36	106.81	0.95	30.78	Siltli KUM	SM
SPT-9	21.00-21.45	21,23	23	1.20	1.00	1.0	1.00	27.60	18.84	328.62	120.35	0.89	24.56	Siltli KUM	SM
SPT-10	22.50-22.95	22,73	31	1.20	1.00	1.0	1.00	37.20	18.64	356.58	133.60	0.85	31.62	Siltli KUM	SM
SPT-11	24.00-24.45	24,23	35	1.20	1.00	1.0	1.00	42.00	19.03	385.13	147.43	0.81	34.02	Siltli KUM	SM
SPT-12	25.50-25.95	25,73	32	1.20	1.00	1.0	1.00	38.40	18.93	413.53	161.12	0.77	29.57	Siltli KUM	SM
SPT-13	27.00-27.45	27,23	37	1.20	1.00	1.0	1.00	44.40	18.64	441.49	174.36	0.74	32.86	Siltli KUM	SM
SPT-14	28.50-28.95	28,73	51	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	19.13	470.19	188.35	0.71	42.60	Siltli KUM	SM
SPT-15	30.00-30.45	30,23	R	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.93	498.59	202.03	0.69	41.40	KUM	SW
SPT-16	31.50-31.93	31,72	R	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	19.33	527.39	216.22	0.67	40.20	KUM	SW

Kuyu No : SK-21

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 15,30 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	15.30-15.75	15,53	3	1.20	1.00	1.0	1.00	3.60	18.25	154.29	1.94	1.70	6.12	Siltli KUM	SM
SPT-2	16.50-16.95	16,73	8	1.20	1.00	1.0	1.00	9.60	18.05	175.95	11.83	1.70	16.32	Siltli KUM	SM
SPT-3	18.00-18.45	18,23	4	1.20	1.00	1.0	1.00	4.80	17.76	202.59	23.75	1.70	8.16	Siltli KUM	SM
SPT-4	19.50-19.95	19,73	10	1.20	1.00	1.0	1.00	12.00	18.44	230.25	36.70	1.61	19.32	Siltli KUM	SM
SPT-5	21.00-21.45	21,23	7	1.20	1.00	1.0	1.00	8.40	18.05	257.33	49.06	1.40	11.76	Siltli KUM	SM
SPT-6	22.50-22.95	22,73	11	1.20	1.00	1.0	1.00	13.20	18.15	284.56	61.58	1.25	16.50	Siltli KUM	SM
SPT-7	24.00-24.45	24,23	16	1.20	1.00	1.0	1.00	19.20	17.85	311.34	73.64	1.14	21.89	Siltli KUM	SM
SPT-8	25.50-25.95	25,73	18	1.20	1.00	1.0	1.00	21.60	17.95	338.27	85.86	1.06	22.90	Siltli KUM	SM
SPT-9	27.00-27.45	27,23	24	1.20	1.00	1.0	1.00	28.80	18.15	365.50	98.37	0.99	28.51	Siltli KUM	SM
SPT-10	28.50-28.95	28,73	45	1.20	1.00	1.0	1.00	54.00	18.44	393.16	111.32	0.93	54.00	SİLT	ML
SPT-11	30.00-30.45	30,23	25	1.20	1.00	1.0	1.00	30.00	18.25	420.54	123.98	0.88	26.40	Siltli KUM	SM
SPT-12	31.50-31.95	31,73	29	1.20	1.00	1.0	1.00	34.80	18.34	448.05	136.78	0.84	34.80	SİLT	ML
SPT-13	33.00-33.45	33,23	29	1.20	1.00	1.0	1.00	34.80	17.76	474.69	148.70	0.80	34.80	SİLT	ML
SPT-14	34.50-34.95	34,73	53	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.36	500.73	160.03	0.77	46.20	Siltli KUM	SM
SPT-15	36.00-36.45	36,23	67	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.85	527.51	172.09	0.75	60.00	SİLT	ML
SPT-16	37.50-37.95	37,73	51	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.66	554.00	183.87	0.72	43.20	Siltli KUM	SM
SPT-17	39.00-39.45	39,23	59	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.15	581.23	196.38	0.70	42.00	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-22

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) : 5,50 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık γ/γ_{sat} (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN $9.78 * \sqrt{1/\sigma'}$ (kPa) Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ $N_{60} * CN$	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-3	10,50-10,95	10,73	15	1.20	1.00	1.0	1.00	18.00	18.05	148.36	43.10	1.49	26.82	KUM	SW
SPT-5	13,50-13,90	13,70	R	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.25	203.11	68.42	1.18	70.80	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-23

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

YASS (m) : 15,50 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$ N ₆₀	Birim Hacim Ağırlık γ/γ_{sat} (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN $9.78 * \sqrt{1/\sigma'}$ (kPa) Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ $N_{60} * CN$	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	1.50-1.95	1,73	25	1.20	0.75	1.0	1.00	22.50	19.03	32.92	32.92	1.70	38.25	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-2	3.00-3.45	3,23	15	1.20	0.85	1.0	1.00	15.30	18.44	60.58	60.58	1.26	19.28	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-3	7.50-7.95	7,73	R	1.20	0.95	1.0	1.00	57.00	18.54	144.01	144.01	0.81	46.17	Siltli ÇAKIL	GM

Kuyu No : SK-24

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

YASS (m) 10,50 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN $9.78 * \sqrt{1/\sigma'}$ (kPa) Liao ve	$N_{1,60}$ $N_{60} * CN$	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	1.50-1.95	1,73	18	1.20	0.75	1.0	1.00	16.20	18.25	31.57	31.57	1.70	27.54	Siltli KUM	SM
SPT-2	3.00-3.45	3,23	29	1.20	0.85	1.0	1.00	29.58	18.84	59.83	59.83	1.26	37.27	Siltli ÇAKIL	GM

Kuyu No : SK-25

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 6,00 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN $9.78 * \sqrt{1/\sigma'}$ (kPa) Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ $N_{60} * CN$	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	6.00-6.45	6,23	3	1.20	0.95	1.0	1.00	3.42	17.85	62.97	1.85	1.70	5.81	Siltli KUM	SM
SPT-2	7.50-7.95	7,73	11	1.20	0.95	1.0	1.00	12.54	18.15	90.20	14.37	1.64	20.57	Siltli KUM	SM
SPT-3	9.00-9.45	9,23	3	1.20	1.00	1.0	1.00	3.60	17.95	117.13	26.58	1.43	5.15	Siltli KUM	SM
SPT-4	10.50-10.95	10,73	13	1.20	1.00	1.0	1.00	15.60	18.05	144.21	38.95	1.30	20.28	Siltli KUM	SM
SPT-5	12.00-12.45	12,23	5	1.20	1.00	1.0	1.00	6.00	17.56	170.55	50.57	1.22	7.32	Siltli KUM	SM
SPT-6	13.50-13.95	13,73	9	1.20	1.00	1.0	1.00	10.80	17.66	197.04	62.35	1.15	12.42	Siltli KUM	SM
SPT-7	15.00-15.45	15,23	13	1.20	1.00	1.0	1.00	15.60	17.85	223.82	74.41	1.09	17.00	Siltli KUM	SM
SPT-8	16.50-16.95	16,73	22	1.20	1.00	1.0	1.00	26.40	17.66	250.31	86.19	1.04	27.46	KUM	SW
SPT-9	18.00-18.45	18,23	10	1.20	1.00	1.0	1.00	12.00	17.56	276.65	97.81	0.99	11.88	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-26

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 19,00 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{60}^{*C_E * C_R * C_S * C_B}$	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ $N_{60} * CN$	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	19.00-19.45	19,23	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	19.13	190.79	2.14	1.70	2.04	Siltli KUM	SM
SPT-2	22.00-22.45	22,23	9	1.20	1.00	1.0	1.00	10.80	19.52	249.35	31.27	1.70	18.36	Siltli KUM	SM
SPT-3	23.50-23.95	23,73	7	1.20	1.00	1.0	1.00	8.40	19.62	278.78	45.99	1.44	12.10	KUM	SW
SPT-4	25.00-25.45	25,23	22	1.20	1.00	1.0	1.00	26.40	19.33	307.78	60.27	1.26	33.26	KUM	SW
SPT-5	26.50-26.95	26,73	23	1.20	1.00	1.0	1.00	27.60	19.03	336.33	74.11	1.14	27.60	SİLT	ML
SPT-6	28.00-28.45	28,23	53	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.64	364.29	87.35	1.05	60.00	SİLT	ML

Kuyu No : SK-27

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 16,00 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ $N_{60} * CN$	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	16.00-16.45	16,23	1	1.20	1.00	1.0	1.00	1.20	18.25	161.16	1.94	1.70	2.04	Siltli KUM	SM
SPT-2	16.50-16.95	16,73	28	1.20	1.00	1.0	1.00	33.60	17.95	170.14	6.02	1.70	57.12	Siltli KUM	SM
SPT-3	18.00-18.45	18,23	12	1.20	1.00	1.0	1.00	14.40	17.85	196.92	18.08	1.70	24.48	Siltli KUM	SM
SPT-4	19.50-19.95	19,73	24	1.20	1.00	1.0	1.00	28.80	17.95	223.85	30.30	1.70	48.96	Siltli KUM	SM
SPT-5	21.00-21.45	21,23	23	1.20	1.00	1.0	1.00	27.60	18.25	251.23	42.96	1.49	41.12	Siltli KUM	SM
SPT-6	22.50-22.95	22,73	13	1.20	1.00	1.0	1.00	15.60	17.66	277.72	54.74	1.32	20.59	Siltli KUM	SM
SPT-7	24.00-24.45	24,23	51	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.56	304.06	66.36	1.20	72.00	Siltli KUM	SM
SPT-8	25.50-25.95	25,73	37	1.20	1.00	1.0	1.00	44.40	17.46	330.25	77.84	1.11	49.28	Siltli KUM	SM
SPT-9	27.00-27.43	27,22	R	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	17.36	356.12	89.09	1.04	62.40	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-28

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 8,50 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	$N_{30} * C_E * C_R * C_S * C_B$	Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{\eta}/\gamma_{sat}$ (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78* $\sqrt{(1/\sigma'(\text{kPa}))}$ Liao ve Whitman (1986)	$N_{1,60}$ $N_{60} * CN$	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	9.00-9.45	9,23	6	1.20	1.00	1.0	1.00	7.20	17.95	96.49	5.94	1.70	12.24	Siltli KUM	SM
SPT-2	10.50-10.95	10,73	14	1.20	1.00	1.0	1.00	16.80	18.05	123.57	18.31	1.70	28.56	Siltli KUM	SM
SPT-3	12.00-12.45	12,23	13	1.20	1.00	1.0	1.00	15.60	18.05	150.65	30.67	1.70	26.52	Siltli KUM	SM
SPT-4	13.50-13.95	13,73	16	1.20	1.00	1.0	1.00	19.20	17.85	177.43	42.74	1.50	28.80	Siltli KUM	SM
SPT-5	15.00-15.45	15,23	48	1.20	1.00	1.0	1.00	57.60	18.44	205.09	55.68	1.31	75.46	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-6	16.50-16.95	16,73	R	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.54	232.90	68.78	1.18	70.80	Siltli KUM	SM
SPT-7	18.00-18.45	18,23	89	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.15	260.13	81.29	1.08	64.80	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-8	19.50-19.75	19,63	R	1.20	1.00	1.0	1.00	60.00	18.05	285.40	92.83	1.02	61.20	Siltli KUM	SM

Kuyu No : SK-29

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

YASS (m) 14,60 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	N ₆₀ N ₃₀ *C _E *C _R *C _S *C _B	Birim Hacim Ağırlık Y _η /Y _{sat} (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78*√(1/σ'(kPa)) Liao ve Whitman (1986)	N _{1,60} N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	0.00-0.45	0,23	11	1.20	0.75	1.0	1.00	9.90	18.64	4.29	4.29	1.70	9.90	KİL	CL
SPT-2	1.50-1.95	1,73	9	1.20	0.75	1.0	1.00	8.10	18.05	31.37	31.37	1.70	13.77	Siltli KUM	SM
SPT-3	3.00-3.45	3,23	22	1.20	0.85	1.0	1.00	22.44	17.85	58.15	58.15	1.28	28.72	Siltli ÇAKIL	GM
SPT-4	4.50-4.95	4,73	29	1.20	0.95	1.0	1.00	33.06	17.76	84.79	84.79	1.06	35.04	Siltli ÇAKIL	GM

Kuyu No : SK-30

Kuyu Çapı (mm) : 89 mm

Enerji Düzeltmesi : Otomatik Darbeli Tokmak (0.90-1.60)

Su Derinliği (m) 3,00 m

Örnekleyici Tipi : İç Tüpü yok

Örnek No	Deney Seviyesi	Derinlik (m)	N ₃₀	C _E	C _R	C _S	C _B	N ₆₀ N ₃₀ *C _E *C _R *C _S *C _B	Birim Hacim Ağırlık Y _η /Y _{sat} (kN/m ³)	σ (kPa)	σ' (kPa)	CN 9.78*√(1/σ'(kPa)) Liao ve Whitman (1986)	N _{1,60} N ₆₀ *CN	Zemin sınıfı	Zemin Tipi (USCS)
SPT-1	3.00-3.45	3,23	48	1.20	0.85	1.0	1.00	48.96	17.85	33.54	1.85	1.70	83.23	KUM	SW
SPT-2	4.50-4.95	4,73	12	1.20	0.95	1.0	1.00	13.68	18.34	61.05	14.65	1.70	23.26	ÇAKIL	GW

EK 4. SPT verilerine göre sıvılaşma analizi sonuçları.

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi	Birim Kalınlık Z (m)	N ₃₀	Zemin Tipi (USCS)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	İnce Dane İçeriği (%)	σ _o (kPa)	σ _o ' (kPa)	CN	N _{1,60}	N _{1,60r}	rd Liao ve Whitman (1986)	τ _{deprem}	CM=2.21 CRR7.5	Sıvılaşma Direnci τ _R	τ _R /τ _{deprem} ≥ 1.10	Mw=5.5 Sds=0.669 Sıvılaşma Durumu	W _(z)	P _{L(z)}	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (L _s)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Tanımı
SK-1	SPT-1	16.00-16.45	1.23	3	SM	NP	7.4	32.80	168.75	9.53	1.70	6.12	12.08	0.99	29.09	0.13	2.74	0.09	Sıvılaşma Beklenir	9.39	1.00	11.55	Orta
SK-1	SPT-2	18.00-18.45	3.23	6	ML	NP	9.7	55.60	204.07	25.23	1.70	7.20	13.64	0.98	34.61	0.15	8.36	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	8.39	0.00	0.00	
SK-1	SPT-3	19.50-19.95	4.73	1	SM	NP	2.3	23.30	230.11	36.56	1.62	1.94	6.23	0.964	38.580	0.080	6.460	0.170	Sıvılaşma Beklenir	7.64	1.00	11.46	
SK-1	SPT-4	21.00-21.45	6.23	15	SM	NP	-	32.40	257.04	48.77	1.40	25.20	34.45	N _{1,60r} ≥34				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-5	22.50-22.95	7.73	11	SM	NP	-	25.30	283.53	60.55	1.26	16.63	22.90	0.941	46.410	0.260	34.790	0.750	Sıvılaşma Beklenir	6.14	0.75	6.91	
SK-1	SPT-6	24.00-24.45	9.23	7	SM	NP	5.7	32.10	310.31	72.61	1.15	9.66	16.15	0.928	50.090	0.170	27.280	0.540	Sıvılaşma Beklenir	5.39	0.93	7.52	
SK-1	SPT-8	27.00-27.45	12.23	14	SM	NP	-	11.80	363.29	96.16	1.00	16.80	18.80	0.847	53.520	0.200	42.500	0.790	Sıvılaşma Beklenir	3.89	0.71	8.29	
SK-1	SPT-9	28.50-28.95	13.73	1	SM	NP	7.4	33.10	390.07	108.23	0.94	1.13	6.22	0.807	54.750	0.080	19.140	0.350	Sıvılaşma Beklenir	3.14	0.99	4.66	
SK-1	SPT-10	30.00-30.45	15.23	19	SM	NP	-	7.50	417.45	120.89	0.89	20.29	20.70	0.767	55.690	0.220	58.780	1.060	Sıvılaşma Beklenir	2.39	0.39	1.40	
SK-1	SPT-11	31.50-33.70	17.60	1	SM	NP	13.5	42.60	460.23	140.42	0.83	1.00	6.20	0.70	56.36	0.08	24.83	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	1.20	0.00	0.00	
SK-1	SPT-12	34.50-34.95	19.73	22	SM	NP	-	42.40	498.46	157.76	0.78	20.59	29.71	0.65	56.10	0.45	156.89	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	0.14	0.00	0.00	
SK-1	SPT-13	36.00-36.45	21.23	15	ML	NP	-	62.00	524.65	169.23	0.75	18.00	26.60	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-14	37.50-37.95	22.73	14	SM	NP	12.6	43.00	551.58	181.45	0.73	12.26	19.71	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-15	39.00-39.45	24.23	1	SM	NP	-	48.00	578.07	193.22	0.70	0.84	6.01	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-16	40.50-43.50	27.00	1	SM	NP	11.1	46.80	626.99	214.97	0.67	0.80	5.96	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-17	43.50-43.95	28.73	5	ML	NP	-	51.10	657.71	228.72	0.65	6.00	12.20	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-18	45.00-45.45	30.23	1	ML	14.0	36.9	85.20	685.22	241.51	0.63	1.20	6.44	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-19	46.50-46.95	31.73	4	CL	19.7	45.0	71.30	713.48	255.06	0.61	4.80	10.76	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-20	48.00-48.45	33.23	5	CL	24.8	63.5	90.60	741.88	268.74	0.60	6.00	12.20	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-21	49.50-49.95	34.73	1	CL	24.1	53.0	80.80	769.99	282.14	0.58	1.20	6.44	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-22	52.50-52.95	37.73	3	CL	22.8	47.8	72.40	825.31	308.03	0.56	3.60	9.32	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-23	54.00-54.45	39.23	1	CL	23.5	59.7	95.60	853.71	321.71	0.55	1.20	6.44	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi	Birim Kalınlık Z (m)	N ₃₀	Zemin Tipi (USCS)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	İnce Dane İçeriği (%)	σ _o (kPa)	σ _o ' (kPa)	CN	N _{1,60}	N _{1,60r}	rd Liao ve Whitman (1986)	τ _{deprem}	CM=2.21 CRR7.5	Sıvılaşma Direnci τ _R	τ _R /r _{deprem} ≥ 1.10	Mw=5.5 Sds=0.669 Sıvılaşma Durumu	W _(z)	P _{L(z)}	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (I _s)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Tanımı
SK-1	SPT-24	55.50-55.95	40.73	29	ML	12.1	-	55.80	880.35	333.64	0.54	34.80	46.76	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	Orta	
SK-1	SPT-25	57.00-57.45	42.23	4	CL	19.4	45.0	77.70	908.31	346.88	0.53	4.80	10.76	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-26	58.50-58.95	43.73	15	CL	20.6	37.8	65.20	935.97	359.83	0.52	18.00	26.60	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-27	60.00-60.45	45.23	30	CL	16.0	39.8	77.10	963.78	372.92	0.51	36.00	48.20	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-28	61.50-61.95	46.73	20	ML	NP	-	78.90	991.44	385.87	0.50	24.00	33.80	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-29	63.00-63.45	48.23	30	ML	NP	-	64.60	1018.82	398.53	0.49	36.00	48.20	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-1	SPT-30	64.50-64.95	49.73	74	ML	NP	-	62.10	1045.90	410.90	0.48	60.00	77.00	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-2	SPT-1	6.60-7.05	0.53	5	SM	NP		12.20	71.32	4.32	1.70	9.69	11.63	1.00	12.36	0.13	1.24	0.10	Sıvılaşma Beklenir	9.74	1.00	5.16	Orta
SK-2	SPT-2	7.50-7.95	1.43	5	SM	NP		9.30	87.66	11.83	1.70	9.69	10.51	0.99	15.08	0.12	3.14	0.21	Sıvılaşma Beklenir	9.29	1.00	13.28	
SK-2	SPT-3	9.00-9.45	2.93	1	SM	NP		20.40	114.15	23.60	1.47	1.76	5.59	0.98	19.42	0.08	4.17	0.21	Sıvılaşma Beklenir	8.54	1.00	12.81	
SK-2	SPT-4	10.50-10.95	4.43	11	SM	NP		6.00	140.19	34.93	1.34	17.69	17.80	0.97	23.56	0.19	14.67	0.62	Sıvılaşma Beklenir	7.79	0.88	10.28	
SK-2	SPT-5	12.00-12.45	5.93	14	SM	NP		6.90	166.97	46.99	1.24	20.83	21.11	0.96	27.74	0.23	23.89	0.86	Sıvılaşma Beklenir	7.04	0.62	6.55	
SK-2	SPT-6	13.50-13.95	7.43	10	SM	NP		19.10	193.46	58.77	1.17	14.04	18.52	0.94	31.73	0.20	25.98	0.82	Sıvılaşma Beklenir	6.29	0.67	6.32	
SK-2	SPT-7	15.00-15.45	8.93	19	SM	NP		12.20	220.54	71.13	1.10	25.08	27.52	0.93	35.75	0.35	55.02	1.54	Sıvılaşma Beklenmez	5.54	0.00	0.00	
SK-2	SPT-8	16.50-16.95	10.43	26	SM	NP		15.80	247.47	83.35	1.05	32.76	37.21	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-2	SPT-9	19.50-19.95	13.43	6	SM	NP		9.60	300.75	107.20	0.96	6.91	7.79	0.82	42.63	0.09	21.32	0.50	Sıvılaşma Beklenir	3.29	0.95	9.38	
SK-2	SPT-10	21.00-21.45	14.93	28	SM	NP		13.80	327.24	118.97	0.93	31.25	34.68	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-2	SPT-11	22.50-22.95	16.43	30	SM	NP		12.50	354.02	131.04	0.90	32.40	35.23	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-2	SPT-12	24.00-24.45	17.93	41	SM	NP		11.00	380.66	142.96	0.87	42.80	45.14	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-2	SPT-13	25.50-25.95	19.43	17	SM	NP		11.80	407.74	155.33	0.84	17.14	19.15	0.66	46.45	0.21	72.09	1.55	Sıvılaşma Beklenmez	0.29	0.00	0.00	
SK-3	SPT-1	22.50-22.95	2.23	6	SM	NP	-	40.50	240.71	17.73	1.70	12.24	19.69	0.98	41.16	0.21	8.23	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	8.89	0.00	0.00	Düşük
SK-3	SPT-2	24.00-24.45	3.73	2	SM	NP	-	38.50	267.05	29.35	1.70	4.08	9.90	0.97	45.10	0.11	7.13	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	8.14	0.00	0.00	
SK-3	SPT-3	25.50-25.95	5.23	2	SM	NP	-	27.60	293.83	41.42	1.52	3.65	8.67	0.96	49.06	0.10	9.15	0.19	Sıvılaşma Beklenir	7.39	1.00	11.09	
SK-3	SPT-4	27.00-27.45	6.73	17	SM	NP	-	38.60	320.76	53.63	1.34	27.34	37.81	N _{1,60r} ≥34				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi	Birim Kalınlık Z (m)	N ₃₀	Zemin Tipi (USCS)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	İnce Dane İçeriği (%)	σ_o (kPa)	σ_o' (kPa)	CN	N _{1,60}	N _{1,60r}	rd Liao ve Whitman (1986)	τ_{deprem}	CM=2.21 CRR7.5	Sıvılaşma Direnci τ_R	$\tau_R / r_{deprem} \geq 1.10$	Mw=5.5 Sds=0.669 Sıvılaşma Durumu	W _(z)	P _{L(z)}	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (I _s)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Tanımı
SK-3	SPT-5	28.50-28.95	8.23	6	GM	NP	-	29.10	347.25	65.41	1.21	8.71	14.63	0.94	56.60	0.16	23.13	0.41	Sıvılaşma Beklenir	5.89	0.98	8.66	Orta
SK-3	SPT-6	30.00-30.45	9.73	10	SM	NP	-	20.10	373.74	77.18	1.11	13.32	18.02	0.91	59.42	0.19	32.41	0.55	Sıvılaşma Beklenir	5.14	0.92	7.09	
SK-3	SPT-7	31.50-31.95	11.23	20	SM	NP	-	11.10	400.38	89.11	1.04	24.96	26.88	0.87	60.87	0.34	66.96	1.10	Sıvılaşma Beklenmez	4.39	0.35	2.30	
SK-3	SPT-8	33.00-33.45	12.73	5	SM	NP	-	38.60	427.46	101.47	0.97	5.82	11.98	0.83	62.01	0.13	29.15	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	3.64	0.00	0.00	
SK-3	SPT-9	34.50-34.95	14.23	23	ML	NP	-	50.00	454.24	113.54	0.92	27.60	38.12	N _{1,60r} ≥ 34					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-3	SPT-10	36.00-36.45	15.73	4	SM	NP	-	13.30	481.17	125.75	0.87	4.18	6.33	0.75	63.11	0.08	22.23	0.35	Sıvılaşma Beklenir	2.14	0.99	3.18	
SK-3	SPT-11	37.50-37.95	17.23	7	SM	NP	-	44.70	508.10	137.97	0.83	6.97	13.36	0.71	63.10	0.14	42.69	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	1.39	0.00	0.00	
SK-3	SPT-12	39.00-39.45	18.73	39	ML	NP	-	56.10	535.33	150.48	0.80	46.80	61.16	N _{1,60} > 30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-3	SPT-13	40.50-40.95	20.23	4	SM	NP	-	29.80	562.41	162.85	0.77	3.70	8.96	İnceleme Derinliği > 20 m					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-3	SPT-14	42.00-42.45	21.73	8	ML	NP	17.6	70.90	588.45	174.17	0.74	9.60	16.52	İnceleme Derinliği > 20 m					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-3	SPT-15	43.50-48.00	25.25	1	ML	NP	20.0	65.60	650.97	202.16	0.69	1.20	6.44	İnceleme Derinliği > 20 m					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-3	SPT-16	48.00-48.45	27.73	34	ML	16.0	34.4	94.80	696.70	223.56	0.65	40.80	53.96	N _{1,60} > 30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-3	SPT-17	49.50-49.95	29.23	54	ML	14.8	34.8	85.10	723.78	235.93	0.64	60.00	77.00	N _{1,60} > 30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-3	SPT-18	51.00-51.45	30.73	57	ML	14.4	31.4	78.20	750.71	248.14	0.62	60.00	77.00	N _{1,60} > 30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-3	SPT-19	52.50-52.95	32.23	55	ML	NP	30.5	83.30	777.64	260.36	0.61	60.00	77.00	N _{1,60} > 30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-3	SPT-20	54.00-54.45	33.73	38	ML	16.4	31.4	91.30	804.87	272.87	0.59	45.60	59.72	N _{1,60} > 30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-3	SPT-21	55.50-55.95	35.23	42	ML	18.2	37.6	85.00	832.53	285.82	0.58	50.40	65.48	N _{1,60} > 30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-3	SPT-22	57.00-57.45	36.73	44	ML	NP	29.7	85.40	859.61	298.18	0.57	52.80	68.36	N _{1,60} > 30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-3	SPT-23	58.50-58.95	38.23	48	ML	NP	6.2	38.00	886.10	309.96	0.56	57.60	74.12	N _{1,60} > 30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-4	SPT-1	20.40-20.85	1.63	1	SM	NP	12.2	40.00	215.81	13.43	1.70	2.04	7.45	0.99	37.09	0.09	2.67	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	9.19	0.00	0.00	Orta
SK-4	SPT-2	21.00-21.45	2.23	2	SM	NP	5.7	24.20	226.52	18.25	1.70	4.08	8.73	0.98	38.73	0.10	4.03	0.10	Sıvılaşma Beklenir	8.89	1.00	19.82	
SK-4	SPT-3	22.50-22.95	3.73	3	SM	NP		25.40	253.90	30.92	1.70	6.12	11.17	0.97	42.88	0.12	8.20	0.19	Sıvılaşma Beklenir	8.14	1.00	12.21	
SK-4	SPT-4	24.00-24.45	5.23	4	SM	NP		24.30	281.56	43.86	1.48	7.10	12.09	0.96	47.02	0.13	12.60	0.27	Sıvılaşma Beklenir	7.39	1.00	11.09	
SK-4	SPT-5	25.50-25.95	6.73	12	SM	NP		16.70	308.64	56.23	1.30	18.72	22.75	0.95	50.95	0.25	31.07	0.61	Sıvılaşma Beklenir	6.64	0.88	8.76	

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi	Birim Kalınlık Z (m)	N ₃₀	Zemin Tipi (USCS)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	İnce Dane İçeriği (%)	σ _o (kPa)	σ _o ' (kPa)	CN	N _{1,60}	N _{1,60r}	rd Liao ve Whitman (1986)	τ _{deprem}	CM=2.21 CRR7.5	Sıvılaşma Direnci τ _R	τ _R / r _{deprem} ≥ 1.10	Mw=5.5 Sds=0.669 Sıvılaşma Durumu	W _(z)	P _{L(z)}	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (I _s)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Tanımı	
SK-4	SPT-6	27.00-27.45	8.23	12	SM	NP		25.90	335.42	68.29	1.18	16.99	23.44	0.94	54.67	0.26	39.24	0.72	Sıvılaşma Beklenir	5.89	0.78	6.89		
SK-4	SPT-7	28.50-28.95	9.73	7	ML	NP	-	61.80	362.65	80.81	1.09	8.40	15.08	0.91	57.65	0.16	28.57	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	5.14	0.00	0.00		
SK-4	SPT-9	31.50-31.95	12.73	17	SM	NP	14.3	27.30	417.10	105.83	0.95	19.38	26.46	0.83	60.51	0.32	74.84	1.24	Sıvılaşma Beklenmez	3.64	0.24	2.62		
SK-4	SPT-10	33.00-33.45	14.23	25	SM	NP	-	43.80	444.18	118.19	0.90	27.00	37.40	N _{1,60r} ≥ 34				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00			
SK-4	SPT-11	37.50-37.95	18.73	16	ML	NP	-	58.20	527.61	157.48	0.78	19.20	28.04	0.67	61.85	0.37	128.77	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	0.64	0.00	0.00		
SK-4	SPT-12	39.00-39.45	20.23	6	ML	14.3	-	88.20	554.54	169.69	0.75	7.20	13.64	İnceleme Derinliği > 20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00			
SK-4	SPT-13	42.00-42.45	23.23	9	ML	NP	31.0	83.80	609.29	195.01	0.70	10.80	17.96	İnceleme Derinliği > 20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00			
SK-4	SPT-14	43.50-43.95	24.73	14	ML	NP	23.5	84.70	636.80	207.81	0.68	16.80	25.16	İnceleme Derinliği > 20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00			
SK-4	SPT-15	45.00-45.45	26.23	30	ML	15.3	24.7	73.30	664.46	220.75	0.66	36.00	48.20	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00			
SK-4	SPT-16	46.50-46.95	27.73	36	ML	NP	31.7	63.00	690.95	232.53	0.64	43.20	56.84	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00			
SK-4	SPT-17	48.00-48.45	29.23	65	ML	NP	24.6	64.70	718.03	244.89	0.62	60.00	77.00	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00			
SK-4	SPT-18	49.50-49.95	30.73	66	SM	NP	-	46.70	744.52	256.67	0.61	36.60	48.92	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00			
SK-4	SPT-19	51.00-51.45	32.23	72	SM	NP	-	36.80	771.45	268.88	0.60	36.00	48.20	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00			
SK-5	SPT-1	9.10-9.55	0.33	3	SM	NP		8.70	94.21	2.68	1.70	6.12	6.69	1.00	16.34	0.09	0.53	0.03	Sıvılaşma Beklenir	9.84	1.00	3.25		Orta
SK-5	SPT-2	10.50-10.95	1.73	5	SM	NP		22.60	118.93	13.67	1.70	10.20	15.20	0.99	20.42	0.16	4.83	0.24	Sıvılaşma Beklenir	9.14	1.00	15.81		
SK-5	SPT-3	12.00-12.45	3.23	5	SM	NP		21.70	144.97	24.99	1.70	10.20	15.01	0.98	24.59	0.16	8.84	0.36	Sıvılaşma Beklenir	8.39	0.99	12.46		
SK-5	SPT-4	13.50-13.95	4.73	4	SM	NP		22.50	171.31	36.62	1.62	7.78	12.53	0.96	28.72	0.14	11.33	0.39	Sıvılaşma Beklenir	7.64	0.98	11.23		
SK-5	SPT-5	15.00-15.45	6.23	9	SM	NP		6.70	197.65	48.24	1.41	15.23	15.43	0.95	32.73	0.16	17.06	0.52	Sıvılaşma Beklenir	6.89	0.94	9.71		
SK-5	SPT-6	16.50-16.95	7.73	6	GM	NP		14.30	225.61	61.49	1.25	9.00	11.69	0.94	36.93	0.13	17.67	0.48	Sıvılaşma Beklenir	6.14	0.96	8.84		
SK-5	SPT-7	18.00-18.45	9.23	12	SM	NP		35.20	253.27	74.43	1.13	16.27	24.52	0.93	40.88	0.28	46.06	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	5.39	0.00	0.00		
SK-5	SPT-8	19.50-19.95	10.73	33	SM	NP		26.90	280.50	86.95	1.05	41.58	51.44	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00			
SK-5	SPT-9	21.00-21.45	12.23	51	SM	NP		36.90	307.88	99.61	0.98	58.80	75.56	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00			
SK-5	SPT-10	22.50-22.95	13.73	54	SM	NP		30.00	335.69	112.71	0.92	55.20	68.42	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00			
SK-5	SPT-11	24.00-24.45	15.23	61	SM	NP		42.50	362.77	125.07	0.87	52.20	67.64	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00			

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi	Birim Kalınlık Z (m)	N ₃₀	Zemin Tipi (USCS)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	İnce Dane İçeriği (%)	σ _o (kPa)	σ _o ' (kPa)	CN	N _{1,60}	N _{1,60r}	rd Liao ve Whitman (1986)	τ _{deprem}	CM=2.21 CRR7.5	Sıvılaşma Direnci τ _r	τ _r /r _{deprem} ≥ 1.10	Mw=5.5 Sds=0.669 Sıvılaşma Durumu	W _(z)	P _{L(z)}	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (I _s)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Tanımı
SK-5	SPT-12	25.50-25.95	16.73	50	SM	NP		32.50	390.00	137.59	0.83	49.80	63.38	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	Orta
SK-6	SPT-1	6.10-6.55	0.83	5	SM	NP		1.80	68.85	6.75	1.70	9.69	9.69	0.99	11.90	0.11	1.64	0.14	Sıvılaşma Beklenir	9.59	1.00	7.96	
SK-6	SPT-2	7.50-7.95	2.23	7	SM	NP		18.70	93.71	17.88	1.70	13.57	17.91	0.98	16.02	0.19	7.51	0.47	Sıvılaşma Beklenir	8.89	0.96	19.03	
SK-6	SPT-4	10.50-10.95	5.23	13	SM	NP		13.40	146.69	41.43	1.52	23.71	26.65	0.96	24.49	0.33	30.21	1.23	Sıvılaşma Beklenmez	7.39	0.25	5.54	
SK-6	SPT-5	12.00-12.45	6.73	10	SM	NP		10.10	173.77	53.79	1.33	15.96	17.22	0.95	28.68	0.18	21.40	0.75	Sıvılaşma Beklenir	6.64	0.75	7.47	
SK-6	SPT-6	13.50-13.95	8.23	11	SM	NP		14.00	200.11	65.42	1.21	15.97	18.85	0.94	32.61	0.20	28.92	0.89	Sıvılaşma Beklenir	5.89	0.58	5.12	
SK-6	SPT-7	15.00-15.45	9.73	13	SM	NP		5.40	226.30	76.89	1.12	17.47	17.52	0.91	35.98	0.19	32.29	0.90	Sıvılaşma Beklenir	5.14	0.57	4.39	
SK-6	SPT-8	16.50-16.95	11.23	11	SM	NP		7.10	252.34	88.22	1.04	13.73	13.99	0.87	38.36	0.15	29.24	0.76	Sıvılaşma Beklenir	4.39	0.74	4.87	
SK-6	SPT-9	18.00-18.45	12.73	34	SM	NP		5.20	278.98	100.14	0.98	39.98	40.06	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-6	SPT-10	19.50-19.95	14.23	56	GM	NP		8.70	306.36	112.81	0.92	55.20	56.54	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-6	SPT-11	21.00-21.45	15.73	60	SM	NP		10.40	333.59	125.32	0.87	52.20	54.43	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-6	SPT-12	22.50-22.75	17.13	R	GM	NP		22.60	359.27	137.27	0.83	49.80	58.66	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-7	SPT-1	24.50-24.95	3.93	2	ML	NP	-	58.00	276.52	33.92	1.68	2.40	7.88	0.97	46.65	0.09	6.75	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	8.04	0.00	0.00	Düşük
SK-7	SPT-2	25.50-25.95	4.93	1	SM	NP	-	40.40	294.77	42.36	1.50	1.80	7.16	0.96	49.32	0.09	8.43	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	7.54	0.00	0.00	
SK-7	SPT-3	27.00-27.45	6.43	10	SM	NP	-	19.00	321.55	54.42	1.33	15.96	20.56	0.95	53.19	0.22	26.46	0.50	Sıvılaşma Beklenir	6.79	0.95	9.68	
SK-7	SPT-4	28.50-28.95	7.93	11	SM	NP	-	45.50	348.63	66.79	1.20	15.84	24.01	0.94	56.94	0.27	39.85	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	6.04	0.00	0.00	
SK-7	SPT-5	30.00-30.45	9.43	1	SM	NP	-	21.50	375.56	79.00	1.10	1.32	5.29	0.92	60.23	0.07	12.22	0.20	Sıvılaşma Beklenir	5.29	1.00	7.94	
SK-7	SPT-6	31.50-31.95	10.93	1	SM	NP	-	35.80	402.49	91.22	1.02	1.22	6.46	0.88	61.75	0.08	16.13	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	4.54	0.00	0.00	
SK-7	SPT-7	33.00-33.45	12.43	1	ML	NP	22.4	79.20	429.27	103.28	0.96	1.20	6.44	0.84	62.87	0.08	18.26	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	3.79	0.00	0.00	
SK-7	SPT-8	34.50-34.95	13.93	1	ML	NP	20.1	78.50	456.65	115.95	0.91	1.20	6.44	0.80	63.70	0.08	20.50	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	3.04	0.00	0.00	
SK-7	SPT-9	36.00-36.45	15.43	1	ML	NP	28.7	72.40	483.43	128.01	0.86	1.20	6.44	0.76	64.07	0.08	22.63	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	2.29	0.00	0.00	
SK-7	SPT-10	37.50-37.95	16.93	3	ML	NP	27.7	74.80	510.66	140.53	0.83	3.60	9.32	0.72	64.13	0.11	34.16	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	1.54	0.00	0.00	
SK-7	SPT-11	39.00-39.45	18.43	16	SM	NP		33.60	537.74	152.89	0.79	15.17	22.88	0.68	63.79	0.26	87.85	1.38	Sıvılaşma Beklenmez	0.79	0.16	0.19	
SK-7	SPT-12	40.50-40.95	19.93	37	SM	NP		46.50	564.97	165.41	0.76	33.74	45.49	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi	Birim Kalınlık Z (m)	N ₃₀	Zemin Tipi (USCS)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	İnce Dane İçeriği (%)	σ _o (kPa)	σ _o ' (kPa)	CN	N _{1,60}	N _{1,60r}	rd Liao ve Whitman (1986)	τ _{deprem}	CM=2.21 CRR7.5	Sıvılaşma Direnci τ _R	τ _R / r _d prem ≥ 1.10	Mw=5.5 Sds=0.669 Sıvılaşma Durumu	W(z)	P _{L(z)}	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (I _s)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Tanımı
SK-7	SPT-13	42.00-42.45	21.43	70	SM	NP		32.90	592.05	177.77	0.73	43.80	56.50	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	Düşük	
SK-7	SPT-14	43.50-43.95	22.93	57	ML	NP		52.80	619.71	190.72	0.71	60.00	77.00	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-7	SPT-16	46.50-46.95	25.93	55	SM	NP		26.70	673.86	215.44	0.67	40.20	49.80	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-7	SPT-17	48.00-48.45	27.43	62	SM	NP		27.80	700.94	227.80	0.65	39.00	48.87	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-7	SPT-18	49.50-49.95	28.93	81	SM	NP		14.00	727.72	239.87	0.63	37.80	41.61	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-7	SPT-19	51.00-51.45	30.43	92	SM	NP		23.10	754.95	252.38	0.62	37.20	45.03	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-9	SPT-1	8.20-8.65	0.43	3	SM	NP		13.20	86.33	3.63	1.70	5.81	7.98	1.00	14.97	0.10	0.80	0.05	Sıvılaşma Beklenir	9.79	1.00	4.21	Düşük
SK-9	SPT-2	9.00-9.45	1.23	6	SM	NP		27.40	100.77	10.22	1.70	12.24	18.39	0.99	17.37	0.20	4.52	0.26	Sıvılaşma Beklenir	9.39	1.00	11.55	
SK-9	SPT-3	10.50-10.95	2.73	10	SM	NP		14.30	127.55	22.29	1.70	20.40	23.59	0.98	21.72	0.27	13.30	0.61	Sıvılaşma Beklenir	8.64	0.88	11.40	
SK-9	SPT-4	12.00-12.45	4.23	12	SM	NP		21.50	154.93	34.95	1.65	23.76	29.74	0.97	26.09	0.45	34.76	1.33	Sıvılaşma Beklenmez	7.89	0.19	2.25	
SK-9	SPT-5	13.50-13.95	5.73	16	SM	NP		15.10	182.59	47.90	1.41	27.07	30.91	0.96	30.36	0.55	58.22	1.92	Sıvılaşma Beklenmez	7.14	0.00	0.00	
SK-9	SPT-6	15.00-15.45	7.23	15	SM	NP		11.70	209.52	60.11	1.26	22.68	24.81	0.95	34.44	0.29	38.52	1.12	Sıvılaşma Beklenmez	6.39	0.33	3.16	
SK-9	SPT-7	16.50-16.95	8.73	19	SM	NP		28.30	236.01	71.89	1.15	26.22	34.49	N _{1,60r} ≥34				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-9	SPT-8	18.00-18.45	10.23	22	SM	NP		23.30	262.79	83.95	1.07	28.25	35.24	N _{1,60r} ≥34				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-9	SPT-9	19.50-19.95	11.73	28	SM	NP		16.80	288.83	95.28	1.00	33.60	38.54	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-9	SPT-10	21.00-21.45	13.23	24	SM	NP		11.10	315.17	106.90	0.95	27.36	29.34	0.82	45.01	0.43	101.59	2.26	Sıvılaşma Beklenmez	3.39	0.00	0.00	
SK-9	SPT-11	22.50-22.71	14.61	R	GM	NP		12.30	339.26	117.46	0.90	54.00	57.44	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-9	SPT-12	24.00-24.45	16.23	18	SM	NP		11.60	367.87	130.17	0.86	18.58	20.54	0.74	47.41	0.22	63.29	1.33	Sıvılaşma Beklenmez	1.89	0.19	0.58	
SK-9	SPT-13	25.50-25.95	17.73	61	SM	NP		14.10	394.21	141.80	0.82	49.20	53.55	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-10	SPT-1	15.40-15.85	0.63	1	SM	NP		18.90	158.40	5.07	1.70	2.04	5.60	1.00	27.41	0.08	0.90	0.03	Sıvılaşma Beklenir	9.69	1.00	6.10	
SK-10	SPT-2	16.50-16.95	1.73	4	GM	NP		25.80	177.94	13.82	1.70	8.16	13.52	0.99	30.55	0.15	4.58	0.15	Sıvılaşma Beklenir	9.14	1.00	15.81	
SK-10	SPT-3	18.00-18.45	3.23	3	SM	NP		37.10	204.87	26.03	1.70	6.12	12.34	0.98	34.74	0.13	7.48	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	8.39	0.00	0.00	
SK-10	SPT-4	19.50-19.95	4.73	6	SM	NP		18.90	231.36	37.81	1.59	11.45	15.69	0.96	38.79	0.17	14.21	0.37	Sıvılaşma Beklenir	7.64	0.99	11.35	
SK-10	SPT-5	21.00-21.45	6.23	3	SM	NP		19.30	257.85	49.58	1.39	5.00	8.86	0.95	42.70	0.10	10.96	0.26	Sıvılaşma Beklenir	6.89	1.00	10.34	

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi	Birim Kalınlık Z (m)	N ₃₀	Zemin Tipi (USCS)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	İnce Dane İçeriği (%)	σ _o (kPa)	σ _o ' (kPa)	CN	N _{1,60}	N _{1,60r}	rd Liao ve Whitman (1986)	τ _{deprem}	CM=2.21 CRR7.5	Sıvılaşma Direnci τ _R	τ _R / r _d prems ≥ 1.10	Mw=5.5 Sds=0.669 Sıvılaşma Durumu	W _(z)	P _{L(z)}	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (I _s)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Tanımı
SK-10	SPT-6	22.50-22.95	7.73	3	SM	NP		19.50	284.04	61.06	1.25	4.50	8.37	0.94	46.49	0.10	13.49	0.29	Sıvılaşma Beklenir	6.14	1.00	9.21	
SK-10	SPT-7	24.00-24.45	9.23	7	SM	NP		33.90	310.38	72.68	1.15	9.66	16.40	0.93	50.10	0.17	27.31	0.55	Sıvılaşma Beklenir	5.39	0.92	7.44	
SK-10	SPT-8	25.50-25.95	10.73	16	SM	NP		26.50	337.02	84.61	1.06	20.35	27.36	0.89	52.06	0.35	65.45	1.26	Sıvılaşma Beklenmez	4.64	0.23	1.60	
SK-10	SPT-9	27.00-27.45	12.23	14	SM	NP		24.20	364.10	96.97	0.99	16.63	22.65	0.85	53.64	0.25	53.58	1.00	Sıvılaşma Beklenir	3.89	0.45	2.63	
SK-10	SPT-10	28.50-28.95	13.73	5	SM	NP		26.10	390.88	109.04	0.94	5.64	10.73	0.81	54.87	0.12	28.92	0.53	Sıvılaşma Beklenir	3.14	0.94	4.43	
SK-10	SPT-11	30.00-30.45	15.23	2	SM	NP		32.40	417.96	121.40	0.89	2.14	7.36	0.77	55.76	0.09	24.15	0.43	Sıvılaşma Beklenir	2.39	0.97	3.48	
SK-10	SPT-12	31.50-31.95	16.73	57	SM	NP		42.10	444.74	133.47	0.85	51.00	66.20	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-10	SPT-13	33.00-33.45	18.23	54	SM	NP		38.10	471.23	145.24	0.81	48.60	63.32	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-10	SPT-14	34.50-34.95	19.73	51	SM	NP		25.00	497.72	157.02	0.78	46.80	56.47	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-10	SPT-15	36.00-36.45	21.23	74	SM	NP		34.10	524.06	168.64	0.75	45.00	58.45	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-13	SPT-1	24.00-24.45	4.23	1	SM	NP		29.10	272.13	34.43	1.67	2.00	6.94	0.97	45.82	0.09	6.85	0.15	Sıvılaşma Beklenir	7.89	1.00	33.37	Çok Yüksek
SK-13	SPT-2	25.50-25.95	5.73	1	SM	NP		12.60	299.36	46.95	1.43	1.72	3.54	0.96	49.78	0.06	6.23	0.13	Sıvılaşma Beklenir	7.14	1.00	40.91	
SK-13	SPT-3	27.00-27.45	7.23	9	SM	NP		20.10	325.70	58.57	1.28	13.82	18.56	0.945	53.540	0.200	25.890	0.480	Sıvılaşma Beklenir	6.39	0.96	9.20	
SK-13	SPT-4	28.50-28.95	8.73	1	SM	NP		13.40	352.34	70.50	1.16	1.39	3.46	0.933	57.180	0.060	9.350	0.160	Sıvılaşma Beklenir	5.64	1.00	8.46	
SK-13	SPT-5	30.00-32.85	11.43	1	SM	NP		35.60	401.08	92.75	1.02	1.22	6.46	0.869	60.620	0.080	16.400	2.000	Sıvılaşma Beklenmez	4.29	0.00	0.00	
SK-13	SPT-6	33.00-33.45	13.23	29	SM	NP		23.50	434.27	108.28	0.94	32.71	40.23	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-13	SPT-7	34.50-34.95	14.73	65	SW	NP		4.30	460.91	120.21	0.89	53.40	53.40	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-13	SPT-8	36.00-36.45	16.23	29	SM	NP		9.70	488.29	132.87	0.85	29.58	30.95	0.741	62.940	0.550	161.500	2.570	Sıvılaşma Beklenmez	1.89	0.00	0.00	
SK-13	SPT-9	37.50-37.95	17.73	47	SM	NP		29.00	515.37	145.24	0.81	45.68	56.99	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-13	SPT-10	39.00-39.45	19.23	44	SM	NP		27.90	542.15	157.30	0.78	41.18	51.39	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-13	SPT-11	40.50-40.95	20.73	R	SM	NP		11.20	568.49	168.93	0.75	45.00	47.51	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-13	SPT-12	42.00-42.45	22.23	R	SM	NP		8.70	594.68	180.40	0.73	43.80	44.96	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-15	SPT-1	8.00-8.45	0.23	2	SM	NP		18.10	82.50	1.76	1.70	3.88	7.39	1.00	14.32	0.09	0.35	0.02	Sıvılaşma Beklenir	9.89	1.00	2.27	Orta
SK-15	SPT-2	9.00-9.45	1.23	10	SM	NP		26.50	99.86	9.31	1.70	20.40	27.41	0.99	17.21	0.35	7.20	0.42	Sıvılaşma Beklenir	9.39	0.98	11.32	

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi	Birim Kalınlık Z (m)	N ₃₀	Zemin Tipi (USCS)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	İnce Dane İçeriği (%)	σ _o (kPa)	σ _o ' (kPa)	CN	N _{1,60}	N _{1,60r}	rd Liao ve Whitman (1986)	τ _{deprem}	CM=2.21 CRR7.5	Sıvılaşma Direnci τ _R	τ _R / r _{deprem} ≥ 1.10	Mw=5.5 Sds=0.669 Sıvılaşma Durumu	W _(z)	P _{L(z)}	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (I _s)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Tanımı
SK-15	SPT-3	10.50-10.95	2.73	4	SM	NP		16.70	128.26	23.00	1.48	7.10	10.45	0.98	21.84	0.12	6.10	0.28	Sıvılaşma Beklenir	8.64	1.00	12.96	
SK-15	SPT-4	12.00-12.45	4.23	6	SM	NP		21.90	154.75	34.77	1.34	9.65	14.45	0.97	26.06	0.15	11.53	0.44	Sıvılaşma Beklenir	7.89	0.97	11.48	
SK-15	SPT-5	13.50-13.95	5.73	13	SM	NP	7.6	27.30	181.09	46.40	1.24	19.34	26.41	0.96	30.11	0.32	32.81	1.09	Sıvılaşma Beklenir	7.14	0.36	3.86	
SK-15	SPT-6	15.00-15.45	7.23	30	SM	NP		19.90	207.43	58.02	1.17	42.12	49.04	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-15	SPT-8	18.00-18.45	10.23	26	SM	NP		15.90	260.71	81.87	1.05	32.76	37.25	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-15	SPT-9	19.50-19.95	11.73	13	SM	NP		11.10	287.20	93.65	1.01	15.76	17.43	0.86	43.01	0.19	39.32	0.91	Sıvılaşma Beklenir	4.14	0.56		3.48
SK-15	SPT-10	21.00-21.45	13.23	52	SM	NP		8.70	313.39	105.12	0.97	58.20	59.58	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	Orta	
SK-16	SPT-1	14.50-14.95	0.73	3	SM	NP		18.90	150.30	5.80	1.70	6.12	9.98	0.99	25.99	0.11	1.41	0.05	Sıvılaşma Beklenir	9.64	1.00		7.04
SK-16	SPT-2	16.00-16.45	2.23	2	ML	NP		72.80	177.38	18.16	1.70	2.40	7.88	0.98	30.33	0.09	3.61	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	8.89	0.00		0.00
SK-16	SPT-3	16.50-16.95	2.73	8	SM	NP		15.50	186.26	22.14	1.70	16.32	19.79	0.98	31.72	0.21	10.28	0.32	Sıvılaşma Beklenir	8.64	0.99		4.28
SK-16	SPT-4	18.00-18.45	4.23	4	GM	NP		14.30	212.60	33.76	1.68	8.06	10.71	0.97	35.80	0.12	8.95	0.25	Sıvılaşma Beklenir	7.89	1.00		11.84
SK-16	SPT-5	19.50-19.95	5.73	7	SM	NP		18.00	238.79	45.24	1.45	12.18	16.22	0.96	39.71	0.17	17.00	0.43	Sıvılaşma Beklenir	7.14	0.97		10.39
SK-16	SPT-6	21.00-21.45	7.23	7	SM	NP		20.30	265.43	57.16	1.29	10.84	15.39	0.95	43.63	0.16	20.21	0.46	Sıvılaşma Beklenir	6.39	0.96		9.20
SK-16	SPT-7	22.50-22.95	8.73	9	SM	NP		27.70	291.92	68.94	1.18	12.74	19.01	0.93	47.37	0.20	30.47	0.64	Sıvılaşma Beklenir	5.64	0.86		7.28
SK-16	SPT-8	24.00-24.45	10.23	9	SM	NP		33.30	318.41	80.71	1.09	11.77	18.81	0.90	49.90	0.20	35.67	0.71	Sıvılaşma Beklenir	4.89	0.80		5.87
SK-16	SPT-9	25.50-25.95	11.73	18	SM	NP		34.90	345.34	92.93	1.01	21.82	31.07	0.86	51.72	0.57	117.06	2.26	Sıvılaşma Beklenmez	4.14	0.00		0.00
SK-16	SPT-10	27.00-27.45	13.23	15	SM	NP		28.70	372.57	105.44	0.95	17.10	24.17	0.82	53.20	0.28	65.25	1.23	Sıvılaşma Beklenmez	3.39	0.25	1.27	
SK-16	SPT-11	28.50-28.95	14.73	54	SM	NP		45.00	399.65	117.81	0.90	54.00	69.80	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-16	SPT-12	30.00-30.45	16.23	12	SM	NP		35.90	426.29	129.73	0.86	12.38	19.86	0.74	54.94	0.21	60.21	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	1.89	0.00	0.00	
SK-16	SPT-13	31.50-31.95	17.73	41	SM	NP		45.20	453.07	141.80	0.82	40.34	53.41	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-16	SPT-14	33.00-33.45	19.23	14	SM	NP		16.30	480.30	154.31	0.79	13.27	16.85	0.66	55.22	0.18	61.38	1.11	Sıvılaşma Beklenmez	0.39	0.34	0.20	
SK-16	SPT-15	34.50-34.95	20.73	50	SM	NP		34.60	506.94	166.24	0.76	45.60	59.38	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-16	SPT-16	36.00-36.45	22.23	19	SM	NP		21.30	533.87	178.45	0.73	16.64	21.93	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-16	SPT-17	37.50-37.95	23.73	18	SM	NP		5.50	560.95	190.82	0.71	15.34	15.40	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi	Birim Kalınlık Z (m)	N ₃₀	Zemin Tipi (USCS)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	İnce Dane İçeriği (%)	σ _o (kPa)	σ _o ' (kPa)	CN	N _{1,60}	N _{1,60r}	rd Liao ve Whitman (1986)	τ _{deprem}	CM=2.21 CRR7.5	Sıvılaşma Direnci τ _R	τ _R /r _d deprem ≥ 1.10	Mw=5.5 Sds=0.669 Sıvılaşma Durumu	W _(z)	P _{L(z)}	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (I _s)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Tanımı
SK-16	SPT-18	39.00-39.45	25.23	18	SM	NP		9.40	588.03	203.18	0.69	14.90	15.86	İnceleme Derinliği>20 m				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-16	SPT-19	40.50-40.95	26.73	54	SM	NP		10.90	614.96	215.40	0.67	40.20	42.42	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-16	SPT-20	42.00-42.45	28.23	71	SM	NP		12.80	641.74	227.46	0.65	39.00	42.22	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-17	SPT-1	10.00-10.45	0.63	4	SM	NP		28.90	105.48	5.12	1.70	8.16	13.98	1.00	18.26	0.15	1.70	0.09	Sıvılaşma Beklenir	9.69	1.00	6.10	Orta
SK-17	SPT-2	10.50-10.95	1.13	8	SM	NP		16.30	114.36	9.10	1.70	16.32	20.07	0.99	19.71	0.22	4.42	0.22	Sıvılaşma Beklenir	9.44	1.00	10.67	
SK-17	SPT-3	12.00-12.45	2.63	10	SM	NP		7.10	141.00	21.02	1.70	20.40	20.72	0.98	24.04	0.22	10.22	0.43	Sıvılaşma Beklenir	8.69	0.97	12.64	
SK-17	SPT-4	13.50-13.95	4.13	6	SM	NP		13.40	168.08	33.39	1.69	12.17	14.66	0.97	28.30	0.16	11.81	0.42	Sıvılaşma Beklenir	7.94	0.98	11.67	
SK-17	SPT-5	15.00-15.45	5.63	14	SM	NP		18.00	194.86	45.45	1.45	24.36	29.21	0.96	32.44	0.42	42.19	1.30	Sıvılaşma Beklenmez	7.19	0.20	2.16	
SK-17	SPT-6	16.50-16.95	7.13	3	SM	NP		13.50	222.24	58.12	1.28	4.61	6.84	0.95	36.53	0.09	11.56	0.32	Sıvılaşma Beklenir	6.44	0.99	9.56	
SK-17	SPT-7	19.50-19.95	10.13	15	SM	NP		15.20	275.52	81.97	1.08	19.44	22.95	0.90	43.32	0.26	47.10	1.09	Sıvılaşma Beklenir	4.94	0.36	5.34	
SK-17	SPT-9	21.00-21.45	11.63	16	SM	NP		43.50	302.01	93.74	1.01	19.39	28.27	0.86	45.33	0.38	78.72	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	4.19	0.00	0.00	
SK-17	SPT-10	22.50-22.95	13.13	20	SM	NP		12.20	328.94	105.96	0.95	22.80	25.17	0.82	47.09	0.30	70.25	1.49	Sıvılaşma Beklenmez	3.44	0.00	0.00	
SK-17	SPT-11	24.00-24.45	14.63	28	GM	NP		44.70	356.17	118.47	0.90	30.24	41.29	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-17	SPT-12	25.50-25.95	16.13	48	SM	NP		17.20	382.95	130.54	0.86	49.54	55.64	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-17	SPT-13	27.00-27.24	17.52	R	GM	NP		4.50	408.32	142.27	0.82	49.20	49.20	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-18	SPT-1	3.00-3.45	0.23	9	SW	NP		4.20	33.56	1.87	1.70	15.61	15.61	1.00	5.83	0.17	0.70	0.12	Sıvılaşma Beklenir	9.89	1.00	2.27	Çok Düşük
SK-18	SPT-2	4.50-4.95	1.73	44	GM	NP		7.00	60.79	14.39	1.70	85.27	86.12	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-19	SPT-1	12.60-13.05	0.63	10	SW	NP		4.50	131.30	5.44	1.70	20.40	20.40	1.00	22.72	0.22	2.64	0.12	Sıvılaşma Beklenir	9.69	1.00	6.10	Orta
SK-19	SPT-2	13.50-13.95	1.53	5	SM	NP	12.2	13.20	147.55	12.86	1.70	10.20	12.54	0.99	25.36	0.14	3.98	0.16	Sıvılaşma Beklenir	9.24	1.00	14.14	
SK-19	SPT-3	15.00-15.45	3.03	6	SM	NP		9.10	174.78	25.37	1.70	12.24	13.04	0.98	29.70	0.14	7.85	0.26	Sıvılaşma Beklenir	8.49	1.00	12.74	
SK-19	SPT-4	16.50-16.95	4.53	1	SM	NP		16.40	201.56	37.44	1.60	1.92	4.90	0.97	33.83	0.07	5.79	0.17	Sıvılaşma Beklenir	7.74	1.00	11.61	
SK-19	SPT-5	18.00-18.45	6.03	9	SM	NP		18.60	229.37	50.53	1.38	14.90	19.30	0.95	38.06	0.21	23.45	0.62	Sıvılaşma Beklenir	6.99	0.88	9.23	
SK-19	SPT-6	19.50-19.95	7.53	29	SM	NP		9.00	256.45	62.90	1.23	42.80	44.08	N _{1,60} >30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-19	SPT-7	21.00-21.45	9.03	15	SM	NP		9.40	283.23	74.96	1.13	20.34	21.40	0.93	45.87	0.23	38.10	0.83	Sıvılaşma Beklenir	5.49	0.66	5.44	

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi	Birim Kalınlık Z (m)	N ₃₀	Zemin Tipi (USCS)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	İnce Dane İçeriği (%)	σ_o (kPa)	σ_o' (kPa)	CN	N _{1,60}	N _{1,60r}	rd Liao ve Whitman (1986)	τ_{deprem}	CM=2.21 CRR7.5	Sıvılaşma Direnci τ_R	$\tau_R / r_{deprem} \geq 1.10$	Mw=5.5 Sds=0.669 Sıvılaşma Durumu	W _(z)	P _{L(z)}	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (I _s)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Tanımı
SK-19	SPT-8	22.50-22.95	10.53	16	SM	NP		9.90	309.87	86.89	1.05	20.16	21.42	0.89	48.13	0.23	44.17	0.92	Sıvılaşma Beklenir	4.74	0.55	3.91	
SK-19	SPT-9	24.00-24.45	12.03	25	SW	NP		4.10	336.36	98.66	0.98	29.40	29.40	0.85	49.91	0.43	93.76	1.88	Sıvılaşma Beklenmez	3.99	0.00	0.00	
SK-20	SPT-1	9.00-9.45	1.23	17	SM	NP	3.8	17.70	102.26	11.71	1.70	34.68	40.09	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-20	SPT-2	10.50-10.95	2.73	7	SM	NP	7.0	34.30	130.22	24.96	1.70	14.28	21.95	0.98	22.17	0.24	13.24	0.60	Sıvılaşma Beklenir	8.64	0.89	20.99	
SK-20	SPT-3	12.00-12.45	4.23	9	SM	NP	12.8	49.60	158.48	38.50	1.58	17.06	25.47	0.97	26.68	0.30	25.53	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	7.89	0.00	0.00	
SK-20	SPT-4	13.50-13.95	5.73	14	SM	NP	6.5	25.30	187.33	52.64	1.35	22.68	29.66	0.96	31.15	0.45	52.35	1.68	Sıvılaşma Beklenmez	7.14	0.00	0.00	
SK-20	SPT-5	15.00-15.45	7.23	13	SM	NP	7.0	27.00	216.03	66.62	1.20	18.72	25.64	0.95	35.51	0.31	45.64	1.29	Sıvılaşma Beklenmez	6.39	0.21	2.01	
SK-20	SPT-6	16.50-16.95	8.73	26	SM	NP	5.3	26.20	244.14	80.02	1.09	34.01	42.64	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-20	SPT-7	18.00-18.45	10.23	30	SM	NP	11.7	42.20	272.40	93.56	1.01	36.36	48.63	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-20	SPT-8	19.50-19.95	11.73	27	SM	NP	-	23.00	300.36	106.81	0.95	30.78	37.93	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-20	SPT-9	21.00-21.45	13.23	23	SM	NP	-	17.90	328.62	120.35	0.89	24.56	29.39	0.82	46.93	0.43	114.37	2.44	Sıvılaşma Beklenmez	3.39	0.00	0.00	
SK-20	SPT-10	22.50-22.95	14.73	31	SM	NP	10.7	38.10	356.58	133.60	0.85	31.62	42.94	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-20	SPT-11	24.00-24.45	16.23	35	SM	NP	10.5	37.50	385.13	147.43	0.81	34.02	45.82	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-20	SPT-12	25.50-25.95	17.73	32	SM	NP	-	12.70	413.53	161.12	0.77	29.57	32.40	0.70	50.42	0.86	306.22	6.07	Sıvılaşma Beklenmez	1.14	0.00	0.00	
SK-20	SPT-13	27.00-27.45	19.23	37	SM	NP	2.9	22.80	441.49	174.36	0.74	32.86	40.14	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-20	SPT-14	28.50-28.95	20.73	51	SM	NP	-	10.60	470.19	188.35	0.71	42.60	44.72	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-20	SPT-15	30.00-30.45	22.23	R	SW	NP	-	3.70	498.59	202.03	0.69	41.40	41.40	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-20	SPT-16	31.50-31.93	23.72	R	SW	NP	-	3.10	527.39	216.22	0.67	40.20	40.20	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-21	SPT-1	15.30-15.75	0.23	3	SM	NP	-	14.90	154.29	1.94	1.70	6.12	8.88	1.00	26.78	0.10	0.43	0.02	Sıvılaşma Beklenir	9.89	1.00	2.27	
SK-21	SPT-2	16.50-16.95	1.43	8	SM	NP	10.4	42.00	175.95	11.83	1.70	16.32	24.58	0.99	30.27	0.28	7.32	2.00	Sıvılaşma Beklenmez	9.29	0.00	0.00	
SK-21	SPT-3	18.00-18.45	2.93	4	SM	NP	-	16.30	202.59	23.75	1.70	8.16	11.46	0.978	34.460	0.130	6.820	0.200	Sıvılaşma Beklenir	8.54	1.00	12.81	
SK-21	SPT-4	19.50-19.95	4.43	10	SM	NP	-	8.90	230.25	36.70	1.61	19.32	20.17	0.966	38.690	0.220	17.840	0.460	Sıvılaşma Beklenir	7.79	0.96	11.22	
SK-21	SPT-5	21.00-21.45	5.93	7	SM	NP	11.0	36.00	257.33	49.06	1.40	11.76	19.11	0.955	42.750	0.200	21.680	2.000	Sıvılaşma Beklenmez	7.04	0.00	0.00	
SK-21	SPT-6	22.50-22.95	7.43	11	SM	NP	7.2	25.60	284.56	61.58	1.25	16.50	22.82	0.943	46.680	0.250	34.020	0.730	Sıvılaşma Beklenir	6.29	0.77	7.26	

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi	Birim Kalınlık Z (m)	N ₃₀	Zemin Tipi (USCS)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	İnce Dane İçeriği (%)	σ _o (kPa)	σ _o ' (kPa)	CN	N _{1,60}	N _{1,60r}	rd Liao ve Whitman (1986)	τ _{deprem}	CM=2.21 CRR7.5	Sıvılaşma Direnci τ _R	τ _R / r _{deprem} ≥ 1.10	Mw=5.5 Sds=0.669 Sıvılaşma Durumu	W _(z)	P _{L(z)}	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (I _s)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Tanımı
SK-21	SPT-7	24.00-24.45	8.93	16	SM	NP	7.8	26.50	311.34	73.64	1.14	21.89	29.09	0.932	50.470	0.410	66.730	1.320	Sıvılaşma Beklenmez	5.54	0.19	1.58	Çok Düşük
SK-21	SPT-8	25.50-25.95	10.43	18	SM	NP	8.0	27.10	338.27	85.86	1.06	22.90	30.39	0.896	52.720	0.500	94.880	1.800	Sıvılaşma Beklenmez	4.79	0.00	0.00	
SK-21	SPT-9	27.00-27.45	11.93	24	SM	NP	7.0	29.90	365.50	98.37	0.99	28.51	37.59	N _{1,60r} ≥ 34				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-21	SPT-10	28.50-28.95	13.43	45	ML	NP	15.6	52.20	393.16	111.32	0.93	54.00	69.80	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-21	SPT-11	30.00-30.45	14.93	25	SM	NP	9.2	31.10	420.54	123.98	0.88	26.40	35.49	N _{1,60r} ≥ 34				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-21	SPT-12	31.50-31.95	16.43	29	ML	NP	16.4	59.00	448.05	136.78	0.84	34.80	46.76	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-21	SPT-13	33.00-33.45	17.93	29	ML	NP	19.1	51.90	474.69	148.70	0.80	34.80	46.76	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-21	SPT-14	34.50-34.95	19.43	53	SM	NP	8.5	29.00	500.73	160.03	0.77	46.20	57.59	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-21	SPT-15	36.00-36.45	20.93	67	ML	NP	16.5	56.40	527.51	172.09	0.75	60.00	77.00	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-21	SPT-16	37.50-37.95	22.43	51	SM	NP	9.8	38.90	554.00	183.87	0.72	43.20	56.84	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-21	SPT-17	39.00-39.45	23.93	59	SM	NP	-	15.90	581.23	196.38	0.70	42.00	46.98	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-22	SPT-3	10.50-10.95	5.23	15	SW	NP		4.80	148.36	43.10	1.49	26.82	26.82	0.96	24.77	0.33	31.43	1.27	Sıvılaşma Beklenmez	7.39	0.22	8.50	Çok Düşük
SK-22	SPT-5	13.50-13.95	8.23	R	SM	NP		7.50	203.11	68.42	1.18	70.80	71.74	N _{1,60} > 30				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-25	SPT-1	6.00-6.45	0.23	3	SM	NP		12.50	62.97	1.85	1.70	5.81	7.73	1.00	10.93	0.09	0.37	0.03	Sıvılaşma Beklenir	9.89	1.00	2.27	Orta
SK-25	SPT-2	7.50-7.95	1.73	11	SM	NP		9.20	90.20	14.37	1.64	20.57	21.55	0.99	15.49	0.24	7.62	0.49	Sıvılaşma Beklenir	9.14	0.95	15.02	
SK-25	SPT-3	9.00-9.45	3.23	3	SM	NP	9.2	30.20	117.13	26.58	1.43	5.15	10.67	0.98	19.86	0.12	7.05	0.35	Sıvılaşma Beklenir	8.39	0.99	12.46	
SK-25	SPT-4	10.50-10.95	4.73	13	SM	NP		8.00	144.21	38.95	1.30	20.28	20.83	0.96	24.18	0.23	19.80	0.82	Sıvılaşma Beklenir	7.64	0.67	7.68	
SK-25	SPT-5	12.00-12.45	6.23	5	SM	NP		8.70	170.55	50.57	1.22	7.32	7.91	0.95	28.24	0.10	11.18	0.40	Sıvılaşma Beklenir	6.89	0.98	10.13	
SK-25	SPT-6	13.50-13.95	7.73	9	SM	NP		20.90	197.04	62.35	1.15	12.42	17.24	0.94	32.25	0.18	24.80	0.77	Sıvılaşma Beklenir	6.14	0.73	6.72	
SK-25	SPT-7	15.00-15.45	9.23	13	SM	NP		10.90	223.82	74.41	1.09	17.00	18.62	0.93	36.13	0.20	32.89	0.91	Sıvılaşma Beklenir	5.39	0.56	4.53	
SK-25	SPT-8	16.50-16.95	10.73	22	SW	NP		2.30	250.31	86.19	1.04	27.46	27.46	0.89	38.66	0.35	66.67	1.72	Sıvılaşma Beklenmez	4.64	0.00	0.00	
SK-25	SPT-9	18.00-18.45	12.23	10	SM	NP		14.20	276.65	97.81	0.99	11.88	14.66	0.85	40.76	0.16	34.59	0.85	Sıvılaşma Beklenir	3.89	0.63	3.68	
SK-26	SPT-1	19.00-19.45	0.23	1	SM	NP	2.9	22.90	190.79	2.14	1.70	2.04	6.29	1.00	33.12	0.08	0.38	0.01	Sıvılaşma Beklenir	9.89	1.00	2.27	
SK-26	SPT-2	22.00-22.45	3.23	9	SM	NP		9.30	249.35	31.27	1.70	18.36	19.34	0.98	42.29	0.21	14.51	0.34	Sıvılaşma Beklenir	8.39	0.99	26.83	

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi	Birim Kalınlık Z (m)	N ₃₀	Zemin Tipi (USCS)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	İnce Dane İçeriği (%)	σ_o (kPa)	σ_o' (kPa)	CN	N _{1,60}	N _{1,60r}	rd Liao ve Whitman (1986)	τ_{deprem}	CM=2.21 CRR7.5	Sıvılaşma Direnci τ_R	$\tau_R / r_{deprem} \geq 1.10$	Mw=5.5 Sds=0.669 Sıvılaşma Durumu	W _(z)	P _{L(z)}	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (I _s)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Tanımı
SK-26	SPT-3	23.50-23.95	4.73	7	SW	NP		2.20	278.78	45.99	1.44	12.10	12.10	0.96	46.75	0.13	13.21	0.28	Sıvılaşma Beklenir	7.64	1.00	11.46	
SK-26	SPT-4	25.00-25.45	6.23	22	SW	NP		2.30	307.78	60.27	1.26	33.26	33.26	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-26	SPT-5	26.50-26.95	7.73	23	ML	NP		10.00	336.33	74.11	1.14	27.60	29.07	0.94	55.05	0.41	67.15	1.22	Sıvılaşma Beklenmez	6.14	0.25	2.30	
SK-26	SPT-6	28.00-28.45	9.23	53	ML	NP		10.40	364.29	87.35	1.05	60.00	62.42	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-27	SPT-1	16.00-16.45	0.23	1	SM	NP	-	18.60	161.16	1.94	1.70	2.04	5.54	1.00	27.98	0.08	0.34	0.01	Sıvılaşma Beklenir	9.89	1.00	2.27	
SK-27	SPT-2	16.50-16.95	0.73	28	SM	NP	-	17.10	170.14	6.02	1.70	57.12	63.62	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-27	SPT-3	18.00-18.45	2.23	12	SM	NP	-	13.00	196.92	18.08	1.70	24.48	27.27	0.98	33.67	0.35	13.98	0.42	Sıvılaşma Beklenir	8.89	0.98	13.07	
SK-27	SPT-4	19.50-19.95	3.73	24	SM	NP	6.2	24.00	223.85	30.30	1.70	48.96	58.41	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-27	SPT-5	21.00-21.45	5.23	23	SM	NP	-	13.30	251.23	42.96	1.49	41.12	44.69	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-27	SPT-6	22.50-22.95	6.73	13	SM	NP	-	9.80	277.72	54.74	1.32	20.59	21.82	0.95	45.84	0.24	29.03	0.63	Sıvılaşma Beklenir	6.64	0.87	8.67	
SK-27	SPT-7	24.00-24.45	8.23	51	SM	NP	-	8.50	304.06	66.36	1.20	72.00	73.48	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-27	SPT-8	25.50-25.95	9.73	37	SM	NP	7.3	36.10	330.25	77.84	1.11	49.28	64.14	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-27	SPT-9	27.00-27.43	11.22	R	SM	NP	9.6	47.40	356.12	89.09	1.04	62.40	79.88	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-28	SPT-1	9.00-9.45	0.73	6	SM	NP	6.1	25.40	96.49	5.94	1.70	12.24	18.01	0.99	16.68	0.19	2.49	0.15	Sıvılaşma Beklenir	9.64	1.00	7.04	
SK-28	SPT-2	10.50-10.95	2.23	14	SM	NP	5.3	20.70	123.57	18.31	1.70	28.56	34.69	N _{1,60} F≥34					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-28	SPT-3	12.00-12.45	3.73	13	SM	NP	12.9	39.80	150.65	30.67	1.70	26.52	36.82	N _{1,60} F≥34					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-28	SPT-4	13.50-13.95	5.23	16	SM	NP	-	12.10	177.43	42.74	1.50	28.80	31.31	0.96	29.63	0.60	56.67	1.91	Sıvılaşma Beklenmez	7.39	0.00	0.00	
SK-28	SPT-5	15.00-15.45	6.73	48	GM	NP	-	16.20	205.09	55.68	1.31	75.46	82.44	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-28	SPT-6	16.50-16.95	8.23	R	SM	NP	10.1	30.32	232.90	68.78	1.18	70.80	86.64	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-28	SPT-7	18.00-18.45	9.73	89	GM	NP	-	13.90	260.13	81.29	1.08	64.80	69.68	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-28	SPT-8	19.50-19.75	11.13	R	SM	NP	-	6.60	285.40	92.83	1.02	61.20	61.70	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-30	SPT-1	3.00-3.45	0.23	48	SW	NP		2.30	33.54	1.85	1.70	83.23	83.23	N _{1,60} >30					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	
SK-30	SPT-2	4.50-4.95	1.73	12	GW	NP		4.40	61.05	14.65	1.70	23.26	23.26	0.99	10.48	0.26	8.42	0.80	Sıvılaşma Beklenir	9.14	0.69	10.91	
SK-11	SPT-1	0.00-0.45	0.23	12	GM	NP		8.10	4.42	4.42	1.70	18.36	18.92	YAS Yok					Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	Sıvılaşma

Kuyu No	Örnek No	Deney Seviyesi	Birim Kalınlık Z (m)	N ₃₀	Zemin Tipi (USCS)	Plastisite İndisi (PI)	Kil İçeriği (%)	İnce Dane İçeriği (%)	σ _o (kPa)	σ _o ' (kPa)	CN	N _{1,60}	N _{1,60r}	rd Liao ve Whitman (1986)	τ _{deprem}	CM=2.21 CRR7.5	Sıvılaşma Direnci τ _R	τ _R / r _{deprem} ≥ 1.10	Mw=5.5 Sds=0.669 Sıvılaşma Durumu	W _(z)	P _{L(z)}	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (I _s)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Tanımı
SK-11	SPT-2	1.50-1.95	1.73	15	GM	NP		8.60	32.97	32.97	1.70	22.95	23.74	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	Sıvılaşmaz	
SK-11	SPT-3	3.00-3.45	3.23	64	GM	NP		13.70	61.37	61.37	1.25	63.75	68.46	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-12	SPT-1	0.00-0.45	0.23	11	GM	NP		17.20	4.33	4.33	1.70	16.83	20.92	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-12	SPT-2	1.50-1.88	1.69	R	GW	NP		4.10	32.41	32.41	1.36	61.20	61.20	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-12	SPT-3	3.00-3.45	3.23	54	GW	NP		1.20	61.87	61.87	1.15	58.65	58.65	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-12	SPT-4	4.50-4.95	4.73	37	GM	NP		14.60	90.13	90.13	1.02	43.02	47.37	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-23	SPT-1	1.50-1.95	1.73	25	GM	NP		17.60	32.92	32.92	1.70	38.25	43.84	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	Sıvılaşmaz	
SK-23	SPT-2	3.00-3.45	3.23	15	GM	NP		23.00	60.58	60.58	1.26	19.28	25.27	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-23	SPT-3	7.50-7.95	7.73	R	GM	NP		26.50	144.01	144.01	0.81	46.17	56.44	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-24	SPT-1	1.50-1.95	1.73	18	SM	NP		13.40	31.57	31.57	1.70	27.54	30.63	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	Sıvılaşmaz	
SK-24	SPT-2	3.00-3.45	3.23	29	GM	NP		27.20	59.83	59.83	1.26	37.27	46.68	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-29	SPT-1	0.00-0.45	0.23	11	CL	16.6	31.2	51.50	4.29	4.29	1.70	9.90	16.88	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00	Sıvılaşmaz	
SK-29	SPT-2	1.50-1.95	1.73	9	SM	NP		18.00	31.37	31.37	1.70	13.77	17.92	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-29	SPT-3	3.00-3.45	3.23	22	GM	NP		9.40	58.15	58.15	1.28	28.72	29.94	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		
SK-29	SPT-4	4.50-4.95	4.73	29	GM	NP		13.00	84.79	84.79	1.06	35.04	38.22	YAS Yok				Sıvılaşma Beklenmez	-	-	0.00		

EK 5. CPT verilerine göre sıvılaşma analizi sonuçları.

CPT-1			Zemin Sınıflaması	t _{max}	t _{dev}	I _c	K _c	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N) _{cs}	CRR	F _L	Sıvılaşma Riski
No	Derinlik (m)	SBTn											
1	0,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,1584	2,053	2,11616	1,4878587	0,998	1,220	8,77	0,057	0,05	Sıvılaşma Beklenir
2	0,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,2349	2,103	2,29504	1,93642096	0,997	0,624	11,53	0,060	0,10	Sıvılaşma Beklenir
3	0,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,3114	2,152	2,3928	2,28698712	0,995	0,425	14,29	0,062	0,15	Sıvılaşma Beklenir
4	0,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,3879	2,202	2,45296	2,54567527	0,994	0,326	15,86	0,063	0,19	Sıvılaşma Beklenir
5	1	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,4645	2,252	2,40456	2,33487355	0,992	0,266	16,61	0,064	0,24	Sıvılaşma Beklenir
6	1,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,5410	2,302	2,19349	1,65422136	0,991	0,226	20,89	0,067	0,30	Sıvılaşma Beklenir
7	1,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,6175	2,351	2,19082	1,64782023	0,989	0,198	23,60	0,070	0,35	Sıvılaşma Beklenir
8	1,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,6940	2,401	2,23564	1,76196505	0,988	0,176	27,36	0,073	0,41	Sıvılaşma Beklenir
9	1,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,7706	2,451	2,1783	1,61845593	0,986	0,160	30,16	0,075	0,47	Sıvılaşma Beklenir
10	2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,8471	2,501	2,10653	1,46975255	0,985	0,147	33,41	0,078	0,53	Sıvılaşma Beklenir
11	2,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,9236	2,550	2,09333	1,44580887	0,983	0,136	39,44	0,083	0,61	Sıvılaşma Beklenir
12	2,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,0001	2,600	2,13494	1,52476546	0,982	0,127	42,01	0,085	0,67	Sıvılaşma Beklenir
13	2,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,0767	2,650	2,14062	1,53635395	0,980	0,119	39,16	0,083	0,69	Sıvılaşma Beklenir
14	2,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,1532	2,700	2,01817	1,32730533	0,979	0,112	45,25	0,088	0,78	Sıvılaşma Beklenir
15	3	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,2297	2,749	2,04328	1,36370067	0,977	0,107	47,80	0,090	0,84	Sıvılaşma Beklenir
16	3,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,3063	2,799	2,1969	1,66246841	0,976	0,102	42,82	0,086	0,84	Sıvılaşma Beklenir
17	3,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,3828	2,849	2,26616	1,84817094	0,974	0,097	45,44	0,088	0,90	Sıvılaşma Beklenir
18	3,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,4593	2,899	2,28269	1,89786949	0,972	0,093	47,20	0,089	0,96	Sıvılaşma Beklenir
19	3,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,5358	2,948	2,08116	1,42460597	0,971	0,090	51,19	0,092	1,03	Sıvılaşma Beklenir
20	4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,6124	2,998	2,09325	1,44566678	0,969	0,086	55,28	0,096	1,11	Sıvılaşma Beklenmez
21	4,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,6889	3,048	2,04309	1,36341379	0,968	0,084	54,75	0,095	1,14	Sıvılaşma Beklenmez
22	4,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,7654	3,098	2,07855	1,42016537	0,966	0,081	58,86	0,099	1,22	Sıvılaşma Beklenmez
23	4,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,8419	3,147	2,12574	1,50641801	0,965	0,079	58,47	0,099	1,25	Sıvılaşma Beklenmez
24	4,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,9185	3,197	2,12673	1,5083675	0,963	0,076	58,03	0,098	1,29	Sıvılaşma Beklenmez
25	5	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,9950	3,247	2,01906	1,32854419	0,962	0,074	59,02	0,099	1,33	Sıvılaşma Beklenmez
26	5,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,0715	3,296	2,14347	1,54224456	0,960	0,072	63,28	0,104	1,43	Sıvılaşma Beklenmez
27	5,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,1480	3,346	2,17984	1,62201038	0,959	0,071	61,97	0,102	1,44	Sıvılaşma Beklenmez
28	5,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,2246	3,396	2,12124	1,49763147	0,957	0,069	60,12	0,100	1,45	Sıvılaşma Beklenmez
29	5,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,3011	3,446	2,10347	1,46411277	0,956	0,068	56,10	0,096	1,43	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-1 (devam)													
No	Derinlik (m)	SBTn	Zemin Sınıflaması	t _{max}	t _{dev}	I _c	K _c	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N) _{cs}	CRR	F _L	Sıvılaşma Riski
30	6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,3776	3,495	2,10174	1,46094824	0,954	0,066	56,87	0,097	1,47	Sıvılaşma Beklenmez
31	6,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,4541	3,545	2,1034	1,46398439	0,953	0,065	56,45	0,097	1,49	Sıvılaşma Beklenmez
32	6,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,5307	3,595	2,0952	1,44914036	0,951	0,064	55,99	0,096	1,51	Sıvılaşma Beklenmez
33	6,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,6072	3,645	2,12296	1,50097544	0,950	0,062	55,68	0,096	1,54	Sıvılaşma Beklenmez
34	6,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,6837	3,694	2,10853	1,47346811	0,948	0,061	54,43	0,095	1,55	Sıvılaşma Beklenmez
35	7	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,7602	3,744	2,1806	1,62377043	0,946	0,060	54,30	0,095	1,57	Sıvılaşma Beklenmez
36	7,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,8368	3,794	2,13024	1,51532748	0,945	0,059	53,98	0,095	1,60	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-2			Zemin Sınıflaması	t _{max}	t _{dev}	I _c	K _c	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N) _{cs}	CRR	F _L	Sıvılaşma Riski
No	Derinlik (m)	SBTn											
1	0,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,8797	1,872	1,82531	1,12799623	0,998	1,112	14,94	0,062	0,06	Sıvılaşma Beklenir
2	0,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,9562	1,922	1,85562	1,1521921	0,997	0,570	16,41	0,064	0,11	Sıvılaşma Beklenir
3	0,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,0328	1,971	2,12311	1,50126791	0,995	0,389	14,47	0,062	0,16	Sıvılaşma Beklenir
4	0,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,1093	2,021	1,89078	1,18285013	0,994	0,299	21,83	0,068	0,23	Sıvılaşma Beklenir
5	1	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,1858	2,071	2,02432	1,3359413	0,992	0,245	22,62	0,069	0,28	Sıvılaşma Beklenir
6	1,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,2623	2,121	2,14476	1,54492765	0,991	0,208	26,78	0,072	0,35	Sıvılaşma Beklenir
7	1,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,3389	2,170	1,90002	1,19144747	0,989	0,183	33,09	0,078	0,42	Sıvılaşma Beklenir
8	1,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,4154	2,220	1,79854	1,10797787	0,988	0,163	35,97	0,080	0,49	Sıvılaşma Beklenir
9	1,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,4919	2,270	1,97242	1,26833189	0,986	0,148	40,90	0,084	0,57	Sıvılaşma Beklenir
10	2	0	-	3,5684	2,319	1,76036	1,0809915	0,985	0,136	39,64	0,083	0,61	Sıvılaşma Beklenir
11	2,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,6450	2,369	1,7068	1,04464794	0,983	0,126	49,77	0,091	0,73	Sıvılaşma Beklenir
12	2,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,7215	2,419	1,70336	1,04232236	0,982	0,118	53,32	0,094	0,80	Sıvılaşma Beklenir
13	2,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,7980	2,469	1,80257	1,11092327	0,980	0,111	60,89	0,101	0,91	Sıvılaşma Beklenir
14	2,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,8745	2,518	1,7864	1,09923077	0,979	0,105	53,17	0,094	0,90	Sıvılaşma Beklenir
15	3	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,9511	2,568	1,99469	1,2959147	0,977	0,100	55,17	0,096	0,96	Sıvılaşma Beklenir
16	3,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,0276	2,618	1,8501	1,14764602	0,976	0,095	46,38	0,089	0,93	Sıvılaşma Beklenir
17	3,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,1041	2,668	1,99902	1,30152006	0,974	0,091	56,34	0,097	1,06	Sıvılaşma Beklenir
18	3,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,1806	2,717	2,14055	1,53620991	0,972	0,087	48,70	0,091	1,04	Sıvılaşma Beklenir
19	3,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,2572	2,767	2,20914	1,69274136	0,971	0,084	46,79	0,089	1,06	Sıvılaşma Beklenir
20	4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,3337	2,817	2,06929	1,40470851	0,969	0,081	46,98	0,089	1,10	Sıvılaşma Beklenmez
21	4,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,4102	2,867	2,26536	1,84582011	0,968	0,079	47,79	0,090	1,14	Sıvılaşma Beklenmez
22	4,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,4868	2,916	2,38621	2,26070883	0,966	0,076	59,05	0,099	1,30	Sıvılaşma Beklenmez
23	4,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,5633	2,966	1,8715	1,16565773	0,965	0,074	56,30	0,097	1,30	Sıvılaşma Beklenmez
24	4,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,6398	3,016	2,0118	1,31854481	0,963	0,072	56,53	0,097	1,34	Sıvılaşma Beklenmez
25	5	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,7163	3,066	2,01503	1,32296373	0,962	0,070	59,09	0,099	1,41	Sıvılaşma Beklenmez
26	5,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,7929	3,115	1,90869	1,19973992	0,960	0,068	53,23	0,094	1,37	Sıvılaşma Beklenmez
27	5,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,8694	3,165	1,8088	1,11552134	0,959	0,067	55,74	0,096	1,44	Sıvılaşma Beklenmez
28	5,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,9459	3,215	1,88583	1,17834234	0,957	0,065	55,75	0,096	1,47	Sıvılaşma Beklenmez
29	5,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,0224	3,265	1,8988	1,19029836	0,956	0,064	54,87	0,095	1,49	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-3			Zemin Sınıflaması	tmax	tdev	Ic	Kc	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N)cs	CRR	F _L	Sıvılaşma Riski
No	Derinlik (m)	SBTn											
1	0,2	0	-	2,4472	1,591	1,93651	1,22793867	0,998	0,945	8,72	0,057	0,06	Sıvılaşma Beklenir
2	0,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	2,5237	1,640	2,10211	1,46162359	0,997	0,487	9,91	0,058	0,12	Sıvılaşma Beklenir
3	0,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,6002	1,690	1,96642	1,26124427	0,995	0,334	15,38	0,063	0,19	Sıvılaşma Beklenir
4	0,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,6767	1,740	2,05773	1,38605215	0,994	0,257	20,83	0,067	0,26	Sıvılaşma Beklenir
5	1	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,7533	1,790	1,97178	1,26756911	0,992	0,211	22,97	0,069	0,33	Sıvılaşma Beklenir
6	1,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	2,8298	1,839	2,08956	1,43915237	0,991	0,181	25,31	0,071	0,39	Sıvılaşma Beklenir
7	1,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	2,9063	1,889	2,07469	1,41366604	0,989	0,159	29,76	0,075	0,47	Sıvılaşma Beklenir
8	1,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,9829	1,939	1,95461	1,24769949	0,988	0,142	34,14	0,078	0,55	Sıvılaşma Beklenir
9	1,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,0594	1,989	1,94303	1,23492207	0,986	0,130	42,17	0,085	0,66	Sıvılaşma Beklenir
10	2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,1359	2,038	1,89955	1,19100427	0,985	0,119	47,82	0,090	0,75	Sıvılaşma Beklenir
11	2,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,2124	2,088	1,94612	1,23828411	0,983	0,111	50,92	0,092	0,83	Sıvılaşma Beklenir
12	2,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,2890	2,138	1,87521	1,16889123	0,982	0,104	52,77	0,094	0,90	Sıvılaşma Beklenir
13	2,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,3655	2,188	1,94794	1,24028037	0,980	0,098	41,18	0,084	0,86	Sıvılaşma Beklenir
14	2,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,4420	2,237	1,95588	1,24913074	0,979	0,093	44,20	0,087	0,93	Sıvılaşma Beklenir
15	3	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,5185	2,287	1,93651	1,22793867	0,977	0,089	38,38	0,082	0,92	Sıvılaşma Beklenir
16	3,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,5951	2,337	2,3103	1,98576926	0,976	0,085	45,20	0,088	1,03	Sıvılaşma Beklenir
17	3,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,6716	2,387	2,1203	1,49581148	0,974	0,081	45,47	0,088	1,08	Sıvılaşma Beklenir
18	3,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,7481	2,436	2,16464	1,58762166	0,972	0,078	48,88	0,091	1,16	Sıvılaşma Beklenmez
19	3,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,8246	2,486	2,13208	1,51900615	0,971	0,076	44,64	0,087	1,15	Sıvılaşma Beklenmez
20	4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,9012	2,536	2,03996	1,35871342	0,969	0,073	43,11	0,086	1,17	Sıvılaşma Beklenmez
21	4,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,9777	2,585	2,0076	1,31286954	0,968	0,071	57,03	0,097	1,37	Sıvılaşma Beklenmez
22	4,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,0542	2,635	1,89774	1,18930345	0,966	0,069	66,58	0,107	1,56	Sıvılaşma Beklenmez
23	4,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,1307	2,685	1,88388	1,17658476	0,965	0,067	63,22	0,103	1,54	Sıvılaşma Beklenmez
24	4,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,2073	2,735	2,08358	1,42875668	0,963	0,065	58,20	0,098	1,51	Sıvılaşma Beklenmez
25	5	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,2838	2,784	2,12975	1,51435134	0,962	0,064	52,96	0,094	1,47	Sıvılaşma Beklenmez
26	5,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,3603	2,834	2,17543	1,61187432	0,960	0,062	53,01	0,094	1,51	Sıvılaşma Beklenmez
27	5,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,4368	2,884	1,96441	1,25890138	0,959	0,061	58,30	0,098	1,61	Sıvılaşma Beklenmez
28	5,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,5134	2,934	2,01799	1,32705522	0,957	0,060	50,57	0,092	1,54	Sıvılaşma Beklenmez
29	5,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,5899	2,983	1,87514	1,1688299	0,956	0,059	54,12	0,095	1,62	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-3 (devam)			Zemin Sınıflaması	t _{max}	t _{dev}	I _c	K _c	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N) _{cs}	CRR	F _L	Sıvılaşma Riski
No	Derinlik (m)	SBT _n											
30	6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,6664	3,033	1,85519	1,15183556	0,954	0,057	52,76	0,094	1,63	Sıvılaşma Beklenmez
31	6,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,7429	3,083	1,92368	1,2146214	0,953	0,056	60,53	0,101	1,78	Sıvılaşma Beklenmez
32	6,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,8195	3,133	2,01656	1,32507356	0,951	0,055	67,72	0,109	1,96	Sıvılaşma Beklenmez
33	6,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,8960	3,182	1,98992	1,2898329	0,950	0,055	64,17	0,105	1,92	Sıvılaşma Beklenmez
34	6,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,9725	3,232	2,01852	1,32779209	0,948	0,054	63,43	0,104	1,93	Sıvılaşma Beklenmez
35	7	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,0491	3,282	2,00086	1,30392667	0,946	0,053	57,31	0,098	1,85	Sıvılaşma Beklenmez
36	7,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,1256	3,332	2,00654	1,31144973	0,945	0,052	56,69	0,097	1,86	Sıvılaşma Beklenmez
37	7,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,2021	3,381	1,93093	1,22207876	0,943	0,051	57,45	0,098	1,90	Sıvılaşma Beklenmez
38	7,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,2786	3,431	1,8428	1,14173371	0,942	0,051	69,86	0,112	2,21	Sıvılaşma Beklenmez
39	7,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,3552	3,481	1,96372	1,2581007	0,940	0,050	67,18	0,108	2,17	Sıvılaşma Beklenmez
40	8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,4317	3,531	1,81276	1,11847381	0,939	0,049	64,41	0,105	2,13	Sıvılaşma Beklenmez
41	8,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,5082	3,580	1,86844	1,16301639	0,937	0,049	64,81	0,105	2,16	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-4			Zemin Sınıflaması	t _{max}	t _{dev}	I _c	K _c	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N) _{cs}	CRR	F _L	Sıvılaşma Riski
No	Derinlik (m)	SBT _n											
1	0,2	0	-	1,9481	1,266	0	1	0,998	0,753	1,27	0,051	0,07	Sıvılaşma Beklenir
2	0,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	2,0246	1,316	2,20077	1,67192611	0,997	0,390	9,16	0,058	0,15	Sıvılaşma Beklenir
3	0,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	2,1011	1,366	2,17431	1,60932088	0,995	0,270	12,32	0,060	0,22	Sıvılaşma Beklenir
4	0,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,1777	1,415	1,86752	1,16222672	0,994	0,209	23,26	0,069	0,33	Sıvılaşma Beklenir
5	1	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,2542	1,465	1,83136	1,13268331	0,992	0,173	31,07	0,076	0,44	Sıvılaşma Beklenir
6	1,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,3307	1,515	1,80941	1,11597459	0,991	0,149	37,98	0,082	0,55	Sıvılaşma Beklenir
7	1,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,4072	1,565	1,72165	1,05466966	0,989	0,132	49,78	0,091	0,69	Sıvılaşma Beklenir
8	1,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,4838	1,614	1,82857	1,13051364	0,988	0,119	52,32	0,093	0,79	Sıvılaşma Beklenir
9	1,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,5603	1,664	1,8677	1,16238106	0,986	0,109	54,02	0,095	0,87	Sıvılaşma Beklenir
10	2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,6368	1,714	1,78995	1,10177013	0,985	0,100	58,77	0,099	0,98	Sıvılaşma Beklenir
11	2,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,7133	1,764	1,77663	1,09231336	0,983	0,094	53,88	0,095	1,01	Sıvılaşma Beklenir
12	2,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,7899	1,813	1,89684	1,18846124	0,982	0,088	43,70	0,086	0,98	Sıvılaşma Beklenir
13	2,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	2,8664	1,863	2,19456	1,65680045	0,980	0,084	43,56	0,086	1,03	Sıvılaşma Beklenir
14	2,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,9429	1,913	1,91647	1,20737522	0,979	0,080	40,39	0,084	1,05	Sıvılaşma Beklenir
15	3	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,0194	1,963	1,95312	1,24602796	0,977	0,076	44,49	0,087	1,14	Sıvılaşma Beklenmez
16	3,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,0960	2,012	1,6879	1,03182404	0,976	0,073	61,67	0,102	1,39	Sıvılaşma Beklenmez
17	3,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,1725	2,062	1,69833	1,03891633	0,974	0,070	80,64	0,129	1,83	Sıvılaşma Beklenmez
18	3,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,2490	2,112	1,89107	1,1831163	0,972	0,068	72,62	0,116	1,70	Sıvılaşma Beklenmez
19	3,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,3256	2,162	2,03034	1,34456724	0,971	0,066	42,91	0,086	1,30	Sıvılaşma Beklenmez
20	4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,4021	2,211	2,15949	1,57631651	0,969	0,064	40,24	0,084	1,31	Sıvılaşma Beklenmez
21	4,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,4786	2,261	2,17372	1,60797914	0,968	0,062	51,33	0,093	1,49	Sıvılaşma Beklenmez
22	4,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,5551	2,311	2,1772	1,61592682	0,966	0,060	50,35	0,092	1,52	Sıvılaşma Beklenmez
23	4,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,6317	2,361	2,27234	1,86649958	0,965	0,059	50,77	0,092	1,56	Sıvılaşma Beklenmez
24	4,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,7082	2,410	2,24455	1,78640145	0,963	0,058	47,20	0,089	1,55	Sıvılaşma Beklenmez
25	5	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,7847	2,460	2,19633	1,66108424	0,962	0,056	49,94	0,092	1,63	Sıvılaşma Beklenmez
26	5,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,8612	2,510	2,09235	1,44407084	0,960	0,055	55,01	0,095	1,73	Sıvılaşma Beklenmez
27	5,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,9378	2,560	1,97102	1,26666543	0,959	0,054	55,15	0,096	1,77	Sıvılaşma Beklenmez
28	5,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,0143	2,609	1,84758	1,14559247	0,957	0,053	60,72	0,101	1,90	Sıvılaşma Beklenmez
29	5,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,0908	2,659	1,90998	1,20099303	0,956	0,052	68,46	0,110	2,11	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-4 (devam)			Zemin Sınıflaması	t _{max}	t _{dev}	I _c	K _c	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N) _{cs}	CRR	F _L	Sıvılaşma Riski
No	Derinlik (m)	SBT _n											
30	6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,1673	2,709	2,01117	1,31768844	0,954	0,051	60,25	0,100	1,96	Sıvılaşma Beklenmez
31	6,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,2439	2,759	2,16273	1,58340865	0,953	0,050	54,81	0,095	1,89	Sıvılaşma Beklenmez
32	6,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,3204	2,808	2,1355	1,52589908	0,951	0,050	53,31	0,094	1,89	Sıvılaşma Beklenmez
33	6,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,3969	2,858	2,18478	1,63352069	0,950	0,049	51,65	0,093	1,90	Sıvılaşma Beklenmez
34	6,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,4734	2,908	2,16725	1,59341746	0,948	0,048	46,16	0,088	1,83	Sıvılaşma Beklenmez
35	7	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,5500	2,957	2,07559	1,41517421	0,946	0,048	52,38	0,093	1,96	Sıvılaşma Beklenmez
36	7,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,6265	3,007	1,96573	1,26043823	0,945	0,047	54,33	0,095	2,02	Sıvılaşma Beklenmez
37	7,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,7030	3,057	2,17753	1,6166847	0,943	0,046	51,42	0,093	2,00	Sıvılaşma Beklenmez
38	7,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,7795	3,107	2,10567	1,46816202	0,942	0,046	44,69	0,087	1,90	Sıvılaşma Beklenmez
39	7,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,8561	3,156	1,85705	1,15338076	0,940	0,045	64,67	0,105	2,32	Sıvılaşma Beklenmez
40	8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,9326	3,206	1,85558	1,15215892	0,939	0,045	61,81	0,102	2,28	Sıvılaşma Beklenmez
41	8,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,0091	3,256	1,95335	1,24628544	0,937	0,044	64,45	0,105	2,37	Sıvılaşma Beklenmez
42	8,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,0857	3,306	2,02976	1,34372865	0,936	0,044	57,68	0,098	2,23	Sıvılaşma Beklenmez
43	8,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,1622	3,355	1,88287	1,1756784	0,934	0,043	68,48	0,110	2,53	Sıvılaşma Beklenmez
44	8,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,2387	3,405	1,87291	1,16688258	0,933	0,043	68,46	0,110	2,56	Sıvılaşma Beklenmez
45	9	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,3152	3,455	1,99773	1,29984162	0,931	0,043	65,87	0,107	2,50	Sıvılaşma Beklenmez
46	9,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,3918	3,505	2,10226	1,46189761	0,928	0,042	67,07	0,108	2,57	Sıvılaşma Beklenmez
47	9,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,4683	3,554	2,12773	1,51034274	0,923	0,042	65,54	0,106	2,56	Sıvılaşma Beklenmez
48	9,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,5448	3,604	2,1805	1,62353862	0,918	0,041	59,32	0,099	2,42	Sıvılaşma Beklenmez
49	9,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,6213	3,654	1,88081	1,17383815	0,912	0,040	71,96	0,115	2,83	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-5			Zemin Sınıflaması	tmax	tdev	Ic	Kc	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N)cs	CRR	F _L	Sıvılaşma Riski
No	Derinlik (m)	SBTn											
1	0,2	0	-	1,8441	1,199	0	1	0,998	0,712	0,54	0,050	0,07	Sıvılaşma Beklenir
2	0,4	0	-	1,9206	1,248	0	1	0,997	0,370	2,28	0,052	0,14	Sıvılaşma Beklenir
3	0,6	0	-	1,9972	1,298	0	1	0,995	0,256	10,34	0,059	0,23	Sıvılaşma Beklenir
4	0,8	0	-	2,0737	1,348	1,79532	1,10563997	0,994	0,199	23,87	0,070	0,35	Sıvılaşma Beklenir
5	1	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,1502	1,398	1,74836	1,0727641	0,992	0,165	30,88	0,076	0,46	Sıvılaşma Beklenir
6	1,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,2267	1,447	1,75393	1,07657223	0,991	0,142	44,69	0,087	0,61	Sıvılaşma Beklenir
7	1,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,3033	1,497	1,69179	1,03447472	0,989	0,126	56,36	0,097	0,77	Sıvılaşma Beklenir
8	1,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,3798	1,547	1,64677	1,00312182	0,988	0,114	63,55	0,104	0,91	Sıvılaşma Beklenir
9	1,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,4563	1,597	1,71557	1,05056809	0,986	0,104	59,49	0,100	0,96	Sıvılaşma Beklenir
10	2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,5328	1,646	1,63852	1	0,985	0,096	61,34	0,101	1,05	Sıvılaşma Beklenir
11	2,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,6094	1,696	2,01461	1,32238644	0,983	0,090	41,30	0,084	0,94	Sıvılaşma Beklenir
12	2,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,6859	1,746	1,73802	1,0657341	0,982	0,085	46,26	0,089	1,04	Sıvılaşma Beklenir
13	2,6	0	-	2,7624	1,796	1,54421	1	0,980	0,081	76,65	0,122	1,51	Sıvılaşma Beklenmez
14	2,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,8389	1,845	1,74478	1,07032495	0,979	0,077	70,90	0,113	1,47	Sıvılaşma Beklenmez
15	3	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,9155	1,895	1,65129	1,00635583	0,977	0,073	67,79	0,109	1,48	Sıvılaşma Beklenmez
16	3,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,9920	1,945	1,78896	1,1010605	0,976	0,071	57,84	0,098	1,39	Sıvılaşma Beklenmez
17	3,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,0685	1,995	2,22105	1,72322122	0,974	0,068	54,45	0,095	1,40	Sıvılaşma Beklenmez
18	3,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,1451	2,044	1,59482	1	0,972	0,066	77,89	0,124	1,89	Sıvılaşma Beklenmez
19	3,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,2216	2,094	2,13702	1,52898583	0,971	0,064	72,58	0,116	1,81	Sıvılaşma Beklenmez
20	4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,2981	2,144	1,93835	1,2298944	0,969	0,062	57,61	0,098	1,58	Sıvılaşma Beklenmez
21	4,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,3746	2,194	2,0312	1,34581362	0,968	0,060	58,31	0,098	1,64	Sıvılaşma Beklenmez
22	4,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,4512	2,243	1,87426	1,16805996	0,966	0,059	61,09	0,101	1,73	Sıvılaşma Beklenmez
23	4,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,5277	2,293	1,73358	1,06272739	0,965	0,057	66,03	0,107	1,86	Sıvılaşma Beklenmez
24	4,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,6042	2,343	1,73154	1,06134772	0,963	0,056	73,51	0,117	2,09	Sıvılaşma Beklenmez
25	5	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,6807	2,392	1,71476	1,05002162	0,962	0,055	84,51	0,136	2,48	Sıvılaşma Beklenmez
26	5,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,7573	2,442	1,75213	1,07533971	0,960	0,054	85,18	0,137	2,56	Sıvılaşma Beklenmez
27	5,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,8338	2,492	1,72191	1,05484508	0,959	0,053	86,35	0,140	2,66	Sıvılaşma Beklenmez
28	5,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,9103	2,542	1,81719	1,12180558	0,957	0,052	78,62	0,125	2,42	Sıvılaşma Beklenmez
29	5,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,9868	2,591	1,62822	1	0,956	0,051	91,28	0,151	2,97	Sıvılaşma Beklenmez
30	6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,0634	2,641	1,77499	1,09116167	0,954	0,050	97,53	0,166	3,33	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-6			Zemin Sınıflaması	tmax	tdev	Ic	Kc	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N)cs	CRR	F _L	Sıvılaşma Riski
No	Derinlik (m)	SBTn											
1	0,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	1,8857	1,226	1,79351	1,10433164	0,998	0,728	11,99	0,060	0,08	Sıvılaşma Beklenir
2	0,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	1,9622	1,275	1,93938	1,23099433	0,997	0,378	14,54	0,062	0,16	Sıvılaşma Beklenir
3	0,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,0388	1,325	1,68466	1,02961036	0,995	0,262	30,36	0,075	0,29	Sıvılaşma Beklenir
4	0,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,1153	1,375	1,85272	1,14979547	0,994	0,203	29,84	0,075	0,37	Sıvılaşma Beklenir
5	1	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,1918	1,425	1,77319	1,08990054	0,992	0,168	38,06	0,082	0,49	Sıvılaşma Beklenir
6	1,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,2683	1,474	1,8218	1,12530655	0,991	0,145	34,29	0,079	0,54	Sıvılaşma Beklenir
7	1,4	0	-	2,3449	1,524	1,72075	1,05406248	0,989	0,128	38,78	0,082	0,64	Sıvılaşma Beklenir
8	1,6	0	-	2,4214	1,574	1,59081	1	0,988	0,116	53,12	0,094	0,81	Sıvılaşma Beklenir
9	1,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,4979	1,624	2,08223	1,42643723	0,986	0,106	28,28	0,074	0,69	Sıvılaşma Beklenir
10	2	0	-	2,5744	1,673	1,60747	1	0,985	0,098	63,52	0,104	1,06	Sıvılaşma Beklenir
11	2,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,6510	1,723	1,73633	1,06458896	0,983	0,092	57,82	0,098	1,07	Sıvılaşma Beklenir
12	2,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,7275	1,773	1,7681	1,08635004	0,982	0,086	45,02	0,088	1,01	Sıvılaşma Beklenir
13	2,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,8040	1,823	1,75893	1,08000632	0,980	0,082	51,21	0,092	1,13	Sıvılaşma Beklenmez
14	2,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,8805	1,872	1,82578	1,12835801	0,979	0,078	44,16	0,087	1,11	Sıvılaşma Beklenmez
15	3	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	2,9571	1,922	2,17313	1,60663972	0,977	0,075	36,58	0,080	1,08	Sıvılaşma Beklenir
16	3,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,0336	1,972	2,10975	1,47574608	0,976	0,072	39,75	0,083	1,16	Sıvılaşma Beklenmez
17	3,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,1101	2,022	2,01754	1,3264306	0,974	0,069	44,10	0,087	1,26	Sıvılaşma Beklenmez
18	3,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,1866	2,071	2,02011	1,33001048	0,972	0,067	50,79	0,092	1,38	Sıvılaşma Beklenmez
19	3,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,2632	2,121	2,11195	1,47987597	0,971	0,065	50,30	0,092	1,42	Sıvılaşma Beklenmez
20	4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,3397	2,171	1,92625	1,217245	0,969	0,063	60,09	0,100	1,60	Sıvılaşma Beklenmez
21	4,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,4162	2,221	2,06539	1,3983359	0,968	0,061	55,36	0,096	1,57	Sıvılaşma Beklenmez
22	4,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,4927	2,270	2,01417	1,32178253	0,966	0,059	56,53	0,097	1,63	Sıvılaşma Beklenmez
23	4,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,5693	2,320	1,97709	1,27394731	0,965	0,058	59,08	0,099	1,71	Sıvılaşma Beklenmez
24	4,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,6458	2,370	1,94964	1,24215584	0,963	0,057	55,56	0,096	1,69	Sıvılaşma Beklenmez
25	5	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,7223	2,420	1,95996	1,25376968	0,962	0,055	59,23	0,099	1,79	Sıvılaşma Beklenmez
26	5,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,7989	2,469	1,9439	1,23586522	0,960	0,054	61,52	0,102	1,87	Sıvılaşma Beklenmez
27	5,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,8754	2,519	2,06819	1,40290294	0,959	0,053	58,41	0,099	1,85	Sıvılaşma Beklenmez
28	5,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,9519	2,569	2,02675	1,33940248	0,957	0,052	58,32	0,098	1,88	Sıvılaşma Beklenmez
29	5,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,0284	2,618	1,94995	1,24249897	0,956	0,051	65,67	0,106	2,07	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-6 (devam)													
No	Derinlik (m)	SBTn	Zemin Sınıflaması	tmax	tdev	Ic	Kc	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N)cs	CRR	FL	Sıvılaşma Riski
30	6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,1050	2,668	1,90809	1,19915881	0,954	0,051	66,63	0,108	2,13	Sıvılaşma Beklenmez
31	6,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,1815	2,718	1,83796	1,13787369	0,953	0,050	70,18	0,112	2,26	Sıvılaşma Beklenmez
32	6,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,2580	2,768	1,95267	1,24552475	0,951	0,049	62,15	0,102	2,09	Sıvılaşma Beklenmez
33	6,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,3345	2,817	2,02237	1,33318393	0,950	0,048	62,96	0,103	2,14	Sıvılaşma Beklenmez
34	6,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,4111	2,867	2,13429	1,52345209	0,948	0,048	55,89	0,096	2,02	Sıvılaşma Beklenmez
35	7	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,4876	2,917	2,26937	1,85765385	0,946	0,047	66,97	0,108	2,30	Sıvılaşma Beklenmez
36	7,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,5641	2,967	2,02831	1,34163922	0,945	0,046	68,23	0,110	2,36	Sıvılaşma Beklenmez
37	7,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,6406	3,016	1,82524	1,12794238	0,943	0,046	64,20	0,105	2,28	Sıvılaşma Beklenmez
38	7,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,7172	3,066	1,7554	1,07758021	0,942	0,045	71,01	0,113	2,50	Sıvılaşma Beklenmez
39	7,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,7937	3,116	1,87513	1,16882114	0,940	0,045	70,46	0,113	2,52	Sıvılaşma Beklenmez
40	8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,8702	3,166	1,91304	1,2039859	0,939	0,044	68,75	0,110	2,49	Sıvılaşma Beklenmez
41	8,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,9467	3,215	1,78757	1,10006608	0,937	0,044	70,76	0,113	2,58	Sıvılaşma Beklenmez
42	8,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,0233	3,265	1,82102	1,12471171	0,936	0,043	63,18	0,103	2,39	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-7													
No	Derinlik (m)	SBTn	Zemin Sınıflaması	tmax	tdev	Ic	Kc	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N)cs	CRR	FL	Sıvılaşma Riski
1	0,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	1,9148	1,245	1,90114	1,1925062	0,998	0,740	11,67	0,060	0,08	Sıvılaşma Beklenir
2	0,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	1,9913	1,294	2,25563	1,81762503	0,997	0,384	11,64	0,060	0,16	Sıvılaşma Beklenir
3	0,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	2,0679	1,344	2,20506	1,68253303	0,995	0,265	14,70	0,062	0,23	Sıvılaşma Beklenir
4	0,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,1444	1,394	1,92469	1,21564988	0,994	0,206	25,32	0,071	0,34	Sıvılaşma Beklenir
5	1	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,2209	1,444	1,93365	1,22492194	0,992	0,171	32,35	0,077	0,45	Sıvılaşma Beklenir
6	1,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,2974	1,493	1,84908	1,1468132	0,991	0,147	43,74	0,086	0,59	Sıvılaşma Beklenir
7	1,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,3740	1,543	1,71982	1,05343509	0,989	0,130	44,17	0,087	0,67	Sıvılaşma Beklenir
8	1,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,4505	1,593	1,66018	1,01264948	0,988	0,117	53,01	0,094	0,80	Sıvılaşma Beklenir
9	1,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,5270	1,643	1,78043	1,09499203	0,986	0,107	45,93	0,088	0,82	Sıvılaşma Beklenir
10	2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,6035	1,692	1,96313	1,25741752	0,985	0,099	27,80	0,073	0,74	Sıvılaşma Beklenir
11	2,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,6801	1,742	1,5719	1	0,983	0,093	67,81	0,109	1,18	Sıvılaşma Beklenmez
12	2,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,7566	1,792	1,60464	1	0,982	0,087	75,07	0,119	1,37	Sıvılaşma Beklenmez
13	2,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,8331	1,842	1,64428	1,00132962	0,980	0,083	85,99	0,139	1,68	Sıvılaşma Beklenmez
14	2,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,9097	1,891	1,60798	1	0,979	0,079	83,07	0,133	1,69	Sıvılaşma Beklenmez
15	3	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,9862	1,941	1,5908	1	0,977	0,075	80,98	0,129	1,72	Sıvılaşma Beklenmez
16	3,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,0627	1,991	1,97931	1,27664757	0,976	0,072	57,95	0,098	1,36	Sıvılaşma Beklenmez
17	3,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,1392	2,040	1,82583	1,12839652	0,974	0,070	48,26	0,090	1,30	Sıvılaşma Beklenmez
18	3,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,2158	2,090	1,85576	1,15230827	0,972	0,067	55,40	0,096	1,43	Sıvılaşma Beklenmez
19	3,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,2923	2,140	1,95539	1,24857782	0,971	0,065	46,39	0,089	1,36	Sıvılaşma Beklenmez
20	4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,3688	2,190	2,0758	1,41552674	0,969	0,063	51,34	0,093	1,47	Sıvılaşma Beklenmez
21	4,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,4453	2,239	2,04947	1,37314594	0,968	0,061	50,71	0,092	1,50	Sıvılaşma Beklenmez
22	4,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,5219	2,289	2,0184	1,32762514	0,966	0,060	56,28	0,097	1,61	Sıvılaşma Beklenmez
23	4,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,5984	2,339	1,94737	1,23965388	0,965	0,058	69,21	0,111	1,90	Sıvılaşma Beklenmez
24	4,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,6749	2,389	1,9522	1,24499997	0,963	0,057	64,65	0,105	1,84	Sıvılaşma Beklenmez
25	5	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,7514	2,438	1,90475	1,19594378	0,962	0,056	68,82	0,110	1,98	Sıvılaşma Beklenmez
26	5,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,8280	2,488	1,95886	1,25251281	0,960	0,055	65,11	0,106	1,93	Sıvılaşma Beklenmez
27	5,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,9045	2,538	1,87591	1,1695052	0,959	0,054	65,09	0,106	1,97	Sıvılaşma Beklenmez
28	5,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,9810	2,588	1,75346	1,07625022	0,957	0,053	76,51	0,122	2,31	Sıvılaşma Beklenmez
29	5,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,0575	2,637	1,9193	1,21019956	0,956	0,052	68,53	0,110	2,12	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-7 (devam)													
No	Derinlik (m)	SBTn	Zemin Sınıflaması	tmax	tdev	Ic	Kc	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N)cs	CRR	FL	Sıvılaşma Riski
30	6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,1341	2,687	1,64262	1,00013045	0,954	0,051	86,82	0,141	2,77	Sıvılaşma Beklenmez
31	6,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,2106	2,737	1,78798	1,10035916	0,953	0,050	79,52	0,127	2,53	Sıvılaşma Beklenmez
32	6,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,2871	2,787	1,79602	1,10614707	0,951	0,049	79,82	0,127	2,58	Sıvılaşma Beklenmez
33	6,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,3636	2,836	1,90197	1,19329316	0,950	0,049	72,52	0,115	2,38	Sıvılaşma Beklenmez
34	6,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,4402	2,886	1,74699	1,07182996	0,948	0,048	84,12	0,135	2,83	Sıvılaşma Beklenmez
35	7	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,5167	2,936	1,80453	1,11236386	0,946	0,047	78,59	0,125	2,65	Sıvılaşma Beklenmez
36	7,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,5932	2,986	1,83282	1,13382439	0,945	0,047	76,34	0,121	2,60	Sıvılaşma Beklenmez
37	7,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,6697	3,035	1,77625	1,09204627	0,943	0,046	80,02	0,128	2,77	Sıvılaşma Beklenmez
38	7,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,7463	3,085	1,81419	1,11954591	0,942	0,046	77,50	0,123	2,71	Sıvılaşma Beklenmez
39	7,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,8228	3,135	1,94561	1,23772686	0,940	0,045	68,65	0,110	2,45	Sıvılaşma Beklenmez
40	8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,8993	3,185	1,95272	1,24558062	0,939	0,044	66,76	0,108	2,42	Sıvılaşma Beklenmez
41	8,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,9759	3,234	1,93191	1,22310025	0,937	0,044	65,54	0,106	2,41	Sıvılaşma Beklenmez
42	8,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,0524	3,284	1,95002	1,2425765	0,936	0,044	65,85	0,107	2,45	Sıvılaşma Beklenmez
43	8,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,1289	3,334	1,9166	1,2075044	0,934	0,043	66,24	0,107	2,48	Sıvılaşma Beklenmez
44	8,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,2054	3,384	2,07712	1,41774816	0,933	0,043	81,21	0,130	3,04	Sıvılaşma Beklenmez
45	9	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,2820	3,433	1,96472	1,2592617	0,931	0,042	71,12	0,113	2,68	Sıvılaşma Beklenmez
46	9,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,3585	3,483	1,92809	1,21913675	0,928	0,042	62,82	0,103	2,46	Sıvılaşma Beklenmez
47	9,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,4350	3,533	2,09456	1,44799795	0,923	0,041	57,46	0,098	2,36	Sıvılaşma Beklenmez
48	9,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,5115	3,582	1,99181	1,29223108	0,918	0,041	70,08	0,112	2,75	Sıvılaşma Beklenmez
49	9,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,5881	3,632	1,91031	1,2013144	0,912	0,040	71,77	0,114	2,84	Sıvılaşma Beklenmez
50	10	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,6646	3,682	1,93964	1,23127256	0,907	0,040	62,35	0,103	2,58	Sıvılaşma Beklenmez
51	10,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	5,7411	3,732	2,07966	1,42204935	0,902	0,039	62,77	0,103	2,62	Sıvılaşma Beklenmez
52	10,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,8176	3,781	2,03762	1,35523096	0,896	0,039	76,75	0,122	3,15	Sıvılaşma Beklenmez
53	10,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	5,8942	3,831	1,78618	1,09907388	0,891	0,038	76,95	0,122	3,19	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-8			Zemin Sınıflaması	t _{max}	t _{dev}	I _c	K _c	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N) _{cs}	CRR	F _L	Sıvılaşma Riski
No	Derinlik (m)	SBT _n											
1	0,2	0	-	1,7776	1,155	1,87869	1,17195589	0,998	0,687	9,65	0,058	0,08	Sıvılaşma Beklenir
2	0,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	1,8541	1,205	1,59273	1	0,997	0,358	30,23	0,075	0,21	Sıvılaşma Beklenir
3	0,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	1,9306	1,255	1,62422	1	0,995	0,248	39,33	0,083	0,33	Sıvılaşma Beklenir
4	0,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,0071	1,305	1,74389	1,06971948	0,994	0,193	37,69	0,081	0,42	Sıvılaşma Beklenir
5	1	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,0837	1,354	1,89353	1,18538363	0,992	0,160	35,25	0,079	0,50	Sıvılaşma Beklenir
6	1,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,1602	1,404	1,47807	1	0,991	0,138	74,23	0,118	0,86	Sıvılaşma Beklenir
7	1,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,2367	1,454	1,48442	1	0,989	0,122	90,63	0,149	1,22	Sıvılaşma Beklenmez
8	1,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,3132	1,504	1,5846	1	0,988	0,111	78,20	0,124	1,13	Sıvılaşma Beklenmez
9	1,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,3898	1,553	1,68151	1,02745243	0,986	0,101	66,20	0,107	1,06	Sıvılaşma Beklenir
10	2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,4663	1,603	1,65687	1,01031602	0,985	0,094	65,33	0,106	1,13	Sıvılaşma Beklenmez
11	2,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,5428	1,653	1,80553	1,11310095	0,983	0,088	65,12	0,106	1,20	Sıvılaşma Beklenmez
12	2,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,6194	1,703	1,94664	1,23885325	0,982	0,083	60,37	0,100	1,21	Sıvılaşma Beklenmez
13	2,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,6959	1,752	1,98332	1,28157606	0,980	0,079	48,19	0,090	1,15	Sıvılaşma Beklenmez
14	2,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,7724	1,802	1,86369	1,15896109	0,979	0,075	55,50	0,096	1,28	Sıvılaşma Beklenmez
15	3	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	2,8489	1,852	2,21056	1,69632201	0,977	0,072	47,05	0,089	1,24	Sıvılaşma Beklenmez
16	3,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,9255	1,902	1,95762	1,25110145	0,976	0,069	57,19	0,097	1,41	Sıvılaşma Beklenmez
17	3,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	3,0020	1,951	2,10648	1,46965996	0,974	0,067	57,98	0,098	1,47	Sıvılaşma Beklenmez
18	3,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,0785	2,001	1,72648	1,05792932	0,972	0,064	76,90	0,122	1,90	Sıvılaşma Beklenmez
19	3,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,1550	2,051	1,82898	1,13083159	0,971	0,062	77,84	0,124	1,99	Sıvılaşma Beklenmez
20	4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,2316	2,101	1,78381	1,09738712	0,969	0,061	82,74	0,133	2,19	Sıvılaşma Beklenmez
21	4,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,3081	2,150	1,6867	1,03100482	0,968	0,059	84,39	0,136	2,30	Sıvılaşma Beklenmez
22	4,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,3846	2,200	1,71689	1,05145857	0,966	0,058	91,77	0,152	2,64	Sıvılaşma Beklenmez
23	4,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,4611	2,250	1,86677	1,16158448	0,965	0,056	86,46	0,140	2,49	Sıvılaşma Beklenmez
24	4,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,5377	2,299	1,63291	1	0,963	0,055	87,19	0,142	2,58	Sıvılaşma Beklenmez
25	5	0	-	3,6142	2,349	1,58375	1	0,962	0,054	84,05	0,135	2,51	Sıvılaşma Beklenmez
26	5,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,6907	2,399	1,75084	1,07445754	0,960	0,053	90,13	0,148	2,81	Sıvılaşma Beklenmez
27	5,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,7672	2,449	1,62994	1	0,959	0,052	78,68	0,125	2,42	Sıvılaşma Beklenmez
28	5,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,8438	2,498	1,88585	1,17836042	0,957	0,051	69,85	0,112	2,20	Sıvılaşma Beklenmez
29	5,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,9203	2,548	1,88073	1,17376691	0,956	0,050	59,54	0,100	1,99	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-8 (devam)			Zemin Sınıflaması	t _{max}	t _{dev}	I _c	K _c	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N) _{cs}	CRR	F _L	Sıvılaşma Riski
No	Derinlik (m)	SBT _n											
30	6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,9968	2,598	1,87826	1,17157553	0,954	0,049	48,13	0,090	1,83	Sıvılaşma Beklenmez
31	6,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,0733	2,648	1,94625	1,2384263	0,953	0,048	56,45	0,097	2,00	Sıvılaşma Beklenmez
32	6,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,1499	2,697	1,9422	1,23402478	0,951	0,048	59,65	0,100	2,09	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-9			Zemin Sınıflaması	tmax	tdev	Ic	Kc	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N)cs	CRR	F _L	Sıvılaşma Riski
No	Derinlik (m)	SBTn											
1	0,2	0	-	2,5636	1,666	0	1	0,998	0,990	5,90	0,055	0,06	Sıvılaşma Beklenir
2	0,4	0	-	2,6401	1,716	0	1	0,997	0,509	8,16	0,057	0,11	Sıvılaşma Beklenir
3	0,6	0	-	2,7167	1,766	2,17141	1,60274822	0,995	0,349	11,09	0,059	0,17	Sıvılaşma Beklenir
4	0,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,7932	1,816	2,02063	1,33073855	0,994	0,269	20,25	0,067	0,25	Sıvılaşma Beklenir
5	1	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,8697	1,865	1,89218	1,18413728	0,992	0,220	35,99	0,080	0,36	Sıvılaşma Beklenir
6	1,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,9463	1,915	1,74818	1,07264132	0,991	0,188	46,39	0,089	0,47	Sıvılaşma Beklenir
7	1,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,0228	1,965	1,69659	1,03773622	0,989	0,165	50,61	0,092	0,56	Sıvılaşma Beklenir
8	1,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,0993	2,015	1,79643	1,10644438	0,988	0,148	45,94	0,088	0,60	Sıvılaşma Beklenir
9	1,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,1758	2,064	1,81342	1,11896823	0,986	0,135	52,51	0,093	0,69	Sıvılaşma Beklenir
10	2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,2524	2,114	1,77513	1,09125989	0,985	0,124	52,06	0,093	0,75	Sıvılaşma Beklenir
11	2,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,3289	2,164	1,84272	1,14166953	0,983	0,115	42,38	0,085	0,74	Sıvılaşma Beklenir
12	2,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,4054	2,214	1,99083	1,29098569	0,982	0,108	50,10	0,092	0,85	Sıvılaşma Beklenir
13	2,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,4819	2,263	1,82926	1,13104891	0,980	0,102	46,07	0,088	0,87	Sıvılaşma Beklenir
14	2,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,5585	2,313	1,66414	1,01542689	0,979	0,096	73,10	0,116	1,21	Sıvılaşma Beklenmez
15	3	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,6350	2,363	1,61536	1	0,977	0,092	93,70	0,157	1,71	Sıvılaşma Beklenmez
16	3,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,7115	2,412	1,72808	1,05900975	0,976	0,088	74,29	0,118	1,35	Sıvılaşma Beklenmez
17	3,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,7880	2,462	1,87847	1,17176122	0,974	0,084	43,42	0,086	1,03	Sıvılaşma Beklenir
18	3,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,8646	2,512	1,82735	1,12956933	0,972	0,081	61,79	0,102	1,26	Sıvılaşma Beklenmez
19	3,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,9411	2,562	1,95494	1,24807082	0,971	0,078	56,16	0,096	1,24	Sıvılaşma Beklenmez
20	4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,0176	2,611	1,9898	1,28968114	0,969	0,075	45,30	0,088	1,16	Sıvılaşma Beklenmez
21	4,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,0941	2,661	2,22393	1,7307455	0,968	0,073	47,90	0,090	1,23	Sıvılaşma Beklenmez
22	4,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,1707	2,711	2,18619	1,63683648	0,966	0,071	41,28	0,084	1,19	Sıvılaşma Beklenmez
23	4,6	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,2472	2,761	2,2108	1,6969286	0,965	0,069	44,86	0,087	1,27	Sıvılaşma Beklenmez
24	4,8	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,3237	2,810	2,12686	1,50862394	0,963	0,067	39,27	0,083	1,23	Sıvılaşma Beklenmez
25	5	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	4,4002	2,860	2,25712	1,82189533	0,962	0,065	50,05	0,092	1,40	Sıvılaşma Beklenmez
26	5,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,4768	2,910	2,02454	1,33625351	0,960	0,064	53,59	0,094	1,47	Sıvılaşma Beklenmez
27	5,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,5533	2,960	1,94509	1,23715964	0,959	0,063	55,12	0,096	1,53	Sıvılaşma Beklenmez
28	5,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	4,6298	3,009	1,66222	1,01408215	0,957	0,061	82,49	0,132	2,16	Sıvılaşma Beklenmez

CPT-10			Zemin Sınıflaması	tmax	tdev	Ic	Kc	Gerilme azaltma katsayısı, rd	CSR	(qc1N)cs	CRR	FL	Sıvılaşma Riski
No	Derinlik (m)	SBTn											
1	0,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,5220	1,639	2,01165	1,31834075	0,998	0,974	10,38	0,059	0,06	Sıvılaşma Beklenir
2	0,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	2,5986	1,689	2,28635	1,90916658	0,997	0,501	12,59	0,060	0,12	Sıvılaşma Beklenir
3	0,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,6751	1,739	2,05447	1,38091671	0,995	0,343	15,57	0,063	0,18	Sıvılaşma Beklenir
4	0,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,7516	1,789	1,959	1,25267252	0,994	0,265	20,79	0,067	0,25	Sıvılaşma Beklenir
5	1	6	Temiz Kum / Siltli Kum	2,8281	1,838	1,92449	1,21544596	0,992	0,217	29,03	0,074	0,34	Sıvılaşma Beklenir
6	1,2	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	2,9047	1,888	2,11815	1,49166863	0,991	0,186	24,77	0,071	0,38	Sıvılaşma Beklenir
7	1,4	5	Siltli Kum / Kumlu Silt	2,9812	1,938	2,18034	1,62316787	0,989	0,163	26,74	0,072	0,44	Sıvılaşma Beklenir
8	1,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,0577	1,988	1,85073	1,14816152	0,988	0,146	41,94	0,085	0,58	Sıvılaşma Beklenir
9	1,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,1342	2,037	1,82858	1,13052139	0,986	0,133	47,94	0,090	0,68	Sıvılaşma Beklenir
10	2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,2108	2,087	1,7535	1,07627762	0,985	0,122	52,99	0,094	0,77	Sıvılaşma Beklenir
11	2,2	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,2873	2,137	1,77133	1,08860048	0,983	0,114	53,40	0,094	0,83	Sıvılaşma Beklenir
12	2,4	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,3638	2,186	1,79891	1,10824738	0,982	0,106	59,18	0,099	0,93	Sıvılaşma Beklenir
13	2,6	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,4403	2,236	1,77384	1,09035561	0,980	0,100	68,07	0,109	1,09	Sıvılaşma Beklenir
14	2,8	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,5169	2,286	1,75524	1,07747043	0,979	0,095	63,31	0,104	1,09	Sıvılaşma Beklenir
15	3	6	Temiz Kum / Siltli Kum	3,5934	2,336	1,8399	1,1394153	0,977	0,091	95,51	0,161	1,78	Sıvılaşma Beklenmez

EK 6: Jeofizik çalışmalarına göre sınıflama analizi sonuçları.

MASW KIRILMA-1															
Derinlik (m)	İnce Tane Oranı (%)	Vs	V*s1	Vs1	γ (kN/m ³)	Σ (kPa)	σ' (kPa)	rd	CSR	CRR	BDD	F _L	W(z)	P _L (z)	Ls
1,5	18	230,0	208,5	318,4	18,4	27,60	27,60	0,989	0,131	0,184	2,200	3,089	9,25	0,00	0,000
3	9,4	230,0	212,8	268,4	18,2	54,60	54,60	0,977	0,130	0,095	2,200	1,614	8,50	0,00	0,000
4,5	13	345,0	211,0	364,4	18,1	81,45	81,45	0,966	0,128	0,261	2,200	4,477	7,75	0,00	0,000
6	13	345,0	211,0	339,1	18,1	108,60	108,60	0,954	0,127	0,218	2,200	3,787	7,00	0,00	0,000
7,5	13	345,0	211,0	320,7	18,1	135,75	135,75	0,943	0,125	0,187	2,200	3,299	6,25	0,00	0,000
9	13	345,0	211,0	306,4	18,1	162,90	162,90	0,931	0,123	0,164	2,200	2,920	5,50	0,00	0,000

MASW KIRILMA-2															
Derinlik (m)	İnce Tane Oranı (%)	Vs	V*s1	Vs1	γ (kN/m ³)	Σ (kPa)	σ' (kPa)	rd	CSR	CRR	BDD	F _L	W(z)	P _L (z)	Ls
1,5	13,4	375,0	210,8	517,7	18,6	27,90	27,90	0,989	0,131	0,567	2,200	9,519	9,250	0,000	0,000
3	27,2	375,0	203,9	431,9	19,2	57,60	57,60	0,977	0,130	0,384	2,200	6,526	8,500	0,000	0,000
4,5	27,2	600,0	203,9	594,9	23,3	104,85	104,85	0,966	0,128	0,758	2,200	13,019	7,750	0,000	0,000

MASW KIRILMA-3

Derinlik (m)	İnce Tane Oranı (%)	Vs	V*s1	Vs1	γ (kN/m ³)	Σ (kPa)	σ' (kPa)	rd	CSR	CRR	BDD	F _L	W(z)	P _L (z)	Ls
1,5	17,6	320,0	208,7	437,1	19,4	29,10	29,10	0,989	0,131	0,395	2,200	6,625	9,250	0,000	0,000
3	23	320,0	206,0	370,5	18,8	56,40	56,40	0,977	0,130	0,271	2,200	4,608	8,500	0,000	0,000
4,5	23	320,0	206,0	334,8	18,8	84,60	84,60	0,966	0,128	0,211	2,200	3,629	7,750	0,000	0,000
6	26,5	320,0	204,3	311,1	18,9	113,40	113,40	0,954	0,127	0,173	2,200	3,009	7,000	0,000	0,000
7,5	26,5	605,0	204,3	556,3	18,9	141,75	141,75	0,943	0,125	0,659	2,200	11,602	6,250	0,000	0,000

MASW KIRILMA-4

Derinlik (m)	İnce Tane Oranı (%)	Vs	V*s1	Vs1	γ (kN/m ³)	Σ (kPa)	σ' (kPa)	rd	CSR	CRR	BDD	F _L	W(z)	P _L (z)	Ls
1,5	17,6	280,0	208,7	382,5	19,4	29,10	29,10	0,989	0,131	0,292	2,200	4,906	9,250	0,000	0,000
3	23	280,0	206,0	324,2	18,8	56,40	56,40	0,977	0,130	0,194	2,200	3,293	8,500	0,000	0,000
4,5	23	280,0	206,0	292,9	18,8	84,60	84,60	0,966	0,128	0,143	2,200	2,456	7,750	0,000	0,000
6	26,5	570,0	204,3	554,2	18,9	113,40	113,40	0,954	0,127	0,654	2,200	11,372	7,000	0,000	0,000
7,5	26,5	570,0	204,3	524,1	18,9	141,75	141,75	0,943	0,125	0,582	2,200	10,241	6,250	0,000	0,000

MASW KIRILMA-5

Derinlik (m)	İnce Tane Oranı (%)	Vs	V*s1	Vs1	γ (kN/m ³)	Σ (kPa)	σ' (kPa)	rd	CSR	CRR	BDD	F _L	W(z)	P _L (z)	Ls
1,5	4,1	275,0	215,5	374,7	19,6	29,40	29,40	0,989	0,131	0,278	2,200	4,671	9,250	0,000	0,000
3	1,2	275,0	216,9	315,5	19,5	58,50	58,50	0,977	0,130	0,178	2,200	3,017	8,500	0,000	0,000
4,5	14,6	535,0	210,2	556,7	19,2	86,40	86,40	0,966	0,128	0,661	2,200	11,350	7,750	0,000	0,000
6	14,6	535,0	210,2	518,1	19,2	115,20	115,20	0,954	0,127	0,568	2,200	9,880	7,000	0,000	0,000

MASW KIRILMA-6

Derinlik (m)	İnce Tane Oranı (%)	Vs	V*s1	Vs1	γ (kN/m ³)	Σ (kPa)	σ' (kPa)	rd	CSR	CRR	BDD	F _L	W(z)	P _L (z)	Ls
1,5	8,6	295,0	213,2	403,0	19,4	29,10	29,10	0,989	0,131	0,329	2,200	5,528	9,250	0,000	0,000
3	13,7	295,0	210,7	339,3	19,3	57,90	57,90	0,977	0,130	0,218	2,200	3,705	8,500	0,000	0,000

MASW KIRILMA-7

Derinlik (m)	İnce Tane Oranı (%)	Vs	V*s1	Vs1	γ (kN/m ³)	Σ (kPa)	σ' (kPa)	rd	CSR	CRR	BDD	F _L	W(z)	P _L (z)	Ls
1,5	4,1	285,0	215,5	388,3	19,6	29,40	29,40	0,989	0,131	0,303	2,200	5,078	9,250	0,000	0,000
3	1,2	285,0	216,9	327,0	19,5	58,50	58,50	0,977	0,130	0,197	2,200	3,342	8,500	0,000	0,000
4,5	14,6	285,0	210,2	296,6	19,2	86,40	86,40	0,966	0,128	0,148	2,200	2,539	7,750	0,000	0,000
6	14,6	285,0	210,2	276,0	19,2	115,20	115,20	0,954	0,127	0,112	2,200	1,943	7,000	0,000	0,000

MASW KIRILMA-8

Derinlik (m)	İnce Tane Oranı (%)	Vs	V*s1	Vs1	γ (kN/m ³)	Σ (kPa)	σ' (kPa)	rd	CSR	CRR	BDD	F _L	W(z)	P _L (z)	Ls
1,5	18	305,0	208,5	422,2	18,4	27,60	27,60	0,989	0,131	0,366	2,200	6,136	9,250	0,000	0,000
3	9,4	305,0	212,8	356,0	18,2	54,60	54,60	0,977	0,130	0,246	2,200	4,179	8,500	0,000	0,000
4,5	13	305,0	211,0	572,8	1,81	8,15	8,15	0,966	0,128	0,701	2,200	12,042	7,750	0,000	0,000
6	13	585,0	211,0	1022,4	1,81	10,86	10,86	0,954	0,127	2,283	2,200	39,700	7,000	0,000	0,000

% 15	% 14	% 5	% 7
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	% 3
2	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	% 3
3	www.jmo.org.tr İnternet Kaynağı	% 1
4	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	% 1
5	silo.tips İnternet Kaynağı	% 1
6	9lib.net İnternet Kaynağı	% 1
7	pdffox.com İnternet Kaynağı	% 1
8	acikerisim.sakarya.edu.tr İnternet Kaynağı	% 1
9	webdata.trabzon.bel.tr İnternet Kaynağı	<% 1

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Fatma Büşra KARAZEYBEK
Doğum Tarihi	
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
E-Posta Adresi	
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Jeoloji Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2021
Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Jeoloji Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı