



**T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**KAHRAMANKAZAN (ANKARA) GÜNEYBATISINDA YER ALAN
HAFRİYAT ATIK SAHASININ JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ**

Nevzat ÜÇER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

**Ocak - 2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Nevzat ÜÇER tarafından hazırlanan “KAHRAMANKAZAN (ANKARA) GÜNEYBATISINDA YER ALAN HAFRİYAT ATIK SAHASININ JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ “ adlı tez çalışması 24/01/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Necati KARAKAYA

Danışman

Prof. Dr. Mahmut Tahir NALBANTÇILAR

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Güler GÖÇMEZ

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Nevzat ÜÇER

Tarih: 24/01/2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

KAHRAMANKAZAN (ANKARA) GÜNEYBATISINDA YER ALAN HAFRİYAT ATIK SAHASININ JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Nevzat ÜÇER

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mahmut Tahir NALBANTÇILAR

2025, 141 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Mahmut Tahir NALBANTÇILAR

Prof. Dr. Necati KARAKAYA

Dr. Öğr. Üyesi Güler GÖÇMEZ

Ankara İli Kahramankazan İlçesi güneybatısında yer alan tez sahası Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlama periyodu 475 yıl) göre en büyük yer ivmesi 0.141 g. olup düşük tehlikeli deprem bölgesinde bulunmaktadır. Tez sahasında yer alan kohezyonlu ve kohezyonsuz özellikteki zeminler yeraltı suyuyla doymunlaşması sonucunda önemli zemin problemlerine neden olmaktadır. Bu problemler zeminin sıkı-gevşek olmasına, yeraltı suyunun yüzeye yakın olmasına, yeraltı suyunun kimyasal özelliğine, zemin tane boyu dağılımına, zeminin kil içeriğine, zeminin üst yüzeyinde kil ağırlıklı geçirimsiz bir örtü tabakasının bulunup-bulunmamasına ve boşluk suyu basıncının değerine bağlı olarak değişmektedir. Kohezyonsuz zeminler yeraltı suyu ve deprem etkisiyle taşıma gücü kaybı, akma, kayma, yanıl yayılma, aşırı oturma, sıvılaşma ve benzeri birçok zemin problemlerine yol açtığı bilinmektedir. Bu öngörüler çerçevesinde Tez sahasındaki zeminlerin özellikleri, zemin mekaniği ve mühendisliği prensiplerine uygun olarak, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) gibi arazi yöntemlerini kullanan gerilme yaklaşımı ve ilgili laboratuvar deneyleri ile araştırılmıştır. Dolgu zeminlerin ve Dolgu zeminlerin altında yer alan katı kıvamlı Alüvyon zeminlerin Laboratuvar deneyleri sonucunda yapılan taşıma gücü hesaplamalarında taşıma gücü tasarım dayanımı 129 kPa ile 380 kPa aralığında, konsolidasyon oturma miktarının 4.114 cm ile 15.825 cm aralığında ve sıvılaşma enerjisi potansiyelinin düşük-çok düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu veriler ışığında inceleme alanında tasarlanan geniş ve düşük katlı sanayi amaçlı yapıların taşıma gücü, oturma ve sıvılaşma problemlerinin olmadığı tespit edilmiştir. Yer yer lokal olarak taşıma gücü, oturma ve sıvılaşma problemlerinin olduğu anlaşılmıştır. Bu tür yerlerde kaya dolgu iyileştirme metodu ile bu sorunlar giderilmelidir. Bu nedenle elde edilen değerlere bağlı olarak yapıların planlanması gerekmektedir. Ayrıca olası deprem hasarlarını en aza indireyecek şekilde mevcut yapılarda statik durumlarında iyileştirmelerin yapılması gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Jeoteknik, Deprem, Oturma, Sıvılaşma, Kahramankazan

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF THE GEOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE EXCAVATION WASTE FIELD LOCATED TO THE SOUTHWEST OF KAHRAMANKAZAN (ANKARA)

Nevzat ÜÇER

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geological Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Mahmut Tahir NALBANTÇILAR

2025, 142 Sayfa

Jury

**Prof. Dr. Necati KARAKAYA
Prof. Dr. Mahmut Tahir NALBANTÇILAR
Dr. Öğr. Üyesi Güler GÖÇMEZ**

The thesis site located in the southwest of Kahramankazan District of Ankara Province has a maximum ground acceleration of 0.141 g. according to the probability of exceedance in 50 years of 10% (recurrence period 475 years) from the Earthquake Hazard Maps of Turkey and is located in a low-hazard earthquake zone. The cohesive and non-cohesive soils in the thesis site cause significant ground problems as a result of saturation with groundwater. These problems vary depending on whether the ground is tight or loose, the groundwater is close to the surface, the chemical properties of the groundwater, the ground grain size distribution, the clay content of the ground, the presence or absence of an impermeable layer of clay-dominated cover on the upper surface of the ground, and the value of the pore water pressure. It is known that cohesionless soils cause many ground problems such as loss of bearing capacity, flow, sliding, lateral spreading, excessive settlement, liquefaction and similar ground problems due to groundwater and earthquake effects. Within the framework of these predictions, the properties of the soils in the thesis site were investigated with the stress approach and related laboratory tests using field methods such as Standard Penetration Test (SPT) in accordance with the principles of soil mechanics and engineering. In the bearing capacity calculations made as a result of the laboratory tests of the fill soils and the solid consistency alluvial soils under the fill soils, it was determined that the bearing capacity design strength was between 129 kPa and 380 kPa, the consolidation settlement amount was between 4.114 cm and 15.825 cm and the liquefaction energy potential was low-very low. In the light of these data, it was determined that the large and low-rise industrial buildings designed in the study area did not have bearing capacity, settlement and liquefaction problems. It was understood that there were bearing capacity, settlement and liquefaction problems locally. These problems should be eliminated with the rockfill improvement method in such places. Therefore, it is necessary to plan the structures depending on the obtained values. In addition, improvements should be made in the static conditions of the existing structures in a way that will minimize possible earthquake damages.

Keywords: Geotechnical, Earthquake, Settlement, Liquefaction, Kahramankazan

ÖNSÖZ

“ Kahramankazan (Ankara) Güneybatısında Yer Alan Hafriyat Atık Sahasının Jeoteknik Özelliklerinin Belirlenmesi” isimli bu çalışma Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nde 2022-2024 yılları arasında yürütülen yüksek lisans öğrenimi kapsamında hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmasının her aşamasında değerli görüşlerini ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. M. Tahir NALBANTÇILAR’a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Bu tezin hazırlanışında önemli katkılarda bulunan, Ankara Üniversitesi’nden Sayın Prof. Dr. Kamil KAYABALI’ ya, teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın laboratuvar deneyleri aşamasında; ADA Zemin Laboratuvarından yararlanmamı sağlayan Sayın Jeoloji Mühendisi Sinan OCAKÇI’ ya, sondaj ve arazi çalışmalarında katkılarını gördüğüm Jeoloji Mühendisi İbrahim Semih ÜÇER ve Jeoloji Mühendisi İrem ÜÇER’e, yazılım çalışmasında katkılarını gördüğüm Dr. Melih ÜÇER’e, İmar Planına Esas Jeoloji-Jeoteknik Rapor çalışmasından yararlanmamı sağlayan ve katkılarını gördüğüm Jeoloji Mühendisi Rıza KANDEMİR’e, Jeofizik Mühendisi Ertan KESER’e, jeofizik çalışmasından yararlanmamı sağlayan ve katkılarını gördüğüm Jeofizik Mühendisi İbrahim Ethem ÖZTÜRK’e, geoteknik çalışmalarda katkılarını gördüğüm İnşaat Yüksek Mühendisi Abdülkadir BULUT’a ve İnşaat Yüksek Mühendisi İlkey TONYALI’ ya teşekkür ederim.

Bu araştırmanın yapılmasında makine ve ekipman desteği başta olmak üzere maddi olarak destekleyen Üçer Sondaj Jeoloji Mühendislik Hizmetleri Sanayi ve Ticaret Ltd.Şti’ne bir borç bilirim.

Nevzat ÜÇER

KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
1.GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması	3
1.3. İklim ve Bitki Örtüsü	4
1.4. Morfoloji, Akarsular, Göller	5
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	6
2.1. Jeolojik Çalışmalar.....	6
2.2. Jeoteknik Çalışmalar	8
2.3. Sıvılaşma Enerjisi Çalışmaları	9
2.3.1. Laboratuvar ve Arazi Deneylerine Dayanan Yöntemler.....	12
2.3.1.1. Laboratuvar Deneylerine Dayalı Sıvılaşma Analiz Yöntemler	12
2.3.1.1.1. Dinamik Üç Eksenli Basınç Deneyi.....	12
2.3.1.1.2. Periyodik Basit Kesme Deneyi	12
2.3.1.2. Arazi Deneylerine Sıvılaşma Analiz Yöntemler	12
2.3.1.2.1. Standart Penetrasyon Deney verilerine dayalı Sıvılaşma Analizi....	12
2.3.1.2.2. Sıvılaşma direnç faktörü-Sıvılaşma indeksi ile sıvılaşma Analizi ...	12
3. JEOLojİ	21
3.1. Stratigrafi.....	23
3.1.1. Karakaya Grubu	25
3.1.1.1. Karatepe Formasyonu (PTRk)	25
3.1.1.1.1. Keçikaya Kireçtaşı Üyesi (PTRkk).....	26
3.1.1.1.2. Permien Yaşlı Kireçtaşı Blokları (Pk).....	27
3.1.1.2. Soğukçam Formasyonu (JKs).....	27
3.1.1.3. Yenipazar Formasyonu (Kye).....	27
3.1.1.3.1. Kapaklı Üyesi (Kyeka).....	28
3.1.1.4. Beypazarı Granitoyidi (Tpbgr).....	28
3.1.1.5. Kızılçay Formasyonu (Tpek)	29
3.1.1.5.1. Kabalar Üyesi (Tpekk).....	29
3.1.1.6. Güvenç Formasyonu (Teg)	29

3.1.1.7. Hançili Formasyonu (Tmh)	30
3.1.1.8. Özlü Bazaltı (Tmö)	30
3.1.1.9. Örencik Formasyonu (Tplö)	30
3.1.1.10. Alüvyon (Qal)	31
3.2. Yapısal Jeoloji	31
4. BÖLGENİN DEPREMSELLİĞİ	33
5. HİDROJEOLOJİ	37
6. JEOTEKNİK İNCELEMELER	46
6.1. Arazi İncelemeleri	46
6.1.1. Araştırma Çukurları-Temel Çukurları	46
6.1.2. Temel Sondaj Kuyuları	47
6.1.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)	49
6.1.2.2. Örselenmemiş Numune (UD) Alınması	71
6.1.3. Jeofizik Çalışmalar	72
6.1.3.1. Sismik Kırılma-Masw (Çok Kanallı Yüzey Dalgası) Çalışmaları	74
6.1.3.2. Zeminin Dinamik-Elastik Parametreleri	75
6.1.3.2.1. Yoğunluk (ρ)	76
6.1.3.2.2. Poisson Oranı (μ)	77
6.1.3.2.3. Dinamik Bulk (Compressibility) Modülü (K)	79
6.1.3.2.4. Dinamik Kayma (Rijidite, Shear) Modülü (Gmax)	80
6.1.3.2.5. Dinamik Elastisite (Young) Modülü (Ed)	81
6.1.3.3. Sismik Hız oranı (V_p/V_s)	82
6.1.3.4. Boyuna Dalga Hızı (V_p)-Sökülebilirlik Sınıflandırılması	83
6.1.3.5. $V_{s(30)}$ Kayma Dalgası Hızı	84
Zemin Grubu ve Yerel Zemin Sınıfı belirleme	85
6.1.3.6. Rezistivite (Özdirenç) Çalışmaları	85
6.1.3.7. Mikrotremör Çalışmaları	88
6.1.3.7.1. Mikrotremör Verilerin İşlenmesi ve Değerlendirilmesi	89
6.1.3.7.2. Zemin Hakim Titreşim Periyodu-Zemin Büyütmesi Belirlenme	92
6.1.3.8. ERT (Elektrik Rezistivite Tomografi)	94
6.2. Laboratuvar Deney ve Analizler	95
6.2.1. Zeminlerin İndeks / Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi	95
6.2.2. Zeminlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi	99
6.3. Jeoteknik Analiz ve Değerlendirme	101
Yüzeysel Temeller – Temel Kalıp Planı	101

Yapı temel zemini yükleme durumu	102
6.3.1. Taşıma Gücü Karakteristik Dayanımı - Taşıma Gücü Tasarım Dayanımı	103
6.3.2. Oturma Hesabı	106
6.3.2.1. Elastik (Ani) Oturma - Elastisite Yöntemi ile Oturma Analizi	107
6.3.2.2. Konsolidasyon Yöntemi İle Oturma Analizi	108
6.3.2.2.1. Düzeltilmiş SPT Sayısına ($N_{1.60}$) göre Konsolidasyon Oturması ..	108
6.3.2.2.2. Laboratuvar Sonuçlarına göre Konsolidasyon Oturma Analizi	114
6.3.2.2.3. İkincil ve üçüncül oturma (δ)	119
6.3.3. Sıvılaşma Analizi ve Değerlendirilmesi.....	119
Depremde Oluşan Kayma Gerilmesinin Hesaplanması.....	121
SPT Verilerinin İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltilmesi	121
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	122
7.1. Sonuçlar	122
7.2. Öneriler	128
KAYNAKLAR	133
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ŞEKİLLER	Sayfa
Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Google earth görünümü)	3
Şekil 1.2. İnceleme alanının yağış miktarı değişimi grafiği (MGM, 2024)	4
Şekil 1.3. Ankara ili sıcaklık değişimi grafiği (MGM, 2024)	4
Şekil 2.1. İnce daneli zemin karışımında Seed vd. (2003) tarafından önerilen sıvılaşabilirlik ...	19
Şekil 3.1. İnceleme alanı ve yakın çevresinin 1/100.000 ölçekli Jeoloji Haritası (H29)	22
Şekil 3.2. İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti (MTA H29)	24
Şekil 3.3. Orta Anadolu'da yer alan ana neotektonik yapılar	32
Şekil 3.4. KAFZ. büyüklüğü 4'ten büyük olan depremleri göstermektedir	32
Şekil 3.5. İnceleme Alanı 100 km Çevresindeki Aktif Faylar	32
Şekil 4.1. Türkiye Deprem Tehlike Haritası	35
Şekil 4.2. İnceleme Alanında 100 km yarıçap içinde meydana gelen depremler	35
Şekil 5.1. İnceleme alanının kurak döneme ait yeraltısuyu derinlik haritası	39
Şekil 5.2. İnceleme alanının yağışlı döneme ait yeraltısuyu derinlik haritası	40
Şekil 5.3. İnceleme alanının kurak döneme ait yeraltısuyu derinlik haritası	40
Şekil 5.4. Lokasyonlardan Alınan Su Numunelerinin Schoeller Diyagramı	43
Şekil 5.5. Lokasyonlardan Alınan Su Numunelerinin Wilcox Diyagramı	43
Şekil 5.6. Su Numunelerinin ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı.....	44
Şekil 5.7. Lokasyonlardan Alınan Su Numunelerinin Piper diyagramı	45

Şekil 6.1. İnceleme alanında alüvyon birimin yüzeylendiği alanlardan görünüm	46
Şekil 6.2. İnceleme alanında dolgu birimin yüzeylendiği alanlardan görünüm	47
Şekil 6.3. İnceleme alanında dolgu birimin yüzeylendiği alanlardan görünüm	47
Şekil 6.4. Temel sondaj kuyularında Otomatik Şahmerdan ile SPT deneyinin yapılışı	50
Şekil 6.5. Temel sondaj kuyularından örselenmemiş numune alınışı	71
Şekil 6.6. İnceleme alanında yapılan jeofizik ölçümlerinin lokasyon haritası	73
Şekil 6.7. Sismik Çalışmalarda kullanılan ekipmanlar	74
Şekil 6.8. İnceleme alanının $V_{s(30)}$ hız ağılımı	84
Şekil 6.9. DES-1, DES-2, DES-3 profilinin özdirenç dağılımı	86
Şekil 6.10. DES-10, DES-5, DES- 8 profilinin özdirenç dağılımı	86
Şekil 6.11. DES-6, DES-7, DES- 8 profilinin özdirenç dağılımı	86
Şekil 6.12. GURALP CMG-6TD 3 bileşenli mikrotremör cihazı	88
Şekil 6.13. Sismometrenin Tepki Spektrumu	88
Şekil 6.14. Mikrotremör ölçümlerin bilgisayar ekranındaki görüntüsü	88
Şekil 6.15. Nakamura Yöntemi ile değerlendirme ait veri çözümlemesi akış şeması	90
Şekil 6.16. MT noktalarına ait üç bileşenli verilerin pencerelenmesi	90
Şekil 6.17. MT noktalarına ait baskın frekans-H/V oranı grafiği	90
Şekil 6.18. Zemin hakim titreşim periyodu (T_0) değerlerinin dağılımı	92
Şekil 6.19. Zemin büyütme değerleri dağılımı	93
Şekil 6.20. Mikrotremör verilerinden elde edilen baskın periyot (T_0) dağılım haritası	94
Şekil 6.21. ERT ölçüm aleti ve Teknik özellikleri	94
Şekil 6.22. ERT grafiği	94
Şekil 6.23. Tekil temel ve bağ kirişleri	101
Şekil 6.24. Yapı temel vaziyet planı	101
Şekil 6.25. Yapılar için G + Q kombinasyonu altında temel altı gerilme grafiği	101
Şekil 6.26. Yapılar için 1.4 G + 1.6 Q kombinasyonu altında temel altı gerilme grafiği	102
Şekil 6.27. Yapılar için G + Q + E kombinasyonu altında temel altı gerilme grafiği	102
Şekil 6.28. SPT - $N_{1,60-m_v}$ ve PI arasındaki ampirik ilişki (Stroud, 1974).....	108
Şekil 7.1. İnceleme alanında temel kazısı sonucunda ortaya çıkan dolgu ve kalınlığı	129

ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 1.1. Ankara için aylık ortalama sıcaklık ve yağış ölçüm Periyodu (1927-2024).....	4
Çizelge 2.1. SPT Düzeltme Katsayıları (TBDY, 2018 Tablo 16 B.1)	20
Çizelge 4.1. 100 km lik alan içinde 1900-2024 arasında meydana gelen $M_s \geq 4.0$ deprem ...	36
Çizelge 5.1. Kurak ve yağışlı dönemde yapılan yeraltısuyu derinlik ölçümleri	37
Çizelge 5.2. İnceleme alanından alınan su örneklerine ait fizikokimyasal analiz sonuçları ...	41
Çizelge 5.3. İnceleme alanından alınan su örneklerine ait % miliekiveler değerleri	41
Çizelge 5.4. İnceleme alanından alınan su örneklerine ait fizikokimyasal analiz sonuçları ...	43
Çizelge 6.1. Sondaj lokasyonlarına ait kot ve koordinatlar	48

Çizelge 6.2. SPT Düzeltme Katsayıları (TBDY, 2018; Tablo 16 B.1)	51
Çizelge 6.3. Alüvyon zeminlerde yapılan SPT deney sonuçları	51
Çizelge 6.4. Sismik kırılma ölçü noktalarının koordinatları	74
Çizelge 6.5. Çalışma alanının V_p , V_s , V_{s30} hızları ve tabaka kalınlıkları	75
Çizelge 6.6. V_p ve V_s dalga hızına göre dinamik-elastik mühendislik parametre değerleri ...	76
Çizelge 6.7. Zemin birimlerin yoğunluk değerlerine göre sınıflaması (Keçeli,1990)	77
Çizelge 6.8. Poisson sınıflaması ve hız oranı karşılaştırılması (Ercan, 2001)	78
Çizelge 6.9. Bulk modülüne göre zemin durumu (ASTM,1978)	79
Çizelge 6.10. Kayma modülüne göre zemin özelliği tanımlamaları (Bowles, 1988)	80
Çizelge 6.11. Elastisite modülüne göre zemin özelliği tanımlamaları (Bowles, 1988)	81
Çizelge 6.12. İnceleme alanından elde edilen V_p/V_s oranları (Ercan,2001)..	82
Çizelge 6.13. V_p Hızları ve sökülebilirlik sınıflandırılması (Bailey, 1975)	83
Çizelge 6.14. Her sismik profilde hesaplanan V_{s30} değerleri	84
Çizelge 6.15. Yerel Zemin Sınıfları (TBDY 2018)	85
Çizelge 6.16. Rezistivite (Özdirenç) ölçü noktalarının koordinatları	85
Çizelge 6.17. Rezistivite ölçü noktalarında belirlenen özdirenç, tabaka derinliği ve litoloji ...	86
Çizelge 6.18. BS1021 ve TS 5141 EN 12954'e göre rezistivite ve korozyon derecesi	87
Çizelge 6.19. Çalışma alanı zemin rezistivitesi ve korozyon derecesi sınıflaması	87
Çizelge 6.20. Mikrotremör ölçü noktalarının koordinatları	89
Çizelge 6.21. Ölçüm analizlerinde kullanılan pencere adedi ve pencere boyu	91
Çizelge 6.22. Mikrotremör ölçümlerinden elde edilen parametreler	91
Çizelge 6.23. Tehlike düzeyi-Spektral büyütmelemlere göre mikrobölgeleme ölçütleri	92
Çizelge 6.24. T_0 değeri ve tehlike düzeyi- T_0 periyotlarına göre mikrobölgeleme ölçütleri ...	93
Çizelge 6.25. Yapılan deney standart ve sayıları	95
Çizelge 6.26. Laboratuvar deney sonuçları	96
Çizelge 6.27. Zeminlerin Mekanik Deney Özeti	99
Çizelge 6.28. Zeminlerin konsolidasyon Deney Özeti	100
Çizelge 6.29. Temel taşıma gücü tasarım dayanımı değerleri	105
Çizelge 6.30. Tasarım dayanımına (q_t) göre 1.4 G+1.6 Q ve G+Q+E yeterlilik durumu	106
Çizelge 6.31. Düşey ve Deprem kombinasyonlarına göre ani oturma değerleri	107
Çizelge 6.32. Düzeltilmiş SPT ($N_{1.60}$) değerleri	109
Çizelge 6.33. Düzeltilmiş SPT ($N_{1.60}$) değerleri	110
Çizelge 6.34. Düzeltilmiş SPT ($N_{1.60}$) değerleri	110
Çizelge 6.35. Düzeltilmiş SPT ($N_{1.60}$) değerleri	110
Çizelge 6.36. SK 1 ve SK 35 arası SPT ($N_{1.60}$) değerine göre konsolidasyon oturması	111
Çizelge 6.37. SK I ve SK XV arası SPT ($N_{1.60}$) değerine göre konsolidasyon oturması	111
Çizelge 6.38. SK a ve SK h arası SPT ($N_{1.60}$) değerine göre konsolidasyon oturması	112
Çizelge 6.39. SK A ve SK L arası SPT ($N_{1.60}$) değerine göre konsolidasyon oturması	112
Çizelge 6.40. Skempton-M. Donald, Kumbasar ve Kip, göre izin verilebilir oturma	113
Çizelge 6.41. SK 3 Lokasyonu UD-1 sonuçlarına göre konsolidasyon oturması	114
Çizelge 6.42. SK 4 Lokasyonu UD-1 sonuçlarına göre konsolidasyon oturması	115

Çizelge 6.43. SK 14 Lokasyonu UD-1 sonuçlarına göre konsolidasyon oturması	115
Çizelge 6.44. SK III Lokasyonu UD-1 sonuçlarına göre konsolidasyon oturması	116
Çizelge 6.45. SK V Lokasyonu UD-1 sonuçlarına göre konsolidasyon oturması	116
Çizelge 6.46. SK C Lokasyonu UD-1 sonuçlarına göre konsolidasyon oturması	117
Çizelge 6.47. SK E Lokasyonu UD-1 sonuçlarına göre konsolidasyon oturması	117
Çizelge 6.48. Skempton-M. Donald, Kumbasar ve Kip, göre izin verilebilir oturma	118
Çizelge 7.1. Yapılan deney standart ve sayıları	123
Çizelge 7.2. Skempton, M. Donald, Kumbasar ve Kip, göre izin verilebilir oturma	125
Çizelge 7.3. 1.4 G+1.6 Q ve G+Q+E göre taşıma gücü dayanımı (q_1) yeterlilik durumu	128



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

W_n	: Doğal Su İçeriği
W_L	: Likit Limit
γ	: Zeminin tabii birim hacim ağırlığı
γ_w	: Suyun birim hacim ağırlığı
ϕ	: Tasarım Kayma Direnç Açısı
c	: Zeminin Kohezyon Dayanımı
K	: Potasyum
Na	: Sodyum
Ca	: Kalsiyum
Mg	: Magnezyum
HCO_3	: Bikarbonat
SO_4	: Sülfat
Dr	: Rölatif Sıkılık
Cc	: Sıkışma İndeksi
$G+Q$	: Sabit ve Hareketli Yükler
$1.4G+1.6Q$	: Statik yükleme durumu
$G+Q+E$	: Statik ve deprem yükleme durumu
q_o	: Temel seviyesinde etkiyen düşey yük, temel taban basıncı
q_k	: Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı
q_t	: Temel taşıma gücü tasarım dayanımı
V_{th}	: Temel tabanında etkiyen tasarım yatay kuvveti
β	: Duvar arkası zemin yüzeyinin yataya göre eğim açısı
ϕ'	: Zeminin efektif kayma direnci açısı
γ_{Rv}	: Temel taşıma gücü dayanım katsayısı
N_c, N_q, N_γ	: Taşıma gücü katsayıları
s_c, s_q, s_γ	: Temel şekli düzeltme katsayıları
d_c, d_q, d_γ	: Temel derinliği düzeltme katsayıları
i_c, i_q, i_γ	: Yükleme eğikliği düzeltme katsayıları
g_c, g_q, g_γ	: Zemin eğimi düzeltme katsayıları
b_c, b_q, b_γ	: Temel taban eğimi düzeltme katsayıları
P_a	: Görünür özdirenç
MASW	: Çok Kanallı Yüzey Dalgası Yöntemi
V_p	: Boyuna Kayma dalga hızı
V_s	: Enine Kayma dalgası hızı
V_{s30}	: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı
K	: Dinamik Bulk (Compressibility) Modülü
μ	: Poisson Oranı
ρ	: Yoğunluk
G_{max}	: Dinamik Kayma (Rijidite, Shear) Modülü
E_d	: Dinamik Elastisite (Young) Modülü

δ_e	: Ani (Elastik) oturma
I_p	: Yapı Boyutsuz etki faktörü
$N_{1.60}$	: Düzeltilmiş SPT vuruş sayısı
$N_{1.60f}$	: İnce dane içeriğine göre düzeltilmiş SPT değeri
m_v	: Hacimsel sıkışma katsayısı
q	: Yapı Ağırlığı = $G + Q$
q_{net}	: Yapı Ağırlığı - Kazı ağırlığı
σ	: Toplam Düşey Gerilme
σ_z	: Efektif Gerilme
$\Delta\sigma_z$	: Yüklemeden dolayı, tabaka ortasındaki ortalama efektif gerilme artışı
$W(z)$	: Ağırlıklı (Ortalama) Fonksiyonu
$P_L(z)$	: Sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısına bağlı olarak sıvılaşma olasılığı oranı
L_s	: Sıvılaşma şiddeti indeksi
M_W	: Tasarım Depreminin moment büyüklüğü
S_{DS}	: Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme katsayısı
C_M	: Tasarım Depremi moment büyüklüğü düzeltme katsayısı
$CRR_{M7.5}$	: $M_W 7.5$ olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranı
T_R	: Zeminin sıvılaşma direnci
T_{deprem}	: Zeminde depremden oluşan ortalama tekrarlı kayma gerilmesi değeri
σ_{vo}	: Sıvılaşma analizi yapılan derinlikteki toplam düşey zemin gerilmesi
F_{SL}	: Sıvılaşma Güvenlik koşulu
r_d	: İlgili derinlikteki gerilme azaltma katsayısı

Kısaltmalar

DSİ	: Devlet Su İşleri
GB	: Güneybatı
GD	: Güneydoğu
KB	: Kuzeybatı
KD	: Kuzeydoğu
LL	: Likit Limit
MTA	: Maden Tetkik Arama
PI	: Plastisite İndisi
PL	: Plastik Limit
SK	: Sondaj Kuyusu
SPT	: Standart Penetrasyon Test
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UD	: Örselenmemiş Numune
DES	: Düşey Elektrik Sondaj
YASS	: Yer Altı Su Seviyesi
MT	: Mikrotremör
SİS	: Sismik Kırılma
ERT	: Elektrik Rezisitivite Tomografi
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı

1.GİRİŞ

Ülkemizde ve tüm dünyada mevcut yerleşim alanlarının planlanmasında, jeolojik ve jeoteknik çalışmalar zemin özellikleri açısından güvenli ve riskli olan bölgelerin tespit edilmesinin gerekliliği, özellikle deprem, heyelan, toprak kayması v.b. doğal afetler göz önüne alındığında oldukça önemlidir.

Jeolojik ve jeoteknik çalışma verileri özellikle şehir plancıların anlayabilecekleri bir dilde ve sadelikte olmalıdır. Yerleşim alanlarında taşıma gücü ve oturma bakımından sorunlu alanlar ile sınılaşma potansiyeline sahip alanlar tespit edilip, bu tür alanlarda alınması gereken önlemler verilmelidir.

Ülkemiz jeolojik özellikleri ile birçok doğal afet tehdidi ile yüz yüzedir. Özellikle, 17 Ağustos 1999 tarihli 7.8 şiddetinde Gölcük-Marmara, 12 Kasım 1999 tarihli 7.5 şiddetinde, Düzce, 23 Ekim 2011 tarihli 7.2 şiddetinde, Van 24 Ocak 2020 tarihli 6.8 şiddetinde, Elazığ ve 11 ilimizi derinden etkileyen 6 Şubat 2023 tarihli 7.8 şiddetinde, Pazarcık ile 7.5 şiddetinde Ekinözü yerleşim yerlerinde meydana gelen depremlerden sonra yapılaşma öncesinde, yapı, zemin ve çevre analizlerinin yapıldığı yerel ölçekli mühendislik çalışmalarının önemi ve gerekliliği bir kez daha ortaya çıkmıştır.

Kahramankazan (Ankara) güneybatısında sahanın tümünü tanımlayacak geniş çaplı herhangi bir Jeoteknik çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma ile Kahrmankazan (Ankara) güneybatısında yer alan Hafriyat Atık Sahasının ve yakın çevresinin taşıma gücü tasarım dayanımı, konsolidasyon oturma problemleri ve sınılaşma potansiyeli değerlendirilmiştir.

Bu çalışma bölgede daha sonra yapılacak benzer çalışmalara da ışık tutacaktır. Yapılaşma alanlarında meydana gelebilecek deprem gibi bir doğal afetin oluşturacağı etkileri önceden tahmin edebilmek ve doğal afetler sonucu oluşabilecek zararları en aza indirebilmek veya ortadan kaldırabilmek, o bölgenin jeolojik ve tektonik özelliklerini iyi tanımlamaktan ve iyi değerlendirmekten geçmektedir. Bu da yapılaşma öncesinde, gerekli zemin araştırmaları yapılarak, zeminin mühendislik özelliklerinin yanı sıra dinamik, yerel ve çevresel afetlerin, olası tehlike ve risklerinin analiz edilmesiyle sağlanabilir. Ayrıca bu özelliklerin bilinmesi ile yeni yerleşim alanları için imar planlarının oluşturulup yanlış arazi kullanımı önenebilir. Bu amaçla yapılan çalışmalar, bölgede uygulanacak imar planlarının önemli bir altlığını da oluşturmaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı

İnceleme alanında projelendirilen savunma sanayi ağırlıklı yapılaşma projeleri için bir altlık oluşturulması, iş ve eylem planı için fikir vermesi amacıyla zeminin jeoteknik özelliklerinin yanı sıra yerleşime uygunluk değerlendirilmesi, taşıma gücü, sıvılaşma ve oturma özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bölgede planlanan yapıların güvenliğine katkı sağlamak amacıyla;

- Hafriyat atık birimlerin fiziksel özelliklerinin tayin edilmesi
- Güncel alüvyon birimlerin şişme potansiyellerinin belirlenmesi
- Kompaksiyon, Granüler yapısı, Kıvam durumu, Oturma problemleri
- Deprem durumunda yanal yayılma potansiyelleri
- Taşıma Gücü potansiyelleri, Sıvılaşma potansiyeli ve Yeraltı suyu derinlik haritasının çıkartılması, akış istikametinin tesbit belirlenmesi gerekir.

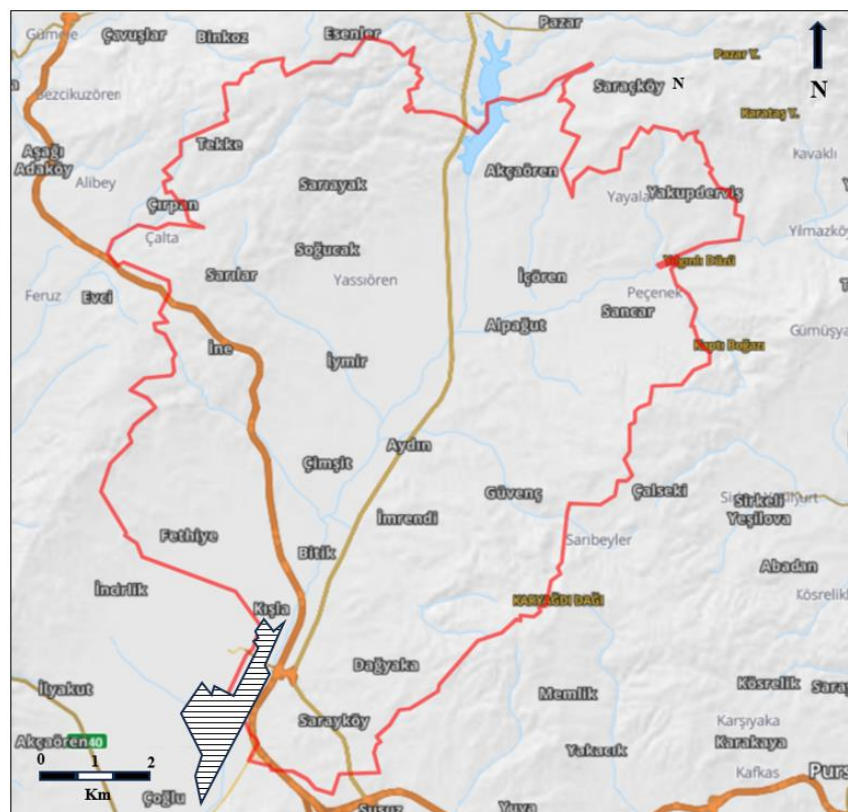
Kahramankazan İlçesi güneybatısında yer alan Hafriyat atık sahasında temel zeminlerin kil ağırlıklı dolgu malzemeden, yumuşak, orta katı, katı kıvamlı ve gevşek, orta sıkı yapılı güncel alüvyon çökellerden oluşması sebebiyle gelişmekte olan savunma sanayi ağırlıklı yapılaşmanın önünde çok önemli bir risk faktörü oluşturmakta, zemin yumuşak, orta katı, katı kıvamlı ve gevşek, orta sıkı alüvyonlardan ve kum işletmeciliği sırasında oluşan çukurların az çakıllı silt-kil ağırlıklı toprak malzeme ile doldurularak oluşturulan dolgu malzemeden oluşması, sismik etkilerin etken olduğu oturma problemleri ile karşılaşmasına neden olmaktadır. Ayrıca yeraltısuyunun yüzeye yakın olması sebebiyle zemin dayanımını oldukça düşürmektedir.

Bu tez kapsamında Kahramankazan İlçesi güneybatısında yer alan Hafriyat atık sahasındaki yeraltı suyunun durumu ile temel zeminlerin jeolojik ve jeoteknik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen verilere dayanarak alandaki temel zeminleri sınıflandırılmıştır. Bu amaçla, inceleme alanında jeoteknik amaçlı sondajlar yapılarak, standart penetrasyon deneyi darbe sayısı ile zeminlerin kıvamı ve sıklığı belirlenmiş, zemini temsil eden örnekler alınmış, bu örneklerin jeoteknik özellikleri laboratuvarında incelenmiştir. Bu veriler ışığında sahadaki zeminlerin yerleşime uygunluk değerlendirilmesi yapılmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması

İnceleme alanı 1/100.000 ölçekli Bolu H29 paftasında Ankara'nın 40 km kuzey batısında yer alan Kahramankazan İlçesi güneybatısında yer almakta olup 7.3 km² lik alandan oluşmaktadır.

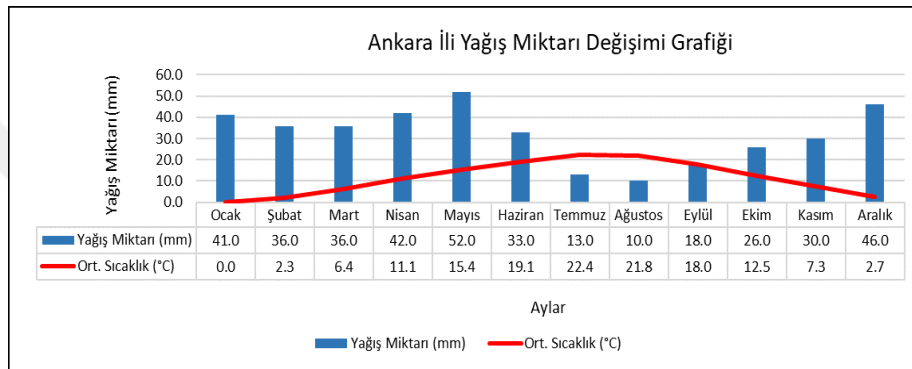
İnceleme alanı 1/1000 ölçekli 42 Adet hâlihazır haritalardan oluşmaktadır. Yer bulduru haritası Şekil 1.1’de verilmiştir.



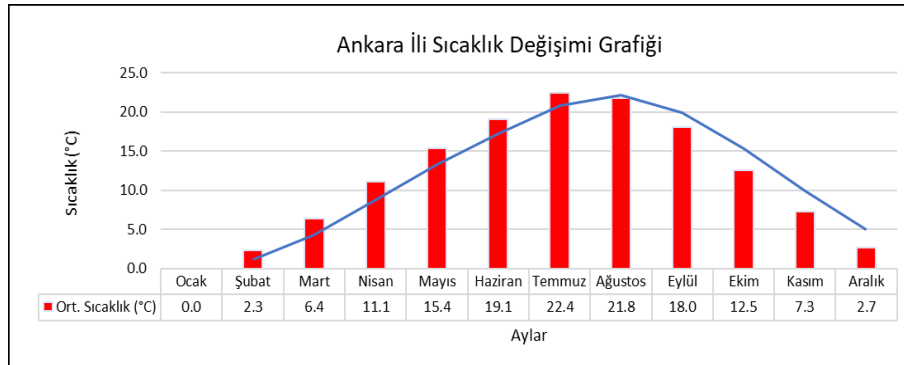
Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Google earth görünümü, Haziran 2024)

1.3. İklim ve Bitki Örtüsü

İklim: İlçenin güneyinde, İç Anadolu ikliminin belirgin özellikleri olan step iklimi, kuzeyde ise Karadeniz ikliminin ılıman ve yağışlı halleri görülebilir. Bu bölgede kış sıcaklıkları düşüktür, yaz ise sıcak geçer. En sıcak ay Temmuz-Ağustos, en soğuk ay ise Ocak ayıdır. Bölgeye düşen yağış miktarı kuzey ve güney kesimlerde farklılık gösterir. İlçe ölçeğinde ortalama sıcaklık 11.7 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 389.1 mm'dir. En yüksek sıcaklık değeri 40.8 °C ve en düşük sıcaklık -24.9 °C olarak tespit edilmiştir. Karlı gün sayısı yılda 30.5'tur. En yüksek kar kalınlığı 30 cm olarak tespit edilmiştir. Uzun senelerin aylık ortalama sıcaklık ve yağışları Çizelge 1.1' de verilmiştir.



Şekil 1.2. İnceleme alanının yağış miktarı değişimi grafiği (MGM, 2024)



Şekil 1.3. Ankara ili sıcaklık değişimi grafiği (MGM, 2024)

Çizelge 1.1. Ankara Bölgesi için uzun senelerin aylık ortalama sıcaklık ve yağışlar ölçüm değerleri

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1927-2024)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.2	1.7	5.8	11.3	16.1	20.1	23.5	23.4	18.8	13.0	7.1	2.5	12.0
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.2	6.4	11.5	17.4	22.4	26.6	30.3	30.4	26.0	19.9	13.0	6.4	17.9
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	-3.3	-2.4	0.6	5.3	9.6	12.9	15.8	15.9	11.8	7.0	2.5	-0.9	6.2
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	2.7	3.9	5.2	6.6	8.5	10.2	11.4	10.8	9.2	6.7	4.6	2.6	82.4
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	12.2	11.3	10.7	11.1	12.3	8.6	3.5	2.7	4.0	6.9	8.2	11.7	103.2
Aylık top. yağış mik.ort. (mm)	39.7	35.1	39.1	41.9	51.8	34.3	13.5	11.4	17.6	27.9	31.7	44.1	388.1

Bitki Örtüsü: Yörede en yaygın olan bitki topluluğu steptir. Maki bitki örtüsü az yağış alan çukur alanlarda ve platolar üzerinde yaygın haldedir. Bu bitki topluluğu içinde ağaç yok denecek kadar azdır. Genelde dikenli çalılar dikkati çeker. Bunun yanısıra akarsu boylarında sıralar halinde görülen iğde, söğüt ve kavak ağaçları step içerisinde yer alır. Step bitki örtüsünün en yaygın türlerini otlar oluşturur. Çoğu küçük boylu olan bu bitkiler birbiri yanında ve kümeler halinde toplanmıştır. Step bitki topluluğunun başlıca türlerini kısa boylu çayırıklar, ayrikotu, geven, sorguç otu, üzerlik otu, katırtırnağı, yabancı arpa, püsküllü çayır, hardal otu, yemlik otu, yılgın otu, yavşan otu, gelincik, papatya, hatmi, kekik, sütleğen, ballıbaba, yabancı gül gibi bitkiler oluşturur.

Kahramankazan ilçesi yakınlarından başlamak üzere orman örtüsü sıklaşmaya ve gürleşmeye başlar ki, burada iğne yapraklı ağaçlar yaygın türü oluştururlar. Arazisinin büyük bir bölümü Akıncı Ovası üzerinde yer alan Kahramankazan ideal bir doğaya sahip olduğu rahatlıkla söylenebilir (URL-1).

1.4. Morfoloji, Akarsular, Göller

İlçe topografik açıdan düz bir yapıya sahiptir. Ankara ilinin en büyük ovalarından biri olan Akıncı Ovası ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. İlçenin tek akarsu kaynağı Ova çayıdır ve Akıncı ovasının içerisinde geçmektedir. Kaynaklarını Çorba Dağı eteklerinden alan Ova çayı ilçe sınırları içerisinde bir süre kuzey doğu, güney batı istikametinde gittikten sonra Kuzeyden gelen Kurtboğazı deresini de içine alarak Sakarya Nehri'ne dökülmektedir (URL-2).

Arazisinin bir bölümü Akıncı ovasında bulunan Kahramankazan İlçesi, 470 km² yüzölçümüne sahiptir. İç Anadolu Bölgesi ile Batı Karadeniz Bölümü'nü birbirinden ayıran Köroğlu Dağlarının güney uzantıları ilçe topraklarında kendini hissettirir. İlçe; kuzeyde Kızılcahamam, doğuda Çubuk, güneyinde Yenimahalle ve Sincan, batıda Ayaş ve Güneydoğuda Keçiören ilçeleriyle komşudur (URL-3). Ortalama olarak deniz seviyesinden yüksekliği 890 m'dir. İnceleme alanının genel eğim aralığı alüvyon birimde % 0-10 arasındadır. İnceleme alanı ve çevresi morfolojik olarak çok eğimli olmayıp, düze yakın bir yapıdadır. Ancak inceleme alanında dere kenarlarında dik şevler oluşmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

İnceleme alanında jeolojik, hidrojeolojik ve jeoteknik amaçlı birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan bir kısmı kronolojik olarak aşağıda özetlenerek verilmiştir.

2.1. Jeolojik Çalışmalar

Duru ve Akçay (2002) tarafından hazırlanan, 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Bolu H29 Paftası Jeoloji haritasından ve Raporundan yararlanılmıştır.

Karakaya Grubu: İçinde değişik yaş ve boyutta kireçtaşı blokları bulunduran kumtaşı, şeyl, bazik volkanit ve kireçtaşı ardalımalı kayatürü toplulukları Karakaya grubu olarak ayırtlanmıştır. Bingöl ve diğ. (1973) Karakaya formasyonunu, içinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları kapsayan, hafif metamorfizma geçirmiş spilitik bazalt, çamurtaşı, radyolarit, kumtaşı, kuvarsit, konglomera, silttaşı ardalımasından oluşan Alt Triyas yaşlı bir birim olarak tanımlamışlardır.

Karatepe Formasyonu (PTrk): Hafif metamorfizma geçirmiş ve içerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları içeren kumtaşı, şeyl, tuf, aglomera, spilitik bazalt ve kireçtaşı ardalımasından oluşan formasyon, ilk kez Şentürk ve Karaköse (1979) tarafından Karatepe karışığı olarak tanımlanmıştır.

Soğukçam Formasyonu (JKs): Beyaz, krem, bej ve yer yer kırmızı renkli, ince-orta tabakalı çört yumru ve bandlı killi kireçtaşı ve/veya biyomikritik kireçtaşlarından oluşan birim Soğukçam formasyonu olarak adlandırılmıştır (Saner, 1980).

Yenipazar Formasyonu (Kye): Grimsi yeşil renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı-şeyl ardalıması ile yeşil ve kahverenkli volkanit, yeşil renkli marn ve beyaz, bej, kırmızı, pembe renkli, ince tabakalı mikritik (pelajik-yarı pelajik) kireçtaşı ve az miktarda konglomeralardan oluşan fliş fasiyesindeki çökel istifini tanımlar (Saner, 1980).

Kızılçay Formasyonu (Tpek): Kırmızı renkli karasal çökellerden oluşan birim, Eroskay (1965) tarafından adlandırılmıştır. Aynı adı kullanan Altınlı (1973b) bu birimi daha sonra grup mertebesinde ele almıştır. Saner (1980) de aynı birimi grup mertebesinde incelemiştir. Göncüoğlu ve diğ. (1996) ise Selvipınar formasyonuna dahil bu birimi Kızılçay grubu adı altında iki formasyona ayırarak incelemiş, volkanitsiz olanına Hatıl formasyonu, volkanitli olanına Demirköy formasyonu adını vermiştir.

Güvenç Formasyonu (Teg): Kireçtaşı, konglomera, kumtaşı, marn ve volkanitlerle temsil edilen birim, bu çalışmada adlandırılmış olup, Orkan (1972)'nin Ciciler formasyonu ve Göncüoğlu ve diğ. (1996)'nin Hacılar formasyonuna karşılık gelir. İnceleme alanında

Güvenç, Orhaniye, Memlik ve Kınık köyleri civarında yüzeyler. Altta çakıllı kumtaşları ile başlayan birim, üste doğru kireçtaşı-marn ardalanmasına dönüşmektedir. Kireçtaşları sarımsı boz renkli, sıkı tutturulmuş, sert, köşeli, kırıklı olup bol fosillidir. Üst kesimler konglomera ve volkanit ara katkılı birim, sarımsı, yeşilimsi gri, gri, bej ve alacalı renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı-şeyl ardalanması şeklinde devam eder. Kumtaşları sıkı tutturulmuş, sert, sparit çimentoludur. Volkanitler dasitik, andezitik ve bazaltik lav, tüf ve aglomeradan oluşur. Güvenç formasyonu altta Kabalar üyesi ile üstte Gemiciköy formasyonu ile paralel uyumsuzdur. Birim 200 m. kalınlık gösterir.

Hançili Formasyonu (Tmh): Kumtaşı, kıltaşı, şeyi, tüf ve kireçtaşından oluşan formasyon, Akyürek ve diğ. (1980) tarafından adlandırılmıştır. Hançili formasyonu beyaz, gri renkte, orta-kalın tabakalı kireçtaşı, beyaz, sarı renkli, orta tabakalı kumtaşı, gri, yeşil renkli ince tabakalı yer yer kartonumsu seviyeler içeren kıltaşları ile tüfler kapsar. Birim geniş yayılım gösterir. Kömür düzeyleri ve killi seviyelerde yaprak ve makro fosil bulundurur. Birim kendisinden yaşlı formasyonlar üzerinde uyumsuz, yanal yönde Uludere piroklastikleri ile girik, üstten ise Örencik formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür. Birim gölsel ortamda çökelmiştir.

Örencik Formasyonu (Tplö): Bölgenin en genç çökellerini oluşturan formasyon konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ardalanması şeklinde devam eder. Aydın ve diğ. (1987) tarafından adlandırılmıştır. Benzer kayatürleri Kipman (1974) tarafından Kırmacıdere formasyonu olarak tanımlanmıştır. Örencik formasyonu, kırmızı, sarımsı kırmızı, kahve renkli konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ardalanması ile temsil edilir. Birim genelde çok az tutturulmuş olup, orta-kalın tabakalanma gösterir. Konglomeralar, aşınmalı tabanlı, kötü boylanmalı olup çakılları az yuvarlak olup üste doğru kumtaşlarına ve çamurtaşlarına derecelenme gösterir. Kumtaşları sarımsı kırmızı renkli olup, ince-orta-kaba tanelidirler. Kumtaşı tabakalarında paralel ve çapraz laminalar gözlenir. Örencik formasyonu daha yaşlı tüm birimler üzerinde açısal uyumsuz olarak yer alır. 50-100 m. bir kalınlığa sahiptir. Formasyonun stratigrafik konumuna dayanarak Pliyosen yaşı verilmiştir.

Alüvyon (Qa): Yeraltısuyu taşıyan alüvyonlar, aynı zamanda bölgenin en yumuşak birimini oluşturmaktadır. Oldukça iri elemanlı çakıl ve kumlardan meydana gelmiş olan seride çapraz tabakalanma görülür. Kalınlığı 5-10 metre kadardır. Bugünkü akarsu yatağında genişliği 500-2000 metre, kalınlığı 5-35 metre arasında değişen killi kum ve çakıllardan meydana gelmiş alüvyon malzeme yer alır.

2.2. Jeoteknik Çalışmalar

Kandemir (2015), H29-d-17-b-2-c, H29-d-18-a-l-d, H29-d-18-a-1-c, H29-d-17-b-3-b, H29-d-18-a-4-a, H29-d-18-a-4-b, H29-d-18-a-4-d, H29-d-17-b-3-c, H29-d-17-b-3-d, H29-d-17-d-2-b, H29-d-17-c-1-a, H29-d-17-c-1-b, H29-d-17-c-2-a, H29-d-17-c-2-b, H29-d-18-d-1-a, H29-d-18-d-1-d, H29-d-17-c-2-c, H29-d-17-c-2-d, H29-d-17-c-1-c, H29-d-17-c-1-d, H29-d-17-d-2-c, H29-d-17-d-2-d, H29-d-17-d-4-b, H29-d-17-d-3-a, H29-d-17-d-3-b, H29-d-17-c-4-a, H29-d-17-c-4-b, H29-d-17-c-3-a, H29-d-17-c-3-b, H29-d-17-c-3-d, H29-d-17-c-4-c, H29-d-17-c-4-d, H29-d-17-d-3-c, H29-d-17-d-3-d, H29-d-22-a-2-b, H29-d-22-b-1-a, H29-d-22-b-1-b, H29-d-22-b-2-a, H29-d-22-b-1-c, H29-d-22-b-1-d, H29-d-22-a-2-c, H29-d-22-b-4-a paftalarda yaklaşık 840 Ha'lık Alan için hazırlamış olduğu jeolojik-jeoteknik etüt raporunda, arazi çalışmaları kapsamında, 35 adet 15.0-30.0 m derinliğinde (toplam 600 m.) sondaj, 95 m. açılımlı 16 adet sismik kırılma (SİS), 16 adet mikrotremör ölçümleri (MT) ve 10 adet düşey elektrik sondaj (DES) çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada kohezyonlu birimlerde şişme derecesinin yüksek, 8-10 metre derinlikte yeraltı suyuna rastlanması ve bunun üzerine yapılan sıvılaşma hesabı sonucunda, alanda sıvılaşma beklenmediği belirlenmiştir. Bunlara ek olarak yapılan konsolidasyon oturma hesabında oturma miktarının 3.51-8.07 cm olduğunu tespit etmiştir.

Üçer (2022), Bolu H29-d-18-a-4-a pafta, 222040 ada, 9 parselde inşaa edilecek olan Ar Kompozit Kimya Mühendislik Mümessilik Taahhüt Dış Tic. Ltd. Şti. için hazırlamış olduğu jeolojik-jeoteknik etüt raporunda, 15 adet sondaj çalışmasında 6.2-7.5 metre arasında yeraltı suyuna rastlanmış, bunun üzerine yapılan sıvılaşma hesabı sonucunda alanda sıvılaşma olasılığının çok düşük olduğunu, en yüksek oturma miktarının 3.89 cm olacağını, zeminin şişme derecesinin yüksek olduğunu, emniyetli taşıma gücünün $2.95-3.73 \text{ kg/cm}^2$ olduğunu belirlenmiş, iyileştirme yapılmasına gerek olmadığı kanaatine varılmıştır.

Geodestek (2010), Ankara/ Kahramankazan ilçesi sınırları içerisinde bulunan bir fabrika sahasına yapılacak olan ek tesis projesi kapsamında zemin etüt çalışmaları ve konik penetrasyon deneylerinin (CPT) yapılarak temel zeminlerin taşıma gücünün tasarlanan yapı için yeterli olmadığı kanaatine varılmıştır.

Felek (2019), Ankara'nın batısındaki zeminin yapısal özelliklerinin jeofizik yöntemler ile belirlenmesi için yaptığı çalışmada Kahramankazan ve yakın çevresinde yer alan alüvyon çökellerin zemin tipini belirlemek için kayma dalga hızları, yer salınım

periyotları, zemin büyütme oranları analiz edilerek çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada yüzey dalgası analiz yöntemi ve mikrotremör yöntemi kullanılmış, yüzey dalgası yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre $V_{s30} = 310-695$ m/sn aralığında çıkmıştır. Ampirik yöntemlerle hakim titreşim periyodu 0.22-0.51 sn aralığında, zemin büyütme oranı 1.34-2.36 aralığında çıkmıştır.

Kasapoğlu (2000), Kahramankazan ve yakın çevresinde yer alan kil ağırlıklı zeminler, genelde, iyi boylanmış olup; ortalama olarak, yaklaşık % 15 çakıl, % 25 kum, % 30 silt ve % 30 kil tane boyundaki malzemelerden oluşur. Bu zeminlerin ortalama tane özgül ağırlığı değeri, 2.58; Atterberg sınırları ve indeks değerleri ise, ortalama olarak, $LL=56$; $PL=\% 32$; $SL=\% 17$; $PI=\% 24$; $C_c=0.42$ ve Aktivite No=0.74 olarak bulunmuştur. Toprak zeminlerin % 33 gibi büyük bir bölümü, Birleştirilmiş Toprak Sınıflaması'na göre MH grubunda; % 15'i CH grubunda; % 15'i SM grubunda; geri kalan bölümü ise, diğer toprak gruplarında yer almaktadır. Bu zeminler içerisindeki killi düzeyler, aktivite değerleri açısından, 'normal aktif killer' grubunda yer alırlar ve genelde, 'yüksek' şişme potansiyeline sahiptirler.

Uzundurukan (2006), Kuru şişen killer, kuru ve şişmeyen killere göre plastik hale gelmeden önce çok daha büyük miktarlarda su adsorbe ettiğini belirtmektedir. Ayrıca, şişen killer genellikle, daha geniş bir su muhtevası aralığında plastik kalırlar, yani plastisite indisleri daha yüksektir. Ancak bu durum, tüm yüksek plastisiteli killerin, şişen bir zemin olduğunu göstermemektedir.

Şekercioğlu (2007), Suyu doymun kum tabakaları ve bazı siltli kil formasyonları, depremde sıvılaşma ile mühendislik yapılarına zarar vermekte olduğunu belirtmektedir. Sıvılaşma olayı, suya doymun ince taneli kum ve silt gibi tabakaların, deprem titreşimleri sırasında boşluk suyu basıncı değerinin artması ile efektif yanal gerilmenin sıfır olması sonucu, tabakanın bir sıvı haline dönüşmesi olarak tanımlanabilir.

2.3. Sıvılaşma Enerjisi Çalışmaları

Depremlerde zeminde meydana gelen önemli olaylardan biride sığ seviyelerde bulunan kum tabakalarında oluşan sıvılaşma ve püskürme (Sand blow) yapılarıdır. Suyu doymun kum tabakalarında deprem titreşimlerinin etkisiyle sıkışma ve hacim daralması eğilimi oluşmaktadır. Eğer taneler arasını dolduran suyun drenajı mümkün olmazsa boşluk suyu basıncı artmakta, bu artış düşey yöndeki jeolojik basınca eşit mertebeye

ulaştığı zaman efektif gerilme sıfır olmakta ve kum direncini tamamiyle kaybederek sıvı gibi davranmaya başlamaktadır.

Efektif gerilme (σ') = Toplam gerilme (σ) - Boşluk suyu basıncı (U) eşittir.

Sıvılaşma üniform, suya doygun, kalın kum tabakalarında meydana gelmektedir.

Genel olarak zemin sıvılaşması, yük uygulanması sırasında zeminde aşırı boşluk suyu basıncı üretilmesi nedeniyle zeminin kesme mukavemetinde meydana gelen ani düşme olarak tanımlanabilir (Castro ve ark., 1982).

Terzaghi (1925)'e göre sıvılaşma, suya doygun zeminin çökmesi sırasında zemini oluşturan katı parçacıkların ağırlığının zemini çevreleyen suya aktarılması durumunda meydana gelebilir.

Deprem sırasında kayma dalgaları, suya doygun taneli tabakalardan geçerken, tane yerleşim düzeninin değişmesine ve gevşek olarak bulunan tanelerin göçerek yerleşmesine ve sıkışmasına sebep olur. Bu yerleşme sırasında taneler arasında su yol bulup, kaçamazsa boşluk suyu basıncı yükselir. Eğer bu basınç üstte bulunan tabakaların ağırlığına yakın bir seviyeye ulaşırsa, taneli tabaka geçici olarak sıvı gibi davranarak sıvılaşma olayını ortaya çıkarır (Celep Z., Kumbasar N., 2004).

Sıvılaşma eğilimindeki kumların granülometrisi incelendiğinde, % 10-tane çapının (D_{10}) 0.01-0.25 cm arasında olduğu ve Üniformluluk katsayısının ($C_u = D_{60}/D_{10}$) 2-10 arasında değiştiği görülmektedir. Sıvılaşma gösteren kumlar üzerinde yapılan SPT deneylerinde darbe sayısının genellikle 25'in altında kaldığını göstermiştir. Ayrıca deprem şiddetinin 6.5 ve daha yüksek olduğu durumlarda sıvılaşma ve kum püskürmesi olayları gelişmektedir. Sıvılaşma olayı ayrıca kumun başlangıç boşluk oranına (relatif sıkılığına) ve çevre basıncına da bağlı olduğu görülmüştür. Sıvılaşma ayrıca titreşim sayısına bağlıdır. Yamaç ve şevlerde stabilite bozulmaları deprem etkisiyle ortaya çıkan kitle hareketlerinde, genellikle kum tabakalarında meydana gelen sıvılaşma olaylarıdır. Bunun yanında kil tabakaları içinde yer alan kum tabakaları içindeki yeraltısu deprem etkisiyle dağılmakta ve boşluk suyu basıncında artışlar meydana gelmekte ve böylece kaymaya müsait yüzeyler üzerinde kitle hareketleri meydana gelmektedir. Sonuç olarak boşluk suyu basıncı düşey yöndeki jeolojik basınca (toplam gerilme) eşit olduğunda efektif gerilme sıfır olmakta ve kum mukavemetini kaybederek sıvılaşmaktadır.

Sıvılaşma suya doygun kumlu zeminlerde gerçekleştiği göz önüne alındığında; birçok araştırmacı, kumların sıvılaşma enerjisini kuru kumlarda çalışmış, deneysel ilişkilerle boşluk suyu basıncı değişimi formüle ederek hesaplamaya çalışmışlardır.

Suya doymun kohezyonsuz zeminlerde tekrarlı yükler etkisinde, boşluk suyu basıncı artar, deprem süresi kısa olduğundan yeraltı suyunun drenajı için yeterli olmaz efektif gerilme azalır (ve eğer sıfır olursa), zeminin taşıma gücü kaybolur, dolayısıyla sıvılaşma olgusu açığa çıkar. Bunun sonucunda zeminlerde bir oturma (diğer bir deyişle rölatif sıkılıkta ve yoğunlukta artış) meydana gelir (Seed and Lee, 1966).

Hyodo ve ark., 1994'e göre özellikle suya doymun gevşek kumlar gerek hızlı statik ve gerekse dinamik yükleme koşullarında aşırı boşluk suyu basıncının artması sebebiyle mukavemetlerini hızla kaybedebilmekte ve üzerinde bulunan mühendislik yapılarına hasarlar verebilmektedir. Bu hasarlar, binaların zemine gömülmesi, yan yatması veya istinat yapılarının ve şevlerin yanal yer değıştirmesi şeklinde görölmektedir (Towhata, 2008). Suya doymun kumlu zeminlerde ortaya çıkan bu davranış biçimi sıvılaşma olarak adlandırılmakta ve önemli araştırma konularından birini oluşturmaktadır.

Doğal zeminler çeşitli faktörlerin etkisiyle, suya tam doymun olmayabilir (suya kısmi doymun olabilir). Suya kısmi doymun kumların burulmalı basit kesme deney yöntemiyle, drenajsız sıvılaşma davranışları incelendiğinde elde edilen verilere göre; %70 doymunluktaki (Sr) kum numuneler, %100 doymunluktaki (Sr) kumlardan 3 kat daha fazla sıvılaşmaya karşı direnç göstermektedir. Bu durum, numune içindeki hava kabarcıklarının çap ve miktarının tekrarlı yükler altında numunenin davranışını etkilemesine bağlıdır. Numune içerisindeki hava kabarcığı miktarının azalması, numuneye uygulanan gerilme artışını ve boşluk suyu basıncı değıerini etkilemektedir (Yoshimi ve ark., 1989).

Sıvılaşma zeminlerin taşıma güçlerini tamamen yitirmesine yol açmaktadır. Sıvılaşma olayının en önemli nedeni olarak yer hareketi ile meydana gelen, yön değıştiren kayma gerilmelerinin hidrostatik basıncı arttırmasıdır. Bu kayma gerilmelerinin etkisiyle zeminin hacmi küçölür ve zemin daha sıkı duruma gelirken, zemin tanelerindeki gerilme azalır. Şayet su zeminden ayrılamıyorsa boşluk suyu basıncı artar. Boşluk suyu basıncı, uygulanan basınca eşit olduğunda Efektif gerilme sıfır olur ve kumun yapısında şekil değışimleri oluşur. Eğer kum gevşek ise, boşluk suyu basıncı ani olarak uygulanan basınca ulaşır ve kumda büyük şekil değışimleri oluşur. Şekil değışimleri büyümesi ile sıvılaşma meydana gelir. Sıvılaşma sonucu zemin yüzündeki yapılar önemli ölçüde zemin içine bataabilmekte veya zemine gömölü yapılar yüzerek zemin yüzüne çıkabilmektedir.

Araştırmacılar son birkaç on yılda sıvılaşma mekanizmasını anlamak ve zeminlerin sıvılaşma potansiyelini belirlemek için farklı yöntemler önermişlerdir. Bu yöntemlerden bazıları aşağıda sıralanmıştır.

2.3.1. Laboratuvar ve Arazi Deneylerine Dayanan Yöntemler

2.3.1.1. Laboratuvar Deneylerine Dayalı Sıvılaşma Analiz Yöntemler

2.3.1.1.1. Dinamik Üç Eksenli Basınç Deneyi

Dinamik Üç Eksenli Basınç Deneyinde ilk olarak doymuş kum zemin numunesine σ_3 hücre basıncı uygulanmakta ve bu yükleme esnasında drenaja müsaade edilerek zemin numunesi konsolide edilmektedir. Daha sonra σ_3 periyodik yükü drenaj olmaksızın düşey eksenel yönde uygulanarak zemin örneği kaymaya zorlanmaktadır. Periyodik yükleme süresince eksenel deformasyon ve boşluk suyu basıncı, uygulanan σ_d periyodik yükünün periyodu ile birlikte ölçülmektedir. Bu ölçümlerle birlikte boşluk suyu basıncının σ_3 hücre basıncına eşit olduğu durum gözlenmektedir. Boşluk suyu basıncının hücre basıncına eşit olduğu durumda zemin taneleri artık kuvvet taşıyamadığından, sıvılaşma durumu meydana gelmektedir. Bu ana karşılık gelen eksenel deformasyon ile birlikte σ_3 periyodik yükünün periyodu kaydedilmektedir. Böylece yüklemeye maruz kalan zemin tabakasında hangi periyotta sıvılaşma meydana geleceği belirlenmiş olmaktadır (Seed ve Lee, 1966).

2.3.1.1.2. Periyodik Basit Kesme Deneyi

Periyodik Basit Kesme deneyi suya doymuş kum zemin numunesine düşey yönde σ_v yükünün drenaja müsaade edilerek uygulanması ile zemin numunesinin konsolide edilmesi, daha sonra periyodik kayma gerilmesi λ_h ın zemin numunesine drenajsız durumda uygulanması şeklinde yapılmaktadır. Periyodik yükleme süresince boşluk suyu basıncı ve eksenel deformasyon, yatay yönde uygulanan Periyodik kayma gerilmesinin periyodu ile birlikte ölçülmektedir. Sonuç olarak efektif basıncın, yani σ_v yükünün sıfıra eşit olması ile meydana gelen sıvılaşma durumuna karşılık gelen Periyodik kayma gerilmesinin periyodu tesbit edilmiş olmaktadır (Yoshimi ve Oh-Oka, 1970).

2.3.1.2. Arazi Deneylerine Sıvılaşma Analiz Yöntemler

2.3.1.2.1. Standart Penetrasyon Deney verilerine dayalı Sıvılaşma Analizi

2.3.1.2.2. Sıvılaşma direnç faktörü-Sıvılaşma indeksi ile sıvılaşma Analizi

Suya doymuş kumlu zeminlerin sıvılaşma durumları sıvılaşma direnç faktörü ile değerlendirilmektedir (Iwasaki, Tokida ve Arakawa, 1984) .

Sıvılaşma direnç faktörü (F_L) Deprem süresince dinamik yüklemeye maruz kalan zemin elemanının drenajsız periyodik mukavemeti (R)/Sismik hareket ile zemin elemanında oluşan dinamik yük (L) ile bulunur. $F_L=R/L$

Bu yöntemde zemin verileri olarak SPT direnci, dane çapı, Doygun Birim Hacim Ağırlık Değeri ve en büyük zemin ivmesi değerleri esas alınarak uygulanmaktadır.

Herhangi bir “z” derinliğindeki zemin elemanının sıvılaşma direnci olarak tanımlanan sıvılaşma direnç faktörü (F_L) $F_L=R/L$ bağıntısından hesaplanmaktadır. R =Drenajsız periyodik mukavemet, L =Dinamik yük

Drenajsız periyodik mukavemet, drenajsız periyodik direkt kesme deneylerinden aşağıdaki gibi elde edilir.

$$0.04 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 0.6 \text{ mm} \text{ için } R=0.0882 (N/(\sigma'+0.7))^{1/2}+0.225 \log_{10} (0.35/D_{50})$$

$$0.04 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 1.5 \text{ mm} \text{ için } R=0.0882 (N/(\sigma'+0.7))^{1/2}-0.05$$

N =Standart Penetrasyon Test sayısı

σ' =Efektif Jeostatik yük (kg/cm^2)

D_{50} =Ortalama tane çapı

Sismik hareket ile zemine etkiyen dinamik yük aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$L=(T_{\max}/\sigma_v') \times (a_{\max}/g) \times (\sigma_v/\sigma_v') \times r_d$$

$T_{\max}$ =Maksimum kayma gerilmesi (kg/cm^2)

$a_{\max}$ =Zemin yüzeyindeki maksimum ivme (sn/cm^2)

σ_v' =Efektif basınç (kg/cm^2)

σ_v =Toplam basınç (kg/cm^2)

g =Yerçekim ivmesi (sn/cm^2)

r_d =Periyodik kesme gerilmesi azaltma faktörü: Bu değer aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$r_d=1.0-0.015z$$

Yukarıdaki değerler kullanılarak sıvılaşma direnç faktörü F_L nin 1 e eşit veya küçük olması durumunda zemin tabakalarında sıvılaşma durumunun meydana geleceği, F_L nin 1 den büyük olması durumunda ise zemin tabakalarında sıvılaşma durumunun meydana gelmiyeceği kanaatine varılmıştır.

$F_L \leq 1$ =Sıvılaşma meydana gelir.

$F_L \geq 1$ =Sıvılaşma meydana gelmez.

Yapılarda büyük hasarların oluşması deprem süresince sıvılaşma durumunun meydana geldiği zemin tabakalarında sıvılaşmanın derecesinde bilinmesi gerekli olmaktadır. Bu amaç için, deprem süresince sıvılaşmanın olduğu zemin tabakalarında sıvılaşma derecelerinin tahmininde, sıvılaşma direnç faktörü F_L değerlerine bağlı olarak

kullanılan ve sıvılaşma potansiyeli indeksi olarak tanımlanan I_L değeri aşağıda verilen eşitlik yardımı ile elde edilmektedir (Iwasaki, Arakawa ve Tokida, 1984).

$$I_L = \int_0^{20} F(z)W(z)dz$$

İntegral sınırları geçmişte meydana gelen depremlerin incelenmesi ile 0-20 metre olarak tespit edilmiştir. Eşitlikte;

$F_L \leq 1$ değerleri için $F=1-F_L$, $F_L > 1$ değerleri için $F=0$ alınmaktadır.

$W(z)$ ise verilen integral fonksiyonun bir terimi olarak geçmişte meydana gelen deprem gözlemleri sonucunda şu şekilde tanımlanmaktadır. $W(z)=10-0.5z$

Sonuç olarak elde edilen sıvılaşma potansiyeli indeksi I_L değerlerine göre sıvılaşma risk derecesi aşağıda görüldüğü gibi değerlendirilmektedir.

$I_L=0$ Çok düşük

$0 < I_L \leq 5$ Düşük

$5 < I_L \leq 15$ Yüksek

$I_L > 15$ Çok yüksek

Gerilmeye dayalı yöntem: En yaygın sıvılaşmayı değerlendirme yöntemidir. Bu yöntem, arazi deney sonuçlarını ve laboratuvar deney sonuçlarını kullanmaktadır (Seed ve ark., 1975). Bazı belirsizlikleri barındıran bu yöntem elde edilen veriler doğrultusunda sürekli güncellenmektedir (Youd ve Idriss, 2001). Bu yöntemdeki esas ölçüt, döngü sayısı ve kayma gerilmesi değeridir (Seed ve Idriss, 1971). Uygulanan tekrarlı yükün 20 döngüsü için %65 den ziyade %57'sini önermişlerdir (Ishara ve Yasuda, 1975). Ancak, uygulanan tekrarlı yükün 15 döngüsü için oluşan kayma gerilmesinin %65'i eşdeğer kayma gerilmesi değeri olarak kabul edilmesi gerektiğini önerenler de bulunmaktadır (Seed ve ark., 2001). Sıvılaşmayı Standart Penetrasyon Testi ve Koni Penetrasyon Testi gibi arazi deneylerine bağlı olarak da belirlemek için bazı yaklaşımlar geliştirilmiştir (Çetin ve ark., 2004; Boulanger ve Idriss, 2012; Moss ve ark., 2006). Gerilmeye dayalı yaklaşım sürekli güncellenmesine rağmen rastgele yükleme ile ilgili belirsizlikleri devam etmektedir (Green, 2001; Baziar, Cafarian, 2007).

Seed ve Idriss yöntemi: Bu yöntemde göre sıvılaşma, depremin oluşturduğu devirsel gerilme oranı (CSR) zeminin kesme dayanımından büyük olduğu zaman gelişir:

$$CSR = \frac{\tau_{cm}}{\sigma'_v} = 0,65 \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \frac{a_{max}}{g} r_d$$

Burada:

τ_{cm} =Ortalama devirsel kesme gerilmesi, σ_v =Toplam gerilme, σ_v' =Efektif gerilme

a_{max} =Maksimum yer ivmesi, g =Yerçekim ivmesi, r_d =Derinliğe bağlı azalım faktörüdür ($r_d=1-0.015z$; z : Derinlik).

Birim deformasyona dayalı yöntem: İki etkileşimli ideal hale getirilmiş kum tanesinin mekaniğinden türetilip daha sonra doğal zeminler için genelleştirilmiştir (Green, 2001; Baziar ve Cafarian, 2007; Alavi ve Gandomi, 2012). Bu yöntem esas itibarıyla boşluk suyu basıncının, kum türüne, rölatif sıkılığa, başlangıç efektif gerilme değerine ve örnek hazırlama yöntemine bakılmaksızın, yaklaşık % 0.01 gösterilen eşik kayma birim deformasyonu değerini aşması durumunda, gelişmeye başladığı hipotezine dayanmaktadır. Birim deformasyona dayalı yaklaşım teorik olarak mümkün olsa da sıvılaşmanın meydana gelmesi için gerekli boşluk suyu basıncı artışının başladığı noktayı tahmin etmesi sebebiyle daha az kullanılmaktadır ve sıvılaşmanın meydana geleceğini ifade etmemektedir (Dobry ve ark., 1982). Bu yöntemin ana eksikliği, kayma birim deformasyonunun tahmin edilmesindeki güçlülüdür (Zhang ve ark., 2015).

Enerjiye dayalı yaklaşım: Zemin sıvılaşma potansiyelini değerlendirmek için ilk defa 1970'lerde gerilmeye dayalı yaklaşıma alternatif olarak önerilmiştir (Nemat-Nasser ve Shokooh, 1979). Daha sonra sürekli olarak geliştirilmiştir (Berrill ve Davis, 1985; Figueroa ve ark., 1994; Green, 2001; Kokusho, 2013). Bu yaklaşımda sıvılaşma olsun, olmasın yükleme sürecinde birim hacimde biriken enerji aşırı boşluk suyu basıncının gelişmesiyle doğrudan ilişkilidir. Parçacıklarının kalıcı olarak yeniden düzenlenmesiyle ilişkilendirilen birim hacimde biriken enerji (J/m^3), bir döngü sırasında geliştirilen histerez çevrimi içinde kalan alan olarak verilmektedir. Sıvılaşmayı değerlendirmek için birim enerjinin kullanılması gayet mantıklıdır. Çünkü sıvılaşma enerjisi uygulanan kayma gerilmesi ve kayma birim deformasyonuna bağlıdır (Aminia ve Noorzad, 2018).

Sıvılaşma analizlerinde enerjiye dayalı yaklaşım, gerilmeye dayalı ve birim deformasyona dayalı yaklaşımlarla kıyaslandığında başlıca avantajları şunlardır;

- Enerjinin, yalnızca yer ivmesinin pik değerini kullanan gerilmeye dayalı yaklaşıma karşın yer hareketinin tüm spektrumunu göz önüne alan Skaler bir nicelik olması (Baziar ve Jafarian, 2007; Baziar ve ark., 2011).

- Seçilen ortalama gerilme veya birim deformasyon seviyesine eşdeğer çevrim sayısını bulmak için kesme gerilmesinin zamansal ayrıştırılmasının gerekli olmaması,

- Kullanımda birim deformasyonu, gerilme ve malzeme özelliklerini kapsamaktadır (Law ve ark., 1990; Liang, 1995). Arazide deprem esnasında, zemin belirli frekans

aralıklarında yer hareketini büyütür, diğer frekans aralıklarında da sönümler. Bu, hareketin bir bölümünün büyütülmesi veya sönümlenmesine bakılmaksızın, zemin içinde dolaşan ve dağılan toplam enerjinin değişmediğini gösterir (Law ve ark., 1990).

Sıvılaştan zemin, bir sıvı karakterine dönüşmekte ve yanal yayılmaya başlamaktadır. Sıvılaşmayı yükleme koşulları, jeoteknik özellik ve doygunluk derecesi etkilemektedir. Sıvılaşma oluşması için zeminin suya doygun olması gerektiği kabul edilir. Yağış, yeraltı su seviyesindeki değişim, kapilerite vb.etkiyle zeminde suya kısmi doygun bölgelere rastlanabilmektedir (Hadush ve ark.,2000). Kum numunelerinin doygunluk derecesi sıvılaşma direncini etkilemektedir (Ishihara ve ark., 2001 ve 2004). Dinamik üç eksenli deneyle, kısmi doygun kumların tekrarlı yükler altındaki davranışları incelendiğinde; tekrarlı yükleme durumunda bu tür kum zeminler de sıvılaşabilmektedir (Yoshimi ve ark., 1989b; Yoshimine ve Ishihara, 1998; Okamura ve Noguchi, 2009). Kumların dinamik davranışı üzerinde rölatif sıkılığın çok büyük etkisi vardır. Kısmen doygun kum zeminler, sıvılaşmaya karşı daha fazla direnç göstermektedir (Elbol, 2005). Ancak, kısmen suya doygun kum zeminlerde sıvılaşmaya karşı direnç artmaktadır yani sıvılaşma zorlaşır (Okamura ve Soga, 2006; Okamura ve Noguchi, 2009; Arab ve ark., 2011).

Sıvılaşma olgusu üzerine birçok farklı deney yöntemi geliştirilmiştir. Devirsel burulmalı kesme yükleri altında kumların kesme modülünün araştırıldığı çalışma sonuçlarına göre; kayma gerilmesi genliğindeki artış, kesme modülünde azalmaya neden olmaktadır. bununla ilgili deneysel bir prosedür geliştirilmiştir (Iwasaki ve ark.,1978). Nemat-Nasser ve Shoko (1979), enerjiye dayalı modeli kullanarak kumlu zeminlerin sıvılaşması ve sıkışmasını açıklayan matematiksel bir model önermişlerdir. Üniform kumlarda yapılan dinamik üç eksenli deney sonuçlarına göre; aşırı boşluk suyu basıncı ile biriken enerji arasında deviatorik gerilmeye bağlı fonksiyonel bir ilişki bulunmaktadır (Simcock ve ark., 1983). Drenajsız devirsel deneylerde, farklı kayma gerilmesi genliklerinde zeminin birim hacminde biriken enerji ile aşırı boşluk suyu basıncı arasında çok yakın bir ilişki bulunmaktadır (Towhata ve Ishihara, 1985).

Monotonic ve devirsel üç eksenli düzenekte yapılan deney sonuçlarına göre; suya doygun gevşek kum zeminlerin devirsel kesme dayanımı ve deformasyon oranı arasındaki ilişki, başlangıç konsolidasyon ve faz dönüştürme noktaları arasındaki karşılıklı şartlara bağlıdır (Hyodo ve ark., 1994). Reid Bedford kumu üzerinde yapılan deneylere göre; sıvılaşmaya ulaşmak için zemine aktarılan birim hacim başına düşen

enerji miktarı; etkin çevre basıncı, rölatif sıkılık ve kesme birim deformasyonu genliği gibi parametrelerle bağlantılıdır (Figueroa ve ark., 1994). Birim deformasyon kontrollü deney sonuçlarına göre; sıvılaşma başlangıcı için birim hacim başına biriken enerji miktarı ve aşırı boşluk suyu basıncı arasındaki ilişki üzerinde, birim deformasyon genliğinin bir etkisinin olmadığı ifade edilebilir (Liang, 1995). farklı rölatif sıkılıklarda, drenajsız, 0.1 Hz frekanslı sinüzoidal yükleme şartlarında yapılan sıvılaşma deneylerine göre; sıvılaşmanın gelişmesi için rölatif sıkılık, ince malzeme içeriği, tekrarlı yüklerin çevrim sayısı ve çevre basıncı etkili olmaktadır (Altun, 2004; Altun ve Ansal, 2005).

Kil içeren zeminlerin devirsel yükler altındaki sıvılaşma potansiyeli, halka-kesme düzeneği ile incelenmiştir. Bu düzenekte numune, iç içe geçmiş iki silindir arasına yerleştirilmektedir. Yapay kil-kum karışımı hazırlamışlar ve bentonit miktarı ($\leq \%7$) olan zeminlerde hızlı bir sıvılaşma, bentonit içeriği ($\geq \%11$) olan zeminlerde ise sıvılaşmaya karşı yüksek bir zemin direnciyle karşılaşmışlardır (Gratchev ve ark., 2006).

Ural ve ark. (2007), dinamik üç eksenli deneyde frekansın etkisini araştırdıkları çalışmalarında; ince taneli yumuşak akarsu çökellerinden alınan numuneyi konsolide edip, 1; 0.5; 0.05 Hz gibi 3 farklı frekansta deney yapmışlardır. Sıvılaşma için frekans artışının çevrim sayısını arttırdığını ve boşluk suyu basıncının düşük frekanslarda arttığını ifade etmişlerdir. Genç yumuşak ince daneli zeminler için (ML, MI, CL vb.) dinamik üç eksenli deneylerde frekansın 0.5 Hz olarak kullanılmasını önermektedirler.

Papadopoulou ve ark. (2010), 12 Kasım 1999 depreminden sonra, monotonic ve devirsel üç eksenli deneyleri ile rezonant kolon deneyini kullanarak; Düzce zeminlerinin devirsel ve dinamik özelliklerini araştırmışlardır.

Zehtab (2010), devirsel basit kesme deney düzeneğini kullanmıştır. Adapazarı zeminlerinden alınmış deney örnekleri kullanarak; zeminlerin deprem sonrası dinamik davranışlarını araştırmıştır.

Devirsel içi boş silindirik burulmalı kesme düzeneğinde, kum örnekleri üzerinde farklı rölatif sıkılık ve farklı gerilme koşullarında drenajsız deneyler yapılarak; gerilme enerjisi kavramıyla, kumların sıvılaşma direnci ve boşluk suyu basıncı artışı hesaplanmıştır (Jafarian ve ark., 2012). $M_w=7.1$ ve $a=0.28$ g olan deprem senaryosuna uygun olarak; arazideki rölatif sıkılık değeri olan $\%66$ 'ya eşit sıkılıkta hazırladıkları kum örneğini laboratuvarında 0.5 Hz frekansta dinamik üç eksenli deney yapılmıştır. Ancak, numune sıvılaşmamıştır. Rölatif sıkılığı, arazideki değerinin altına düşürdükten sonra numune sıvılaşmıştır (Orhan ve Ateş, 2012).

Kahraman (2013), 1-G Model deney düzeneği (santrifüj testi) ve sarsma tablası deney düzeneğini kullanarak sıvılaşmayı incelemiştir. Laboratuvarında, silt içeriği değişen kum numunelerle çalışmış ve şu sonuçları elde etmiştir:

- 1) Her bir sarsma ile rölatif sıkılık artmıştır.
- ii) Rölatif sıkılığın artmasına rağmen sıvılaşma direnci düşmektedir.
- iii) Silt içeriği arttıkça sıvılaşma direnci artmıştır.
- iv) Yuvarlak taneli ince kumlar sıvılaşmaya daha duyarlıdır.
- v) Silt miktarı arttıkça sıvılaşmanın tetiklenme süresi uzamaktadır.

Akın (2014), plastisite ve ince dane oranının kumlu zeminlerin dinamik davranışına etkisini incelemiştir. Tekrarlı basit kesme deney düzeneğinde; silt, düşük ve yüksek plastisiteli iki farklı kili, %5-10 oranında temiz kum içerisine katmış, numuneyi suya doyurmuş, 0.1 Hz frekansında ve sabit hacim şartlarında gerçekleştirilmiştir. Adapazarı zeminlerinden alınmış deney örnekleri kullanmıştır. Araştırmacı, ince dane oranının kumun daha kolay sıvılaşmasını sağladığını; ancak, plastisitenin sıvılaşma üzerine etkisi konusunda net bir sonuç elde edemediğini ifade etmektedir.

Monkul ve ark. (2016), üç farklı temiz kum, plastik olmayan siltin kumlarla karıştırılmış hali ve üç ayrı ince tane içeriğine sahip numunelerle drenajsız üç eksenli basınç deneyi yapmıştır. Kumun tane boyu dağılımının sıvılaşma üzerine oldukça etkisi olduğunu, tane boyutu küçüldükçe kumların daha kolay sıvılaştığını gözlemişlerdir.

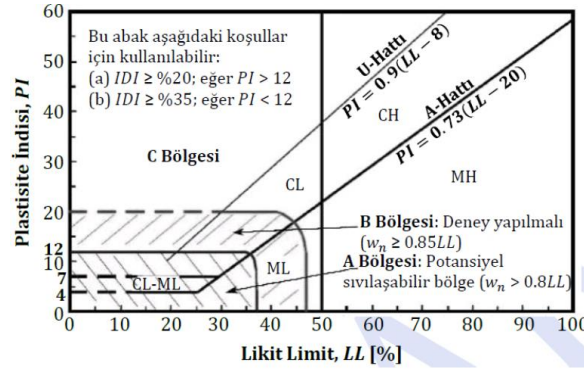
Özçelik (2019), Devirsel basit kesme deney düzeneğinde deney yapmak için hazırlanan numune boyutlarının, sıvılaşma enerjisine bir etkisi olup, olmadığını araştırmıştır. Çalışmasında 50 mm, 100 mm ve 150 mm çaplarında ve boy/çap oranı: 1; 0.5 ve 0.2 olan deney örnekleri kullanmıştır. Sonuçta, 150 mm çap için 75 mm boyda, 100 mm çap için 100 mm boydaki numunelerin tutarlı sonuçlar verdiğini belirtmektedir.

Bu çalışmada Jeoloji Mühendisleri Odası tarafından yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ile uyumlu Basitleştirilmiş Zemin Sıvılaşma Potansiyeli Analizi Hesabı kitapçığından yararlanılmıştır. (JMO, 2021)

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; Madde 16.6.2).

TBDY, 2018; Madde 16.6.4'e göre potansiyel olarak sıvılaşabilir zeminler, yeraltı su tablasının altında yer alan kum, çakıllı kum, siltli killi kum, plastik olmayan silt ve silt-kum karışımları olarak tanımlanmıştır.

TBDY'de belirtilmemekle birlikte; Seed ve diğ. (2003) yaklaşımına göre; plastisite indisi 12'den, likit limiti (LL) 37'den küçük zeminler su içerikleri (W_n) likit limitlerinin % 80 'inden fazla ise ($W_n=0.8 \times LL$) potansiyel olarak sıvılaşabilir. Plastisite indisi 12 ile 20, likit limiti 37 ile 47 arasında olan zeminlerde ise doğal su içeriği (W_n) likit limitlerinin %85'inden fazla olması durumunda sıvılaşma potansiyeli daha detaylı testler (Örneğin tekrarlı üç eksenli deneylerin yapılması gibi) ile incelenmelidir. İnce daneli zeminlerin sıvılaşma performansı değerlendirmesi için Seed ve diğ. (2003)'nin grafiği verilmiştir.



Şekil 2.1. İnce daneli zemin karışımlarında Seed vd. (2003) tarafından önerilen sıvılaşabilirlik koşulu

TBDY,2018; Madde 16B.1'e göre sondaj çalışmalarından elde edilen ham SPT verileri, N , $N_{1.60}=N \times C_N \times C_R \times C_S \times C_B \times C_E$ formülü kullanılarak $N_{1.60}$ düzeltilmiş değerler elde edilmiştir. Burada C_N kohezyonsuz zeminlerde uygulanan jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısını, C_R tij boyu düzeltme katsayısını, C_S numune alıcı tipi düzeltme katsayısını, C_B sondaj delgi çapı düzeltme katsayısını, C_E enerji oranı düzeltme katsayısını göstermektedir. Derinlik düzeltme katsayısı C_N , TBDY,2018;Madde 16B.2'de verilen bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma'_{v0}}} \leq 1.70 \quad (\text{TBDY, 2018; 16B.2})$$

Burada σ'_{v0} deney derinliğindeki efektif düşey gerilmeyi (kN/m^2) göstermektedir. Efektif düşey gerilme Standart Penetrasyon Deneyi yapıldığı durumdaki arazi koşullarına göre hesaplanmıştır. Kazı dikkate alınmamıştır. $\sigma'_{v0}=\sigma_{v0}-U$ (Terzaghi, 1936)

σ'_{v0} =Efektif düşey gerilme (kN/m^2), σ_{v0} =Deney derinliğindeki normal düşey gerilme (kN/m^2), U =Boşluk suyu basıncı

Boşluk suyu basıncı: Suyun birim hacim ağırlığı (γ_w) ile yeraltısuyu tavan ve taban seviyesinin çarpımına eşittir. Zeminin kuru olması durumunda efektif gerilme toplam gerilmeye eşit olur. ($\sigma'_{vo} = \sigma_{vo}$)

Çizelge 2.1. S.P.T Düzeltme Katsayıları (TBDY, 2018 Tablo 16 B.1)

Düzeltilme Katsayısı	Değişken	Değer	Ortalama Değer
C_R	3.0 metre ile 4.0 metre aralığı	0.75	
	4.0 metre ile 6.0 metre aralığı	0.85	
	6.0 metre ile 10 metre aralığı	0.95	
	10 metre'den derin	1.00	
C_s	Standart numune alıcı (iç tüplü)	1.00	1.00
	İç tüplü olmayan numune alıcı	1.10 - 1.30	1.20
C_B	Çap 65 mm - 115 mm arasında	1.00	
	Çap 150 mm	1.05	
	Çap 200 mm	1.15	
C_E	Güvenli tokmak	0.60 - 1.17	0.89
	Halkalı tokmak	0.45 - 1.00	0.73
	Otomatik darbeli tokmak	0.90 - 1.60	1.25

Sıvılaşma direnci τ_R , 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.

$$T_R = CRR_{M7.5} C_M \sigma'_{vo} \quad (\text{Tbdy.2018 16B.4a})$$

Çevrimsel dayanım oranı TBDY, 2018; Madde 16B.4b'de verilen bağıntı ile hesaplanmıştır

$$CRR_{M7.5} = \frac{1}{34 - N_{1,60f}} + \frac{N_{1,60f}}{135} + \frac{50}{[10N_{1,60f} + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad (16B.4b)$$

Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısı (C_M), tasarım depremi büyüklüğüne (M_w) bağlı olarak TBDY, 2018; Madde16B.4c'de verilen bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$C_M = 10^{2.24/(M_w^{2.56})} \quad (\text{Tbdy,2018; 16B.4c}) \quad (\text{Birimsiz})$$

Zeminde oluşan kayma gerilmesi 16B.5'de verilen bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$T_{\text{deprem}} = 0.65 \sigma'_{vo} (0.4 S_{DS}) r_d \quad (16B.5)$$

σ_{vo} =Sıvılaşma değerlendirmesi yapılan derinlikteki toplam düşey gerilme

r_d = Gerilme azaltma katsayısı, S_{DS} = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

İlgili derinlikteki gerilme azaltma katsayısı, r_d incelenen derinliğe (z) bağlı olarak TBDY, 2018; Madde 16B.6'daki bağıntı ile elde edilmiştir.

$$\begin{aligned} r_d &= 1.0 - 0.00765z & z \leq 9.15 \text{ m} \\ r_d &= 1.174 - 0.0267z & 9.15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m} \\ r_d &= 0.744 - 0.008z & 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m} \\ r_d &= 0.50 & z > 30 \text{ m} \end{aligned} \quad (\text{Tbdy,2018; 16B.6})$$

3. JEOLojİ

Bolu H29 paftasının jeolojisinin hazırlanmasında, Akyürek ve diğ. (1996) tarafından hazırlanan, bölgenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasından yararlanılmıştır. Bu araştırmacıların hazırladığı jeoloji haritasındaki, 1996 yılı arazi çalışmalarıyla, uyumsuzluklar ve eksikler elden geldiğince giderilmeye çalışılmış ve revizyonu yapılmıştır.

İnceleme alanını da kapsayan, MTA tarafından 1/100.000 ölçekli H29 paftasında jeolojik çalışma yapılmış olup inceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji çalışmalarında bu haritadan faydalanılmıştır (Şekil 3.1).



3.1. Stratigrafi

Çalışma alanının temelini Permo - Triyas yaşlı Karakaya grubuna ait metakırıntılı ve metavolkanitlerden oluşan Gökçekaya metamorfiti oluşturur. Üzerinde uyumsuzlukla Alt - Orta Jura yaşlı volkanit ve kırıntılardan oluşan Mudurnu formasyonu, Kalloviyen - Apsiyen yaşlı yarı pelajik kireçtaşı ve kalsitürbiditlerden oluşan Soğukçam formasyonu ile Albiyen - Maastrichtiyen yaşlı fliş fasiyesinde çökelen Yenipazar formasyonu yer alır.

Yenipazar formasyonunun alt kesimlerindeki pelajik kireçtaşları Değirmenözü üyesi, üst kesimlerde yer alan kumtaşı ağırlıklı olan bölümde Taraklı üyesi olarak ayırtlanmıştır.

Paleosen yaşlı Selvipınar formasyonu ve bunlarla girik karasal Kızılçay formasyonu Yenipazar formasyonu ile uyumludur ve alt kesimleri Paleosen yaşlı Beypazarı granitoyidi ile kesilmiştir.

Üst Eosen-Alt Miyosen yaşlı Gemiciköy formasyonu, Alt-Orta Miyosen yaşlı volkanitlerle girik Hançili formasyonu ve Üst Miyosen yaşlı gölssel Uruş formasyonu daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuzdur.

Pliyosen yaşlı Örencik formasyonu ve Kuvaterner yaşlı oluşuklar bölgenin en genç kaya birimlerini oluşturur.

İnceleme alanı içerisinde yüzeyleyen stratigrafik birimler Sakarya zonu ve genç örtülere ait olup, Permo-Triyas-Kuvaterner yaş aralığında yayılım göstermektedirler

SENZOYÖK										ÜST SİSTEM
TERSIYER										SİSTEM
KUVATERNER										SERİ
PLİYOSEN										KAT
MİYOSEN										FORMASYON
EÖSEN										ÜYE
EÖSEN										KALINLIK (m)
PALEOSEN										
ALT										
BEYPAZARI GRANİTOYİDİ										
PALEOSEN-ALBIYEN										
YENİPAZAR FORMASYONU KAPAKLI ÜYESİ										
500 - 600										
JURA										
KRETASE										
KALLOVİYEN - APSİYEN										
SOĞUKÇAM FORMASYONU										
250 - 300										
TRIYAS										
KARAKAYA GRUBU										
KARATEPE FORMASYONU										
80 - 100 m.										
KAYA TÜRÜ										
KAYA TÜRÜ ÖZELLİKLERİ										
Alüvyon: Çakıl, Kum, Kil, tutturulmamış blok ve çakıllar, çakıl-kum ve çamur birikintisi										
UYUMSUZLUK										
Örencik Formasyonu: Kırmızı, sarımsı kırmızı, kahverenkli, orta kalın katmanlı, konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ar dalanması										
UYUMSUZLUK										
Özlü Bazaltı : Bazalt, Tuf										
UYUMSUZLUK										
Hançili Formasyonu: Beyaz sarı renkli orta katmanlı kumtaşı, sarımsı gri renkli kilitaşı, killi kireçtaşı, beyaz, gri renkli orta kalın katmanlı çörtlü kç, tüfit, konglomera										
UYUMSUZLUK										
Güvenç Formasyonu (200 m) : Beyaz sarı renkli orta katmanlı kumtaşı, gri renkli marn, killi kireçtaşı, konglomera										
UYUMSUZLUK										
Kızılçay Formasyonu (20 - 300 m) : Yeşilimsi beyaz renkli ince - orta tabakalı killi kireçtaşı, yeşil renkli, boz renkli kumtaşı, gri renkli bitümlü şeyl ar dalanması, konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, şeyl, marn, kilitaşı										
UYUMSUZLUK										
Beypazarı granitoyidi : Açık pembe, pembemsi gri renkli genelde altere olmuş										
UYUMSUZLUK										
Yenipazar Formasyonu (500 - 600 m) : Kumtaşı, şeyl, kireçtaşı, tuf										
UYUMSUZLUK										
Soğukçam Formasyonu (250 - 300 m) Yarı pelajik çörtlü kireçtaşı, kalsitürbidit, az volkanojenik kumtaşı, marn										
UYUMSUZLUK										
Karatepe Formasyonu (80 - 100 m) : Kumtaşı, metakumtaşı, kilitaşı, şeyl, bazik volkanit ve piroklastikler; PK: Permiyen kireçtaşı										

Genelleştirilmiş dikme kesiti M.T.A 1/100.000 Ölçekli BOLU 29 Paftasından alınmıştır. (Nevzat ÜÇER tarafından bölgeye uyarlanmıştır.)

Şekil 3.2. İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti (MTA H29, 2002)

3.1.1. Karakaya Grubu

Permo-Triyas yaşlı yer yer metamorfik ve/veya şiddetli deformasyon geçirmiş, içinde değişik yaş ve boyutta kireçtaşı blokları bulunduran kumtaşı, şeyl, bazik volkanit ve kireçtaşı ardalınlı kayatürü toplulukları Karakaya grubu olarak ayırtlanmıştır. Bingöl ve diğ. (1973) Karakaya formasyonunu, içinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları kapsayan, hafif metamorfizma geçirmiş spilitik bazalt, çamurtaşı, radyolarit, feldispatlı kumtaşı, kuvarsit, konglomera, silttaşı ardalınlımasından oluşan Alt Triyas yaşlı bir birim olarak tanımlamışlardır. Karakaya adı korunarak kapsamı genişletilen birim, Karakaya grubu adı altında incelenmiştir. Bugüne kadar yapılan araştırmalarda, Karakaya grubuna eşdeğer kayaç toplulukları Halılağa grubu (Akyürek ve Soysal 1978, 1983), Ankara grubu (Akyürek ve diğ., 1982, 1984 ve 1996). Ege-Anadolu kırık zone (Güvenç, 1981), Kuzey Anadolu melanjı (Tekeli, 1981), Karakaya napları (Koçyiğit, 1987), Karakaya birliği (Tüysüz ve diğ., 1990), Karakaya kompleksi (Okay ve diğ., 1990 ; Okay ve Mostler, 1994 ; Leven ve Okay, 1996) gibi isimlerle tanımlanmıştır.

Karakaya grubunu oluşturan kayaçlardan daha alt seviyelerde ve düzenli istifeye sahip olan, yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş kesimler Gökçekaya metamorfikleri (PT_{Rg}), daha üst düzeylerde ve içerisinde yabancı kireçtaşı blokları kapsayan kaya topluluğu Karatepe formasyonu (PT_{Rk}) olarak ayırtlanmıştır. Gökçekaya metamorfikleri içerisinde Eğriköy (PT_{Rge}) ve İnhisar (PT_{Rgi}) mermer üyeleri tanımlanmıştır. Karatepe formasyonu içerisinde Ardıçtepe üyesi (PT_{Rka}) ve Keçikaya üyesi (PT_{Rkk}) ile Karbonifer (ek) ve Permiyen (Pk) yaşlı kireçtaşı blokları ayırtlanarak haritalanmıştır. İnceleme alanı içerisinde Karakaya grubuna ait Karatepe formasyonu ve bu formasyona ait Keçikaya kireçtaşı üyesi ve Permiyen-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları bulunmaktadır.

3.1.1.1. Karatepe Formasyonu (PTRk)

Hafif metamorfizma geçirmiş ve içerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları içeren kumtaşı, şeyi, tuf, aglomera, spilitik bazalt ve kireçtaşı ardalınlımasından oluşan formasyon, ilk kez Şentürk ve Karaköse (1979) tarafından Karatepe karışığı olarak tanımlanmıştır. Bu birim, yaş konakları ayrı tutulmak koşuluyla, Karakaya formasyonu (Bingöl ve diğ., 1973), Kalker bloklu melanj (Norman, 1973), Elmadağ bloklu seri (Erol, 1956), Karasenir formasyonu (Alp, 1972), Kınık formasyonu (Akyürek ve Soysal, 1978), Köşrelik Fm. (Akyürek ve diğ., 1979b), Devecidağ karışığı (Özcan ve diğ., 1980), Elmadağ formasyonu (Akyürek ve diğ., 1982, 1984 ve 1996), Dışkaya formasyonu (Kaya

ve diğ., 1986), Karadağ karışığı (Duru, 1993), Abadiye formasyonu (Genç ve Yılmaz, 1994), Alt Karakaya napı (Koçyiğit, 1987), Soğukkuyu metamorfikleri (Göncüoğlu ve diğ., 1996) ile deneştirilebilir. Birim genel olarak boz, alacalı kahverenkli kumtaşı, metakumtaşı, şeyi, çamurtaşı, metakonglomera, kireçtaşı, tuf, aglomera ve spilitik bazalt aralanmalıdır. Bu litolojiler birbirleriyle yanal ve düşey yönde geçişlidir. İstif içerisinde olistostrom seviyeleri ve bunlar içinde Karbonifer ve Permien yaşlı, değişik boyutlarda kireçtaşı blokları bulunmaktadır. Tektonik hareketlerden etkilenmiş olan birimde, ana tektonik hatlara yakın bölümlerde yer yer metamorfizma etkileri görülmektedir. Formasyon, ince-kalın tabakalı, kıvrımlı ve kırıklı sediman topluluğu kumtaşı, kıltaşı, çamurtaşı-radyolarit ve pelajik kireçtaşı içermektedir. Bu istif içerisinde yer yer yastık yapılı spilit, bazalt, tuf ve aglomeralar ara düzeyler oluşturmaktadır. İstifin bu seviyelerinde yer alan iri boyutlu Permien yaşlı kireçtaşı (Pk) blokları ayırtlanarak haritalanmıştır. Karatepe formasyonu üste doğru kumtaşı, şeyi, konglomera ve kireçtaşı aralanması ile devam etmektedir. Türbidit fasiyeslerini temsil eden sedimanter yapılar daha yaygındır. Formasyonun en üst düzeyleri orta-kalın tabakalı kireçtaşı ile temsil edilmektedir. Bu kireçtaşları Keçikaya kireçtaşı üyesi (PT_{Rkk}) olarak ayırtlanmıştır.

3.1.1.1.1. Keçikaya Kireçtaşı Üyesi (PT_{Rkk})

Karatepe formasyonunun üst düzeylerinde yer alan rekristalize kireçtaşları Keçikaya kireçtaşı üyesi olarak ayırtlanmıştır. Bu birim ilk kez, formasyon düzeyinde Akyürek ve diğ. (1982) tarafından adlandırılmıştır. Keçikaya kireçtaşı üyesi beyaz, bej, gri, pembe renkli bol kırık ve çatlaklı, çatlaklar kalsit dolgulu rekristalize kireçtaşlarından oluşur. Altta Karatepe formasyonunun detritik ve volkanitleri ile aralanmalıdır. Bu düzeyde pembe renkli, ince-orta tabakalı, ince taneli, yarı pelajik kireçtaşları yer alır. Bu kireçtaşları volkanitlerle ilksel ilişkili olup volkanitlerin alt dokanaklarında pişme izleri görülür. Kireçtaşı ve volkanitler birbiri içerisinde girift halde bulunabilmektedir. Daha üst seviyelerde orta-kalın, masif görümlü, iri taneli rekristalize kireçtaşları yaygındır. Bu kireçtaşları içerisinde dolomitik kireçtaşları da yer almaktadır. Birimin alt sınırı Karatepe formasyonu ile geçişli, üst sınır Bayırköy formasyonu tarafından açısız uyumsuz olarak örtülmektedir. Birimin kalınlığı en iyi görüldüğü Ankara doğusunda 80-100 m. dir. Birimin yaşı Orta-Üst Triyas olarak belirlenmiştir.

3.1.1.1.2. Permiyen Yaşlı Kireçtaşı Blokları (Pk)

Karatepe formasyonu değişik düzeylerinde metre boyutundan birkaç km. boyutuna kadar değişen çok çeşitli kireçtaşları yer almaktadır. Gri, bej, beyaz renkli, bol fosilli, fazla rekristalize olmamış bu kireçtaşları, ince-kalın tabakalı ve masif görünümlü, çok çeşitli mikrofasiyes özellikleri gösteren sparitik ve mikritik özelliktedir. Karatepe formasyonunun hemen her seviyesinde detritik ve volkanik kayalar içerisinde olistostrom fasiyesleri ve bunlar içinde olistolitler şeklinde yer almaktadır. Çeşitli özellik gösteren bu kireçtaşlarının haritalanabilecek boyutta olanları, yaş konumları dikkate alınarak Permiyen yaşlı (Pk) olarak ayırtlanmış ve haritalanmıştır. Bu kireçtaşlarında Alt-Üst Permiyen yaş aralığında çok sayıda fosil saptanmıştır (Leven ve Okay, 1996; Akyürek ve diğ., 1984 ve 1996). İlksel konumlarında sığ denizel (şelf) ortamda çökelmiş olan bu kireçtaşları, daha sonra Karatepe formasyonunun çökelişi esnasında havzaya çekim kaymaları ile çeşitli boyutlarda yerleşmiş bloklar oluşturmaktadır.

3.1.1.2. Soğukçam Formasyonu (JKs)

Beyaz, krem, pembemsi renkli, porselenimsi görünümlü, çörtlü, kil ara katmanlı, yarı pelajik kireçtaşlarından oluşan istif, Altınlı, (1973b) tarafından Soğukçam kireçtaşı olarak tanımlanmıştır. Daha sonra Tuna (1974), Gözübol (1978), Yılmaz ve diğ. (1981) Soğukçam kireçtaşı, Saner (1980) ve Göncüoğlu ve diğ. (1996) Soğukçam formasyonu adı altında incelemişlerdir. Soğukçam formasyonu Yakacık köyü doğusu ile Sirkeli köyü kuzeyinde yüzeylenmektedir. Soğukçam formasyonunun kayatürünü beyaz, krem, pembe renkli, porselen görünümlü, ince-orta tabakalı, bol kıvrımlı kireçtaşları oluşturur. Midye kabuğu şeklinde kırılmalı kireçtaşları içerisinde yaygın olarak çört yumrulu ve ara bantları bulunmaktadır. İstifin alt seviyelerinde olistostrom ve kayma yapıları yaygın olarak görülmekte ve bu düzeylerde kalsitürbidit ara bantları yer almaktadır. Formasyonun üst seviyelerinde kil oranı artarak, killi kireçtaşı ve marn araldanmasına dönüşmektedir. Birimin yaşı Kalloviyen-Apsiyen yaşlı olduğu kabul edilmiştir. Birim yamaç-havza ortamında çökelmiştir.

3.1.1.3. Yenipazar Formasyonu (Kye)

Yenipazar formasyonu adını Saner (1980) volkanitli, bloklu, kumtaşı-şeyl araldanmasından oluşan fliş fasiyesindeki çökel istifi için kullanmıştır.

Yenipazar formasyonu Orhaniye-Geldibuldu köyleri arasında yüzeylemektedir.

Yenipazar formasyonu genel olarak grimsi yeşil renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı-şeyl ar dalanması ile yeşil ve kahverenkli volkanit, yeşil renkli marn ve beyaz, bej, kırmızı, pembe renkli, ince tabakalı mikritik (pelajik-yarı pelajik) kireçtaşı ve az miktarda konglomeradan oluşmaktadır. Yenipazar formasyonunda Serpantin blok ve olistostromlar Kapaklı üyesi (Kyeka) üyesi olarak ayırtlanmıştır. İnceleme alanında konglomera, kumtaşı ve kıltaşı ar dalanmasından oluşan istif Yenipazar formasyonu, ofiyolitik kayaçların bulunduğu düzeyler Kapaklı Üyesi olarak ayırtlanmış ve haritalanmıştır.

3.1.1.3.1. Kapaklı Üyesi (Kyeka)

Yenipazar formasyonu içinde ofiyolitik kayaç kökenli olistolit ve olistostromlardan oluşan birimler bu çalışmada Kapaklı üyesi olarak adlanmıştır. Bu üye, Akyürek ve diğ. (1984 ve 1996) tarafından "Kılıçlar grubu" olarak adlandırılan birim içindeki olistolit ve olistostromlara karşılık gelmektedir. Birim Ankara kuzeyi Kapaklı köyü harabeleri civarında olistostromlar halinde görülmektedir. Kapaklı Üyesi çoğunlukla ofiyolitik kayaçlardan aktarılan serpantinit, gabro, diyabaz, bazalt, radyolarit ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu birimler Yenipazar formasyonu içinde Senomaniyen-Kampaniyen döneminde tek litolojiden oluşma serpantinit olistolitleri veya birbiriyle karışmış farklı litolojilerden oluşma olistostromlar halinde yer almaktadır.

3.1.1.4. Beypazarı Granitoyidi (Tpbgr)

Beypazarı granitoyidi granitik kayalardan oluşmaktadır. Açık pembe, pembemsi gri renklerde, çoğunlukla aberasyona uğramış granit, granodiyorit, kuvars diyorit, monzonit gibi açık renkli magmatik kayalardan oluşan birim, yer yer aplit damarlarıyla kesilmiştir. Faneritik dokunun yaygın olduğu bu kayaçlarda porfirik doku da gözlenir. Daha çok metamorfik birimleri kesmiş ve Pliyosen yaşlı çökeller tarafından örtülmüş olarak görülen granitik kayalar, Eosen (Lütesiyen) çökellerine çakıl vermiştir. Beypazarı granitoyidinin yaşı Paleosen olarak belirlenmiştir. Birimin, okyanus kabuğunun dalma-batma nedeniyle dilimlenmesi ve melanj oluşumu sonucu, dalma-batma kuşağını üzerleyen blok tarafından kalınlaşan kabuğun içine magmanın sokulması ile oluştuğu söylenebilir (Hakyemez ve diğ., 1986).

3.1.1.5. Kızılçay Formasyonu (Tpek)

Kırmızı renkli karasal çökellerden oluşan birim, Eroskay (1965) tarafından adlandırılmıştır. Kızılçay Formasyonu, Gölpazarının kuzey doğusundaki Kızılçay vadisi, Göynük uzak güneydoğusundaki Hatıl dağı ve Sarıcakaya Nallıhan arası birimin en iyi görüldüğü yerlerdir. Birim Kurtboğazı deresinin doğu yamaçlarında Orhaniye-Güvenç-Sarıbeyler-Yakuphasan köyleri arasında yüzeylemektedir.

Birim, genel olarak kırmızı, alacalı renkli, ince-kalın tabakalı, kötü boyplanmalı konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Formasyonun üst bölümünde yer alan yeşil renkli ince tabakalı şeyl, marn, kiltası, yeşilimsi beyaz renkli, ince-orta tabakalı killi kireçtaşı, kumtaşı ardalanmasından ve yeşilimsi gri renkli bitümlü şeyllerden oluşan bölümü Kabalar üyesi (Tpekk) olarak ayırtlanmıştır. Birimde nadir ince seviyeler halinde kömür ve yer yer de jipsler olağandır.

3.1.1.5.1. Kabalar Üyesi (Tpekk)

Killi kireçtaşı, bitümlü şeyi, marn, kiltası, kumtaşlarından oluşan üye, Saner (1978) tarafından Kabalar formasyonu olarak adlandırılmıştır. Sürekliliği olmaması nedeniyle Göncüoğlu ve diğ. (1996), bu birimi üye mertebesinde incelemişlerdir. Üye yeşilimsi, beyaz renkli, ince-orta tabakalı killi kireçtaşı, yeşil renkli kumtaşı ve yeşilimsi gri renkli, kartonumsu ayrılmalı bitümlü şeyi ardalanmasından oluşmaktadır. Birim, ince kömür ara seviyeleri içermektedir. Kabalar üyesi, Ayaşın kuzey-doğusunda iyi izlenir.

Üye, altta Soğukçam formasyonu ile açısız uyumsuz, üstte Ayaş'ın kuzeydoğu'unda Güvenç formasyonu, Miyosen ve Pliyosen yaşlı çökeller ile açısız uyumsuzdur. Kalınlığı 20-300 m. arasında değişen üye, önemli bir litolojik değişim göstermemektedir. Fosil içermeyen birimin yaşı stratigrafik konumuna (Çataltepe formasyonu ile eş düzeyde olması durumuna) göre Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı kabul edilmiştir. Birim, gölsel ortamda çökelmiştir.

3.1.1.6. Güvenç Formasyonu (Teg)

Kireçtaşı, konglomera, kumtaşı, marn ve volkanitlerle temsil edilen birim Güvenç-Orhaniye-Memlik köyleri civarında ve Kınık civarında yüzeylemektedir. Altta çakıllı kumtaşlarıyla başlayan birim, üste doğru kireçtaşı-marn ardalanmasına dönüşmektedir. Kireçtaşları sarımsı-boz renkli, sıkı tutturulmuş, sert, köşeli kırıklı olup, bol fosillidir. Üst

kesimler konglomera ve volkanit ara katkılı birim, sarımsı, yeşilimsi gri, gri, bej ve alacalı renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı-şeyl nöbetleşmesi şeklinde devam eder. Kumtaşları sıkı tutturulmuş, sert, sparit çimentoludur. Yer yer kalın tabakalı ve masif görünümlü türbiditik ve olistostromal konglomera düzeyleri kireçtaşı, serpantin, magmatit çakılları içerir. Volkanitler dasitik, andezitik ve bazaltik lav, tuf ve aglomeralardan oluşur. Güvenç formasyonu altta Kabalar üyesi ile, üstte Gemiciköy formasyonu ile paralel uyumsuzdur.

Birim yaklaşık 200 metre kalınlık gösterir. Birimin yaşı değişik fosillerden dolayı Orta Eosen yaşı verilmiştir. Birim şelf ortamında çökelmiştir.

3.1.1.7. Hançili Formasyonu (Tmh)

Kumtaşı, kilaşı, şeyi, tuf ve kireçtaşından oluşan Hançili formasyonu, Akyürek ve diğ. (1980) tarafından adlandırılmıştır. Hançili formasyonu beyaz, gri renkte, orta-kalın tabakalı kireçtaşı, beyaz, sarı renkli, orta tabakalı kumtaşı, gri, yeşil renkli ince tabakalı yer yer kartonumsu seviyeler içeren kilaşları ile tüfler kapsar. Hançili formasyonuna ait birimler geniş yayılım gösterir. Kömür düzeyleri ve killi seviyelerde yaprak ve makro fosiller bulundurulur. Birim kendisinden yaşlı formasyonlar üzerinde uyumsuz, yanal yönde Uludere piroklastikleri ile girik, üstten ise Örencik formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür. Birim gölsel ortamda çökelmiştir. Birimin yaşı Alt-Orta Miyosen olarak tesbit edilmiştir.

3.1.1.8. Özlü Bazaltı (Tmö)

Bazaltlardan oluşan birim, Türkecan ve diğ. (1991) tarafından adlandırılmıştır. Birim gri, siyah, koyu kahverenkli, kızıl kahve, yersel gaz boşluklu, soğuma eklemli, çoğunlukla kompakt, gaz boşlukları ikinci materyalle dolmuş bazaltlarla temsil edilir. Petrografik olarak plajiyoklaz, olivin fenokristalli ve porfirik dokulu dır. Birim üst Pliyosen yaşlı çökellerle örtüldüğünden Alt Pliyosen yaşlı olarak kabul edilmiştir.

3.1.1.9. Örencik Formasyonu (Tplö)

Bölgenin en genç çökellerini oluşturan karasal konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ardalması Aydın ve diğ. (1987) tarafından adlandırılmıştır. Benzer kaya türleri Kipman (1974) tarafından Kırmacıdere formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Örencik formasyonu, kırmızı, sarımsı kırmızı, kahverenkli konglomera, kumtaşı, çamurtaşı kireçtaşı aralanması ile temsil edilir. Birim genelde çok az tutturulmuş olup, orta-kalın tabakalanma gösterir. Tabakalanma yer yer belirgin değildir. Konglomeralar, aşınmalı tabanlı, kötü boylanmalı olup çakılları yuvarlak-az yuvarlaktır. Üste doğru kumtaşlarına ve çamurtaşlarına derecelenme gösterir. Kumtaşları sarımsı kırmızı renkli olup, ince-orta-kaba tanelidirler. Kumtaşı tabakalarında paralel ve çapraz laminalar sıkça gözlenir. Örencik formasyonu kendinden yaşlı tüm birimler üzerinde açısız uyumsuz olarak yer alır. Formasyonu 50-100 metre arasında bir kalınlığa sahiptir. Formasyon içerisinde fosil tespit edilememiştir. Bu nedenle stratigrafik konumuna dayanarak Pliyosen yaşı verilmiştir. Örencik formasyonunun kayatürü özellikleri akarsu ve göl ortamında çökelmiş olduğunu yansıtır.

3.1.1.10. Alüvyon (Qal)

Bölge ve yakın çevresinin en genç oluşukları güncel alüvyonlardır (Qal). Yeraltısuyu taşıyan alüvyonlar, bölgenin en yumuşak birimini oluşturmaktadır.

3.2. Yapısal Jeoloji

Ankara, İç Anadolu bölgesinde yer alır ve kuzeyden Kuzey Anadolu fay zone, güneydoğudan Seyfe fay zone (Koçyiğit, 2000), güneyden Tuz Gölü fay zone (Şaroğlu vd., 1987), doğudan Ezinepazarı fayı (Şaroğlu vd., 1987) ve güneybatıdan Eskişehir fay zone (Şaroğlu vd., 1987) tarafından çevrelenmiş durumdadır.

Ankara kent merkezi adı geçen bu faylara 60-80 km uzaklıktadır. Ankara'nın Çamlıdere ve Kızılcahamam ilçeleri Kuzey Anadolu fay zonuna, Elmadağ ve Kalecik gibi ilçeleri Ezinepazarı fayına, Şereflikoçhisar, Evren, Bala ve Haymana gibi ilçeleri de Tuz Gölü fay zonuna çok yakın 20-30 km uzaklıktadır. Adı geçen bu faylar yedi ($M_w \geq 7.0$) den büyük deprem üretme potansiyeline sahiptir. Bu faylara ilave olarak, Ankara il sınırları içinde birçok aktif fay bulunmaktadır. Ancak uzunlukları kısa olan bu faylar yukarıda sayılan faylara göre daha küçük orta büyüklükte ($5.0 < M_w < 6.0$) fakat hasara neden olabilecek şiddette deprem üretme potansiyeline sahiptir (Şekil 3.3).

Ankara bölgesinde gerçekleştirilmiş olan aktif tektonik çalışmalar, bu bölgenin, yaklaşık D-B ve K-G yönlerinde etkin olan sıkışma gerilimlerinin etkisi altında olduğunu ortaya koymuştur. Bu sıkışma gerilimi, kuzeybatı Orta Anadolu'daki doğrultu atımlı tektonik rejimlerin ve ilgili faylanmanın ana nedenidir. Bölgede üç fay sistemi, birçok fay

4. BÖLGENİN DEPREMSELLİĞİ

Ankara 1944 yılında Kuzey Anadolu Fay Sistemi üzerinde oluşmuş ve $M_w=7.6$ büyüklüğünde olan Bolu-Gerede depreminden, 1938 yılında Akpınar Fayı üzerinde oluşmuş ve $M_w=6.8$ büyüklüğünde olan Kırşehir-Keskin depreminden ve yine 1668 yılında Kuzey Anadolu Fay Sistemi üzerinde oluşmuş olan büyük depremlerden önemli ölçüde etkilenmiştir (Özmen, 2006). Yakın zamanda ise daha küçük boyutta ancak daha yakın Orta (Çankırı) ve Bala depremlerinden de etkilenmiştir.

Pampal (2006)'a göre Ankara deprem yaratacak aktif fay zonları ile çevrelenmiş olup, bu zonlara 80-100 km mesafededir ve bu faylar üzerinde meydana gelecek 6.5 ve daha büyük magnitüdlü depremlerden etkilenecektir.

Koçyiğit (2000)'e göre Orta Anadolu, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nda ve sismik etkinliği çok az olan bir bölge değildir.

Ergünay (1978)'a göre Ankara 50 km'lik alan içerisinde oluşacak küçük depremlerin ($M_w \leq 5.0$) ve 70-100 km'lik uzaklıklar arasında oluşacak büyük depremlerin ($M_w \geq 7.0$) etkisinde kalan bir kenttir. Her ne kadar Ankara il merkezi ve yakın civarında büyük depremler üretebilecek faylar yok isede, 90-110 km uzaklıktaki Kuzey Anadolu Fay Zonu, Tuz Gölü fayı, Eskişehir Fay Zonu gibi aktif faylarda meydana gelebilecek, 6 ve daha büyük depremlerin, zayıf zeminler üzerinde yapılmış olan yapılarda önemli hasar ve kayıplara yol açması kaçınılmazdır (Ergünay, 2006).

Kasapoğlu (2000)'na göre; Ankara'yı etkileyebilecek deprem kaynak zonlarında meydana gelebilecek büyük bir depremde, 1938 ve 1944 yıllarında oluşan depremlerin neden olduğu hasarlardan çok daha farklı hasarlar olabileceği ve kentin deprem riskini 1938 ve 1944 yıllarındaki düzeyde tutabilmek için, yapılacak yeni yapılarda depreme karşı özel önlemler alınmalıdır.

Koçkar (2006)'a göre; Ankara merkezi ve batısında yapılan sismik ve jeoteknik saha çalışmalarına ve mikrotremör ölçümlerine göre, bu alanlardaki Plio-Kuvaterner zeminler deprem yer hareketinin etkilerini artırıcı özelliklere sahiptir.

Ankara'da oluşacak depremlerin kaynağı %90 oranında doğrultu atımlı faylardan kaynaklanıyor (Koçyiğit, 2000).

Ankara, kuzeyden Kuzey Anadolu Fay Sistemi, güneydoğudan Akpınar fayı, güneyden Tuz Gölü Fay Zonu, doğudan Kırıkkale-Erbaa fayı ve güneybatıdan Eskişehir Fay Zonu tarafından çevrelenmiş durumdadır. Ankara kent merkezi adı geçen bu faylara 60-80 km uzaklıktadır. Adı geçen bu faylar yedi ($M_w \geq 7.0$) den büyük deprem üretme

potansiyeline sahiptir ve Ankara için önemli bir tehlike kaynağıdır. Bu faylara ilave olarak, Ankara kent merkezi yakın civarı da dahil olmak üzere, Ankara il sınırları içinde birçok aktif fay bulunmaktadır. Ancak uzunlukları kısa olan bu faylar yukarıda sayılan faylara göre daha küçük orta büyüklükte ($5.0 < M_w < 6.0$) fakat hasara neden olabilecek büyüklükte deprem üretme potansiyeline sahiptir.

Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlama periyodu 475 yıl) göre inceleme alanının en büyük yer ivmesi 0.151 olup düşük tehlikeli sınıfa girmektedir. Türkiye Deprem Tehlike Haritası Şekil 4.1’de verilmiştir.

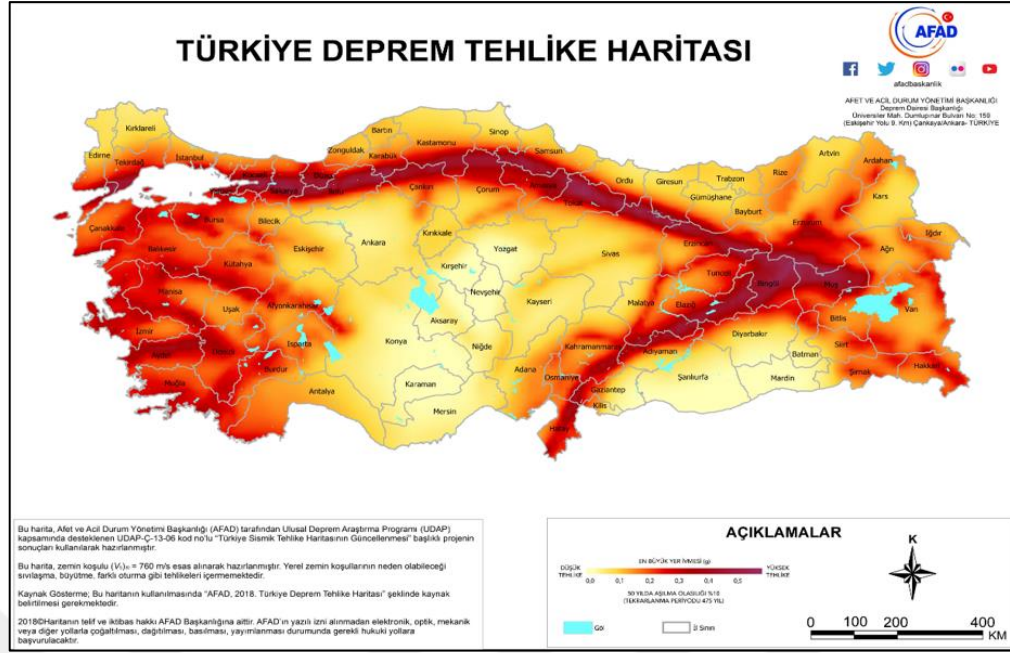
Ankara ili Kahramankazan ilçesi güneybatısında kalan proje alanı ve çevresinin depremsellik ve poisson olasılık dağılımı ile deprem tehlike analizi yapılmıştır. Bu amaçla; çalışma alanı (Enlem:35.6172-39.9562/Boylam:25.5093-38.0337) merkez olmak üzere 100 km’lik yarıçap içinde, sınırları belirlenen bölgede sismik tehlikenin araştırılması için, bölgede 1900-2024 yılları arasında meydana gelmiş magnitudü 4.5 ve daha büyük deprem verileri kullanılmıştır (Şekil 4.2).

Bu veriler; Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı kayıtlarıdır. Hesaplamalarda kullanılan depremlerle ilgili tarih, enlem (N), boylam (E), kaynak, odak derinliği ve büyüklük değerleri verilmiştir.

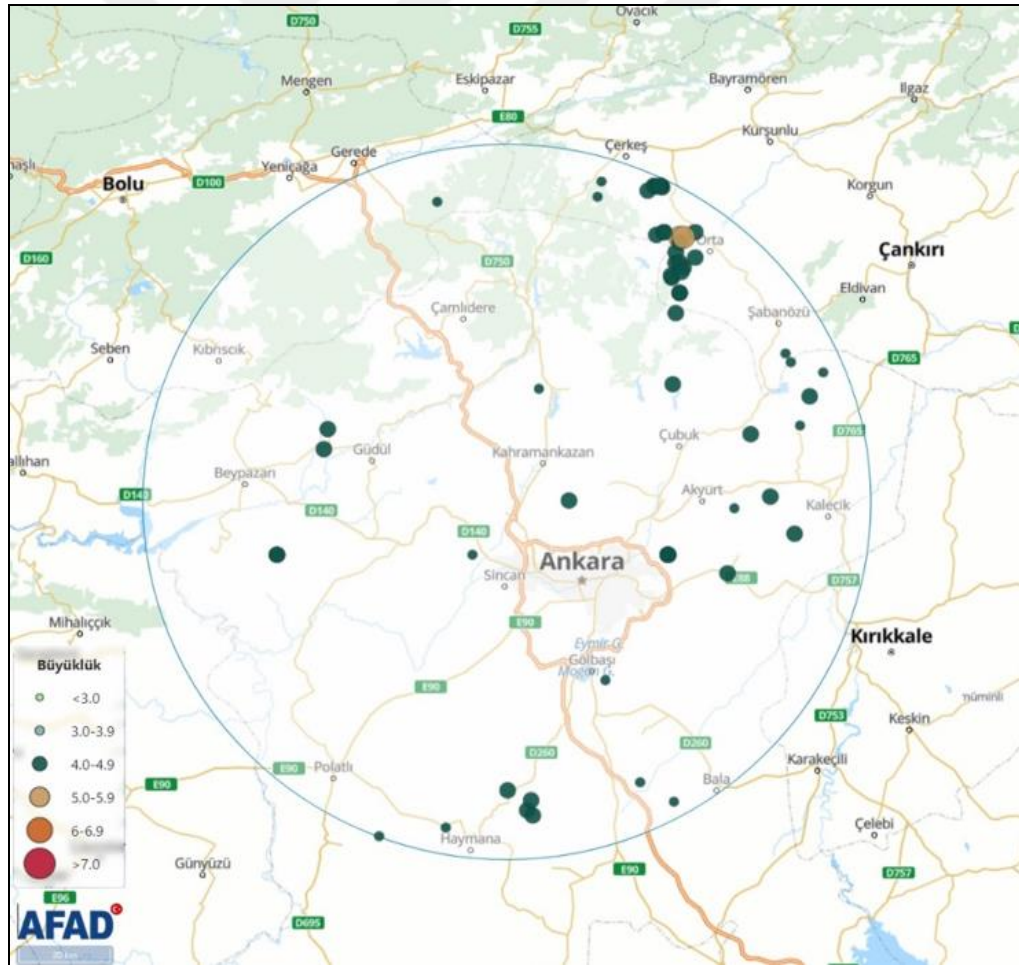
Türkiye Deprem Tehlike Haritasında görüldüğü üzere incelemeye esas alan ivme değerlerine göre Düşük Düzey Deprem Bölgesi içinde kalmaktadır. Proje alanı ve yakın çevresinde 7269 Sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler dolayısıyla alınacak tedbirler ve yapılacak yardımlara dair kanunun 2. Maddesi kapsamında Bakanlar Kurulunca alınmış herhangi bir “Afete Maruz Bölge Kararı” bulunmamaktadır.

Taşınmaz içerisinde kütle hareketleri gözükmemektedir. Topoğrafyadan dolayı aşırı yağışlarda özellikle düşük kotlarda su baskını tehlikesine karşı önlemler alınmalıdır. Çığ ve diğer doğal afet tehlikeleri (çökme-tasman-karstlaşma vb.) ve mühendislik problemleri açısından sakınca bulunmamaktadır.

İnceleme alanı taşkın alanlar, sit alanları ve korumaya alınmış alan içerisine girmemektedir. İnceleme alanı içerisinden geçen ova çayı ile ilgili DSİ görüşü alınmalı ve bu görüş doğrultusunda planlamaya gidilmelidir (Kandemir, 2015). İnceleme alanında herhangi bir fay geçmemektedir.



Şekil 4.1. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (<https://deprem.afad.gov.tr>)



Şekil 4.2. İnceleme Alanı (Enlem : 35.6172-39.9562 / Boylam : 25.5093-38.0337) merkez olmak üzere 100 km yarıçap içinde meydana gelen depremlerin dağılımı (<https://deprem.afad.gov.tr>)

Çizelge 4.1. İnceleme Alanı (Enlem : 35.6172-39.9562 / Boylam : 25.5093-38.0337) merkez olmak üzere 100 km lik alan içerisinde 1900-2024 tarihleri arasında meydana gelen $M_s \geq 4.0$ ve üzeri depremler

Sıra	Tarih	Zaman	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Magnitüd (Ms)	İlçe	İl
1	02/08/2016	22:30:52	33.361	40.315	12.23	4.2	Kalecik	Ankara
2	14/09/2019	14:46:01	32.964	40.731	8.41	4.3	Çerkeş	Çankırı
3	14/09/2019	21:08:43	32.985	40.728	10.22	4.1	Çerkeş	Çankırı
4	14/09/2019	09:00:30	32.967	40.730	7.96	4.7	Çerkeş	Çankırı
5	14/09/2019	22:03:32	32.981	40.732	10.61	4.3	Çerkeş	Çankırı
6	23/01/2020	06:54:11	33.261	40.115	13.65	4.5	Akyurt	Ankara
7	12/02/2019	20:14:30	33.007	40.554	17.66	4.7	Orta	Çankırı
8	14/09/2019	09:03:11	32.948	40.722	5.83	4.8	Çerkeş	Çankırı
9	23/06/2020	08:54:19	32.977	40.730	8.77	4.2	Çerkeş	Çankırı
10	10/01/2021	22:53:01	33.323	40.041	13.19	4.5	Kalecik	Ankara
11	10.10.2008	06:36:55	39.446	33.025	8.20	4.6	Afşar - Bala	Ankara
12	23.09.2008	09:09:42	39.463	33.043	4.00	4.5	Afşar - Bala	Ankara
13	15.03.2008	10:15:37	39.460	33.009	11.9	5.0	Koçyayla - Bala	Ankara
14	31.01.2008	00:01:19	40.246	33.200	5.00	4.9	Asağiemirler - Çubuk	Ankara
15	27.12.2007	13:47:58	39.460	33.026	7.50	4.7	Koçyayla - Bala	Ankara
16	26.12.2007	23:47:09	39.418	33.088	5.50	5.5	Afşar - Bala	Ankara
17	20.12.2007	09:48:28	39.423	33.068	6.60	5.7	Afşar - Bala	Ankara
18	06.08.2005	09:09:27	39.350	33.100	6.00	4.6	Yaylalözü - Bala	Ankara
19	01.08.2005	00:45:06	39.410	33.060	7.00	4.7	Afşar - Bala	Ankara
20	31.07.2005	23:41:34	39.410	33.090	10.0	4.8	Afşar - Bala	Ankara
21	31.07.2005	15:18:19	39.420	33.070	17.0	4.5	Afşar - Bala	Ankara
22	31.07.2005	00:45:14	39.420	33.130	6.00	4.5	Yeniyapanşihli - Bala	Ankara
23	30.07.2005	21:45:02	39.410	33.100	16.0	5.3	Afşar - Bala	Ankara
24	08.02.2004	09:27:54	39.190	32.600	10.0	4.5	Yurtbeyli - Haymana	Ankara
25	05.10.2000	08:38:08	40.500	33.050	5.00	4.5	Özlü - Orta	Çankırı
26	27/09/2000	15:19:38	33.07	40.504	13.70	4.0	Orta	Çankırı
27	02/09/2000	05:53:50	32.918	40.573	10.0	4.0	Orta	Çankırı
28	29/08/2000	01:27:47	32.974	40.602	12.1	4.3	Orta	Çankırı
29	22/08/2000	14:40:13	32.105	40.209	3.60	4.3	Orta	Çankırı
30	09/06/2000	06:14:20	32.954	40.705	3.90	4.6	Orta	Çankırı
31	09/06/2000	00:28:00	32.96	40.677	32.6	4.3	Orta	Çankırı
32	09.06.2000	03:14:18	40.750	32.950	0.00	4.5	Yeşilöz - Çerkeş	Çankırı
33	06.06.2000	2:41:49	40.700	32.990	5.00	5.6	Hacılar - Çerkeş	Çankırı
34	06/06/2000	08:59:39	32.923	40.597	8.00	4.3	Orta	Çankırı
35	27/09/2000	15:19:38	33.07	40.504	13.70	4.0	Orta	Çankırı
36	24.08.1999	17:33:15	39.610	32.620	8.00	4.7	Deveci - Haymana	Ankara
37	05.08.1990	18:31:49	40.230	33.880	17.0	4.8	Ayvathlı - Sulakyurt	Kırıkkale
38	21.04.1983	16:18:57	39.310	33.060	36.0	4.7	Berçarsak - Bala	Ankara
39	21.01.1983	21:52:29	39.400	32.300	10.0	4.5	Sivri - Polatlı	Ankara
40	04.07.1978	22:39:16	39.450	33.190	23.0	4.9	Yeniyapanşihli - Bala	Ankara
41	22.09.1975	12:56:00	40.360	33.400	3.00	4.7	Karatepe - Kalecik	Ankara
42	30.07.1975	16:25:17	39.450	32.130	2.00	4.5	Karahamzalı - Polatlı	Ankara
43	19.02.1973	18:10:01	40.280	33.860	22.0	5.0	Karallı - Kızılırmak	Çankırı
44	19.06.1964	0:50:24	40.740	32.830	33.0	4.8	Dağçukurören - Çerkeş	Çankırı
45	21.05.1958	10:13:01	40.650	33.360	10.0	4.8	Cukuroren - Korgun	Çankırı
46	14.08.1951	20:23:12	40.820	33.230	10.0	4.9	Dağtarla - Kurşunlu	Çankırı
47	13.08.1951	18:33:33	40.880	32.870	10.0	6.9	Kuzören - Çerkeş	Çankırı
48	19.12.1947	17:31:17	40.710	32.820	10.0	5.2	Kısac - Çerkeş	Çankırı
49	21.07.1938	21:56:05	39.560	33.680	10.0	5.3	Kevenli - Keskin	Kırıkkale
50	14.05.1938	04:45:53	39.740	33.550	10.0	4.9	Kurşunkaya - Keskin	Kırıkkale
51	12.07.1935	02:30:01	40.600	33.600	5.00	4.8	Çankırı	Çankırı
52	12.07.1935	00:00:00	40.600	33.600	30.0	4.9	Çankırı	Çankırı
53	28.06.1933	11:54:39	39.300	33.200	30.0	4.9	Suyugüzel - Bala	Ankara

Çizelge 4.1 incelendiğinde aletsel dönem içerisinde $4.0 \leq M_w \leq 5.0$ magnitüd aralığında depremlerin 44 adet, $5.0 \leq M_w \leq 6.0$ magnitüd aralığında depremlerin 8 adet, $6.0 \leq M_w \leq 7.0$ magnitüd aralığında depremlerin 1 adet olduğu görülmektedir. Ülkemizdeki yapı stoğu itibarıyla yıkıcı deprem eşiğinin $M_w=5.0$ olduğu kabulüyle, çalışma alanı ve çevresinde orta büyüklükte deprem olduğu görülmektedir. Bunun yanında $6.0 \leq M_w \leq 7.0$ magnitüd aralığında yıkım etkisi çok fazla olan depremlerin 1 adet olduğu görülmektedir.

5. HİDROJEOLOJİ

Zeminlerin hidrojeolojik özelliklerini belirlemek amacıyla belirlenen kuyulardan yeraltı suyu seviye ölçümleri yapılarak kurak ve yağışlı dönemlere ait yeraltı suyu derinlik haritası hazırlanmıştır. İnceleme alanını temsil edecek şekilde yapılan kurak dönem (Haziran 2015, Mayıs 2022, Haziran 2023) ve yağışlı dönem (Şubat 2022, Mart 2022) arasındaki yeraltı suyu seviyesi değişim ölçümleri belirlenmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Kurak ve yağışlı dönemde yapılan yeraltı suyu derinlik ölçümleri

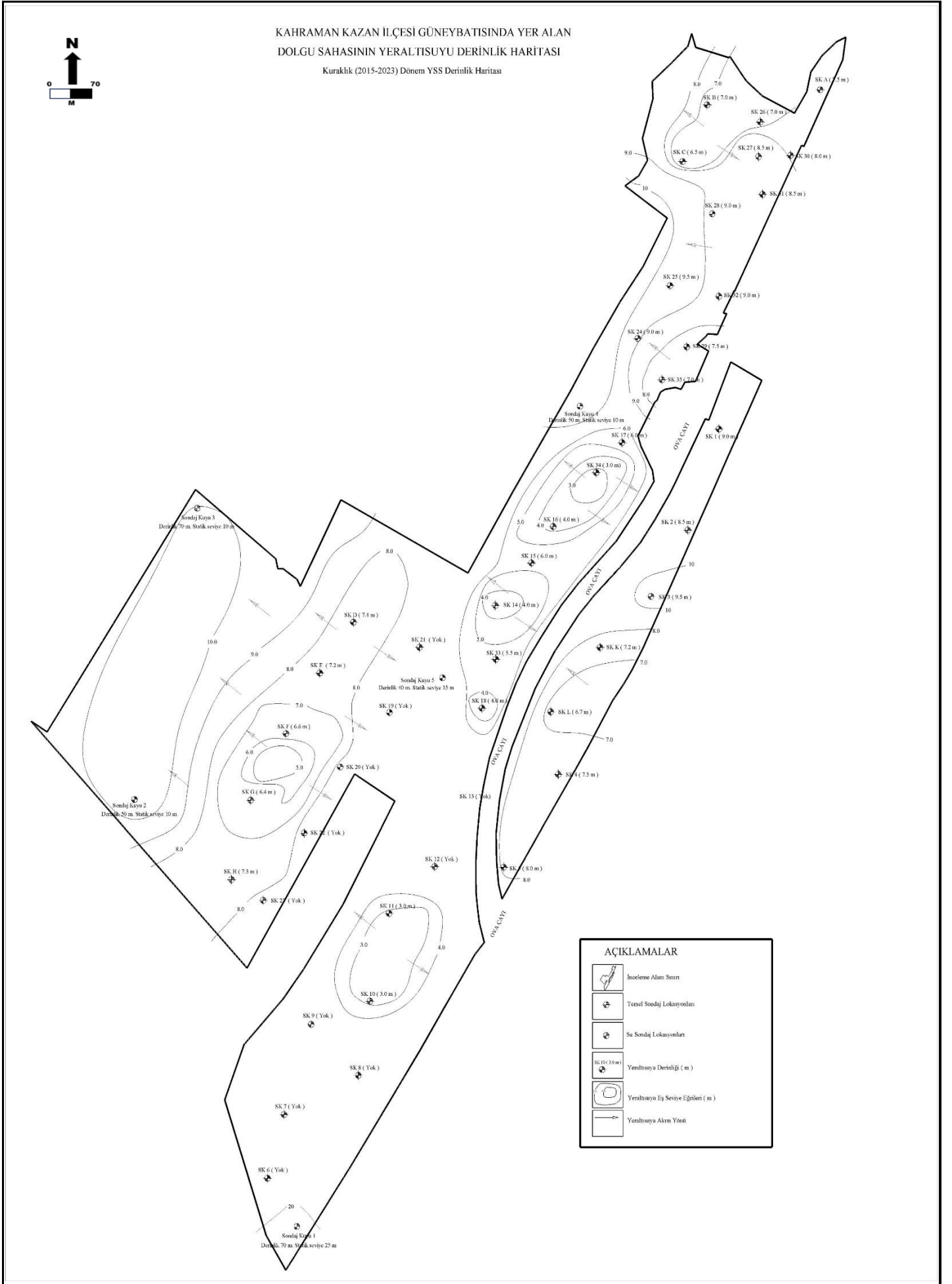
Kuyu No	Başlangıç tarihi	Bitiş tarihi	Koordinatlar		Kurak dönem derinliği ve rakımı (m)		Yağışlı dönem derinliği ve rakımı (m)	
			Y (Düşey)	X (Yatay)				
SK 1	15.06.2015	15.06.2015	466.140.000	4.437.802.000	9.0			
SK 2	15.06.2015	15.06.2015	465.917.000	4.437.345.000	8.5			
SK 3	15.06.2015	15.06.2015	465.917.000	4.437.345.000	9.5			
SK 4	15.06.2015	15.06.2015	465.917.000	4.437.345.000	7.5			
SK 5	15.06.2015	15.06.2015	465.019.000	4.435.644.000	8.0			
SK 10	16.06.2015	16.06.2015	464.259.000	4.435.026.000	3.0			
SK 11	17.06.2015	17.06.2015	464.340.000	4.435.459.000	3.0			
SK 14	17.06.2015	17.06.2015	464.889.000	4.436.972.000	4.0			
SK 15	17.06.2015	17.06.2015	465.082.000	4.437.179.000	6.0			
SK 16	18.06.2015	18.06.2015	465.198.000	4.437.358.000	4.0			
SK 17	18.06.2015	18.06.2015	465.555.000	4.437.773.000	6.0			
SK 18	18.06.2015	18.06.2015	464.811.000	4.436.464.000	4.0			
SK 24	19.06.2015	19.06.2015	465.640.000	4.438.281.000	9.0			
SK 25	19.06.2015	19.06.2015	465.826.000	4.438.552.000	9.5			
SK 26	19.06.2015	19.06.2015	466.285.000	4.439.362.000	7.0			
SK 27	20.06.2015	20.06.2015	466.218.000	4.439.186.000	8.5			
SK 28	20.06.2015	20.06.2015	466.218.000	4.439.186.000	9.0			
SK 29	20.06.2015	20.06.2015	465.979.000	4.438.211.000	7.5			
SK 30	20.06.2015	20.06.2015	466.503.000	4.439.195.000	8.0			
SK 31	21.06.2015	21.06.2015	466.218.000	4.439.186.000	8.5			
SK 32	21.06.2015	21.06.2015	466.144.000	4.438.461.000	9.0			
SK 33	21.06.2015	21.06.2015	464.898.000	4.436.706.000	5.5			
SK 34	21.06.2015	21.06.2015	465.424.000	4.437.626.000	3.0			
SK 35	21.06.2015	21.06.2015	465.849.000	4.438.047.000	7.0			

Kuyu No	Başlangıç tarihi	Bitiş tarihi	Koordinatlar		Kurak dönem derinliği ve rakımı (m)		Yağışlı dönem derinliği ve rakımı (m)	
			Y (Düşey)	X (Yatay)				
SK I	26.02.2022	26.02.2022	466.191.440	4.439.182.283	8.0	816.5	7.5	817.0
SK II	25.02.2022	25.02.2022	466.218.169	4.439.166.976	8.0	816.0	7.0	817.0
SK III	22.02.2022	22.02.2022	466.240.881	4.439.156.051	7.5	816.0	6.5	817.0
SK IV	27.02.2022	27.02.2022	466.183.861	4.439.169.084	8.0	816.4	7.4	817.0
SK V	21.02.2022	21.02.2022	466.202.836	4.439.159.596	7.2	817.0	7.2	817.0
SK VI	3.03.2022	3.03.2022	466.219.702	4.439.149.342	7.0	816.6	6.6	817.0
SK VII	23.02.2022	23.02.2022	466.235.419	4.439.140.047	7.0	816.4	6.4	817.0
SK VIII	28.02.2022	28.02.2022	466.176.003	4.439.155.955	7.7	816.6	7.3	817.0
SK IX	1.03.2022	1.03.2022	466.194.498	4.439.145.797	7.7	816.5	7.2	817.0
SK X	4.03.2022	4.03.2022	466.213.09	4.439.134.680	7.0	816.7	6.7	817.0
SK XI	24.02.2022	24.02.2022	466.228.615	4.439.126.343	7.0	816.4	6.4	817.0
SK XII	28.02.2022	28.02.2022	466.167.138	4.439.139.344	7.8	816.5	7.3	817.0
SK XIII	2.03.2022	2.03.2022	466.186.624	4.439.129.361	7.5	816.5	7.0	817.0
SK XIV	5.03.2022	5.03.2022	466.204.513	4.439.118.740	7.0	816.6	6.5	817.1
SK XV	6.03.2022	6.03.2022	466.219.846	4.439.109.476	6.5	816.7	6.2	817.0
SK a	18.05.2022	19.05.2022	464.442.454	4.434.907.981	7.5	804.8		
SK b	19.05.2022	19.05.2022	464.456.373	4.434.926.441	7.5	804.8		
SK c	19.05.2022	19.05.2022	464.470.515	4.434.949.412	7.5	804.8		
SK d	20.05.2022	20.05.2022	464.485.337	4.434.976.215	7.5	804.9		
SK e	20.05.2022	20.05.2022	464.513.559	4.434.958.121	7.5	804.9		
SK f	20.05.2022	20.05.2022	464.497.726	4.434.934.372	7.5	804.8		
SK g	21.05.2022	21.05.2022	464.482.997	4.434.914.660	7.5	804.8		
SK h	21.05.2022	21.05.2022	464.469.369	4.434.891.261	7.5	804.8		
SK A	01.06.2023	01.06.2023	466.634.958	4.439.482.278	7.5			
SK B	02.06.2023	02.06.2023	466.041.211	4.439.407.642	7.0			
SK C	03.06.2023	03.06.2023	465.913.105	4.439.129.149	6.5			
SK D	04.06.2023	04.06.2023	464.185.112	4.436.864.147	7.4			
SK E	05.06.2023	05.06.2023	464.010.590	4.436.613.503	7.2			
SK F	06.06.2023	06.06.2023	463.834.812	4.436.315.929	6.6			
SK G	07.06.2023	07.06.2023	463.649.509	4.435.989.374	6.4			
SK H	08.06.2023	08.06.2023	463.547.395	4.435.597.163	7.3			
SK K	09.06.2023	09.06.2023	465.480.933	4.436.741.720	7.2			
SK L	10.06.2023	10.06.2023	465.219.674	4.436.423.817	6.7			

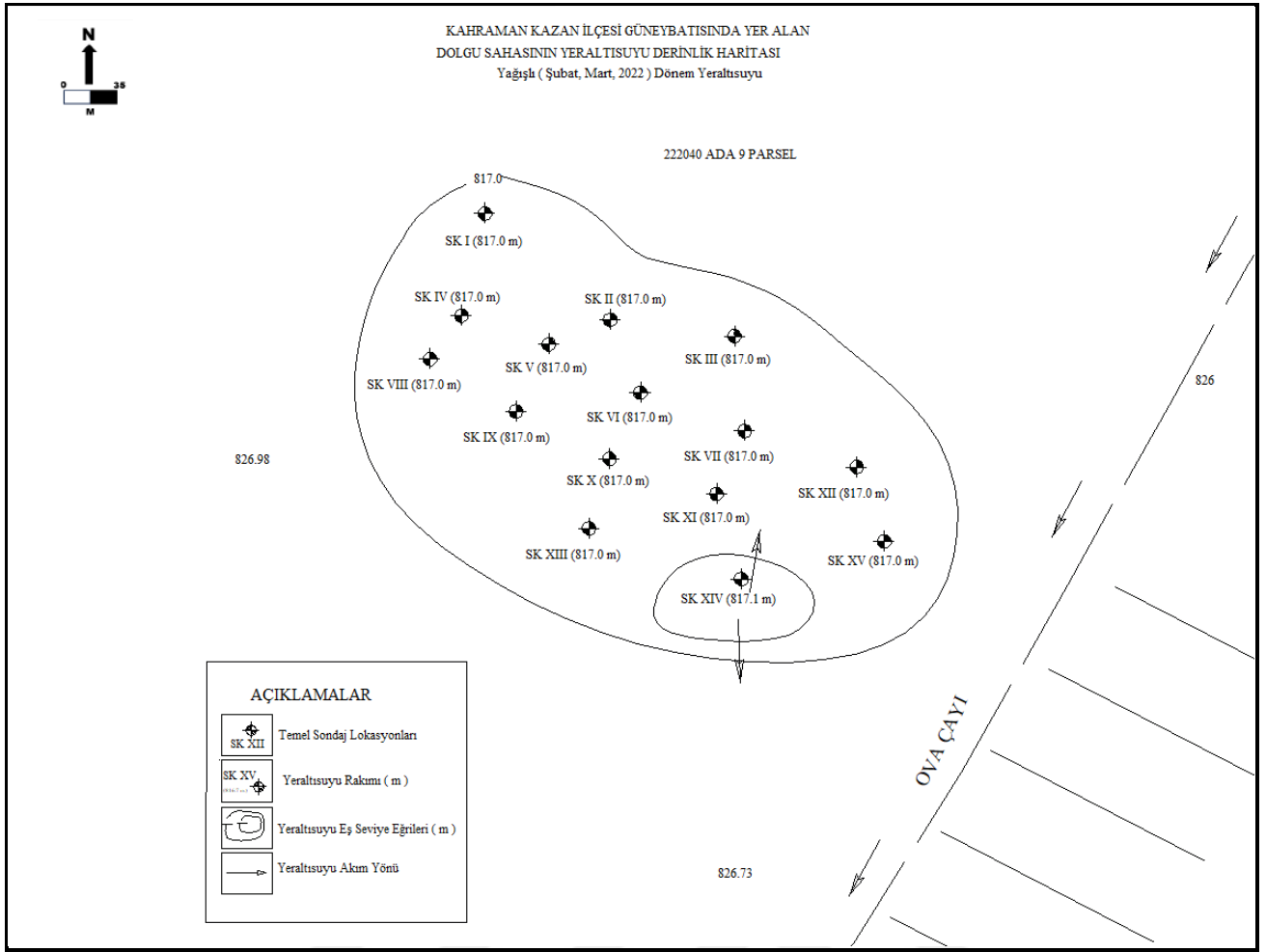
Kurak döneme (Haziran 2015, Mayıs 2022, Haziran 2023) ve yağışlı döneme (Şubat 2022, Mart 2022) ait yeraltısuyu derinliği ölçümlerine göre, Kahramankazan (Ankara) güneybatısında yer alan hafriyat atık sahasını temsil eden alanda yeraltısı seviyesi zeminden itibaren 3.00-9.50 metre arasında değişmektedir. Özellikle inceleme alanının orta kesiminde bölgede yeraltı suları 3.0-5.5 m arasında olup, yüzeye yakındır.

İnceleme alanının kuzeydoğusunda yer alan 222040 Ada 9 parselde yapılan sondajlarda ölçülen yeraltısuyu ölçümlerinde kurak ve yağışlı dönem arasında ortalama 50 cm bir düşüm gözlenmektedir. Yağışlı dönemlerde statik seviyeye bağlı olarak ova çayına doğru bir boşalım söz konusudur (Şekil 5.2).

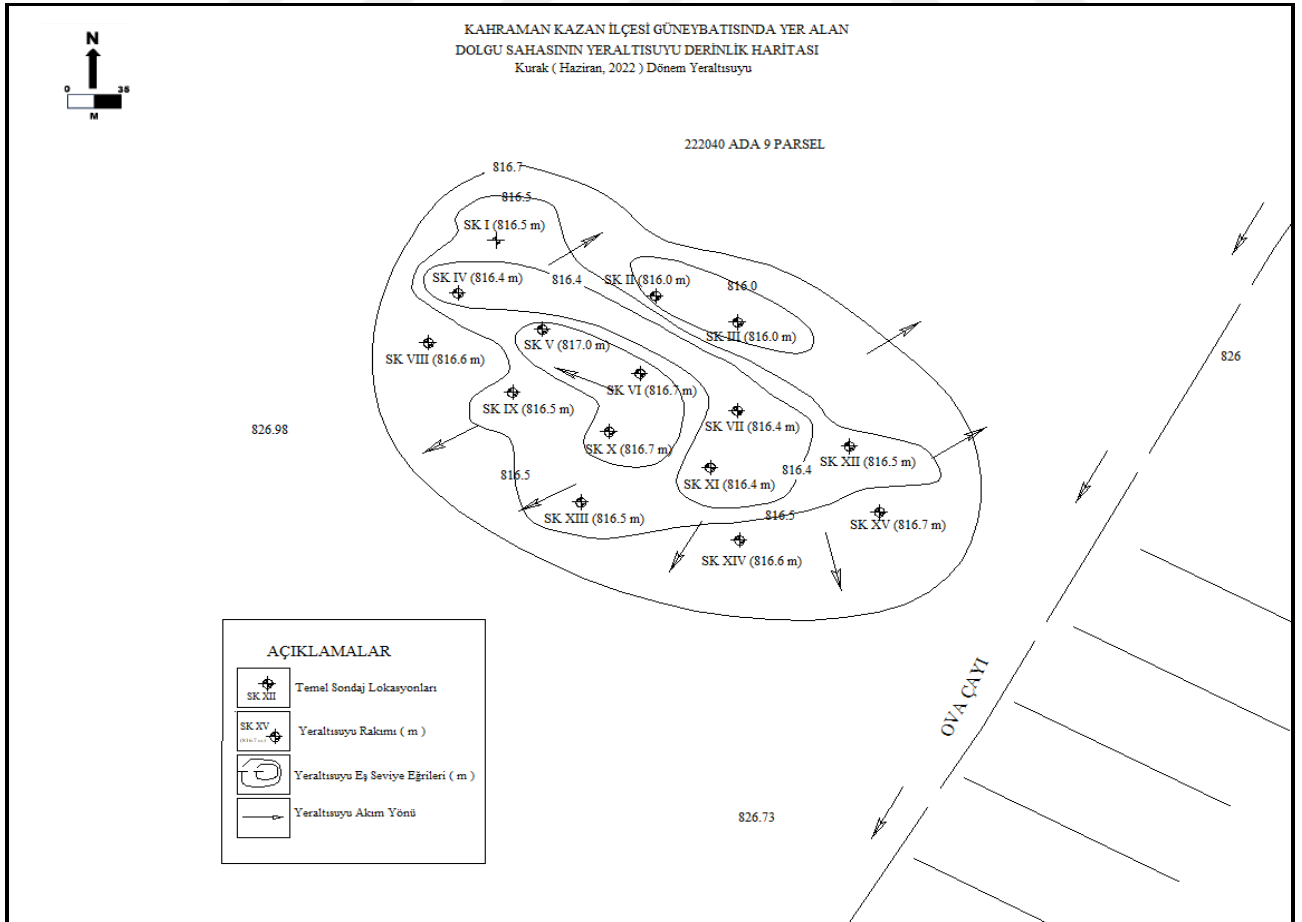
Bölgede yeraltısı seviyesinin aşırı düşmemesinin sebebi bölgenin DSI tarafından yasaklı alan kapsamına alınmasına bağlanmaktadır.



Şekil 5.1. İnceleme alanının kurak (Haziran 2015, Mayıs 2022, Haziran 2023) döneme ait yeraltısuyu derinlik haritası



Şekil 5.2. İnceleme alanının yağışlı (Şubat, Mart 2022 döneme ait yeraltısuyu derinlik haritası



Şekil 5.3. İnceleme alanının kurak (Haziran 2022) döneme ait yeraltısuyu derinlik haritası

Beton ve donatı malzemelerine olası etkisini kısmi olarak değerlendirebilmek amacıyla su kimyası analizi yapılmıştır. Fizikokimyasal analizleri Serda Toprak Tarım Su İnş. Proje Mim. Müh. Müş. San. ve Tic. Ltd.Şti laboratuvarında yaptırılmıştır.

Çizelge 5.2. İnceleme alanından alınan su örneklerine ait fizikokimyasal analiz sonuçları

Lokasyon No		S 1	S 2	S 3
Sıcaklık	°C	25	25	25
pH		7.63	8.91	7.09
EC (25°C)	dSm ⁻¹ (25°C)	0.315	1.1	1.987
Sodyum (Na ⁺)	meqL ⁻¹	0.78	11.34	5.69
Potasyum (K ⁺)	meqL ⁻¹	0.06	0.08	0.31
Kalsiyum Ca ⁺⁺)	meqL ⁻¹	2	0.35	8.71
Magnezyum (Mg ⁺⁺)	meqL ⁻¹	0.5	0.15	5.51
Bikarbonat (HCO ₃)	meqL ⁻¹	2.3	9.16	12.36
Karbonat (CO ₃ ²⁻)	meqL ⁻¹	0	2.02	0
Klorür (Cl ⁻)	meqL ⁻¹	0.89	0.54	2.4
Sülfat (SO ₄ ²⁻)	meqL ⁻¹	0.15	0.19	5.46
SAR		0.7	22.65	2.13

Çizelge 5.3. İnceleme alanından alınan su örneklerine ait % miliekivelen değerleri

Lokasyon No		S 1	S 2	S 3
Katyonlar				
Sodyum (Na)	%meq	23.35	95.13	28.14
Potasyum (K)	%meq	1.80	0.67	1.53
Kalsiyum Ca)	%meq	59.88	2.94	43.08
Magnezyum (Mg)	%meq	14.97	1.26	27.25
Anyonlar				
Bikarbonat (HCO ₃)	%meq	68.86	76.91	61.13
Karbonat (CO ₃)	%meq	0.00	16.96	0.00
Klorür (Cl)	%meq	26.65	4.53	11.87
Sülfat (SO ₄)	%meq	4.49	1.60	27.00

Sularda Bulunan İyonlar ve Kökenleri

Sodyum (Na⁺): Sodyum iyon oranı %23.35 ile %95.13 değerleri arasında değişmektedir. Yeraltı sularındaki sodyum iyonunun kaynağı siyenit, granit gibi nötr ve asidik magmatik kayalar ile halit mineralidir (Şahinci, 1991).

Potasyum (K⁺): Potasyum iyonu oranı %0.06 ile %0.31 arasındadır. Potasyum iyonunun kaynağı, ortoklas, sanidin, mikroklin, killi ve marnlı seviyelerinin suda çözünmesiyle yeraltı sularına geçmektedir.

Kalsiyum (Ca⁺⁺): Kalsiyum iyonu oranı %0.35 - %8.71 değerleri arasında değişmektedir. Bu iyon kireçtaşların CO₂'li sular tarafından eritilmesiyle yeraltı sularına geçmektedir.

Magnezyum (Mg^{++}): Mg iyonu oranı %0.15 ile %5.51 değerleri arasında değişmektedir. Yeraltı sularında magnezyumun kaynağı dolomit, ultrabazik kayalar (serpantin, gabro, peridotit. vb.), magmatik kayalardaki Mg içeren minerallerdir (biyotit, olivin, hornblend gibi) (Şahinci, 1991).

Bikarbonat (HCO_3^-): Bikarbonatın iyonu oranı %2.3 ile %12.36 değerleri arasındadır. Yeraltı sularındaki bikarbonat iyonlarının çoğu atmosfer ve topraktaki Karbondioksit (CO_2)’den ve karbonatlı kayaların çözünmesinden oluşmaktadır. Sudaki HCO_3 miktarı CO_2 miktarına ve suyun pH’ına bağlıdır (Hounslow,1995).

Klorür (Cl^-): Klorür iyonunun oranı % 0.54 ile %2.4 değerleri arasında değişmektedir. Kökeni yağmur suları ve volkanik kayalar olabilir.

Sülfat (SO_4^{2-}): Sülfat iyonu oranı %0.15 ile %5.46 değerleri arasında değişmektedir. Yeraltı sularındaki sülfatın büyük bir kısmı jips ve anhidritten gelmektedir. Evaporitik mineraller inceleme alanında bulunmamaktadır. Bu nedenle inceleme alanında düşük konsantrasyonlarda gözlenen sülfatın kaynağı sülfatların oksitlenmesi olabilir.

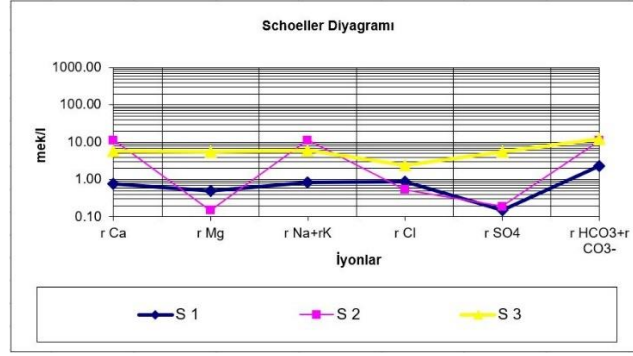
Suların Diyagramlarla Yorumlanması: İnceleme yakın çevresinden sulama ve kullanma amaçlı açılan sondaj kuyularından Ekim 2024 yılında numune alınarak fizikokimyasal analizleri yaptırılmıştır. Belirlenen analiz sonuçları kullanılarak Schoeller, Piper ve Wilcox diyagramlarıyla incelenmiştir.

Schoeller diyagramı

İnceleme yakın çevresinden sulama ve kullanma amaçlı açılan sondaj ve keson kuyularından Ekim 2024 alınan su örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçlarına göre Schoeller Diyagramı çizilmiştir. Schoeller Diyagramında düşey eksen de iyonların litredeki miliequivalan değerleri, yatay eksen de ise rCa , rMg , $rNa+rK$, rCl , rSO_4 , $rHCO_3$ değerleri işaretlenmiştir.

Schoeller Diyagramında iyonları birleştiren doğruların üçü yaklaşık olarak birbirine paraleldir. S 1, S 2 ve S 3 lokasyonlarından alınan su numunelerinin aynı kökenli olduğu anlaşılmaktadır. Schoeller Diyagramına göre iyonların sıralanışı;

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| S 1: $rNa+rK > rMg > Ca$ | $rHCO_3 > rSO_4 > rCl$ |
| S 2: $rNa+rK > rMg > Ca$ | $rHCO_3 > rSO_4 > rCl$ |
| S 3: $rMg > rNa+rK > Ca$ | $rHCO_3 > rSO_4 > rCl$ |

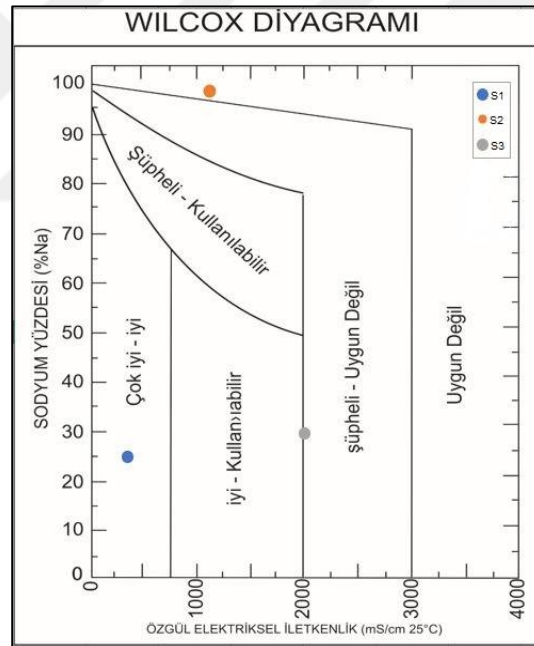


Şekil 5.4. Lokasyonlardan Alınan Su Numunelerinin Schoeller Diyagramı

Çizelge 5.4. İnceleme alanından alınan su örneklerine ait fizikokimyasal analiz sonuçları

	r Ca	r Mg	r Na+rK	r Cl	r SO ₄	r HCO ₃ +r CO ₃ ⁻
S 1	0.78	0.5	0.84	0.89	0.15	2.3
S 2	11.34	0.15	11.42	0.54	0.19	11.18
S 3	5.69	5.51	6	2.4	5.46	12.36

Wilcox diyagramı



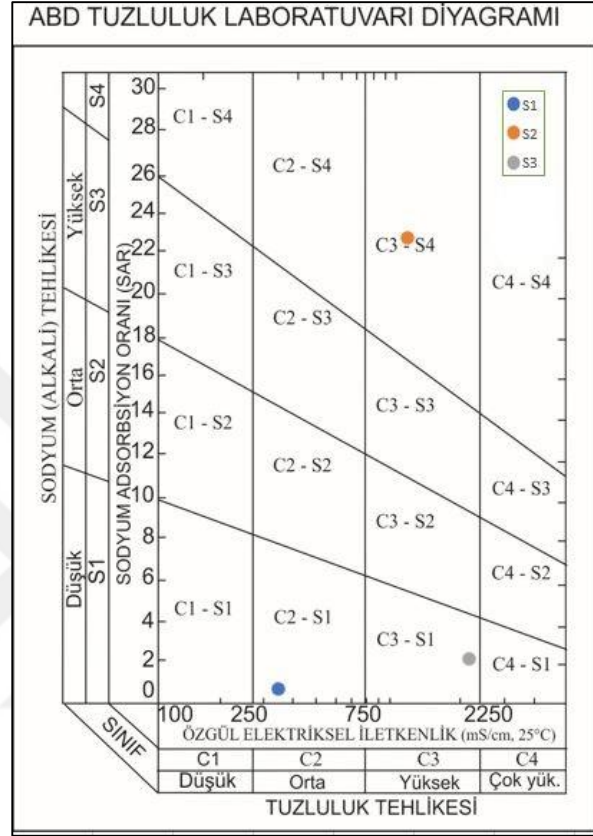
Şekil 5.5. Lokasyonlardan Alınan Su Numunelerinin Wilcox Diyagramı

Sulama ve kullanma amaçlı olarak açılan Sondaj ve Keson kuyularından alınan su numunelerinin fizikokimyasal analiz sonuçları kullanılarak Wilcox Diyagramına yorumlanmıştır. Diyagramın çizilebilmesi için analiz sonuçlarından elde edilen EC ve % Na değerleri kullanılmıştır (Çizelge 5.2). Wilcox diyagramında yatay eksen 25 °C 'de EC değerleri, dikey eksen %Na değerleri işaretlenmiştir. Wilcox diyagramına göre tüm sular “Çok iyi- iyi “ sınıfındadır.

$$\%rNa = \frac{(rNa + rK)}{rCa + rMg + rNa + rK}$$

ABD tuzluluk diyagramı

İnceleme alanı ve yakın çevresinden sulama amaçlı olarak açılan Sondaj ve Keson kuyularından alınan su numunelerinin fizikokimyasal analiz sonuçlarına göre;



Şekil 5.6. Lokasyonlardan Alınan Su Numunelerinin ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı

EC ve SAR değerleri ABD tuzluluk diyagramına işaretlenmiştir. Bu diyagramda (Şekil 5.6) yatay ekseninde 25 °C'deki EC değerleri ve düşey ekseninde sodyum absorpsiyon oranı (SAR) işaretlenmiştir. ABD tuzluluk diyagramına göre C2, C3-S1,S4 sınıfındadır.

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{(rCa + rMg)/2}}$$

Tuzluluğa göre alt sınıflar C2, C3 ve Sodyum miktarına göre sınıflar S1, S4 tür.

C2: Orta tuzlu.Tuzluluğa hassas bitkiler hariç tüm bitki sulanmasında kullanılabilir.

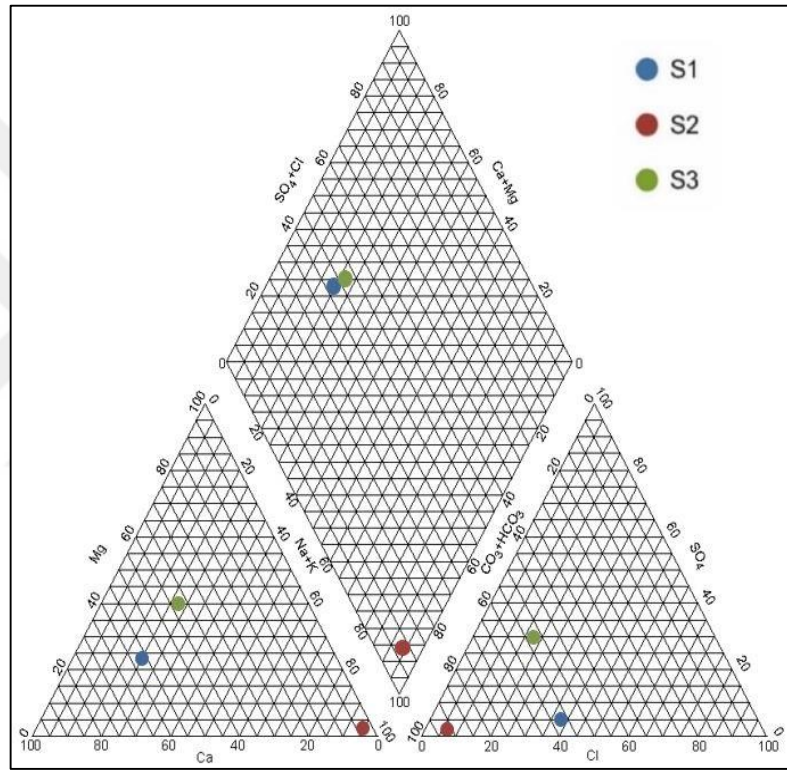
C3: Yüksek tuzlu su. Tuza dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir.

S1: Düşük sodyumlu su. Hemen tüm topraklarda sulama için kullanılabilir

S4: Çok yüksek sodyumlu su. Genellikle sulamada kullanılmaz.

Piper diyagramı

Piper diyagramında iyonların % miliekiveleran değerleri kullanılmaktadır. Suyun sınıfı kation ve anyon noktaları eşkenar dörtgene taşınarak belirlenir. Piper diyagramına göre kuyulara ait su örneklerinin hepsi 1 bölgede bulunur ve ayrıca S1 ve S2 9.bölge, S3 5.bölge içerisinde yer almaktadır. Piper diyagramına göre bu suların hepsi Ca+Mg iyonlarının Na+K iyonlarında fazla karbonatlı ve sülfatlı sulardır. Ayrıca S1 ve S2 iyonlarının hiçbirisi %50 yi geçmeyen karışık bileşimli sular sınıfına girmektedir, S3 ise karbonat sertliği %50 den fazla, CaCO_3 ve MgCO_3 lı sular sınıfına girmektedir.



Şekil 5.7. Lokasyonlardan Alınan Su Numunelerinin Piper diyagramı

Yapılan ölçüm analizleri neticesinde pH'ın 7.09-8.91 arasında olduğu belirlenmiştir. Klor (Cl) değerinin 0.54-2.40 mg/Lt, sülfat (SO_4) değerinin 0.15-5.46 mg/Lt, Karbonat (CO_3) değerinin 0-2.02 mg/Lt, Bikarbonat (HCO_3) değerinin 2.30-12.36 mg/Lt, magnezyum (Mg) değerinin 0.15-5.51 mg/Lt, Sodyum (Na) değerinin 0.78-11.34 mg/Lt, Potasyum (K) değerinin 0.06-0.31 mg/Lt, Kalsiyum (Ca) değerinin 0.35-8.71 mg/Lt olduğu tespit edilmiştir. Bu su örneklerinin kimyasal özellikleri ve fizikokimyasal özellikleri incelendiğinde beton için TS EN 3440 standartlarına göre betona zararlı etkisi söz konusu değildir. Ayrıca TS EN 1008'e göre de beton karma suyu için de kullanıma uygundur.

6. JEOTEKNİK İNCELEMELER

6.1. Arazi İncelemeleri

Kahramankazan (Ankara) Güneybatısında Yer Alan Hafriyat Atık Sahasının Jeoteknik Özelliklerinin belirlenmesi amacıyla inceleme alanında temel araştırma çukurları, temel sondaj çalışmaları ve sismik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sırasında alanı tanımlayabilecek yeterlilikte örselenmemiş numunesi (UD) ve SPT ile örselenmiş numune alımları yapılmıştır.

Sismik çalışmalarla bölgenin sismisite durumu ortaya çıkarılmıştır.

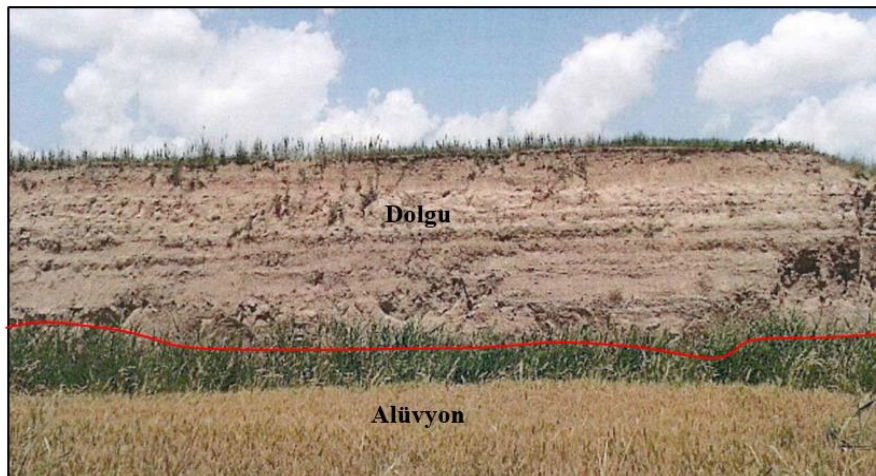
ERT (Elektrik Rezisitivite Tomografi) ile dolgu kalınlığı sondaj çalışması sırasında kesilen dolgu kalınlığı ile korele edilmiştir.

İnceleme alanında 15-21/06/2015 tarih aralığında İmar Planına Esas arazi çalışmaları kapsamında ARE Jeoteknik tarafından 35 adet sondaj, 16 adet sismik kırılma, 16 adet mikrotremör ölçümleri ve 10 adet düşey elektrik sondaj çalışması yapılmıştır.

İnceleme alanında 26/02/2022-06/03/2022, 18-21/05/2022 ve 01-10/06/2022 tarih aralığında Zemin Etüd çalışmaları kapsamında ÜÇER Sondaj tarafından 33 adet temel sondaj çalışması, 6 adet sismik kırılma, 2 adet ERT (Elektrik Rezisitivite Tomografi) çalışması yapılmıştır.

6.1.1. Araştırma Çukurları-Temel Çukurları

İnceleme alanında mevcut dolgu varlığı tesbit etmek amacıyla 10 noktada temel Araştırma Çukur çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 6.1. İnceleme alanında alüvyon birimin yüzeylendiği alanlardan görünüm.



Şekil 6.2. İnceleme alanında dolgu birimin yüzeylendiği alanlardan görünüm.



Şekil 6.3. İnceleme alanında dolgu birimin yüzeylendiği alanlardan görünüm.

6.1.2. Temel Sondaj Kuyuları

İnceleme alanında 15/06/2015-21/06/2015 tarih aralığında İmar Planına Esas arazi çalışmaları kapsamında ARE Jeoteknik tarafından 35 adet 600 m. sondaj yapılmıştır.

26/02/2022-06/03/2022, 18/05/2022-21/05/2022 ve 01/06/2023-10/06/2023 tarih aralıklarında zemin etüd çalışmaları kapsamında ÜÇER Sondaj tarafından her biri 20 metre derinliğinde olan 33 adet toplam 660 metre temel sondaj çalışması yapılmıştır.

Bu çalışmada zeminlerde Hollow - Stem Auger yöntemi kullanılmıştır.

Sondaj kuyularına ait derinlik, kot ve koordinatları Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Sondaj logları rapor sonunda Ekler kısmında EK 3 de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Sondaj lokasyonlarına ait derinlik, yeraltı seviyesi, dolgu kalınlığı, kot ve koordinatlar

Lokasyon No	Koordinatlar		Z (Kot)	Sondaj Derinlik	YS Seviyesi (m)		Dolgu Kalınlık	Sondaj Başlama ve Bitiş Tarihi	
	Y (Düşey)	X (Yatay)	(m)	(m)	Der.	Rakım	(m)	Başlama	Bitiş
SK 1	466.140.000	4.437.802.000	-	30	9.0		1.0	15.06.2015	15.06.2015
SK 2	465.917.000	4.437.345.000	-	15	8.5		0.9	15.06.2015	15.06.2015
SK 3	465.917.000	4.437.345.000	-	15	9.5		0.8	15.06.2015	15.06.2015
SK 4	465.917.000	4.437.345.000	-	15	7.5		0.9	15.06.2015	15.06.2015
SK 5	465.019.000	4.435.644.000	-	30	8.0		1.2	15.06.2015	15.06.2015
SK 6	463.702.000	4.434.160.000	-	15	-		-	16.06.2015	16.06.2015
SK 7	463.790.000	4.434.474.000	-	15	-		-	16.06.2015	16.06.2015
SK 8	464.181.000	4.434.664.000	-	15	-		-	16.06.2015	16.06.2015
SK 9	463.937.000	4.434.920.000	-	15	-		-	16.06.2015	16.06.2015
SK 10	464.259.000	4.435.026.000	-	15	3.0		-	16.06.2015	16.06.2015
SK 11	464.340.000	4.435.459.000	-	15	3.0		-	17.06.2015	17.06.2015
SK 12	464.577.000	4.434.690.000	-	15	-		-	17.06.2015	17.06.2015
SK 13	464.758.000	4.435.998.000	-	15	-		0.8	17.06.2015	17.06.2015
SK 14	464.889.000	4.436.972.000	-	15	4.0		0.7	17.06.2015	17.06.2015
SK 15	465.082.000	4.437.179.000	-	15	6.0		0.9	17.06.2015	17.06.2015
SK 16	465.198.000	4.437.358.000	-	15	4.0		0.8	18.06.2015	18.06.2015
SK 17	465.555.000	4.437.773.000	-	15	6.0		0.8	18.06.2015	18.06.2015
SK 18	464.811.000	4.436.464.000	-	15	4.0		0.7	18.06.2015	18.06.2015
SK 19	465.337.000	4.436.442.000	-	15	-		0.8	18.06.2015	18.06.2015
SK 20	434.164.000	4.436.142.000	-	15	-		0.9	18.06.2015	18.06.2015
SK 21	464.505.000	4.436.768.000	-	30	-		-	19.06.2015	19.06.2015
SK 22	463.976.000	4.435.819.000	-	15	-		-	19.06.2015	19.06.2015
SK 23	463.768.000	4.435.485.000	-	15	-		-	19.06.2015	19.06.2015
SK 24	465.640.000	4.438.281.000	-	30	9.0		1.5	19.06.2015	19.06.2015
SK 25	465.826.000	4.438.552.000	-	15	9.5		-	19.06.2015	19.06.2015
SK 26	466.285.000	4.439.362.000	-	30	7.0		1.4	19.06.2015	19.06.2015
SK 27	466.218.000	4.439.186.000	-	15	8.5		-	20.06.2015	20.06.2015
SK 28	466.218.000	4.439.186.000	-	15	9.0		-	20.06.2015	20.06.2015
SK 29	465.979.000	4.438.211.000	-	15	7.5		-	20.06.2015	20.06.2015
SK 30	466.503.000	4.439.195.000	-	15	8.0		-	20.06.2015	20.06.2015
SK 31	466.218.000	4.439.186.000	-	15	8.5		-	21.06.2015	21.06.2015
SK 32	466.144.000	4.438.461.000	-	15	9.0		-	21.06.2015	21.06.2015
SK 33	464.898.000	4.436.706.000	-	15	5.5		1.0	21.06.2015	21.06.2015
SK 34	465.424.000	4.437.626.000	-	15	3.0		3.0	21.06.2015	21.06.2015
SK 35	465.849.000	4.438.047.000	-	15	7.0		0.9	21.06.2015	21.06.2015
SK I	466.191.440	4.439.182.283	824.5	21	7.5	817.0	3.2	26.02.2022	26.02.2022
SK II	466.218.169	4.439.166.976	824.0	21	7.0	817.0	3.2	25.02.2022	25.02.2022
SK III	466.240.881	4.439.156.051	823.5	21	6.5	817.0	2.9	22.02.2022	22.02.2022
SK IV	466.183.861	4.439.169.084	824.4	21	7.4	817.0	3.0	27.02.2022	27.02.2022
SK V	466.202.836	4.439.159.596	824.2	21	7.2	817.0	3.0	21.02.2022	21.02.2022

SK VI	466.219.702	4.439.149.342	823.6	21	6.6	817.0	3.2	3.03.2022	3.03.2022
SK VII	466.235.419	4.439.140.047	823.4	21	6.4	817.0	3.0	23.02.2022	23.02.2022
SK VIII	466.176.003	4.439.155.955	824.3	21	7.3	817.0	3.0	28.02.2022	28.02.2022
SK IX	466.194.498	4.439.145.797	824.2	21	7.2	817.0	3.0	1.03.2022	1.03.2022
SK X	466.213.090	4.439.134.680	823.7	21	6.7	817.0	3.0	4.03.2022	4.03.2022
SK XI	466.228.615	4.439.126.343	823.4	21	6.4	817.0	3.0	24.02.2022	24.02.2022
SK XII	466.167.138	4.439.139.344	824.3	21	7.3	817.0	3.0	28.02.2022	28.02.2022
SK XIII	466.186.624	4.439.129.361	824.0	21	7.0	817.0	3.0	2.03.2022	2.03.2022
SK XIV	466.204.513	4.439.118.740	823.6	21	6.6	817.1	2.9	5.03.2022	5.03.2022
SK XV	466.219.846	4.439.109.476	823.2	21	6.2	817.0	2.8	6.03.2022	6.03.2022
SK a	464.442.454	4.434.907.981	812.3	21	7.5	804.8	2.0	18.05.2022	19.05.2022
SK b	464.456.373	4.434.926.441	812.3	21	7.5	804.8	2.0	19.05.2022	19.05.2022
SK c	464.470.515	4.434.949.412	812.3	21	7.5	804.8	2.0	19.05.2022	19.05.2022
SK d	464.485.337	4.434.976.215	812.4	21	7.5	804.9	2.0	20.05.2022	20.05.2022
SK e	464.513.559	4.434.958.121	812.4	21	7.5	804.9	2.0	20.05.2022	20.05.2022
SK f	464.497.726	4.434.934.372	812.3	21	7.5	804.8	2.0	20.05.2022	20.05.2022
SK g	464.482.997	4.434.914.660	812.3	21	7.5	804.8	2.0	21.05.2022	21.05.2022
SK h	464.469.369	4.434.891.261	812.3	21	7.5	804.8	2.0	21.05.2022	21.05.2022
SK A	466.634.958	4.439.482.278	-	21	7.5		2.4	01.06.2023	01.06.2023
SK B	466.041.211	4.439.407.642	-	21	7.0		2.2	02.06.2023	02.06.2023
SK C	465.913.105	4.439.129.149	-	21	6.5		2.5	03.06.2023	03.06.2023
SK D	464.185.112	4.436.864.147	-	21	7.4		2.5	04.06.2023	04.06.2023
SK E	464.010.590	4.436.613.503	-	21	7.2		2.8	05.06.2023	05.06.2023
SK F	463.834.812	4.436.315.929	-	21	6.6		3.0	06.06.2023	06.06.2023
SK G	463.649.509	4.435.989.374	-	21	6.4		3.0	07.06.2023	07.06.2023
SK H	463.547.395	4.435.597.163	-	21	7.3		2.5	08.06.2023	08.06.2023
SK K	465.480.933	4.436.741.720	-	21	7.2		2.7	09.06.2023	09.06.2023
SK L	465.219.674	4.436.423.817	-	21	6.7		3.0	10.06.2023	10.06.2023

6.1.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Zemin tabakalarının sıkılık ve mukavemet parametrelerini belirlemek için sondaj lokasyonlarında 1.5 metrede bir Standart Penetrasyon Test (SPT) uygulaması yapılarak zeminin sertliği-sıkılığı sürekli olarak yerinde kontrol edilmiştir. Standart Penetrasyon Testi yerinde yapılan bir dinamik kesme deneyidir. Kesme direnci iri taneli kohezyonsuz zeminlerde, zeminin izafi sıkılığına, ince taneli kohezyonlu zeminlerde ise zeminin mukavemet parametrelerine (Kohezyon, Tasarım Kayma Direnç Açısı) bağlıdır. Bundan dolayı penetrasyon deney sonuçları ile zemin emniyet gerilmesi arasında gerçeğe uygun bir bağıntı kurmak mümkündür. Penetrasyon deneylerinin ana prensibi zeminin sıkılık derecesini belirlemek ve bu sıkılık derecesinden korelasyonla kayma direncine geçmektir. Bu deneyde dış çapı 50 mm, iç çapı 35 mm ve boyu 650 mm olan çelik tüpün zemin içerisine itilmesi ile yapılmaktadır. Çelik tüpün alt ucu kesici olup, üst ucu tijlere bağlantı yapabilecek özelliktedir. Penetrometre tijlerin ucuna bağlanarak kuyu dibine indirilir ve örselenmeyi önlemek için zemine 15 cm itilir. Daha sonra 63.5 kg kütlesi olan düşme çekici (Şahmerdan) 76 cm yükseklikten kılavuz bir milden serbest düşmeye bırakılır.

Penetrometrenin zemine 45 cm girmesi için gerekli şahmerdanın serbest düşme sayısı belirlenir. Bu düşme sayısına (N_{30}) Standart Penetrasyon sayısı denir. 50 şahmerdan vuruşunda 45 cm penetrasyon elde edilemiyorsa daha fazla düşüm yapılmaz ve o andaki penetrasyon değeri kaydedilerek deneye son verilir. Eğer deney su tablası altında yapılıyorsa kuyu tabanından suyun girişi önlenmelidir. Aksi taktirde suyun yukarı doğru sızma basıncı zemini gevşetir ve yanlış sonuçların elde edilmesine sebep olur. Deney su tablası altında uygulanıyorsa ve Standart Penetrasyon değeri de 15' ten büyükse Standart Penetrasyon Sayısının düzeltilmesi gerekir. Bunun için aşağıdaki bağıntı kullanılır ;

$$N_{1.60}=15+0.5 \times (N_{30}-15)$$

$$N_{1.60}=\text{Düzeltilmiş darbe adedi-son iki vuruş,}$$

$$N_{30}=\text{Standart Penetrasyon Darbe Sayısı-son iki vuruş}$$



Şekil 6.4. Temel sondaj kuyularında Otomatik Şahmerdan ile SPT deneyinin yapılışı

Sondaj çalışmalarında elde edilmiş ham Standart Penetrasyon Direnci (SPT) verileri (N_{30}), $N_{1.60}=N \times C_N \times C_R \times C_S \times C_B \times C_E$ formülünden $N_{1.60}$ düzeltme değeri elde edilir.

C_N =Zeminlerde uygulanan jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısı

C_R =Tij boyu düzeltme katsayısı, C_S =Numune alıcı tipi düzeltme katsayısı

C_B =Sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı, C_E =Enerji oranı düzeltme katsayısı.

Derinlik düzeltme katsayısı C_N aşağıdaki formülü ile hesaplanır.

$$C_N=9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}} \leq 1.70 \text{ kN/m}^2$$

σ_{vo} =Deney derinliğindeki efektif düşey gerilmeyi (kN/m^2)

Efektif gerilme (σ_{vo}) zemin kütlesi içinde taneden taneye aktarılan ve birim alana etkiyen ortalama dik kuvvet olarak tanımlanmıştır. $\sigma_{vo}=\sigma-U$ (Terzaghi, 1936)

σ =Deney derinliğindeki normal düşey gerilme (kN/m^2)

Normal düşey gerilme belirli bir düzleme dik olan gerilme bileşenidir.

U =Boşluk suyu basıncı: Suyun Birim hacim ağırlığı ile yeraltısuyu tavan ve taban seviyesinin çarpımına eşittir.

Kuru ortamda efektif gerilme toplam normal gerilmeye eşit olur. ($\sigma_{vo}=\sigma$)

$(N_{60})_{30}$ =Üst 30 metredeki ortalama standart penetrasyon darbe sayısı

$N_{60,i}$ =i'inci alt tabakanın standart penetrasyon darbe sayısı

$N_{1,60}$ =Düzeltilmiş SPT vuruş sayısı

Çizelge 6.2. SPT Düzeltme Katsayıları (TBDY, 2018 Tablo 16 B.1)

Düzeltilme Katsayısı	Değişken	Değer	Ortalama Değer
C_R	3.0 metre ile 4.0 metre aralığı	0.75	
	4.0 metre ile 6.0 metre aralığı	0.85	
	6.0 metre ile 10.0 metre aralığı	0.95	
	10.0 metre 'den derin	1.00	
C_S	Standart numune alıcı (iç tüplü)	1.00	1.00
	İç tüpü olmayan numune alıcı	1.10 - 1.30	1.20
C_B	Çap 65 mm - 115 mm	1.00	
	Çap 150 mm	1.05	
	Çap 200 mm	1.15	
C_E	Güvenli tokmak	0.60 - 1.17	0.89
	Halkalı tokmak	0.45 - 1.00	0.73
	Otomatik darbeli tokmak	0.90 - 1.60	1.25

Çizelge 6.3. Alüvyon zeminlerde yapılan SPT deney sonuçları

Sondaj Firması		Are Jeoteknik Müh. Müş. İnş. Taah. ve Tic. Ltd. Şti.									
Lokasyon=SK 1		Yeraltısı Seviyesi (m)=9.0				Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m^3				$\sigma_{vo} \rightarrow \text{kN/m}^2$	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1,60}$	$N_{1,60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 3	4.50	4	4	6	10	85.50	0.10815	1.05768	13	Katı	Alüvyon
SPT 4	6.00	3	5	8	13	114.00	0.09366	0.91598	15	Katı	
SPT 5	7.50	6	9	10	19	142.50	0.08377	0.81928	22	Çok katı	
SPT 6	9.00	8	10	13	23	166.00	0.07762	0.75908	25	Çok katı	
SPT 7	10.50	10	14	17	31	179.50	0.07464	0.72997	34	Sert	
SPT 8	12.00	13	18	15	33	193.00	0.07198	0.70398	35	Sert	
SPT 9	13.50	18	19	20	39	206.50	0.06959	0.68058	40	Sert	
SPT 10	15.00	17	22	24	46	220.00	0.06742	0.65937	45	Sert	
SPT 11	16.50	19	25	26	51	233.50	0.06544	0.64002	49	Sert	
SPT 13	19.50	22	30	30	60	260.50	0.06196	0.60595	55	Sert	
SPT 15	22.50	26	33	32	65	287.50	0.05898	0.57679	56	Sert	
SPT 17	25.50	24	31	35	66	314.50	0.05639	0.55148	55	Sert	

Lokasyon=SK 2		Yeraltısı Seviyesi (m)=8.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N = 9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 3	4.50	5	8	11	19	85.50	0.10815	1.05768	26	Çok katı	Alüvyon
SPT 4	6.00	7	10	13	23	114.00	0.09366	0.91598	27	Çok katı	
SPT 5	7.50	9	14	17	31	142.50	0.08377	0.81928	36	Sert	
SPT 6	9.00	11	16	20	36	166.00	0.07762	0.75908	39	Sert	
SPT 7	10.50	12	18	22	40	179.50	0.07464	0.72997	44	Sert	
SPT 8	12.00	14	20	24	44	193.00	0.07198	0.70398	46	Sert	
SPT 9	13.50	17	25	28	53	206.50	0.06959	0.68058	54	Sert	
Lokasyon=SK 3		Yeraltısı Seviyesi (m)=9.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N = 9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 3	4.50	5	10	9	19	85.50	0.10815	1.05768	26	Çok katı	Alüvyon
SPT 4	6.00	8	11	12	23	114.00	0.09366	0.91598	27	Çok katı	
SPT 5	7.50	9	14	17	31	142.50	0.08377	0.81928	36	Sert	
SPT 6	9.00	11	14	17	31	166.00	0.07762	0.75908	34	Sert	
SPT 7	10.50	13	18	21	39	179.50	0.07464	0.72997	43	Sert	
SPT 8	12.00	11	22	24	46	193.00	0.07198	0.70398	49	Sert	
SPT 9	13.50	20	24	28	52	206.50	0.06959	0.68058	53	Sert	
Lokasyon=SK 4		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N = 9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 3	4.50	4	4	5	9	85.50	0.10815	1.05768	12	Katı	Alüvyon
SPT 4	6.00	6	9	11	20	114.00	0.09366	0.91598	23	Çok katı	
SPT 5	7.50	8	10	14	24	152.50	0.08098	0.79196	27	Çok katı	
SPT 6	9.00	5	8	13	21	166.00	0.07762	0.75908	23	Çok katı	
SPT 7	10.50	12	16	18	34	179.50	0.07464	0.72997	37	Sert	
SPT 8	12.00	14	20	22	42	193.00	0.07198	0.70398	44	Sert	
SPT 9	13.50	17	24	26	50	206.50	0.06959	0.68058	51	Sert	
Lokasyon=SK 5		Yeraltısı Seviyesi (m)=8.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N = 9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 3	4.50	6	8	10	18	85.50	0.10815	1.05768	24	Çok katı	Alüvyon
SPT 4	6.00	6	10	13	23	114.00	0.09366	0.91598	27	Çok katı	
SPT 5	7.50	8	8	10	18	142.50	0.08377	0.81928	21	Çok katı	
SPT 6	9.00	11	13	15	28	166.00	0.07762	0.75908	30	Çok katı	
SPT 7	10.50	10	14	18	32	179.50	0.07464	0.72997	35	Sert	
SPT 8	12.00	12	18	21	39	193.00	0.07198	0.70398	41	Sert	
SPT 9	13.50	16	24	24	48	206.50	0.06959	0.68058	49	Sert	
SPT 10	15.00	17	25	30	55	220.00	0.06742	0.65937	54	Sert	
SPT 12	18.00	19	24	28	52	247.00	0.06363	0.62229	49	Sert	
SPT 14	21.00	25	30	33	63	274.00	0.06041	0.59083	56	Sert	
SPT 16	24.00	27	34	36	70	301.00	0.05764	0.56371	59	Sert	

Lokasyon=SK 6		Yeraltısı Seviyesi (m)=Yok					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 2	3.00	3	4	6	10	57.00	0.13245	1.29539	15	Katı	Alüvyon	
SPT 4	6.00	4	8	10	18	114.00	0.09366	0.91598	21	Çok katı		
SPT 5	7.50	12	14	17	31	142.50	0.08377	0.81928	36	Sert		
SPT 7	10.50	15	20	23	43	199.50	0.07080	0.69242	45	Sert		
SPT 8	12.00	18	24	27	51	228.00	0.06623	0.64770	50	Sert		
SPT 9	13.50	20	25	30	55	256.50	0.06244	0.61065	50	Sert		

Lokasyon=SK 7		Yeraltısı Seviyesi (m)=Yok					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 3	4.50	6	10	14	24	85.50	0.10815	1.05768	32	Sert	Alüvyon	
SPT 5	7.50	8	12	16	28	142.50	0.08377	0.81928	33	Sert		
SPT 6	9.00	10	16	21	37	171.00	0.07647	0.74790	39	Sert		
SPT 7	10.50	14	18	24	42	199.50	0.07080	0.69242	44	Sert		
SPT 8	12.00	17	22	30	52	228.00	0.06623	0.64770	51	Sert		
SPT 9	13.50	20	29	35	64	256.50	0.06244	0.61065	59	Sert		

Lokasyon=SK 8		Yeraltısı Seviyesi (m)=Yok					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 1	1.50	3	3	4	7	28.50	0.18732	1.83196	14	Katı	Alüvyon	
SPT 3	4.50	10	9	11	20	85.50	0.10815	1.05768	27	Çok katı		
SPT 4	6.00	8	12	13	25	114.00	0.09366	0.91598	29	Çok katı		
SPT 5	7.50	8	12	16	28	142.50	0.08377	0.81928	33	Sert		
SPT 6	9.00	12	14	17	31	171.00	0.07647	0.74790	33	Sert		
SPT 7	10.50	13	18	21	39	199.50	0.07080	0.69242	41	Sert		
SPT 8	12.00	15	22	24	46	228.00	0.06623	0.64770	45	Sert		
SPT 9	13.50	18	26	30	56	256.50	0.06244	0.61065	51	Sert		

Lokasyon=SK 9		Yeraltısı Seviyesi (m)=Yok					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 4	6.00	12	15	16	31	114.00	0.09366	0.91598	36	Sert	Alüvyon	
SPT 5	7.50	13	19	18	37	142.50	0.08377	0.81928	43	Sert		
SPT 6	9.00	14	16	20	36	171.00	0.07647	0.74790	38	Sert		
SPT 7	10.50	17	18	22	40	199.50	0.07080	0.69242	42	Sert		
SPT 8	12.00	20	25	28	53	228.00	0.06623	0.64770	51	Sert		
SPT 9	13.50	22	29	31	60	256.50	0.06244	0.61065	55	Sert		

Lokasyon=SK 10		Yeraltısı Seviyesi (m)=3.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 3	4.50	4	8	10	18	70.50	0.11910	1.16478	27	Çok katı	Alüvyon	
SPT 5	7.50	10	14	17	31	97.50	0.10127	0.99046	44	Sert		
SPT 6	9.00	19	22	26	48	111.00	0.09492	0.92828	63	Sert		
SPT 7	10.50	18	25	30	55	124.50	0.08962	0.87650	72	Sert		
SPT 8	12.00	20	30	35	65	138.00	0.08513	0.83253	81	Sert		
SPT 9	13.50	24	35	38	73	151.50	0.08124	0.79457	87	Sert		

Lokasyon=SK 11		Yeraltısı Seviyesi (m)=3.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 2	3.00	3	5	4	9	57.00	0.13245	1.29539	13	Katı	Alüvyon
SPT 4	6.00	7	9	11	20	84.00	0.10911	1.06709	27	Çok katı	
SPT 6	9.00	12	15	17	32	111.00	0.09492	0.92828	42	Sert	
SPT 7	10.50	18	24	29	53	124.50	0.08962	0.87650	70	Sert	
SPT 8	12.00	22	30	33	63	138.00	0.08513	0.83253	79	Sert	
SPT 9	13.50	26	35	39	74	151.50	0.08124	0.79457	88	Sert	

Lokasyon=SK 12		Yeraltısı Seviyesi (m)=Yok					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	5	6	11	28.50	0.18732	1.83196	23	Çok katı	Alüvyon
SPT 3	4.50	6	8	10	18	85.50	0.10815	1.05768	24	Çok katı	
SPT 5	7.50	8	12	13	25	142.50	0.08377	0.81928	29	Çok katı	
SPT 6	9.00	11	13	17	30	171.00	0.07647	0.74790	32	Sert	
SPT 7	10.50	14	21	25	46	199.50	0.07080	0.69242	48	Sert	
SPT 8	12.00	17	26	30	56	228.00	0.06623	0.64770	54	Sert	
SPT 9	13.50	19	29	33	62	256.50	0.06244	0.61065	57	Sert	

Lokasyon=SK 13		Yeraltısı Seviyesi (m)=Yok					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	5	6	11	28.50	0.18732	1.83196	23	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	8	10	14	24	57.00	0.13245	1.29539	35	Sert	
SPT 3	4.50	7	11	16	27	85.50	0.10815	1.05768	36	Sert	
SPT 4	6.00	10	14	16	30	114.00	0.09366	0.91598	35	Sert	
SPT 5	7.50	12	16	20	36	142.50	0.08377	0.81928	42	Sert	
SPT 6	9.00	11	18	22	40	171.00	0.07647	0.74790	43	Sert	
SPT 7	10.50	14	19	23	42	199.50	0.07080	0.69242	44	Sert	
SPT 8	12.00	15	18	24	42	228.00	0.06623	0.64770	41	Sert	
SPT 9	13.50	16	20	28	48	256.50	0.06244	0.61065	44	Sert	

Lokasyon=SK 14		Yeraltısı Seviyesi (m)=4.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	5	8	13	28.50	0.18732	1.83196	27	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.50	4	8	10	18	66.50	0.12263	1.19930	24	Çok katı	
SPT 3	4.50	7	11	16	27	80.50	0.11146	1.09004	38	Sert	
SPT 4	6.50	9	13	12	25	98.50	0.10076	0.98542	31	Sert	
SPT 5	7.50	11	12	15	27	107.50	0.09645	0.94327	36	Sert	
SPT 6	9.00	10	13	17	30	121.00	0.09091	0.88909	38	Sert	
SPT 7	10.50	13	15	19	34	134.50	0.08623	0.84329	43	Sert	
SPT 8	12.00	16	20	24	44	148.00	0.08220	0.80391	53	Sert	
SPT 9	13.50	20	22	26	48	161.50	0.07869	0.76958	55	Sert	

Lokasyon=SK 15		Yeraltısı Seviyesi (m)=6.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	5	8	6	14	28.50	0.18732	1.83196	29	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.50	7	10	12	22	57.00	0.13245	1.29539	32	Sert	
SPT 3	4.50	10	12	14	26	85.50	0.10815	1.05768	35	Sert	
SPT 4	6.00	13	15	20	35	114.00	0.09366	0.91598	41	Sıkı	
SPT 5	7.50	18	20	23	43	127.50	0.08856	0.86613	53	Çok sıkı	
SPT 6	9.00	19	21	26	47	141.00	0.08422	0.82362	55	Çok sıkı	
SPT 7	10.50	22	26	23	49	154.50	0.08045	0.78682	58	Çok sıkı	
SPT 8	12.00	20	22	29	51	168.00	0.07715	0.75454	58	Çok sıkı	
SPT 9	13.50	25	26	27	53	181.50	0.07423	0.72594	58	Çok sıkı	

Lokasyon=SK 16		Yeraltısı Seviyesi (m)=4.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	5	6	11	28.50	0.18732	1.83196	23	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	10	12	11	23	57.00	0.13245	1.29539	34	Sert	
SPT 3	5.00	11	13	15	28	85.00	0.10847	1.06079	38	Sert	
SPT 4	6.00	12	16	17	33	94.00	0.10314	1.00873	42	Sert	
SPT 5	7.50	15	19	20	39	107.50	0.09645	0.94327	52	Sert	
SPT 6	9.00	19	20	23	43	121.00	0.09091	0.88909	54	Sert	
SPT 7	10.50	23	25	28	53	134.50	0.08623	0.84329	67	Sert	
SPT 8	12.00	20	24	29	53	148.00	0.08220	0.80391	64	Sert	

Lokasyon=SK 17		Yeraltısı Seviyesi (m)=6.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	2	3	5	8	28.50	0.18732	1.83196	16	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.50	6	7	10	17	57.00	0.13245	1.29539	25	Çok katı	
SPT 3	4.50	8	11	13	24	85.50	0.10815	1.05768	32	Sert	
SPT 4	6.00	10	12	16	28	114.00	0.09366	0.91598	33	Sert	
SPT 5	7.50	13	15	19	34	127.50	0.08856	0.86613	42	Sert	
SPT 6	9.00	14	17	21	38	141.00	0.08422	0.82362	45	Sert	
SPT 7	10.50	18	22	20	42	154.50	0.08045	0.78682	50	Sert	
SPT 8	12.00	19	20	23	43	168.00	0.07715	0.75454	49	Sert	
SPT 9	13.50	20	21	25	46	181.50	0.07423	0.72594	50	Sert	

Lokasyon=SK 18		Yeraltısı Seviyesi (m)=4.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	5	8	13	28.50	0.18732	1.83196	27	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.50	6	10	9	19	66.50	0.12263	1.19930	26	Çok katı	
SPT 3	4.50	10	13	18	31	80.50	0.11146	1.09004	43	Sert	
SPT 4	6.50	12	15	19	34	94.00	0.10314	1.00873	44	Sert	
SPT 5	7.50	13	16	21	37	107.50	0.09645	0.94327	50	Sert	
SPT 6	9.00	15	18	23	41	121.00	0.09091	0.88909	52	Sert	
SPT 8	12.00	19	20	23	43	148.00	0.08220	0.80391	52	Sert	

Lokasyon=SK 19		Yeraltısı Seviyesi (m)=Yok					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	5	8	9	17	28.50	0.18732	1.83196	35	Sert	Alüvyon
SPT 2	3.50	7	10	11	21	66.50	0.12263	1.19930	28	Çok katı	
SPT 3	4.50	9	12	14	26	85.50	0.10815	1.05768	35	Sert	
SPT 4	6.00	10	13	15	28	114.00	0.09366	0.91598	33	Sert	
SPT 5	7.50	12	16	18	34	142.50	0.08377	0.81928	40	Sert	
SPT 6	9.00	20	22	25	47	171.00	0.07647	0.74790	50	Sert	
SPT 7	10.50	23	26	25	51	199.50	0.07080	0.69242	53	Sert	
SPT 8	12.00	24	28	30	58	228.00	0.06623	0.64770	56	Sert	
SPT 9	13.50	29	30	32	62	256.50	0.06244	0.61065	57	Sert	

Lokasyon=SK 20		Yeraltısı Seviyesi (m)=Yok					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	4	6	9	15	28.50	0.18732	1.83196	31	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.50	5	8	11	19	66.50	0.12263	1.19930	26	Çok katı	
SPT 3	4.50	11	12	14	26	85.50	0.10815	1.05768	35	Sert	
SPT 4	6.00	13	15	16	31	114.00	0.09366	0.91598	36	Sert	
SPT 5	7.50	15	20	18	38	142.50	0.08377	0.81928	44	Sert	
SPT 6	9.00	16	15	24	39	171.00	0.07647	0.74790	42	Sert	
SPT 7	10.50	13	18	21	39	199.50	0.07080	0.69242	41	Sert	
SPT 8	12.00	20	22	25	47	228.00	0.06623	0.64770	46	Sert	
SPT 9	13.50	23	26	29	55	256.50	0.06244	0.61065	50	Sert	

Lokasyon=SK 21		Yeraltısı Seviyesi (m)=Yok					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 3	4.50	5	6	6	12	85.50	0.10815	1.05768	16	Çok katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	7	9	10	19	142.50	0.08377	0.81928	22	Çok katı	
SPT 7	10.50	11	14	15	29	199.50	0.07080	0.69242	30	Çok katı	
SPT 8	12.00	13	17	20	37	228.00	0.06623	0.64770	36	Sert	
SPT 9	13.50	14	21	24	45	256.50	0.06244	0.61065	41	Sert	
SPT 10	15.00	17	20	27	47	285.00	0.05923	0.57932	41	Sert	
SPT 12	18.00	16	21	26	47	342.00	0.05407	0.52884	37	Sert	
SPT 14	21.00	21	25	30	55	399.00	0.05006	0.48961	40	Sert	
SPT 16	24.00	27	34	36	70	456.00	0.04683	0.45799	48	Sert	
SPT 18	27.00	30	35	39	74	513.00	0.04415	0.43180	48	Sert	

Lokasyon=SK 22		Yeraltısı Seviyesi (m)=Yok					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	2	4	5	9	28.50	0.18732	1.83196	19	Çok katı	Alüvyon
SPT 3	4.50	5	5	7	12	85.50	0.10815	1.05768	16	Çok katı	
SPT 4	6.00	8	10	12	22	114.00	0.09366	0.91598	26	Çok katı	
SPT 6	9.00	10	15	18	33	171.00	0.07647	0.74790	35	Sert	
SPT 7	10.50	13	21	25	46	199.50	0.07080	0.69242	48	Sert	
SPT 8	12.00	17	24	27	51	228.00	0.06623	0.64770	50	Sert	
SPT 9	13.50	20	26	30	56	256.50	0.06244	0.61065	51	Sert	

Lokasyon=SK 23		Yeraltısı Seviyesi (m)=Yok					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 3	4.50	7	10	13	23	85.50	0.10815	1.05768	31	Sert	Alüvyon
SPT 4	6.00	8	14	17	31	114.00	0.09366	0.91598	36	Sert	
SPT 6	9.00	11	15	18	33	171.00	0.07647	0.74790	35	Sert	
SPT 7	10.50	15	21	24	45	199.50	0.07080	0.69242	47	Sert	
SPT 8	12.00	18	22	30	52	228.00	0.06623	0.64770	51	Sert	
SPT 9	13.50	21	29	33	62	256.50	0.06244	0.61065	57	Sert	
Lokasyon=SK 24		Yeraltısı Seviyesi (m)=9.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 3	4.50	6	8	10	18	85.50	0.10815	1.05768	24	Çok katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	7	11	13	24	142.50	0.08377	0.81928	28	Çok katı	
SPT 7	10.50	10	15	20	35	184.50	0.07362	0.72001	38	Sert	
SPT 8	12.00	13	17	22	39	198.00	0.07107	0.69503	41	Sert	
SPT 9	13.50	16	20	26	46	211.50	0.06876	0.67249	46	Sert	
SPT 10	15.00	25	33	30	63	225.00	0.06667	0.65200	62	Sert	
SPT 12	18.00	20	29	35	64	252.00	0.06299	0.61608	59	Sert	
SPT 14	21.00	29	36	40	76	279.00	0.05987	0.58551	67	Sert	
SPT 16	24.00	31	40	44	84	306.00	0.05717	0.55909	70	Sert	
SPT 18	27.00	34	45	49	94	333.00	0.05480	0.53594	76	Sert	
Lokasyon=SK 25		Yeraltısı Seviyesi (m)=9.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 3	4.50	4	8	7	15	85.50	0.10815	1.05768	20	Çok katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	10	14	17	31	142.50	0.08377	0.81928	36	Sert	
SPT 6	9.00	11	17	22	39	171.00	0.07647	0.74790	42	Sert	
SPT 7	10.50	16	24	28	52	189.50	0.07264	0.71045	55	Sert	
SPT 8	12.00	20	29	33	62	203.00	0.07019	0.68642	64	Sert	
SPT 9	13.50	22	39	39	78	216.50	0.06796	0.66468	78	Sert	
Lokasyon=SK 26		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 3	4.50	4	4	6	10	85.50	0.10815	1.05768	13	Katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	5	7	8	15	137.50	0.08528	0.83404	18	Çok katı	
SPT 6	9.00	8	10	12	22	151.00	0.08138	0.79589	25	Çok katı	
SPT 7	10.50	11	13	17	30	164.50	0.07797	0.76253	34	Sert	
SPT 8	12.00	13	16	19	35	178.00	0.07495	0.73304	38	Sert	
SPT 9	13.50	14	19	23	42	191.50	0.07226	0.70673	45	Sert	
SPT 10	15.00	17	23	26	49	205.00	0.06984	0.68306	50	Sert	
SPT 12	18.00	19	25	28	53	232.00	0.06565	0.64209	51	Sert	
SPT 14	21.00	21	29	32	61	259.00	0.06214	0.60770	56	Sert	
SPT 16	24.00	24	30	35	65	286.00	0.05913	0.57830	56	Sert	
SPT 18	27.00	34	45	49	94	313.00	0.05652	0.55280	78	Sert	

Lokasyon=SK 27		Yeraltısı Seviyesi (m)=8.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 2	3.00	5	4	5	9	57.00	0.13245	1.29539	13	Katı	Alüvyon	
SPT 4	6.00	7	8	8	16	114.00	0.09366	0.91598	19	Çok katı		
SPT 5	7.50	6	10	13	23	142.50	0.08377	0.81928	27	Çok katı		
SPT 6	9.00	8	12	15	27	166.00	0.07762	0.75908	29	Çok katı		
SPT 7	10.50	11	15	18	33	179.50	0.07464	0.72997	36	Sert		
SPT 8	12.00	16	24	24	48	193.00	0.07198	0.70398	51	Sert		
SPT 9	13.50	20	23	27	50	206.50	0.06959	0.68058	51	Sert		

Lokasyon=SK 28		Yeraltısı Seviyesi (m)=9.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 2	3.00	5	4	5	9	57.00	0.13245	1.29539	13	Katı	Alüvyon	
SPT 4	6.00	7	8	8	16	114.00	0.09366	0.91598	19	Çok katı		
SPT 5	7.50	10	13	15	28	142.50	0.08377	0.81928	33	Sert		
SPT 6	9.00	8	10	18	28	171.00	0.07647	0.74790	30	Çok katı		
SPT 7	10.50	11	15	21	36	184.50	0.07362	0.72001	39	Sert		
SPT 8	12.00	13	20	26	46	198.00	0.07107	0.69503	48	Sert		
SPT 9	13.50	16	24	30	54	211.50	0.06876	0.67249	54	Sert		

Lokasyon=SK 29		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 2	3.00	2	5	3	8	57.00	0.13245	1.29539	12	Katı	Alüvyon	
SPT 4	6.00	7	8	10	18	114.00	0.09366	0.91598	21	Çok katı		
SPT 5	7.50	10	13	15	28	142.50	0.08377	0.81928	33	Sert		
SPT 6	9.00	8	14	16	30	156.00	0.08006	0.78303	33	Sert		
SPT 7	10.50	13	17	21	38	169.50	0.07681	0.75120	43	Sert		
SPT 8	12.00	14	19	26	45	183.00	0.07392	0.72296	49	Sert		
SPT 9	13.50	18	20	25	45	196.50	0.07134	0.69768	47	Sert		

Lokasyon=SK 30		Yeraltısı Seviyesi (m)=8.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 2	3.00	3	3	3	6	57.00	0.13245	1.29539	9	Katı	Alüvyon	
SPT 4	6.00	6	10	12	22	114.00	0.09366	0.91598	26	Çok katı		
SPT 6	9.00	11	18	17	35	161.00	0.07881	0.77077	38	Sert		
SPT 7	10.50	10	15	20	35	174.50	0.07570	0.74036	39	Sert		
SPT 8	12.00	13	19	25	44	188.00	0.07293	0.71328	47	Sert		
SPT 9	13.50	17	27	30	57	201.50	0.07045	0.68897	59	Sert		

Lokasyon=SK 31		Yeraltısı Seviyesi (m)=8.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 3	4.50	6	5	4	9	85.50	0.10815	1.05768	12	Katı	Alüvyon	
SPT 5	7.50	9	10	11	21	152.50	0.08098	0.79196	24	Çok katı		
SPT 6	9.00	10	13	14	27	166.00	0.07762	0.75908	29	Çok katı		
SPT 7	10.50	10	15	17	32	179.50	0.07464	0.72997	35	Sert		
SPT 8	12.00	15	18	21	39	193.00	0.07198	0.70398	41	Sert		
SPT 9	13.50	18	21	25	46	206.50	0.06959	0.68058	47	Sert		

Lokasyon=SK 32		Yeraltısı Seviyesi (m)=9.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 2	3.00	7	9	10	19	57.00	0.13245	1.29539	28	Çok katı	Alüvyon
SPT 4	6.00	8	10	13	23	114.00	0.09366	0.91598	27	Çok katı	
SPT 5	7.50	9	12	15	27	142.50	0.08377	0.81928	32	Sert	
SPT 6	9.00	11	14	17	31	171.00	0.07647	0.74790	33	Sert	
SPT 7	10.50	14	16	18	34	184.50	0.07362	0.72001	37	Sert	
SPT 8	12.00	15	18	20	38	198.00	0.07107	0.69503	40	Sert	
SPT 9	13.50	17	21	23	44	211.50	0.06876	0.67249	44	Sert	

Lokasyon=SK 33		Yeraltısı Seviyesi (m)=5.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	5	8	13	28.50	0.18732	1.83196	27	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.50	4	7	10	17	57.00	0.13245	1.29539	25	Çok katı	
SPT 3	4.50	6	9	12	21	85.50	0.10815	1.05768	28	Çok katı	
SPT 4	6.00	8	10	15	25	109.00	0.09578	0.93675	30	Sert	
SPT 5	7.50	10	16	19	35	122.50	0.09035	0.88363	44	Sert	
SPT 6	9.00	15	14	18	32	136.00	0.08575	0.83863	38	Sert	
SPT 7	10.50	20	18	21	39	149.50	0.08179	0.79987	47	Sert	
SPT 8	12.00	23	24	25	49	163.00	0.07833	0.76603	56	Sert	
SPT 9	13.50	26	28	30	58	176.50	0.07527	0.73615	64	Sert	

Lokasyon=SK 34		Yeraltısı Seviyesi (m)=3.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	4	7	11	28.50	0.18732	1.83196	23	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.50	4	5	7	12	57.00	0.13245	1.29539	17	Çok katı	
SPT 3	4.50	3	5	9	14	70.50	0.11910	1.16478	21	Çok katı	
SPT 4	6.50	6	10	13	23	84.00	0.10911	1.06709	31	Sert	
SPT 5	7.50	8	12	16	28	97.50	0.10127	0.99046	40	Sert	
SPT 6	9.00	13	15	18	33	111.00	0.09492	0.92828	44	Sert	
SPT 7	10.50	17	19	22	41	124.50	0.08962	0.87650	54	Sert	
SPT 8	12.00	16	18	20	38	138.00	0.08513	0.83253	47	Sert	
SPT 9	13.50	11	14	23	37	151.50	0.08124	0.79457	44	Sert	

Lokasyon=SK 35		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	6	9	15	28.50	0.18732	1.83196	31	Sert	Alüvyon
SPT 2	3.00	5	8	10	18	57.00	0.13245	1.29539	26	Çok katı	
SPT 3	5.00	7	9	11	20	95.00	0.10260	1.00341	26	Çok katı	
SPT 4	6.00	12	13	16	29	114.00	0.09366	0.91598	34	Sert	
SPT 5	7.50	16	15	20	35	137.50	0.08528	0.83404	42	Sert	
SPT 6	9.00	19	22	20	42	151.00	0.08138	0.79589	48	Sert	
SPT 7	10.50	21	24	23	47	164.50	0.07797	0.76253	54	Sert	
SPT 8	12.00	22	26	29	55	178.00	0.07495	0.73304	60	Sert	
SPT 9	13.50	25	28	31	59	191.50	0.07226	0.70673	63	Sert	

Sondaj Firması		Üçer Sondaj Jeoloji Mühendislik Hizmetleri Sanayi ve Ticaret Ltd.Şti.									
Lokasyon=SK I		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	2	2	5	7	28.50	0.18732	1.83196	14	Katı	Dolgu
SPT 2	3.00	3	6	5	11	57.00	0.13245	1.29539	16	Çok katı	
SPT 3	4.50	4	4	7	11	85.50	0.10815	1.05768	15	Katı	
SPT 4	6.00	5	5	7	12	114.00	0.09366	0.91598	14	Katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	6	6	7	13	137.50	0.08528	0.83404	15	Katı	
SPT 6	9.00	5	7	5	12	151.00	0.08138	0.79589	14	Katı	
SPT 7	10.50	6	5	7	12	164.50	0.07797	0.76253	14	Katı	
SPT 8	12.00	7	6	7	13	178.00	0.07495	0.73304	14	Katı	
SPT 9	13.50	8	9	10	19	191.50	0.07226	0.70673	20	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	8	10	18	205.00	0.06984	0.68306	18	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	8	12	20	218.50	0.06765	0.66163	20	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	7	12	19	232.00	0.06565	0.64209	18	Çok katı	
SPT 13	19.50	11	12	11	23	245.50	0.06382	0.62418	22	Çok katı	

Lokasyon=SK II		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	2	4	5	9	28.50	0.18732	1.83196	19	Çok katı	Dolgu
SPT 2	3.00	4	6	5	11	57.00	0.13245	1.29539	16	Çok katı	
SPT 3	4.50	3	5	7	12	85.50	0.10815	1.05768	16	Çok katı	Alüvyon
SPT 4	6.00	4	6	7	13	114.00	0.09366	0.91598	15	Katı	
SPT 5	7.50	5	6	8	14	137.50	0.08528	0.83404	17	Çok katı	
SPT 6	9.00	6	7	7	14	151.00	0.08138	0.79589	16	Çok katı	
SPT 7	10.50	6	6	7	13	164.50	0.07797	0.76253	15	Katı	
SPT 8	12.00	7	7	8	15	178.00	0.07495	0.73304	16	Çok katı	
SPT 9	13.50	7	9	9	18	191.50	0.07226	0.70673	19	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	8	9	17	205.00	0.06984	0.68306	17	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	9	11	20	218.50	0.06765	0.66163	20	Çok katı	
SPT 12	18.00	7	9	12	21	232.00	0.06565	0.64209	20	Çok katı	
SPT 13	19.50	9	12	13	25	245.50	0.06382	0.62418	23	Çok katı	

Lokasyon=SK III		Yeraltısı Seviyesi (m)=6.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	4	5	9	28.50	0.18732	1.83196	19	Çok katı	Dolgu
SPT 2	3.00	5	6	5	11	57.00	0.13245	1.29539	16	Çok katı	
SPT 3	4.50	4	5	7	12	85.50	0.10815	1.05768	16	Çok katı	Alüvyon
SPT 4	6.00	5	6	7	13	114.00	0.09366	0.91598	15	Katı	
SPT 5	7.50	6	6	8	14	137.50	0.08528	0.83404	17	Çok katı	
SPT 6	9.00	7	7	7	14	151.00	0.08138	0.79589	16	Çok katı	
SPT 7	10.50	7	6	7	13	164.50	0.07797	0.76253	15	Katı	
SPT 8	12.00	6	8	8	16	178.00	0.07495	0.73304	18	Çok katı	
SPT 9	13.50	6	9	8	17	191.50	0.07226	0.70673	18	Çok katı	
SPT 10	15.00	6	8	9	17	205.00	0.06984	0.68306	17	Çok katı	
SPT 11	16.50	6	9	10	19	218.50	0.06765	0.66163	19	Çok katı	
SPT 12	18.00	7	8	11	19	232.00	0.06565	0.64209	18	Çok katı	
SPT 13	19.50	8	12	13	25	245.50	0.06382	0.62418	23	Çok katı	

Lokasyon=SK IV		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.4					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	3	3	6	28.50	0.18732	1.83196	12	Katı	Dolgu
SPT 2	3.00	3	5	5	10	57.00	0.13245	1.29539	15	Katı	
SPT 3	4.50	5	4	7	11	85.50	0.10815	1.05768	15	Katı	
SPT 4	6.00	5	5	8	13	114.00	0.09366	0.91598	15	Katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	5	6	8	14	137.50	0.08528	0.83404	17	Çok katı	
SPT 6	9.00	5	7	7	14	151.00	0.08138	0.79589	16	Çok katı	
SPT 7	10.50	6	6	7	13	164.50	0.07797	0.76253	15	Katı	
SPT 8	12.00	7	7	7	14	178.00	0.07495	0.73304	15	Katı	
SPT 9	13.50	8	8	9	17	191.50	0.07226	0.70673	18	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	7	9	16	205.00	0.06984	0.68306	16	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	8	10	18	218.50	0.06765	0.66163	18	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	7	10	17	232.00	0.06565	0.64209	16	Çok katı	
SPT 13	19.50	11	12	16	28	245.50	0.06382	0.62418	26	Çok katı	

Lokasyon=SK V		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.2						Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 1	1.50	2	4	4	8	28.50	0.18732	1.83196	16	Çok katı	Dolgu	
SPT 2	3.00	3	4	5	9	57.00	0.13245	1.29539	13	Katı		
SPT 3	4.50	3	4	4	8	85.50	0.10815	1.05768	11	Katı		
SPT 4	6.00	2	5	10	15	114.00	0.09366	0.91598	18	Çok katı	Alüvyon	
SPT 5	7.50	5	6	7	13	137.50	0.08528	0.83404	15	Katı		
SPT 6	9.00	5	7	7	14	151.00	0.08138	0.79589	16	Çok katı		
SPT 7	10.50	3	6	8	14	164.50	0.07797	0.76253	16	Katı		
SPT 8	12.00	5	6	7	13	178.00	0.07495	0.73304	14	Katı		
SPT 9	13.50	9	10	12	22	191.50	0.07226	0.70673	23	Çok katı		
SPT 10	15.00	6	8	10	18	205.00	0.06984	0.68306	18	Çok katı		
SPT 11	16.50	6	8	13	21	218.50	0.06765	0.66163	21	Çok katı		
SPT 12	18.00	7	8	13	21	232.00	0.06565	0.64209	20	Çok katı		
SPT 13	19.50	12	15	17	32	245.50	0.06382	0.62418	30	Çok katı		

Lokasyon=SK VI		Yeraltısı Seviyesi (m)=6.6					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	4	5	9	28.50	0.18732	1.83196	19	Çok katı	Dolgu
SPT 2	3.00	4	4	5	9	57.00	0.13245	1.29539	13	Katı	
SPT 3	4.50	4	5	5	10	85.50	0.10815	1.05768	13	Katı	
SPT 4	6.00	3	6	9	15	114.00	0.09366	0.91598	18	Çok katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	5	6	8	14	137.50	0.08528	0.83404	17	Çok katı	
SPT 6	9.00	6	7	6	13	151.00	0.08138	0.79589	15	Katı	
SPT 7	10.50	4	6	7	13	164.50	0.07797	0.76253	15	Katı	
SPT 8	12.00	5	6	8	14	178.00	0.07495	0.73304	15	Katı	
SPT 9	13.50	9	9	11	20	191.50	0.07226	0.70673	21	Çok katı	
SPT 10	15.00	8	9	9	18	205.00	0.06984	0.68306	18	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	8	12	20	218.50	0.06765	0.66163	20	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	8	12	20	232.00	0.06565	0.64209	19	Çok katı	
SPT 13	19.50	11	15	16	31	245.50	0.06382	0.62418	29	Çok katı	

Lokasyon=SK VII		Yeraltısı Seviyesi (m)=6.4					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 1	1.50	3	4	4	8	28.50	0.18732	1.83196	16	Çok katı	Dolgu	
SPT 2	3.00	4	4	4	8	57.00	0.13245	1.29539	12	Katı		
SPT 3	4.50	4	5	4	9	85.50	0.10815	1.05768	12	Katı		
SPT 4	6.00	4	5	7	12	114.00	0.09366	0.91598	14	Katı	Alüvyon	
SPT 5	7.50	5	6	7	13	137.50	0.08528	0.83404	15	Katı		
SPT 6	9.00	6	5	6	11	151.00	0.08138	0.79589	12	Katı		
SPT 7	10.50	4	6	7	13	164.50	0.07797	0.76253	15	Katı		
SPT 8	12.00	5	5	7	12	178.00	0.07495	0.73304	13	Katı		
SPT 9	13.50	8	8	10	18	191.50	0.07226	0.70673	19	Çok katı		
SPT 10	15.00	8	8	9	17	205.00	0.06984	0.68306	17	Çok katı		
SPT 11	16.50	7	8	11	19	218.50	0.06765	0.66163	19	Çok katı		
SPT 12	18.00	8	8	11	19	232.00	0.06565	0.64209	18	Çok katı		
SPT 13	19.50	10	15	16	31	245.50	0.06382	0.62418	29	Çok katı		

Lokasyon=SK VIII		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.3					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 1	1.50	3	4	3	7	28.50	0.18732	1.83196	14	Katı	Dolgu	
SPT 2	3.00	3	5	6	11	57.00	0.13245	1.29539	16	Çok katı		
SPT 3	4.50	5	5	7	12	85.50	0.10815	1.05768	16	Çok katı		
SPT 4	6.00	5	6	8	14	114.00	0.09366	0.91598	16	Çok katı	Alüvyon	
SPT 5	7.50	5	7	8	15	137.50	0.08528	0.83404	18	Çok katı		
SPT 6	9.00	5	8	7	15	151.00	0.08138	0.79589	17	Çok katı		
SPT 7	10.50	6	7	7	14	164.50	0.07797	0.76253	16	Çok katı		
SPT 8	12.00	7	8	7	15	178.00	0.07495	0.73304	16	Çok katı		
SPT 9	13.50	8	9	9	18	191.50	0.07226	0.70673	19	Çok katı		
SPT 10	15.00	7	8	9	17	205.00	0.06984	0.68306	17	Çok katı		
SPT 11	16.50	7	9	10	19	218.50	0.06765	0.66163	19	Çok katı		
SPT 12	18.00	8	8	10	18	232.00	0.06565	0.64209	17	Çok katı		
SPT 13	19.50	11	12	14	26	245.50	0.06382	0.62418	24	Çok katı		

Lokasyon=SK IX		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.2					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma xH$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N=9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	4	4	8	28.50	0.18732	1.83196	16	Çok katı	Dolgu
SPT 2	3.00	4	4	5	9	57.00	0.13245	1.29539	13	Katı	
SPT 3	4.50	4	4	4	8	85.50	0.10815	1.05768	11	Katı	
SPT 4	6.00	3	5	7	12	114.00	0.09366	0.91598	14	Katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	6	6	7	13	137.50	0.08528	0.83404	15	Katı	
SPT 6	9.00	6	7	7	14	151.00	0.08138	0.79589	16	Çok katı	
SPT 7	10.50	5	6	8	14	164.50	0.07797	0.76253	16	Çok katı	
SPT 8	12.00	6	6	7	13	178.00	0.07495	0.73304	14	Katı	
SPT 9	13.50	8	10	11	21	191.50	0.07226	0.70673	22	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	8	10	18	205.00	0.06984	0.68306	18	Çok katı	
SPT 11	16.50	8	8	12	20	218.50	0.06765	0.66163	20	Çok katı	
SPT 12	18.00	9	8	12	20	232.00	0.06565	0.64209	19	Çok katı	
SPT 13	19.50	11	16	17	33	245.50	0.06382	0.62418	31	Çok katı	

Lokasyon=SK X		Yeraltısı Seviyesi (m)=6.7					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	4	3	7	28.50	0.18732	1.83196	14	Katı	Dolgu
SPT 2	3.00	4	4	4	8	57.00	0.13245	1.29539	12	Katı	
SPT 3	4.50	4	5	4	9	85.50	0.10815	1.05768	12	Katı	
SPT 4	6.00	3	6	7	13	114.00	0.09366	0.91598	15	Katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	5	6	7	13	137.50	0.08528	0.83404	15	Katı	
SPT 6	9.00	6	7	6	13	151.00	0.08138	0.79589	15	Katı	
SPT 7	10.50	4	6	6	12	164.50	0.07797	0.76253	14	Katı	
SPT 8	12.00	5	6	7	13	178.00	0.07495	0.73304	14	Katı	
SPT 9	13.50	9	9	10	19	191.50	0.07226	0.70673	20	Çok katı	
SPT 10	15.00	8	9	8	17	205.00	0.06984	0.68306	17	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	8	11	19	218.50	0.06765	0.66163	19	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	8	11	19	232.00	0.06565	0.64209	18	Çok katı	
SPT 13	19.50	11	15	15	30	245.50	0.06382	0.62418	28	Çok katı	

Lokasyon=SK XI		Yeraltısı Seviyesi (m)=6.4					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	3	4	7	28.50	0.18732	1.83196	14	Katı	Dolgu
SPT 2	3.00	4	3	4	7	57.00	0.13245	1.29539	10	Katı	
SPT 3	4.50	4	4	4	8	85.50	0.10815	1.05768	11	Katı	Alüvyon
SPT 4	6.00	4	4	7	11	114.00	0.09366	0.91598	13	Katı	
SPT 5	7.50	5	5	7	12	137.50	0.08528	0.83404	14	Katı	
SPT 6	9.00	6	4	6	10	151.00	0.08138	0.79589	11	Katı	
SPT 7	10.50	4	5	7	12	164.50	0.07797	0.76253	14	Katı	
SPT 8	12.00	5	5	7	12	178.00	0.07495	0.73304	13	Katı	
SPT 9	13.50	8	7	10	17	191.50	0.07226	0.70673	18	Çok katı	
SPT 10	15.00	8	7	9	16	205.00	0.06984	0.68306	16	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	7	9	16	218.50	0.06765	0.66163	16	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	8	10	18	232.00	0.06565	0.64209	17	Çok katı	
SPT 13	19.50	10	14	16	30	245.50	0.06382	0.62418	28	Çok katı	

Lokasyon=SK XII		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.3					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	4	3	7	28.50	0.18732	1.83196	14	Katı	Dolgu
SPT 2	3.00	3	5	5	10	57.00	0.13245	1.29539	15	Katı	
SPT 3	4.50	5	5	6	11	85.50	0.10815	1.05768	15	Katı	Alüvyon
SPT 4	6.00	5	6	7	13	114.00	0.09366	0.91598	15	Katı	
SPT 5	7.50	5	7	7	14	137.50	0.08528	0.83404	17	Çok katı	
SPT 6	9.00	6	7	7	14	151.00	0.08138	0.79589	16	Çok katı	
SPT 7	10.50	6	6	7	13	164.50	0.07797	0.76253	15	Katı	
SPT 8	12.00	7	7	8	15	178.00	0.07495	0.73304	16	Çok katı	
SPT 9	13.50	8	8	9	17	191.50	0.07226	0.70673	18	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	7	9	16	205.00	0.06984	0.68306	16	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	8	9	17	218.50	0.06765	0.66163	17	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	8	9	17	232.00	0.06565	0.64209	16	Çok katı	
SPT 13	19.50	11	12	15	27	245.50	0.06382	0.62418	25	Çok katı	

Lokasyon=SK XIII		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			$\sigma_{v0} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme $\sigma_{v0} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{v0}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{v0}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	4	5	9	28.50	0.18732	1.83196	19	Çok katı	Dolgu
SPT 2	3.00	4	4	6	10	57.00	0.13245	1.29539	15	Katı	
SPT 3	4.50	4	4	5	9	85.50	0.10815	1.05768	12	Katı	
SPT 4	6.00	3	5	8	13	114.00	0.09366	0.91598	15	Katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	6	6	8	14	137.50	0.08528	0.83404	17	Çok katı	
SPT 6	9.00	6	7	8	15	151.00	0.08138	0.79589	17	Çok katı	
SPT 7	10.50	5	6	9	15	164.50	0.07797	0.76253	17	Çok katı	
SPT 8	12.00	6	6	8	14	178.00	0.07495	0.73304	15	Katı	
SPT 9	13.50	8	9	9	18	191.50	0.07226	0.70673	19	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	8	10	18	205.00	0.06984	0.68306	18	Çok katı	
SPT 11	16.50	8	8	11	19	218.50	0.06765	0.66163	19	Çok katı	
SPT 12	18.00	9	8	11	19	232.00	0.06565	0.64209	18	Çok katı	
SPT 13	19.50	12	15	17	32	245.50	0.06382	0.62418	30	Çok katı	

Lokasyon=SK XIV		Yeraltısı Seviyesi (m)=6.6					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{v0} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			N_{30}	Efektif Gerilme σ _{v0} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{v0}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{v0}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	3	3	6	28.50	0.18732	1.83196	12	Katı	Dolgu
SPT 2	3.00	4	5	4	9	57.00	0.13245	1.29539	13	Katı	
SPT 3	4.50	4	5	5	10	85.50	0.10815	1.05768	13	Katı	
SPT 4	6.00	5	6	7	13	114.00	0.09366	0.91598	15	Katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	5	6	6	12	137.50	0.08528	0.83404	14	Katı	
SPT 6	9.00	6	6	7	13	151.00	0.08138	0.79589	15	Katı	
SPT 7	10.50	4	5	7	12	164.50	0.07797	0.76253	14	Katı	
SPT 8	12.00	6	6	7	13	178.00	0.07495	0.73304	14	Katı	
SPT 9	13.50	9	8	9	17	191.50	0.07226	0.70673	18	Çok katı	
SPT 10	15.00	8	9	8	17	205.00	0.06984	0.68306	17	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	8	9	17	218.50	0.06765	0.66163	17	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	8	10	18	232.00	0.06565	0.64209	17	Çok katı	
SPT 13	19.50	10	15	17	32	245.50	0.06382	0.62418	30	Çok katı	

Lokasyon=SK XV		Yeraltısı Seviyesi (m)=6.2					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{v0} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{v0} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{v0}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{v0}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	2	3	4	7	28.50	0.18732	1.83196	14	Katı	Dolgu
SPT 2	3.00	3	3	4	7	57.00	0.13245	1.29539	10	Katı	
SPT 3	4.50	3	4	4	8	85.50	0.10815	1.05768	11	Katı	
SPT 4	6.00	3	4	7	11	114.00	0.09366	0.91598	13	Katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	4	5	7	12	137.50	0.08528	0.83404	14	Katı	
SPT 6	9.00	5	4	6	10	151.00	0.08138	0.79589	11	Katı	
SPT 7	10.50	4	5	7	12	164.50	0.07797	0.76253	14	Katı	
SPT 8	12.00	4	5	7	12	178.00	0.07495	0.73304	13	Katı	
SPT 9	13.50	7	7	8	15	191.50	0.07226	0.70673	16	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	7	9	16	205.00	0.06984	0.68306	16	Çok katı	
SPT 11	16.50	6	7	9	16	218.50	0.06765	0.66163	16	Çok katı	
SPT 12	18.00	7	8	10	18	232.00	0.06565	0.64209	17	Çok katı	
SPT 13	19.50	9	14	15	29	245.50	0.06382	0.62418	27	Çok katı	

Sondaj Firması Üçer Sondaj Jeoloji Mühendislik Hizmetleri Sanayi ve Ticaret Ltd.Şti.											
Lokasyon=SK a		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	7	8	9	17	28.50	0.18732	1.83196	32	Katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	5	5	5	10	57.00	0.13245	1.29539	14	Çok katı	
SPT 3	4.50	2	3	5	8	85.50	0.10815	1.05768	11	Katı	
SPT 4	6.00	3	4	5	9	114.00	0.09366	0.91598	10	Katı	
SPT 5	7.50	5	5	6	11	137.50	0.08528	0.83404	13	Katı	
SPT 6	9.00	5	6	5	11	151.00	0.08138	0.79589	13	Katı	
SPT 7	10.50	6	5	7	12	164.50	0.07797	0.76253	14	Katı	
SPT 8	12.00	7	6	7	13	178.00	0.07495	0.73304	15	Katı	
SPT 9	13.50	8	9	9	18	191.50	0.07226	0.70673	20	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	8	9	17	205.00	0.06984	0.68306	18	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	8	10	18	218.50	0.06765	0.66163	18	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	7	11	18	232.00	0.06565	0.64209	18	Çok katı	
SPT 13	19.50	10	11	10	21	245.50	0.06382	0.62418	20	Çok katı	

Lokasyon=SK b		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	7	7	9	16	28.50	0.18732	1.83196	30	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	4	5	5	10	57.00	0.13245	1.29539	14	Katı	
SPT 3	4.50	3	3	5	8	85.50	0.10815	1.05768	11	Katı	
SPT 4	6.00	4	5	5	10	114.00	0.09366	0.91598	12	Katı	
SPT 5	7.50	5	6	7	13	137.50	0.08528	0.83404	16	Çok katı	
SPT 6	9.00	6	6	7	13	151.00	0.08138	0.79589	15	Katı	
SPT 7	10.50	6	6	7	13	164.50	0.07797	0.76253	15	Katı	
SPT 8	12.00	7	7	8	15	178.00	0.07495	0.73304	17	Çok katı	
SPT 9	13.50	7	9	9	18	191.50	0.07226	0.70673	20	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	8	9	17	205.00	0.06984	0.68306	18	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	9	10	19	218.50	0.06765	0.66163	19	Çok katı	
SPT 12	18.00	7	9	11	20	232.00	0.06565	0.64209	20	Çok katı	
SPT 13	19.50	9	11	12	23	245.50	0.06382	0.62418	22	Çok katı	

Lokasyon=SK c		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	7	7	8	15	28.50	0.18732	1.83196	28	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	5	6	5	11	57.00	0.13245	1.29539	15	Katı	
SPT 3	4.50	4	5	4	9	85.50	0.10815	1.05768	12	Katı	
SPT 4	6.00	5	6	6	12	114.00	0.09366	0.91598	14	Katı	
SPT 5	7.50	6	6	7	13	137.50	0.08528	0.83404	16	Çok katı	
SPT 6	9.00	7	7	7	14	151.00	0.08138	0.79589	16	Çok katı	
SPT 7	10.50	7	6	7	13	164.50	0.07797	0.76253	15	Katı	
SPT 8	12.00	6	8	8	16	178.00	0.07495	0.73304	18	Çok katı	
SPT 9	13.50	6	9	8	17	191.50	0.07226	0.70673	18	Çok katı	
SPT 10	15.00	6	8	9	17	205.00	0.06984	0.68306	18	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	9	10	19	218.50	0.06765	0.66163	19	Çok katı	
SPT 12	18.00	7	8	10	18	232.00	0.06565	0.64209	18	Çok katı	
SPT 13	19.50	8	11	12	23	245.50	0.06382	0.62418	22	Çok katı	

Lokasyon=SK d		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	6	8	7	15	28.50	0.18732	1.83196	28	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	3	5	5	10	57.00	0.13245	1.29539	14	Katı	
SPT 3	4.50	4	4	4	8	85.50	0.10815	1.05768	11	Katı	
SPT 4	6.00	5	5	5	10	114.00	0.09366	0.91598	12	Katı	
SPT 5	7.50	5	6	8	14	137.50	0.08528	0.83404	17	Çok katı	
SPT 6	9.00	5	7	7	14	151.00	0.08138	0.79589	16	Çok katı	
SPT 7	10.50	6	6	7	13	164.50	0.07797	0.76253	15	Katı	
SPT 8	12.00	7	7	7	14	178.00	0.07495	0.73304	16	Çok katı	
SPT 9	13.50	8	8	9	17	191.50	0.07226	0.70673	18	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	7	9	16	205.00	0.06984	0.68306	17	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	8	10	18	218.50	0.06765	0.66163	18	Çok katı	
SPT 12	18.00	6	7	10	17	232.00	0.06565	0.64209	17	Çok katı	
SPT 13	19.50	10	11	12	23	245.50	0.06382	0.62418	22	Çok katı	

Lokasyon=SK e		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	7	6	8	14	28.50	0.18732	1.83196	26	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	5	4	5	9	57.00	0.13245	1.29539	13	Katı	
SPT 3	4.50	3	4	6	10	85.50	0.10815	1.05768	13	Katı	
SPT 4	6.00	3	5	6	11	114.00	0.09366	0.91598	13	Katı	
SPT 5	7.50	5	6	7	13	137.50	0.08528	0.83404	16	Çok katı	
SPT 6	9.00	5	7	7	14	151.00	0.08138	0.79589	16	Çok katı	
SPT 7	10.50	3	6	8	14	164.50	0.07797	0.76253	16	Çok katı	
SPT 8	12.00	5	6	7	13	178.00	0.07495	0.73304	15	Katı	
SPT 9	13.50	9	9	10	19	191.50	0.07226	0.70673	21	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	8	10	18	205.00	0.06984	0.68306	19	Çok katı	
SPT 11	16.50	6	8	11	19	218.50	0.06765	0.66163	19	Çok katı	
SPT 12	18.00	7	8	11	19	232.00	0.06565	0.64209	19	Çok katı	
SPT 13	19.50	10	12	12	24	245.50	0.06382	0.62418	23	Çok katı	

Lokasyon=SK f		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	7	7	9	16	28.50	0.18732	1.83196	30	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	4	5	5	10	57.00	0.13245	1.29539	14	Katı	
SPT 3	4.50	4	5	5	10	85.50	0.10815	1.05768	13	Katı	
SPT 4	6.00	3	4	6	10	114.00	0.09366	0.91598	12	Katı	
SPT 5	7.50	5	6	8	14	137.50	0.08528	0.83404	17	Çok katı	
SPT 6	9.00	6	7	6	13	151.00	0.08138	0.79589	15	Katı	
SPT 7	10.50	4	6	7	13	164.50	0.07797	0.76253	15	Katı	
SPT 8	12.00	5	6	8	14	178.00	0.07495	0.73304	16	Çok katı	
SPT 9	13.50	9	9	11	20	191.50	0.07226	0.70673	22	Çok katı	
SPT 10	15.00	8	9	9	18	205.00	0.06984	0.68306	19	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	8	12	20	218.50	0.06765	0.66163	20	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	8	11	19	232.00	0.06565	0.64209	19	Çok katı	
SPT 13	19.50	11	10	12	22	245.50	0.06382	0.62418	21	Çok katı	

Lokasyon=SK g		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.5				Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	8	7	8	15	28.50	0.18732	1.83196	28	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	4	5	5	10	57.00	0.13245	1.29539	14	Katı	
SPT 3	4.50	4	5	4	9	85.50	0.10815	1.05768	12	Katı	
SPT 4	6.00	4	5	6	11	114.00	0.09366	0.91598	13	Katı	
SPT 5	7.50	5	6	7	13	137.50	0.08528	0.83404	16	Çok katı	
SPT 6	9.00	6	5	6	11	151.00	0.08138	0.79589	13	Katı	
SPT 7	10.50	4	6	7	13	164.50	0.07797	0.76253	15	Katı	
SPT 8	12.00	5	5	7	12	178.00	0.07495	0.73304	13	Katı	
SPT 9	13.50	8	8	10	18	191.50	0.07226	0.70673	20	Çok katı	
SPT 10	15.00	8	8	9	17	205.00	0.06984	0.68306	18	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	8	10	18	218.50	0.06765	0.66163	18	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	8	10	18	232.00	0.06565	0.64209	18	Çok katı	
SPT 13	19.50	9	11	12	23	245.50	0.06382	0.62418	22	Çok katı	

Lokasyon=SK h		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.5				Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	7	7	7	14	28.50	0.18732	1.83196	26	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	4	5	6	11	57.00	0.13245	1.29539	15	Katı	
SPT 3	4.50	4	5	5	10	85.50	0.10815	1.05768	13	Katı	
SPT 4	6.00	5	6	6	12	114.00	0.09366	0.91598	14	Katı	
SPT 5	7.50	5	7	8	15	137.50	0.08528	0.83404	18	Çok katı	
SPT 6	9.00	5	8	7	15	151.00	0.08138	0.79589	17	Çok katı	
SPT 7	10.50	6	7	7	14	164.50	0.07797	0.76253	16	Çok katı	
SPT 8	12.00	7	8	7	15	178.00	0.07495	0.73304	17	Çok katı	
SPT 9	13.50	8	9	9	18	191.50	0.07226	0.70673	20	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	8	9	17	205.00	0.06984	0.68306	18	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	9	10	19	218.50	0.06765	0.66163	19	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	8	10	18	232.00	0.06565	0.64209	18	Çok katı	
SPT 13	19.50	9	10	11	21	245.50	0.06382	0.62418	20	Çok katı	

Sondaj Firması | Üçer Sondaj Jeoloji Mühendislik Hizmetleri Sanayi ve Ticaret Ltd.Şti.

Lokasyon=SK A		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.5				Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³				$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	3	6	9	28.50	0.18732	1.83196	19	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	3	6	6	12	57.00	0.13245	1.29539	17	Çok katı	
SPT 3	4.50	5	5	7	12	85.50	0.10815	1.05768	16	Çok katı	
SPT 4	6.00	5	6	7	13	114.00	0.09366	0.91598	15	Katı	
SPT 5	7.50	6	6	8	14	142.50	0.08377	0.81928	16	Çok katı	
SPT 6	9.00	5	7	7	14	156.00	0.08006	0.78303	16	Çok katı	
SPT 7	10.50	6	5	9	14	169.50	0.07681	0.75120	16	Çok katı	
SPT 8	12.00	7	6	8	14	183.00	0.07392	0.72296	15	Katı	
SPT 9	13.50	8	9	9	18	196.50	0.07134	0.69768	19	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	8	11	19	210.00	0.06901	0.67488	19	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	9	12	21	223.50	0.06689	0.65418	21	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	8	12	20	237.00	0.06496	0.63528	19	Çok katı	
SPT 13	19.50	11	12	14	26	250.50	0.06318	0.61792	24	Çok katı	

Lokasyon=SK B		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.0					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	4	6	10	28.50	0.18732	1.83196	21	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	5	6	7	13	57.00	0.13245	1.29539	19	Çok katı	
SPT 3	4.50	3	6	7	13	85.50	0.10815	1.05768	18	Çok katı	
SPT 4	6.00	4	7	7	14	114.00	0.09366	0.91598	16	Katı	
SPT 5	7.50	5	7	8	15	137.50	0.08528	0.83404	18	Çok katı	
SPT 6	9.00	6	7	9	16	151.00	0.08138	0.79589	18	Çok katı	
SPT 7	10.50	6	6	7	13	164.50	0.07797	0.76253	15	Katı	
SPT 8	12.00	7	9	8	17	178.00	0.07495	0.73304	19	Çok katı	
SPT 9	13.50	7	9	11	20	191.50	0.07226	0.70673	21	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	8	9	17	205.00	0.06984	0.68306	17	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	10	11	21	218.50	0.06765	0.66163	21	Çok katı	
SPT 12	18.00	7	10	12	22	232.00	0.06565	0.64209	21	Çok katı	
SPT 13	19.50	9	14	13	27	245.50	0.06382	0.62418	25	Çok katı	

Lokasyon=SK C		Yeraltısı Seviyesi (m)=6.5					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	4	4	5	9	28.50	0.18732	1.83196	19	Çok katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	5	6	6	12	57.00	0.13245	1.29539	17	Çok katı	
SPT 3	4.50	4	6	7	13	85.50	0.10815	1.05768	18	Çok katı	
SPT 4	6.00	5	7	7	14	114.00	0.09366	0.91598	16	Çok katı	
SPT 5	7.50	6	6	9	15	132.50	0.08687	0.84963	18	Çok katı	
SPT 6	9.00	7	8	7	15	146.00	0.08276	0.80940	17	Çok katı	
SPT 7	10.50	7	6	8	14	159.50	0.07918	0.77439	16	Çok katı	
SPT 8	12.00	6	8	10	18	173.00	0.07603	0.74356	20	Çok katı	
SPT 9	13.50	6	9	11	20	186.50	0.07323	0.71614	21	Çok katı	
SPT 10	15.00	6	8	11	19	200.00	0.07071	0.69155	20	Çok katı	
SPT 11	16.50	6	11	10	21	213.50	0.06844	0.66933	21	Çok katı	
SPT 12	18.00	7	10	11	21	227.00	0.06637	0.64912	20	Çok katı	
SPT 13	19.50	8	12	14	26	240.50	0.06448	0.63064	25	Çok katı	

Lokasyon=SK D		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.4					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	4	3	3	6	28.50	0.18732	1.83196	12	Katı	Alüvyon
SPT 2	3.00	3	5	7	12	57.00	0.13245	1.29539	17	Çok katı	
SPT 3	4.50	4	4	6	10	85.50	0.10815	1.05768	13	Katı	
SPT 4	6.00	5	6	8	14	114.00	0.09366	0.91598	16	Çok katı	
SPT 5	7.50	5	7	8	15	141.50	0.08407	0.82217	18	Çok katı	
SPT 6	9.00	5	8	7	15	155.00	0.08032	0.78555	17	Çok katı	
SPT 7	10.50	6	8	7	15	168.50	0.07704	0.75342	17	Çok katı	
SPT 8	12.00	7	9	8	17	182.00	0.07412	0.72494	18	Çok katı	
SPT 9	13.50	8	8	9	17	195.50	0.07152	0.69946	18	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	8	9	17	209.00	0.06917	0.67650	17	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	9	10	19	222.50	0.06704	0.65565	19	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	8	10	18	236.00	0.06509	0.63662	17	Çok katı	
SPT 13	19.50	11	12	14	26	249.50	0.06331	0.61916	24	Çok katı	

Lokasyon=SK E		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.2					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²		
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			N ₍₃₀₎	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı	
SPT 1	1.50	3	4	4	8	28.50	0.18732	1.83196	16	Çok katı	Alüvyon	Dolgu
SPT 2	3.00	3	5	5	10	57.00	0.13245	1.29539	15	Çok katı		
SPT 3	4.50	3	5	5	10	85.50	0.10815	1.05768	13	Katı		
SPT 4	6.00	2	6	10	16	114.00	0.09366	0.91598	19	Çok katı		
SPT 5	7.50	5	8	7	15	139.50	0.08467	0.82804	18	Çok katı		
SPT 6	9.00	5	8	7	15	153.00	0.08085	0.79067	17	Çok katı		
SPT 7	10.50	3	8	8	16	166.50	0.07750	0.75793	18	Çok katı		
SPT 8	12.00	5	7	7	14	180.00	0.07454	0.72896	15	Çok katı		
SPT 9	13.50	9	11	12	23	193.50	0.07189	0.70307	24	Çok katı		
SPT 10	15.00	6	9	10	19	207.00	0.06950	0.67976	19	Çok katı		
SPT 11	16.50	6	9	13	22	220.50	0.06734	0.65862	22	Çok katı		
SPT 12	18.00	7	9	13	22	234.00	0.06537	0.63934	21	Çok katı		
SPT 13	19.50	12	15	15	30	247.50	0.06356	0.62166	28	Çok katı		

Lokasyon=SK F		Yeraltısı Seviyesi (m)=6.6					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	4	4	5	9	28.50	0.18732	1.83196	19	Çok katı	Dolgu
SPT 2	3.00	4	5	5	10	57.00	0.13245	1.29539	15	Katı	
SPT 3	4.50	4	5	7	12	85.50	0.10815	1.05768	16	Çok katı	Alüvyon
SPT 4	6.00	5	6	9	15	114.00	0.09366	0.91598	18	Çok katı	
SPT 5	7.50	5	6	9	15	133.50	0.08655	0.84644	18	Çok katı	
SPT 6	9.00	6	7	8	15	147.00	0.08248	0.80664	17	Çok katı	
SPT 7	10.50	4	6	8	14	160.50	0.07893	0.77197	16	Çok katı	
SPT 8	12.00	5	8	8	16	174.00	0.07581	0.74142	18	Çok katı	
SPT 9	13.50	9	9	10	19	187.50	0.07303	0.71423	20	Çok katı	
SPT 10	15.00	8	10	10	20	201.00	0.07053	0.68983	21	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	10	12	22	214.50	0.06828	0.66777	22	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	9	12	21	228.00	0.06623	0.64770	20	Çok katı	
SPT 13	19.50	11	15	15	30	241.50	0.06435	0.62933	28	Çok katı	

Lokasyon=SK G		Yeraltısı Seviyesi (m)=6.4					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma xH$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N=9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	3	4	4	8	28.50	0.18732	1.83196	16	Çok katı	Dolgu Zemin
SPT 2	3.00	4	4	4	8	57.00	0.13245	1.29539	12	Katı	
SPT 3	4.50	4	6	4	10	85.50	0.10815	1.05768	13	Katı	
SPT 4	6.00	4	5	8	13	114.00	0.09366	0.91598	15	Katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	5	6	7	13	131.50	0.08720	0.85286	16	Çok katı	
SPT 6	9.00	6	5	6	11	145.00	0.08305	0.81218	13	Katı	
SPT 7	10.50	4	6	8	14	158.50	0.07943	0.77683	16	Çok katı	
SPT 8	12.00	5	5	7	12	172.00	0.07625	0.74572	13	Katı	
SPT 9	13.50	8	8	10	18	185.50	0.07342	0.71807	19	Çok katı	
SPT 10	15.00	8	9	9	18	199.00	0.07089	0.69329	19	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	8	11	19	212.50	0.06860	0.67090	19	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	8	11	19	226.00	0.06652	0.65056	19	Çok katı	
SPT 13	19.50	10	15	15	30	239.50	0.06462	0.63195	28	Çok katı	

Lokasyon=SK H		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.3					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			N ₍₃₀₎	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	4	4	3	7	28.50	0.18732	1.83196	14	Katı	Dolgu
SPT 2	3.00	3	6	6	12	57.00	0.13245	1.29539	17	Çok katı	
SPT 3	4.50	5	6	7	13	85.50	0.10815	1.05768	18	Çok katı	
SPT 4	6.00	5	7	8	15	114.00	0.09366	0.91598	18	Çok katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	5	8	8	16	140.50	0.08436	0.82509	19	Çok katı	
SPT 6	9.00	5	8	9	17	154.00	0.08058	0.78809	19	Çok katı	
SPT 7	10.50	6	7	9	16	167.50	0.07727	0.75567	18	Çok katı	
SPT 8	12.00	7	8	10	18	181.00	0.07433	0.72694	20	Çok katı	
SPT 9	13.50	8	8	10	18	194.50	0.07170	0.70126	19	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	9	9	18	208.00	0.06934	0.67812	18	Çok katı	
SPT 11	16.50	7	10	10	20	221.50	0.06719	0.65713	20	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	10	10	20	235.00	0.06523	0.63798	19	Çok katı	
SPT 13	19.50	11	12	14	26	248.50	0.06344	0.62041	24	Çok katı	

Lokasyon=SK K		Yeraltısı Seviyesi (m)=7.2					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			σ _{vo} → kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N ₃₀)	Efektif Gerilme σ _{vo} = γxH	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	C _N =9.78 $\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri N _{1.60}	N _{1.60} göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	4	4	4	8	28.50	0.18732	1.83196	16	Çok katı	Dolgu
SPT 2	3.00	5	4	5	9	57.00	0.13245	1.29539	13	Katı	
SPT 3	4.50	4	4	4	8	85.50	0.10815	1.05768	11	Katı	
SPT 4	6.00	4	5	7	12	114.00	0.09366	0.91598	14	Katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	5	6	7	13	139.50	0.08467	0.82804	15	Katı	
SPT 6	9.00	6	7	8	15	153.00	0.08085	0.79067	17	Çok katı	
SPT 7	10.50	5	7	8	15	166.50	0.07750	0.75793	17	Çok katı	
SPT 8	12.00	6	6	8	14	180.00	0.07454	0.72896	15	Katı	
SPT 9	13.50	8	10	11	21	193.50	0.07189	0.70307	22	Çok katı	
SPT 10	15.00	7	9	10	19	207.00	0.06950	0.67976	19	Çok katı	
SPT 11	16.50	8	9	12	21	220.50	0.06734	0.65862	21	Çok katı	
SPT 12	18.00	9	9	12	21	234.00	0.06537	0.63934	20	Çok katı	
SPT 13	19.50	11	16	16	32	247.50	0.06356	0.62166	30	Çok katı	

Lokasyon=SK L		Yeraltısı Seviyesi (m)=6.7					Birim Hacim Ağırlık (γ)=19 kN/m ³			$\sigma_{vo} \rightarrow$ kN/m ²	
SPT No	Deney Seviyesi H (m)	N-Ham SPT Darbe sayısı			(N_{30})	Efektif Gerilme $\sigma_{vo} = \gamma \times H$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_{vo}}}$	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$	$N_{1.60}$ göre Kıvam Durumu	Zemin Tanımı
SPT 1	1.50	5	4	3	7	28.50	0.18732	1.83196	14	Katı	Dolgu
SPT 2	3.00	4	5	4	9	57.00	0.13245	1.29539	13	Katı	
SPT 3	4.50	4	5	5	10	85.50	0.10815	1.05768	13	Katı	
SPT 4	6.00	3	6	8	14	114.00	0.09366	0.91598	16	Çok katı	Alüvyon
SPT 5	7.50	5	8	7	15	134.50	0.08623	0.84329	18	Çok katı	
SPT 6	9.00	6	7	8	15	148.00	0.08220	0.80391	17	Çok katı	
SPT 7	10.50	4	6	8	14	161.50	0.07869	0.76958	16	Çok katı	
SPT 8	12.00	5	6	8	14	175.00	0.07559	0.73930	16	Çok katı	
SPT 9	13.50	8	9	10	19	188.50	0.07284	0.71233	20	Çok katı	
SPT 10	15.00	8	8	8	16	202.00	0.07036	0.68812	17	Çok katı	
SPT 11	16.50	8	8	11	19	215.50	0.06812	0.66622	19	Çok katı	
SPT 12	18.00	8	8	11	19	229.00	0.06608	0.64628	18	Çok katı	
SPT 13	19.50	11	15	17	32	242.50	0.06422	0.62803	30	Çok katı	

6.1.2.2. Örselenmemiş Numune (UD) Alınması

Sondaj çalışmaları sırasında geçilen zeminlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini, dayanımını, oturma özelliklerini ve sıvılaşma potansiyelini incelemek amacı ile farklı derinliklerden ince cidarlı, 89 mm dış çaplı Shelby tüpü ile hidrolik baskı uygulanarak UD numuneleri alınmıştır. TS 1901 standardına uygun olarak alınan UD numuneleri hava almayacak şekilde izole edilmiş, etiketlenmiş ve laboratuvarına gönderilmiştir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Temel sondaj kuyularından örselenmemiş numune alınışı

6.1.3. Jeofizik Çalışmalar

İnceleme alanının Jeolojik - Jeofizik - Jeoteknik çalışması kapsamında, zeminlerin dinamik-elastik mühendislik parametrelerini, tabaka kalınlıklarını, deprem yönetmeliklerine göre zemin sınıflarını belirlemek amacıyla Elektrik Rezisitivite Tomografi (ERT), Sismik Kırılma ve Çok Kanallı Yüzey Dalgası Yöntemi (MASW), Mikrotremör (MT) ve Düşey Elektrik Sondaj (DES) çalışmaları yapılmıştır.

İnceleme alanında 15-21/06/2015 tarihinde Are Jeoteknik Müh. Müş. İnş. Taah. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından 16 adet sismik kırılma (SİS), 16 adet mikrotremör ölçümleri (MT) ve 10 adet düşey elektrik sondaj (DES) çalışması yapılmıştır.

İnceleme alanında 21.02.2022 ve 21.05.2022 tarihinde Üçer Sondaj Jeoloji Müh. Hiz. San. ve Tic. Ltd.Şti tarafından 4 adet sismik kırılma (SİS), 2 adet Elektrik Rezisitivite Tomografi (ERT) çalışması yapılmıştır.

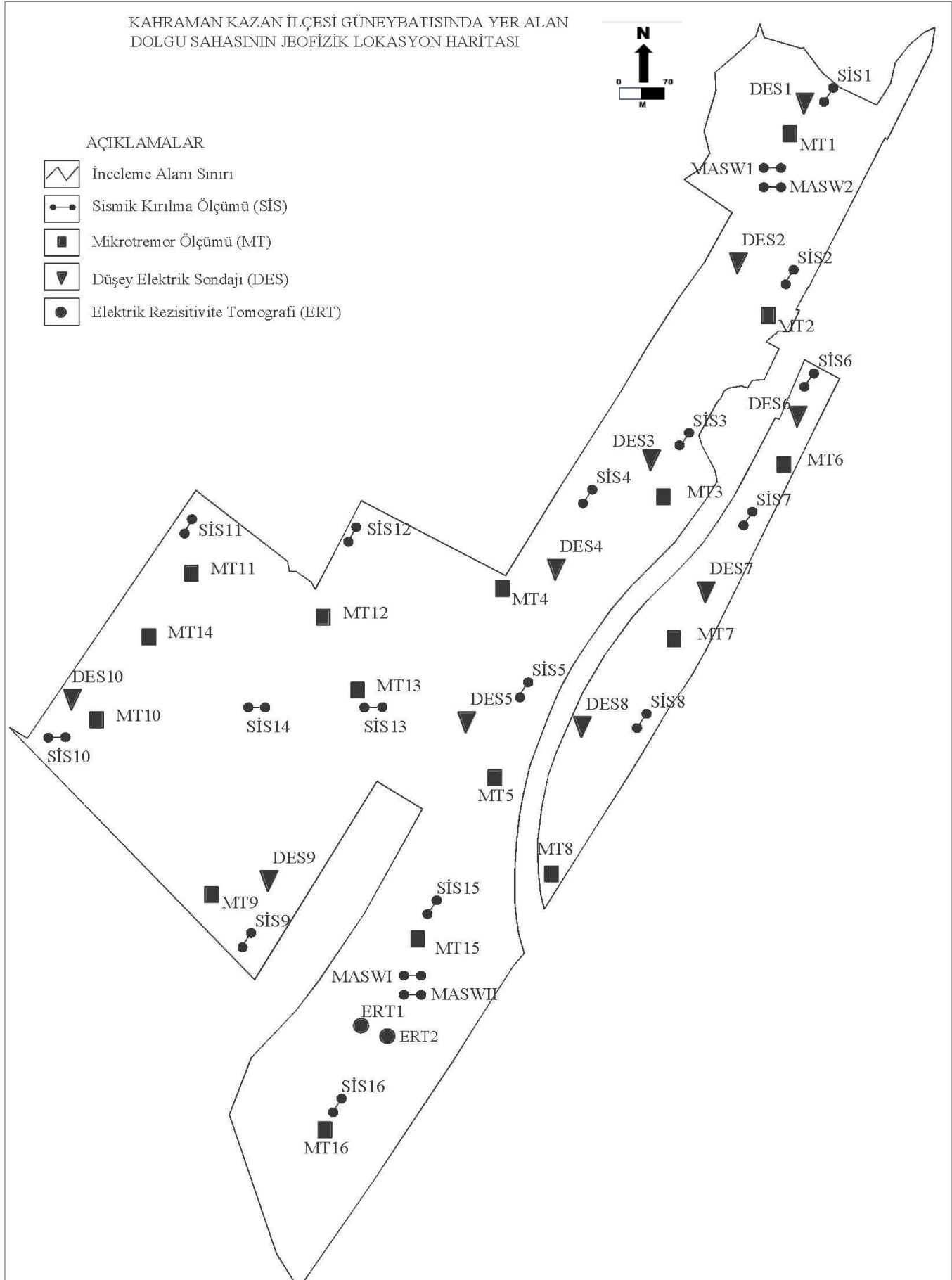
Sismik kırılma çalışmalarında 24 kanallı "Geometries" marka "GEOD" model ve Sara-Doremi sinyal biriktirmeli sismograf kullanılmıştır. Sismik kırılma çalışmalarında, enerji kaynağı olarak 10 kg. ağırlığında balyoz kullanılmıştır. Bu çalışmada boyuna dalga hızı 20 Hz'lik düşey jeofonlarla enine dalga 14 Hz'lik yatay jeofonlarla sismik kırılma ölçümleri alınmıştır. Çalışmalarda 24 adet "Sensor" marka jeofonlar kullanılmıştır.

Sara-Doremi sığ sismik kırılma ve yansıma çalışmaları için geliştirilmiş, 24 kanallı, modüler, yüksek çözünürlüklü ve sinyal güçlendirmeli sismografıdır. Sistem üzerinde 24-bit çevrici barındırmaktadır. Diğer sistemlere nazaran daha esnek bir yapıya ve tasarıma sahiptir. Bu özelliği ile kolay kurulum ve kullanım imkânı sunmaktadır.

Sara-Doremi kapsamlı dizilim testleri sayesinde verinin tam ve doğru olarak kayıt edildiğinin garantisini sağlar. Sözü edilen testler büyütücü gürültüsü, dinamik aralık, A/D ofset, büyütücü sinyal, CMR, zamanlama doğruluk, crosstalk, faz ve kazanç benzerlik testleridir. Testler ayrı veya komple sistem testi yapılarak otomatik gerçekleştirilebilir.

Sismik kırılma çalışmalarında 24 kanallı "Geometries" marka "GEOD" model, sinyal biriktirmeli sismograf kullanılmıştır. Bu cihaz; alçak, yüksek ve bant geçişli süzgece, otomatik kazanç devresine, sismik izlerin genliklerini küçültüp - büyütülebilme ve istenilen izleri dondurabilme özelliklerine sahiptir (Şekil 6.7).

Bu çalışmada boyuna dalga hızı 20 Hz'lik düşey jeofonlarla, enine dalga 14 Hz'lik yatay jeofonlarla ölçümler alınmıştır. Ölçümde "Sensor" marka jeofonlar kullanılmıştır.



Şekil 6.6. İnceleme alanında yapılan jeofizik ölçümlerinin lokasyon haritası.



Şekil 6.7. Sismik Çalışmalarda kullanılan ekipmanlar

6.1.3.1. Sismik Kırılma-Masw (Çok Kanallı Yüzey Dalgası) Çalışmaları

İnceleme alanında zemin dinamik elastik parametrelerini, özellikle V_{s30} 'u, tabaka kalınlıkları, zemin sınıfının belirlenmesi amacıyla Sismik Kırılma-Masw çalışması yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında 20 profilde Sismik Kırılma ve 20 profilde Çok Kanallı Yüzey Dalgası Yöntemi (Masw) çalışmaları yapılmıştır.

İnceleme alanında yapılan sismik kırılma ölçüm noktalarına ait koordinatlar Çizelge 6.4'de verilmiştir.

Çizelge 6.4. Sismik kırılma ölçü noktalarının koordinatları

Serim No	Profil başı		Profil sonu		Profil Uzunluğu
	Düşey (Y)	Yatay (X)	Düşey (Y)	Yatay (X)	
MASW 1	465.976.272	4.439.068.713	466.060.401	4.439.063.455	45.00 m.
MASW 2	465.976.272	4.438.981.078	466.055.143	4.438.974.068	45.00 m.
MASW I	464.315.898	4.435.187.434	464.396.521	4.435.182.176	45.00 m.
MASW II	464.317.650	4.435.089.283	464.400.027	4.435.092.788	45.00 m.
SİS 1	466.254.694	4.439.388.028	466.298.511	4.439.452.878	45.00 m.
SİS 2	466.080.885	4.438.510.223	467.640.779	4.437.755.105	45.00 m.
SİS 3	465.586.111	4.437.732.651	465.636.014	4.437.789.857	45.00 m.
SİS 4	465.143.069	4.437.456.359	465.189.321	4.437.519.651	45.00 m.
SİS 5	464.853.389	4.436.519.157	464.895.989	4.436.594.620	45.00 m.
SİS 6	466.168.564	4.438.012.635	466.212.381	4.438.079.578	45.00 m.
SİS 7	465.887.133	4.437.346.687	465.926.014	4.437.410.925	45.00 m.
SİS 8	465.391.059	4.436.374.060	465.436.843	4.436.442.384	45.00 m.
SİS 9	463.570.051	4.435.318.507	463.615.694	4.435.388.662	45.00 m.
SİS 10	462.679.077	4.436.329.576	462.756.558	4.436.332.394	45.00 m.
SİS 11	463.306.823	4.437.309.481	463.341.478	4.437.376.255	45.00 m.
SİS 12	464.063.364	4.437.271.080	464.098.583	4.437.338.582	45.00 m.
SİS 13	464.136.496	4.436.476.798	464.219.668	4.436.477.813	45.00 m.
SİS 14	463.596.895	4.436.474.770	463.676.009	4.436.471.727	45.00 m.
SİS 15	464.426.975	4.435.482.148	464.468.650	4.435.547.302	45.00 m.
SİS 16	463.989.230	4.434.529.943	464.033.605	4.434.592.631	45.00 m.

Çizelge 6.5. Çalışma alanının Vp, Vs, Vs₃₀ hızları ve tabaka kalınlıkları

Serim No	Tabaka No	Vp (m/sn)	Vs (m/sn)	Tabaka kalınlık (m)	Vs ₃₀ (m/sn)	Litoloji
MASW 1	1.Tabaka	224	127	4.5	218	Dolgu-Bitkisel Toprak
	2.Tabaka	906	226	-		Kumlu Kil (Qal)
MASW 2	1.Tabaka	213	125	3.0	241	Dolgu-Bitkisel Toprak
	2.Tabaka	884	260	-		Kumlu Kil (Qal)
MASW I	1.Tabaka	244	130	2.5	219	Dolgu-Bitkisel Toprak
	2.Tabaka	900	227	-		Kumlu Kil (Qal)
MASW II	1.Tabaka	214	127	2.5	254	Dolgu-Bitkisel Toprak
	2.Tabaka	885	265	-		Kumlu Kil (Qal)
SİS 1	1.Tabaka	585	150	4.0	465	Çakıllı kumlu kil (Qal)
	2.Tabaka	2131	688	-		
SİS 2	1.Tabaka	614	178	4.0	462	Çakıllı kumlu kil (Qal)
	2.Tabaka	1862	613	-		
SİS 3	1.Tabaka	685	276	3.0	571	Çakıllı kumlu kil (Qal)
	2.Tabaka	1849	649	-		
SİS 4	1.Tabaka	620	262	4.0	595	Kumlu siltli kil (Qal)
	2.Tabaka	1910	739	-		
SİS 5	1.Tabaka	504	310	5.0	611	Siltli kil (Qal)
	2.Tabaka	2137	758	-		
SİS 6	1.Tabaka	751	345	5.0	638	Kumlu çakıllı siltli kil (Qal)
	2.Tabaka	1942	769	-		
SİS 7	1.Tabaka	795	288	6.0	576	Kumlu çakıllı siltli kil (Qal)
	2.Tabaka	1839	768	-		
SİS 8	1.Tabaka	584	259	7.0	496	Kumlu çakıllı siltli kil (Qal)
	2.Tabaka	2111	688	-		
SİS 9	1.Tabaka	600	245	5.0	483	Kumlu çakıllı siltli kil (Qal)
	2.Tabaka	2081	599	-		
SİS 10	1.Tabaka	605	204	6.0	510	Kumlu çakıllı siltli kil (Qal)
	2.Tabaka	2010	817	-		
SİS 11	1.Tabaka	445	341	5.0	599	Kumlu çakıllı siltli kil (Qal)
	2.Tabaka	1503	705	-		
SİS 12	1.Tabaka	663	289	4.0	546	Kumlu çakıllı siltli kil (Qal)
	2.Tabaka	1842	632	-		
SİS 13	1.Tabaka	582	368	6.0	595	Kumlu çakıllı siltli kil (Qal)
	2.Tabaka	1560	703	-		
SİS 14	1.Tabaka	755	202	4.0	503	Kumlu çakıllı siltli kil (Qal)
	2.Tabaka	2112	652	-		
SİS 15	1.Tabaka	794	296	3.0	659	Kumlu çakıllı siltli kil (Qal)
	2.Tabaka	1841	763	-		
SİS 16	1.Tabaka	741	234	4.0	555	Kumlu çakıllı siltli kil (Qal)
	2.Tabaka	2014	704	-		

6.1.3.2. Zeminin Dinamik-Elastik Parametreleri

Zeminin dinamik elastisite parametrelerini belirlemek ve derindeki jeolojik yapıyı, faylanmaları, mühendislik parametreleri belirlemek amacıyla, her bir tabaka için yoğunluk (ρ), maksimum kayma modülü (G_{max}), dinamik elastisite young modülü (E_d), poisson oranı (μ), bulk modülü (K) ve kayma dalga hızı (V_{s30} m/sn) değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan mühendislik parametreleri (Çizelge 6.6)'de verilmiştir.

Çizelge 6.6. Vp ve Vs dalga hızlarına göre zemin dinamik-elastik mühendislik parametre değerleri

Serim No	Tbk No	Vp (m/sn)	Vs (m/sn)	Tbk h (m)	Vp/Vs	ρ gr/cm ³	poison (μ)	Vs ₃₀ (m/sn)	G _{max} (kg/cm ²)	E _d (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)
Masw 1	1.Tbk	224	127	4.5	1.76	1.64	0.26	218	270	683	481
	2.Tbk	906	226	-	4.01	1.80	0.47		979	2873	14435
Masw 2	1.Tbk	213	125	3	1.70	1.64	0.24	241	262	647	411
	2.Tbk	884	260	-	3.40	1.84	0.45		1293	3757	13226
Masw I	1.Tbk	244	130	2.5	1.88	1.65	0.30	219	278	725	609
	2.Tbk	900	227	-	3.96	1.80	0.47		929	2725	13371
MaswII	1.Tbk	214	127	2.5	1.69	1.64	0.23	254	265	650	398
	2.Tbk	885	265	-	3.34	1.85	0.45		1297	3764	12739
Sis 1	1.Tbk	585	150	4	3.90	1.52	0.46	465	343	1003	4783
	2.Tbk	2131	688	-	3.10	2.10	0.44		9954	28705	82228
Sis 2	1.Tbk	614	178	4	3.45	1.54	0.45	462	488	1420	5159
	2.Tbk	1862	613	-	3.04	2.03	0.44		7640	21992	60306
Sis 3	1.Tbk	685	276	3	2.48	1.58	0.40	571	1206	3384	5821
	2.Tbk	1849	649	-	2.85	2.03	0.43		8549	24446	57992
Sis 4	1.Tbk	620	262	4	2.37	1.54	0.39	595	1060	2950	4523
	2.Tbk	1910	739	-	2.58	2.05	0.41		11175	31558	59749
Sis 5	1.Tbk	504	310	5	1.63	1.47	0.20	611	1409	3370	1846
	2.Tbk	2137	758	-	2.82	2.10	0.43		12092	34536	79987
Sis 6	1.Tbk	751	345	5	2.18	1.62	0.37	638	1929	5270	6567
	2.Tbk	1942	769	-	2.53	2.05	0.41		12151	34193	61291
Sis 7	1.Tbk	795	288	6	2.76	1.64	0.42	576	1363	3884	8571
	2.Tbk	1839	768	-	2.39	2.03	0.39		11955	33340	52607
Sis 8	1.Tbk	584	259	7	2.25	1.52	0.38	496	1021	2812	3828
	2.Tbk	2111	688	-	3.07	2.10	0.44		9931	28613	80255
Sis 9	1.Tbk	600	245	5	2.45	1.53	0.40	483	920	2575	4290
	2.Tbk	2081	599	-	3.47	2.09	0.45		7501	21825	80532
Sis 10	1.Tbk	605	204	6	2.97	1.54	0.44	510	639	1835	4768
	2.Tbk	2010	817	-	2.46	2.07	0.40		13834	38764	65287
Sis 11	1.Tbk	445	341	5	1.30	1.42	-0.21	599	1653	2608	611
	2.Tbk	1503	705	-	2.13	1.93	0.36		9579	26035	30765
Sis 12	1.Tbk	663	289	4	2.29	1.57	0.38	546	1312	3628	5156
	2.Tbk	1842	632	-	2.91	2.03	0.43		8090	23191	57935
Sis 13	1.Tbk	582	368	6	1.58	1.52	0.17	595	2059	4805	2405
	2.Tbk	1560	703	-	2.22	1.95	0.37		9614	26392	34523
Sis 14	1.Tbk	755	202	4	3.74	1.62	0.46	503	662	1935	8365
	2.Tbk	2112	652	-	3.24	2.10	0.45		8920	25820	81703
Sis 15	1.Tbk	794	296	3	2.68	1.64	0.42	659	1440	4088	8441
	2.Tbk	1841	763	-	2.41	2.03	0.40		11803	32961	52978
Sis 16	1.Tbk	741	234	4	3.17	1.61	0.44	555	884	2554	7686
	2.Tbk	2014	704	-	2.86	2.07	0.43		10277	29400	70406

6.1.3.2.1. Yoğunluk (ρ)

Boyuna dalga hızına göre amprik olarak Telford (1976) tarafından verilen yoğunluk $\rho=0.31 \times V_p^{0.25}$ formülünden hesaplanır. Burada; ρ =Yoğunluk (gr/cm³), V_p =Boyuna dalga hızı (m/sn). dır. V_p hızına bağlı olarak birinci tabaka birimine ait doğal yoğunluk değeri 16.4-19.4 kN/m³ arasında hesaplanmıştır. Buna göre birim orta-yüksek yoğunluğa sahip zemin özelliğindedir. İkinci tabaka (alüvyon) birimine ait doğal yoğunluk değeri 18.0-2.16 kN/m³ dür. Buna göre birim orta-yüksek yoğunluğa sahip zemin özelliğindedir.

Çizelge 6.7. Zemin birimlerin yoğunluk değerlerine göre sınıflaması (Keçeli,1990)

Yoğunluk - ρ (gr/cm ³)	Tanımlama
<1.20	Çok düşük
1.20-1.40	Düşük
1.40-1.90	Orta
1.90-2.20	Yüksek
> 2.20	Çok yüksek

Serim No	Tabak No	Yoğunluk (ρ) gr/cm ³	Yoğunluk Tanımlama
Masw 1	1.Tbk	1.64	Orta yoğunluk
	2.Tbk	1.80	Orta yoğunluk
Masw 2	1.Tbk	1.64	Orta yoğunluk
	2.Tbk	1.84	Orta yoğunluk
Masw I	1.Tbk	1.65	Orta yoğunluk
	2.Tbk	1.80	Orta yoğunluk
Masw II	1.Tbk	1.64	Orta yoğunluk
	2.Tbk	1.85	Orta yoğunluk
SİS 1	1.Tbk	1.52	Orta yoğunluk
	2.Tbk	2.10	Yüksek yoğunluk
SİS 2	1.Tbk	1.54	Orta yoğunluk
	2.Tbk	2.03	Yüksek yoğunluk
SİS 3	1.Tbk	1.58	Orta yoğunluk
	2.Tbk	2.03	Yüksek yoğunluk
SİS 4	1.Tbk	1.54	Orta yoğunluk
	2.Tbk	2.05	Yüksek yoğunluk
SİS 5	1.Tbk	1.47	Orta yoğunluk
	2.Tbk	2.10	Yüksek yoğunluk
SİS 6	1.Tbk	1.62	Yüksek yoğunluk
	2.Tbk	2.05	Yüksek yoğunluk
SİS 7	1.Tbk	1.64	Orta yoğunluk
	2.Tbk	2.03	Yüksek yoğunluk
SİS 8	1.Tbk	1.52	Orta yoğunluk
	2.Tbk	2.10	Yüksek yoğunluk
SİS 9	1.Tbk	1.53	Orta yoğunluk
	2.Tbk	2.09	Yüksek yoğunluk
SİS 10	1.Tbk	1.54	Orta yoğunluk
	2.Tbk	2.07	Yüksek yoğunluk
SİS 11	1.Tbk	1.42	Yüksek yoğunluk
	2.Tbk	1.93	Yüksek yoğunluk
SİS 12	1.Tbk	1.57	Orta yoğunluk
	2.Tbk	2.03	Yüksek yoğunluk
SİS 13	1.Tbk	1.52	Yüksek yoğunluk
	2.Tbk	1.95	Yüksek yoğunluk
SİS 14	1.Tbk	1.62	Orta yoğunluk
	2.Tbk	2.10	Yüksek yoğunluk
SİS 15	1.Tbk	1.64	Orta yoğunluk
	2.Tbk	2.03	Yüksek yoğunluk
SİS 16	1.Tbk	1.61	Orta yoğunluk
	2.Tbk	2.07	Yüksek yoğunluk

6.1.3.2.2. Poisson Oranı (μ)

Poisson oranı 0.0-0.50 arasında değişir. Birimsizdir. Poisson oranı formülü;

$\mu = (0.50 \times (V_p/V_s)^2 - 1.0) / ((V_p/V_s)^2 - 1.0)$, $\mu = (V_p^2 - 2V_s^2) / (2V_p^2 - 2V_s^2)$ olarak belirlenmiştir.
 μ =Poisson oranı (boyutsuz), V_p =Boyuna dalga hızı (m/sn), V_s =Kayma dalgası hızı (m/sn)

Çizelge 6.8. Poisson sınıflaması ve hız oranı karşılaştırılması (A. Ercan, 2001)

Poisson (μ)		Sıklık	V_p/V_s
0.5		Cıvık - Sıvı	0.5
0.4-0.5		Çok Gevşek	0.4-0.5
0.3-0.39		Gevşek	0.3-0.39
0.2-0.29		Sıkı - Katı	0.2-0.29
0.1-0.19		Katı	0.1-0.19
0.0-0.09		Sağlam	0.0-0.09

Serim No	Tabak No	Poisson Oranı (μ)	μ 'e bağlı zemin sıklık sınıflama
Masw 1	1.Tbk	0.26	Sıkı - Katı
	2.Tbk	0.47	Çok gevşek
Masw 2	1.Tbk	0.24	Sıkı - Katı
	2.Tbk	0.45	Çok gevşek
Masw I	1.Tbk	0.30	Gevşek
	2.Tbk	0.47	Çok gevşek
Masw II	1.Tbk	0.23	Sıkı - Katı
	2.Tbk	0.45	Çok gevşek
SİS 1	1.Tbk	0.46	Çok gevşek
	2.Tbk	0.44	Çok gevşek
SİS 2	1.Tbk	0.45	Çok gevşek
	2.Tbk	0.44	Çok gevşek
SİS 3	1.Tbk	0.40	Çok gevşek
	2.Tbk	0.43	Çok gevşek
SİS 4	1.Tbk	0.39	Gevşek
	2.Tbk	0.41	Çok gevşek
SİS 5	1.Tbk	0.20	Sıkı - Katı
	2.Tbk	0.43	Çok gevşek
SİS 6	1.Tbk	0.37	Gevşek
	2.Tbk	0.41	Çok gevşek
SİS 7	1.Tbk	0.42	Çok gevşek
	2.Tbk	0.39	Gevşek
SİS 8	1.Tbk	0.38	Gevşek
	2.Tbk	0.44	Çok gevşek
SİS 9	1.Tbk	0.40	Çok gevşek
	2.Tbk	0.45	Çok gevşek
SİS 10	1.Tbk	0.44	Çok gevşek
	2.Tbk	0.40	Çok gevşek
SİS 11	1.Tbk	0.21	Sıkı - Katı
	2.Tbk	0.36	Gevşek
SİS 12	1.Tbk	0.38	Gevşek
	2.Tbk	0.43	Çok gevşek
SİS 13	1.Tbk	0.17	Katı
	2.Tbk	0.37	Gevşek
SİS 14	1.Tbk	0.46	Çok gevşek
	2.Tbk	0.45	Çok gevşek
SİS 15	1.Tbk	0.42	Çok gevşek
	2.Tbk	0.40	Çok gevşek
SİS 16	1.Tbk	0.44	Çok gevşek
	2.Tbk	0.43	Çok gevşek

6.1.3.2.3. Dinamik Bulk (Compressibility) Modülü (K)

Bulk kayacın sıkışmazlığını kontrol eden modüldür. $K = E_d / (3 \times (1 - 2 \times \mu))$ dır.

K=Dinamik Bulk modülü (kg/cm²), E_d=Dinamik elastisite modülü (kg/cm²)

Çizelge 6.9. Bulk modülüne göre zemin durumu (ASTM,1978)

Bulk Modülü (K) (kg/cm ²)	Sıkışma Özelliği
K < 400	Çok Az
400 < K < 10000	Az
10000 < K < 40000	Orta
40000 < K < 100000	Yüksek
100000 < K	Çok Yüksek

Serim No	Tabak No	Bulk Modülü (K)(kg/cm ²)	K'e göre sıkışma direnci
Masw 1	1.Tbk	481	Az sıkışma
	2.Tbk	14435	Orta
Masw 2	1.Tbk	411	Az sıkışma
	2.Tbk	13226	Orta
Masw I	1.Tbk	609	Az sıkışma
	2.Tbk	13371	Orta
Masw II	1.Tbk	398	Az sıkışma
	2.Tbk	12739	Orta
SİS 1	1.Tbk	5268	Az sıkışma
	2.Tbk	82727	Yüksek
SİS 2	1.Tbk	5809	Az sıkışma
	2.Tbk	61831	Yüksek
SİS 3	1.Tbk	6834	Az sıkışma
	2.Tbk	59982	Yüksek
SİS 4	1.Tbk	5401	Az sıkışma
	2.Tbk	62366	Yüksek
SİS 5	1.Tbk	2381	Az sıkışma
	2.Tbk	81450	Yüksek
SİS 6	1.Tbk	7788	Az sıkışma
	2.Tbk	64045	Yüksek
SİS 7	1.Tbk	9754	Az sıkışma
	2.Tbk	55718	Yüksek
SİS 8	1.Tbk	4632	Az sıkışma
	2.Tbk	80932	Yüksek
SİS 9	1.Tbk	5110	Az sıkışma
	2.Tbk	80001	Yüksek
SİS 10	1.Tbk	5508	Az sıkışma
	2.Tbk	68172	Yüksek
SİS 11	1.Tbk	825	Az sıkışma
	2.Tbk	33884	Yüksek
SİS 12	1.Tbk	6143	Az sıkışma
	2.Tbk	59836	Yüksek
SİS 13	1.Tbk	3068	Az sıkışma
	2.Tbk	37655	Orta
SİS 14	1.Tbk	9131	Az sıkışma
	2.Tbk	81793	Yüksek
SİS 15	1.Tbk	9648	Az sıkışma
	2.Tbk	56047	Yüksek
SİS 16	1.Tbk	8628	Az sıkışma
	2.Tbk	72058	Yüksek

6.1.3.2.4. Dinamik Kayma (Rijidite, Shear) Modülü (G_{max})

Dinamik kayma modülü enine dalga hızı ile yoğunluğa bağlıdır. Kayma modülü formülü; $G_{max}=V_s^2 \times \rho / 100$ (kg/cm^2), V_s =Enine dalga hızı (m/sn), ρ =Yoğunluk (gr/cm^3)

Çizelge 6.10. Maksimum kayma modülüne göre zemin özelliği tanımlamaları (Bowles, 1988)

Maksimum Kayma Modülü G_{max} (kg/cm^2)		Zemin Özelliği	
$0 < G_{max} < 600$		Gevşek zeminler	
$600 < G_{max} < 3000$		Orta sağlam zeminler	
$3000 < G_{max} < 10000$		Sağlam zeminler	
$10000 < G_{max}$		Çok Sağlam zeminler	

Serim No	Tabak No	Kayma Modülü (G_{max})	G_{max} 'e göre zemin özelliği
Masw 1	1.Tbk	270	Gevşek
	2.Tbk	979	Orta sağlam
Masw 2	1.Tbk	262	Gevşek
	2.Tbk	1293	Orta sağlam
Masw I	1.Tbk	278	Gevşek
	2.Tbk	929	Orta sağlam
Masw II	1.Tbk	265	Gevşek
	2.Tbk	1297	Orta sağlam
SİS 1	1.Tbk	343	Gevşek
	2.Tbk	9954	Çok sağlam
SİS 2	1.Tbk	488	Gevşek
	2.Tbk	7640	Sağlam
SİS 3	1.Tbk	1206	Orta sağlam
	2.Tbk	8549	Sağlam
SİS 4	1.Tbk	1060	Orta sağlam
	2.Tbk	11175	Çok Sağlam
SİS 5	1.Tbk	1409	Orta sağlam
	2.Tbk	12092	Çok Sağlam
SİS 6	1.Tbk	1929	Orta sağlam
	2.Tbk	12151	Çok Sağlam
SİS 7	1.Tbk	1363	Orta sağlam
	2.Tbk	11955	Çok Sağlam
SİS 8	1.Tbk	1021	Orta sağlam
	2.Tbk	9931	Çok Sağlam
SİS 9	1.Tbk	920	Orta sağlam
	2.Tbk	7501	Sağlam
SİS 10	1.Tbk	639	Orta sağlam
	2.Tbk	13834	Çok Sağlam
SİS 11	1.Tbk	1653	Orta sağlam
	2.Tbk	9579	Çok Sağlam
SİS 12	1.Tbk	1312	Orta sağlam
	2.Tbk	8090	Sağlam
SİS 13	1.Tbk	2059	Orta sağlam
	2.Tbk	9614	Çok Sağlam
SİS 14	1.Tbk	662	Orta sağlam
	2.Tbk	8920	Sağlam
SİS 15	1.Tbk	1440	Orta sağlam
	2.Tbk	11803	Çok Sağlam
SİS 16	1.Tbk	884	Orta sağlam
	2.Tbk	10277	Çok Sağlam

6.1.3.2.5. Dinamik Elastisite (Young) Modülü (E_d)

Dinamik elastisite modülü (E_d); Jeolojik birimlerin mukavemetinin bir ölçüsüdür (Keçeli,1990). Formül, $E_d=2 \times (1+\mu) \times G_{\max} \rightarrow E_d=G_{\max} \times (3 \times V_p^2 - 4 \times V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2)$ kg/cm²

Çizelge 6.11. Dinamik elastisite modülüne göre zemin özelliği tanımlamaları (Bowles, 1988)

Elastisite Modülü (E_d) kg / cm ²		Zemin Özelliği	
0< E_d <2000		Gevşek zeminler	
2000< E_d <10000		Orta sağlam zeminler	
10000< E_d <30000		Sağlam zeminler	
30000< E_d		Çok Sağlam zeminler	

Serim No	Tabak No	Elastisite Modülü (E_d) kg/cm ²	E_d 'e göre zemin özelliği
Masw 1	1.Tbk	683	Gevşek
	2.Tbk	2873	Orta sağlam
Masw 2	1.Tbk	647	Gevşek
	2.Tbk	3757	Orta sağlam
Masw I	1.Tbk	725	Gevşek
	2.Tbk	2725	Orta sağlam
Masw II	1.Tbk	650	Gevşek
	2.Tbk	3764	Orta sağlam
SİS 1	1.Tbk	1003	Gevşek
	2.Tbk	28705	Sağlam
SİS 2	1.Tbk	1420	Gevşek
	2.Tbk	21992	Sağlam
SİS 3	1.Tbk	3384	Orta sağlam
	2.Tbk	24446	Sağlam
SİS 4	1.Tbk	2950	Orta sağlam
	2.Tbk	31558	Çok Sağlam
SİS 5	1.Tbk	3370	Orta sağlam
	2.Tbk	34536	Çok Sağlam
SİS 6	1.Tbk	5270	Orta sağlam
	2.Tbk	34193	Çok Sağlam
SİS 7	1.Tbk	3884	Orta sağlam
	2.Tbk	33340	Çok Sağlam
SİS 8	1.Tbk	2812	Orta sağlam
	2.Tbk	28613	Sağlam
SİS 9	1.Tbk	2575	Orta sağlam
	2.Tbk	21825	Sağlam
SİS 10	1.Tbk	1835	Orta sağlam
	2.Tbk	38764	Çok Sağlam
SİS 11	1.Tbk	2608	Orta sağlam
	2.Tbk	26035	Sağlam
SİS 12	1.Tbk	3628	Orta sağlam
	2.Tbk	23191	Sağlam
SİS 13	1.Tbk	4805	Orta sağlam
	2.Tbk	26392	Sağlam
SİS 14	1.Tbk	1935	Orta sağlam
	2.Tbk	25820	Sağlam
SİS 15	1.Tbk	4088	Orta sağlam
	2.Tbk	32961	Çok Sağlam
SİS 16	1.Tbk	2554	Orta sağlam
	2.Tbk	29400	Çok Sağlam

6.1.3.3. Sismik Hız oranı (Vp/Vs)

Vp/Vs oranı zeminin sıklılığı ve alüvyonda suya doygunluğu gösterir. Sismik kırılma yöntemiyle elde edilen Vp/Vs oranları Çizelge 6.12’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 6.12. İnceleme alanından elde edilen Vp/Vs oranları (Ercan,2001)

Zemin/Kaya Sıklılığı	Vp/Vs oranları	Vp/Vs oranları	Suya Doygunluk
Çok Gevşek	> 2.49	2.75 <	Suya Doygun
Gevşek	2.49-1.87	1.75-2.74	Kısmen Doygun
Sıkı - Katı	1.87-1.71	1.74 >	Doygun Değil
Katı	1.71-1.50		
Sağlam	1.50-1.41		

Serim No	Tabak No	Vp/Vs oranları	Zemin Sıklılığı Tanımlama	Suya Doygunluk
Masw 1	1.Tbk	1.76	Sıkı - Katı	Kısmen doymun
	2.Tbk	4.01	Çok Gevşek	Suya doymun
Masw 2	1.Tbk	1.70	Sıkı - Katı	Doygun değil
	2.Tbk	3.40	Çok Gevşek	Suya doymun
Masw I	1.Tbk	1.88	Sıkı - Katı	Kısmen doymun
	2.Tbk	3.96	Çok Gevşek	Suya doymun
Masw II	1.Tbk	1.69	Katı	Doygun değil
	2.Tbk	3.34	Çok Gevşek	Suya doymun
Sis 1	1.Tbk	3.90	Çok Gevşek	Suya doymun
	2.Tbk	3.10	Çok Gevşek	Suya doymun
Sis 2	1.Tbk	3.45	Çok Gevşek	Suya doymun
	2.Tbk	3.04	Çok Gevşek	Suya doymun
Sis 3	1.Tbk	2.48	Gevşek	Kısmen doymun
	2.Tbk	2.85	Çok Gevşek	Suya doymun
Sis 4	1.Tbk	2.37	Gevşek	Kısmen doymun
	2.Tbk	2.58	Çok Gevşek	Kısmen doymun
Sis 5	1.Tbk	1.63	Katı	Doygun değil
	2.Tbk	2.82	Çok Gevşek	Suya doymun
Sis 6	1.Tbk	2.18	Gevşek	Kısmen doymun
	2.Tbk	2.53	Çok Gevşek	Kısmen doymun
Sis 7	1.Tbk	2.76	Gevşek	Kısmen doymun
	2.Tbk	2.39	Gevşek	Kısmen doymun
Sis 8	1.Tbk	2.25	Gevşek	Kısmen doymun
	2.Tbk	3.07	Çok Gevşek	Suya doymun
Sis 9	1.Tbk	2.45	Gevşek	Kısmen doymun
	2.Tbk	3.47	Çok Gevşek	Suya doymun
Sis 10	1.Tbk	2.97	Çok Gevşek	Suya doymun
	2.Tbk	2.46	Çok Gevşek	Kısmen doymun
Sis 11	1.Tbk	1.30	Sağlam	Doygun değil
	2.Tbk	2.13	Gevşek	Kısmen doymun
Sis 12	1.Tbk	2.29	Gevşek	Kısmen doymun
	2.Tbk	2.91	Çok Gevşek	Suya doymun
Sis 13	1.Tbk	1.58	Katı	Doygun değil
	2.Tbk	2.22	Gevşek	Kısmen doymun
Sis 14	1.Tbk	3.74	Çok Gevşek	Suya doymun
	2.Tbk	3.24	Çok Gevşek	Suya doymun
Sis 15	1.Tbk	2.68	Çok Gevşek	Kısmen doymun
	2.Tbk	2.41	Gevşek	Kısmen doymun
Sis 16	1.Tbk	3.17	Çok Gevşek	Suya doymun
	2.Tbk	2.86	Çok Gevşek	Suya doymun

6.1.3.4. Boyuna Dalga Hızı (Vp)-Sökülebilirlik Sınıflandırılması

Vp dalgaları her türlü ortamda (katı, sıvı) yayılırlar. Gevşek zeminlerde Vp dalgası hızı düşük, sıkışması zor olan kaya zeminlerde Vp dalgası hızı yüksek çıkmaktadır.

İnceleme alanında yapılan sismik kırılma çalışmalarında elde edilen Vp hızlarına bağlı olarak inceleme alanının sökülebilirlik sınıflandırılması yapılmıştır (Çizelge 6.13).

Çizelge 6.13. İnceleme alanının Vp Hızları ve Araç ile sökülebilirlik sınıflandırılması (Bailey, 1975)

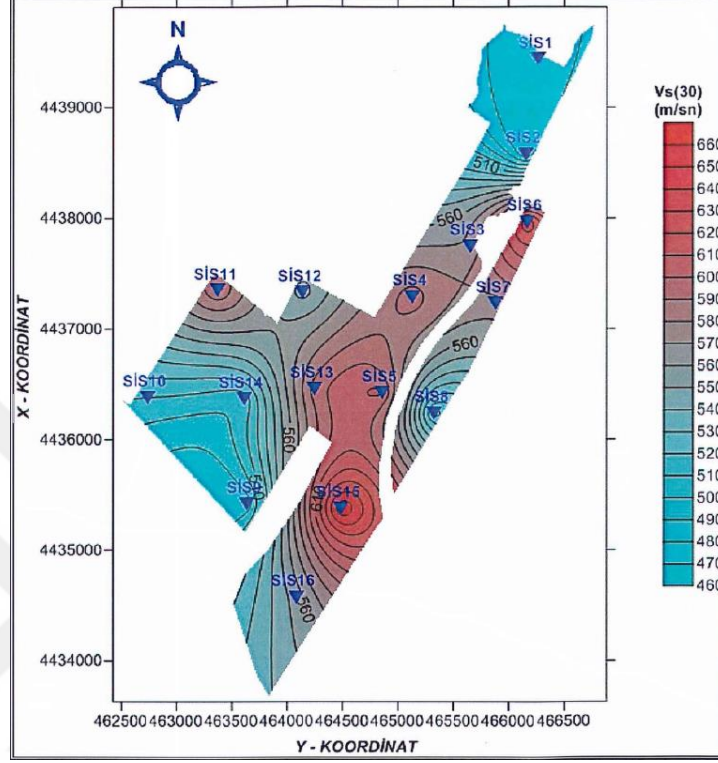
Vp Dalga Hızı (m/sn)		Sökülebilirlik		
305-610		Çok Kolay		
610-915		Kolay		
915-1525		Orta		
1525-2135		Zor		
2135-2440		Çok Zor		
2440-2743		Son Derece Zor		

Serim No	Tabak No	Vp Hızları	Sökülebilirlik Sınıflama	Litoloji
SİS 1	1.Tbk	585	Çok kolay	Çakıllı kumlu Kil
	2.Tbk	2131	Zor	
SİS 2	1.Tbk	614	Kolay	Çakıllı kumlu Kil
	2.Tbk	1862	Zor	
SİS 3	1.Tbk	685	Kolay	Çakıllı kumlu Kil
	2.Tbk	1849	Zor	
SİS 4	1.Tbk	620	Kolay	Kumlu siltli Kil
	2.Tbk	1910	Zor	
SİS 5	1.Tbk	504	Çok kolay	Siltli Kil
	2.Tbk	2137	Çok zor	
SİS 6	1.Tbk	751	Kolay	Kumlu çakıllı siltli Kil
	2.Tbk	1942	Zor	
SİS 7	1.Tbk	795	Kolay	Kumlu çakıllı siltli Kil
	2.Tbk	1839	Zor	
SİS 8	1.Tbk	584	Çok kolay	Kumlu çakıllı siltli Kil
	2.Tbk	2111	Zor	
SİS 9	1.Tbk	600	Çok kolay	Kumlu çakıllı siltli Kil
	2.Tbk	2081	Zor	
SİS 10	1.Tbk	605	Çok kolay	Kumlu çakıllı siltli Kil
	2.Tbk	2010	Zor	
SİS 11	1.Tbk	445	Çok kolay	Kumlu çakıllı siltli Kil
	2.Tbk	1503	Orta	
SİS 12	1.Tbk	663	Kolay	Kumlu çakıllı siltli Kil
	2.Tbk	1842	Zor	
SİS 13	1.Tbk	582	Çok kolay	Kumlu çakıllı siltli Kil
	2.Tbk	1560	Zor	
SİS 14	1.Tbk	755	Kolay	Kumlu çakıllı siltli Kil
	2.Tbk	2112	Zor	
SİS 15	1.Tbk	794	Kolay	Kumlu çakıllı siltli Kil
	2.Tbk	1841	Zor	
SİS 16	1.Tbk	741	Kolay	Kumlu çakıllı siltli Kil
	2.Tbk	2014	Zor	

6.1.3.5. $V_{s(30)}$ Kayma Dalgası Hızı

V_{s30} Kayma Dalgası Hızı, 30 metre derinliğe kadar ortalama kayma dalgası hızıdır.

V_{s30} dağılımı haritası Şekil 6.8’de verilmiştir.



Şekil 6.8. İnceleme alanının $V_{s(30)}$ hız dağılımı

Çizelge 6.14. Her sismik profile hesaplanan V_{s30} değerleri

Serim No	Düşey (Y)	Yatay (X)	V_{s30} (m/sn)	Litoloji
MASW 1	465.976.272	4.439.068.713	218	Çakıllı Kumlu Kil
MASW 2	465.976.272	4.438.981.078	241	Çakıllı Kumlu Kil
MASW I	464.315.898	4.435.187.434	219	Çakıllı Kumlu Kil
MASW II	464.317.650	4.435.089.283	254	Kumlu Siltli Kil
SİS 1	466.254.694	4.439.388.028	465	Siltli Kil
SİS 2	466.080.885	4.438.510.223	462	Kumlu Çakıllı Siltli Kil
SİS 3	465.586.111	4.437.732.651	571	Kumlu Çakıllı Siltli Kil
SİS 4	465.143.069	4.437.456.359	595	Kumlu Çakıllı Siltli Kil
SİS 5	464.853.389	4.436.519.157	611	Kumlu Çakıllı Siltli Kil
SİS 6	466.168.564	4.438.012.635	638	Kumlu Çakıllı Siltli Kil
SİS 7	465.887.133	4.437.346.687	576	Kumlu Çakıllı Siltli Kil
SİS 8	465.391.059	4.436.374.060	496	Kumlu Çakıllı Siltli Kil
SİS 9	463.570.051	4.435.318.507	483	Kumlu Çakıllı Siltli Kil
SİS 10	462.679.077	4.436.329.576	510	Kumlu Çakıllı Siltli Kil
SİS 11	463.306.823	4.437.309.481	599	Kumlu Çakıllı Siltli Kil
SİS 12	464.063.364	4.437.271.080	546	Kumlu Çakıllı Siltli Kil
SİS 13	464.136.496	4.436.476.798	595	Çakıllı Kumlu Kil
SİS 14	463.596.895	4.436.474.770	503	Çakıllı Kumlu Kil
SİS 15	464.426.975	4.435.482.148	659	Çakıllı Kumlu Kil
SİS 16	463.989.230	4.434.529.943	555	Kumlu Siltli Kil

Zemin Grubu ve Yerel Zemin Sınıfı belirleme

Masw yöntemiyle hesaplanan V_{s30} değerlerine göre zemin sınıfı Çizelge 6.15' de verilmiştir. V_{s30} değerleri kullanılarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 göre hesaplanan Yerel Zemin Sınıfı ($V_{s30}=218-659$ m/sn arasında hesaplanmıştır.) Z_C ve Z_D olarak belirlenmiştir.

Çizelge 6.15. Yerel Zemin Sınıfları (TBDY 2018)

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

6.1.3.6. Rezistivite (Özdirenç) Çalışmaları

Çalışma alanında 10 noktada Düşey Elektrik Sondaj (DES) çalışması yapılmıştır. Düşey Elektrik Sondaj ölçümlerinin lokasyon koordinatları Çizelge 6.16'de verilmiştir.

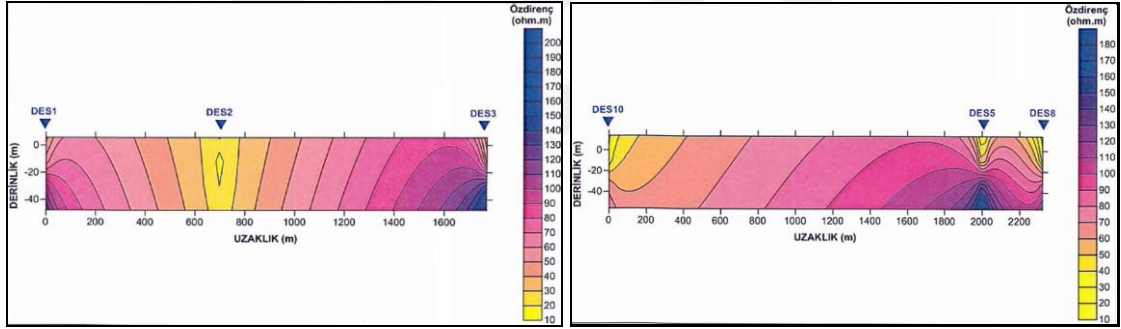
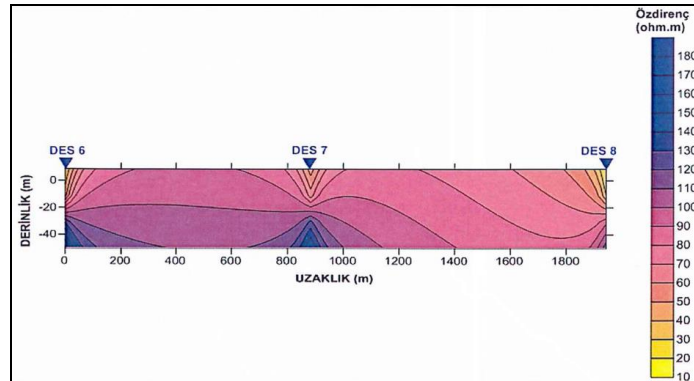
Çizelge 6.16. Rezistivite (Özdirenç) ölçü noktalarının koordinatları

DES No	Düşey (Y)	Yatay (X)
DES 1	466.167.703	4.439394.189
DES 2	465.856.773	4.438621.143
DES 3	465.463.119	4.437674.089
DES 4	465.020.970	4.437149.217
DES 5	464.601.642	4.436427.516
DES 6	466.136.896	4.437885.180
DES 7	465.712.433	4.437053.370
DES 8	465.133.932	4.436406.407
DES 9	463.696.902	4.435657.702
DES 10	462.784.079	4.436532.491

Ölçümlerin değerlendirilmesi sonucu Çizelge 6.17'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 6.17. Rezistivite ölçü noktalarında belirlenen öz direnç, tabaka derinliği, muhtemel litoloji

DES No	Tabaka No	Tabaka Derinliği (m)	Özdirenç (Ω m)	Muhtemel Litoloji	Jeolojik Birim
DES 1	1.Tbk	5.5	38	Çakıllı kumlu siltli KİL (YASS)	Alüvyon (Qal)
	2.Tbk	-	128	Kumlu çakıllı KİL	
DES 2	1.Tbk	2	32	Çakıllı kumlu siltli KİL	Alüvyon (Qal)
	2.Tbk	-	10	Kumlu çakıllı KİL (YASS)	
DES 3	1.Tbk	3	35	Kumlu KİL (YASS)	Alüvyon (Qal)
	2.Tbk	-	52	Siltli KİL	
DES 4	1.Tbk	2	29	Kumlu siltli KİL (YASS)	Alüvyon (Qal)
	2.Tbk	-	67	Kumlu siltli KİL	
DES 5	1.Tbk	2	34	Siltli KİL (YASS)	Alüvyon (Qal)
	2.Tbk	-	54	Siltli KİL	
DES 6	1.Tbk	1.5	33	Dolgu	Alüvyon (Qal)
	2.Tbk	-	51	Çakıllı kumlu siltli KİL (YASS)	
DES 7	1.Tbk	5	47	Kumlu siltli KİL	Alüvyon (Qal)
	2.Tbk	-	151	Çakıllı kumlu siltli KİL	
DES 8	1.Tbk	8	21	Çakıllı kumlu siltli KİL (YASS)	Alüvyon (Qal)
	2.Tbk	-	116	Çakıllı kumlu siltli KİL	
DES 9	1.Tbk	7	32	Kumlu siltli KİL	Alüvyon (Qal)
	2.Tbk	-	67	Çakıllı kumlu siltli KİL	
DES 10	1.Tbk	8	30	Kumlu siltli KİL	Alüvyon (Qal)
	2.Tbk	-	76	Çakıllı kumlu siltli KİL	

**Şekil 6.9.** DES 1, DES 2, DES 3 öz direnç dağılımı **Şekil 6.10.** DES 10, DES 5, DES 8 öz direnç dağılımı**Şekil 6.11.** DES 6 - DES 7- DES 8 profilinin öz direnç dağılımı

Şekil 6.9, Şekil 6.10 ve Şekil 6.11'deki profilde sarı renkten mavi renge doğru öz direnç değerleri artmaktadır.

Korozyon, metalik malzemelerin aşındırılması ve metalik özelliklerini kaybetmesi ve kullanılmaz hale gelmesi olarak tanımlanabilir.

Hesaplanan rezistivite değerlerine göre BS1021 ve TS 5141 EN 12954 standardı kullanılarak (Çizelge 6.18) korozyon sınıflaması (Çizelge 6.19) yapılmıştır.

Çizelge 6.18. BS1021 ve TS 5141 EN 12954 'e göre zemin rezistivitesi ve korozyon derecesi sınıflaması

BS1021 standardı		TS 5141 EN 12954 standardı	
Zemin Rezistivitesi (Ω m)	Korozyon Derecesi	Zemin Rezistivitesi (Ω m)	Korozyon Derecesi
<10	Yüksek korozif	$\rho < 10$ ohm.m	Çok korozif
10-100	Orta korozif	$10 < \rho < 30$ ohm.m	Korozif
>100	Hafif korozif	$30 < \rho < 100$ ohm.m	Orta korozif
		$\rho > 100$ ohm.m	Korozif değil

Çizelge 6.19. Çalışma alanı zemin rezistivitesi ve korozyon derecesi sınıflaması

Ölçü noktası	BS 1021 standardı	TS 5141 EN 12954 standardı
DES 1	Orta korozif	Orta korozif
DES 2	Orta korozif	Korozif
DES 3	Orta korozif	Orta korozif
DES 4	Orta korozif	Orta korozif
DES 5	Orta korozif	Orta korozif
DES 6	Orta korozif	Orta korozif
DES 7	Orta korozif	Orta korozif
DES 8	Orta korozif	Korozif
DES 9	Orta korozif	Orta korozif
DES 10	Orta korozif	Orta korozif

Korozyondan korunma yöntemleri, Uygun malzeme seçimi, kaplamalar, doğru tasarım, katodik koruma olarak sıralanabilir.

Korozyondan korunmanın en ekonomik yolu; yapı tasarım aşamasında, korozyon önleyici tedbirlerin proje üzerinde yapılan gerekli değişiklikler ve önlemlerin alınmasıyla olanıdır. Tek tip metal kullanılması fiziksel ve kimyasal problemleri azaltır.

Önlenemeyen korozyonun daha tasarımdayken malzeme kalınlığına verilecek bir korozyon payı gibi ilaveyle düşünülmesi yine bu aşamada yapılır. Katodik veya anodik koruma gerektiren durumlarda gerekli bağlantı yerleri bu aşamada öngörülmelidir.

Korozyona dayanıklı pahalı alaşımlar yerine ekonomik ve kolay korozyona uğrayacak malzemeler yüzeyleri koruyucu tabakalarla örtülerek kullanılabilir.

Yapılaşma esnasında zorunlu olarak birbirleriyle temas halindeki metallerin birbirleriyle elektrik kontağı olmayacak hassasiyette yalıtılması gerekir.

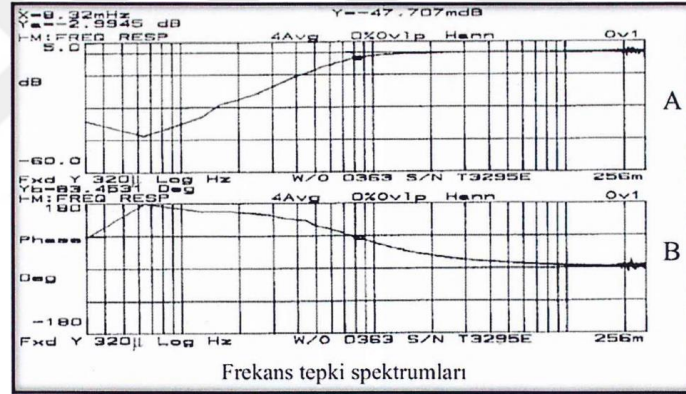
6.1.3.7. Mikrotremör Çalışmaları

İnceleme alanında yapılan 16 adet Mikrotremör ölçümü (MT) yapılmıştır.



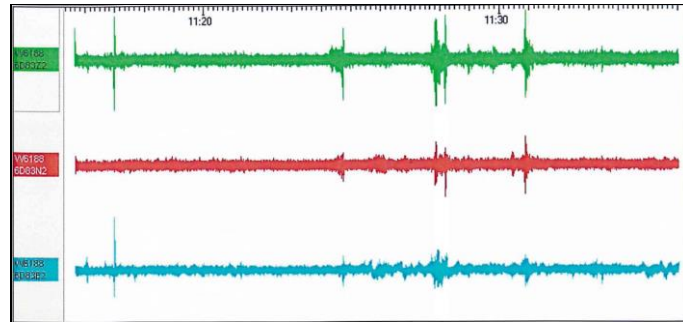
Şekil 6.12. GURALP CMG-6TD 3 bileşenli mikrotremör cihazı

Sismometrenin örnekleme frekans aralığı 30 sn -100 Hz ve 1Hz-100 Hz'dir. Kullanılan sismometrenin tepki spektrumu Şekil 6.13'de verilmiştir.



Şekil 6.13. Sismometrenin Tepki Spektrumu

Değerlendirme sonucunda baskın frekans, baskın periyot ile H/V oranı elde edilmiş ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 göre zemin sınıflaması yapılmıştır.



Şekil 6.14. Mikrotremör ölçümleri sırasında alınan kaydın bilgisayar ekranındaki görüntüsü

Mikrotremör (MT) ölçüm noktalarının koordinatları Çizelge 6.20’de verilmiştir.

Çizelge 6.20. Mikrotremör ölçü noktalarının koordinatları

MT No	Düşey (Y)	Yatay (X)	Litoloji	Formasyon
MT 1	466.097.355	4.439.228.811	Çakıllı kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
MT 2	466.004.931	4.438.366.194	Çakıllı kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
MT 3	465.507.671	4.437.483.722	Kumlu siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 4	464.777.413	4.437.035.869	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 5	464.728.919	4.436.128.751	Siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 6	466.072.480	4.437.640.614	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 7	465.559.017	4.436.804.811	Kumlu siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 8	464.995.254	4.435.673.291	Kumlu siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 9	463.431.095	4.435.568.697	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 10	462.900.992	4.436.407.828	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 11	463.336.009	4.437.116.216	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 12	463.942.181	4.436.911.782	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 13	464.106.203	4.436.550.456	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 14	463.150.592	4.436.819.073	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 15	464.380.050	4.435.359.698	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 16	463.957.870	4.434.432.613	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)

6.1.3.7.1. Mikrotremör Verilerin İşlenmesi ve Değerlendirilmesi

Mikrotremör verilerin analizinde yaygın olarak üç yöntem kullanılmaktadır.

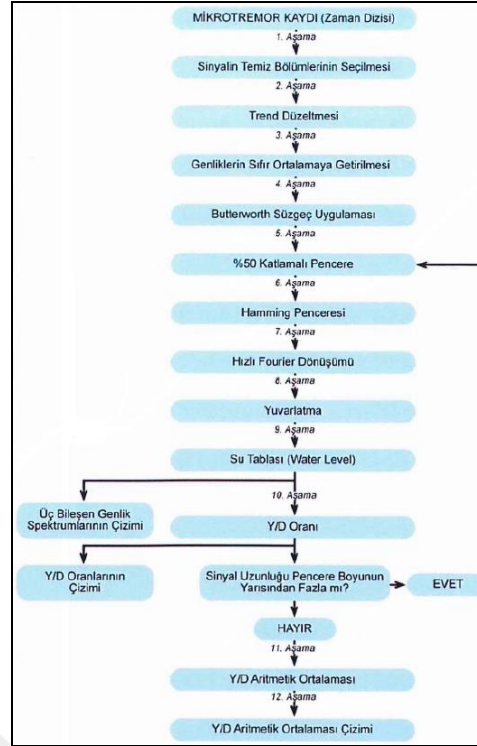
1. Fourier genliklerinin ya da güç spektrumlarının yorumlanması
2. Referans noktasına göre spektral oran hesaplanması
3. Yatay bileşenin düşey bileşene spektral oranı (Nakamura Yöntemi).

Spektral analiz yöntemleri dışındaki bir yöntem de Kanai 1961 tarafından geliştirilen mikrotremörlerin çözümlemesi ve zemin sınıflamasını içeren Sıfır Kesme Yöntemi olarak da bilinen bir yöntemdir. Bu yöntemde mikrotremörlerin içerdiği periyotlara ait periyot dağılım eğrileri oluşturularak, belirlenen frekanslara göre zemin sınıflaması yapılmaktadır. Frekanstan yola çıkarak baskın periyot; $T_0=1/F$

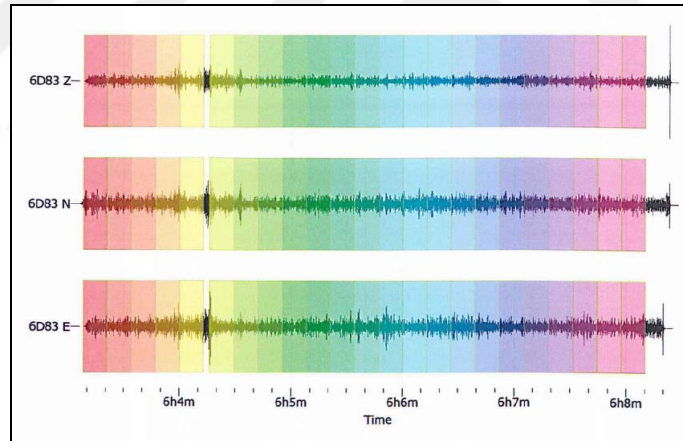
Zemin hakim titreşim periyodundan T_A ve T_B zeminin alt ve üst titreşim periyotlarını elde etmek için $T_A=0.67 \times T_0$, $T_B=1.50 \times T_0$ bağıntıları kullanılmıştır (Aytun, 2001).

MT noktalarından alınan ölçümlere ait pencerelenmiş veri, her bir pencereden elde edilen genlik spektrumu ve baskın frekans-H/V oranı grafiği aşağıdaki şekillerde verilmiştir (Şekil 6.16 ve 6.17). Değerlendirme sonucunda bu noktada; baskın frekans 3.45 Hz, baskın periyot 0.28 Hz ve H/V oranı 1.78 olarak elde edilmiştir.

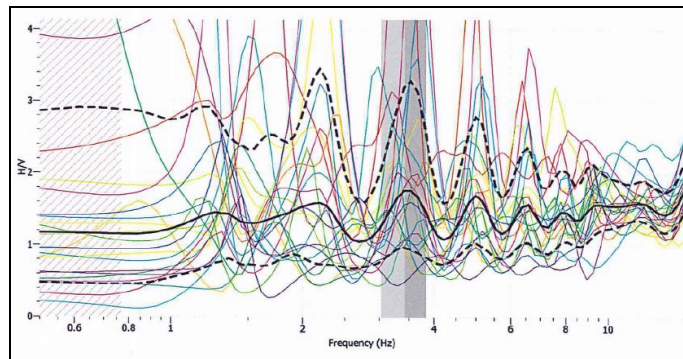
Sonuçlar incelendiğinde 16 noktadan elde edilen spektrumların her biri ile uyum içinde olduğu görülmektedir.



Şekil 6.15. Nakamura Yöntemi ile değerlendirme ait veri çözümlemesi akış şeması



Şekil 6.16. MT noktalarına ait üç bileşenli verilerin pencerelemesi



Şekil 6.17. MT noktalarına ait baskın frekans-H/V oranı grafiği

Her bir mikrotremör ölçümü için kullanılan pencere adedi, pencere boyu ve kayıt süresi (dk) Çizelge 6.21’de verilmiştir.

Çizelge 6.21. Ölçüm analizlerinde kullanılan pencere adedi ve pencere boyu

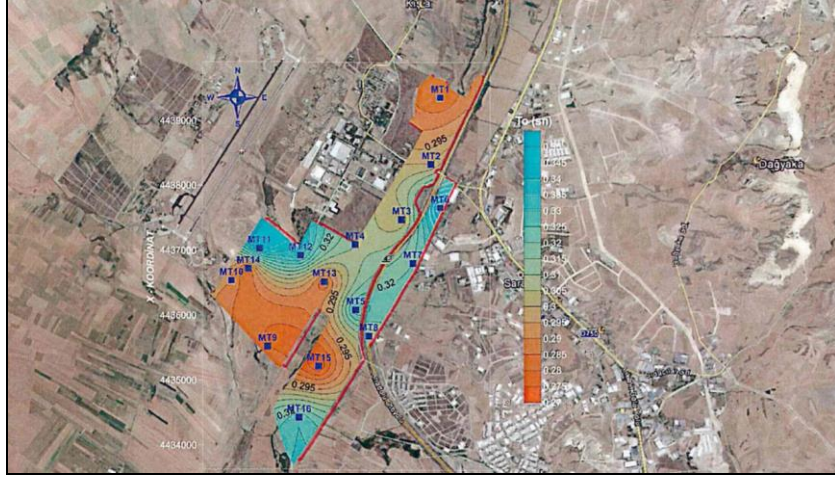
Ölçü No	Pencere Adedi	Pencere Boyu (sn)	Kayıt Süresi (dk)	Litoloji
MT 1	23	13	5	Çakıllı kumlu Kil
MT 2	58	20	20	Çakıllı kumlu Kil
MT 3	46	15	12	Kumlu siltli Kil
MT 4	49	12	10	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT 5	31	11	6	Siltli Kil
MT 6	16	19	5	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT 7	27	11	5	Kumlu siltli Kil
MT 8	55	11	10	Kumlu siltli Kil
MT 9	46	10	8	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT 10	21	15	6	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT 11	7	18	7	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT 12	20	13	10	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT 13	45	16	12	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT 14	17	15	10	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT 15	46	10	8	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT 16	31	11	6	Kumlu çakıllı siltli Kil

Mikrotremör ölçümlerinde Baskın Frekans değerleri; 2.79-3.58 Hz, Baskın Periyot değerleri 0.27-0.35 sn arasında bulunmuştur. Bu periyotlara ait T_A ve T_B değerleri 0.18-0.23 sn ve 0.41-0.53 sn arasında, H/V oranı 1.10-4.49 arasında bulunmuştur.

Çizelge 6.22. Mikrotremör ölçümlerinden elde edilen parametreler

Ölçü No	Baskın Frekans (Hz)	Baskın Periyot (T_0)(sn)	T_A (sn) ($0.67 \times T_0$)	T_B (sn) ($1.50 \times T_0$)	Genlik oranı (H/V)	Kayıt Süresi (dk)	Litoloji
MT 1	3.45	0.28	0.19	0.42	1.78	5	Çakıllı kumlu Kil
MT 2	3.33	0.30	0.20	0.45	2.46	20	Çakıllı kumlu Kil
MT 3	3.31	0.30	0.20	0.45	1.91	12	Kumlu siltli Kil
MT 4	3.17	0.31	0.21	0.47	1.10	10	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT 5	2.96	0.33	0.22	0.50	2.05	6	Siltli Kil
MT 6	2.79	0.35	0.23	0.53	1.58	5	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT 7	3.09	0.32	0.21	0.48	2.09	5	Kumlu siltli Kil
MT 8	3.18	0.31	0.21	0.47	1.28	10	Kumlu siltli Kil
MT 9	3.56	0.28	0.19	0.42	1.40	8	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT10	3.36	0.29	0.19	0.44	4.49	6	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT11	2.83	0.35	0.23	0.53	3.99	7	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT12	2.87	0.34	0.23	0.51	4.00	10	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT13	3.49	0.28	0.19	0.42	1.81	12	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT14	3.54	0.28	0.18	0.42	1.80	10	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT15	3.58	0.27	0.18	0.41	1.60	8	Kumlu çakıllı siltli Kil
MT16	2.96	0.33	0.22	0.50	2.02	6	Kumlu çakıllı siltli Kil

T_0 değerlerinin dağılım haritası Şekil 6.18’de verilmiştir.



Şekil 6.18. Zemin hakim titreşim periyodu (T_0) değerlerinin dağılımı

6.1.3.7.2. Zemin Hakim Titreşim Periyodu-Zemin Büyütmesi Belirlenme

Zemin büyütme (H/V) değerleri; Alüvyon birimde (Qal) 1.10-4.49 aralığında olup tehlike düzeyi “A (Düşük)-B (Orta)-(Yüksek)” aralığında tanımlanmıştır .

Zemin hakim periyotları (T_0) değerleri; Alüvyon birimde (Qal) 0.27sn-0.35sn aralığında olup tehlike düzeyi “A (Düşük)-B (Orta)” aralığında tanımlanmıştır.

Çizelge 6.23. Mikrotremör ölçümlerinden elde edilen H/V oranları ve tehlike düzeyleri - Spektral büyütmele göre mikrobölgeleme ölçütleri (Ansal ve diğ., 2001)

Spektral büyütme		Tehlike Düzeyi		
0.0 - 2.5		A (Düşük)		
2.5 - 4.0		B (Orta)		
4.0 - 6.5		C (Yüksek)		

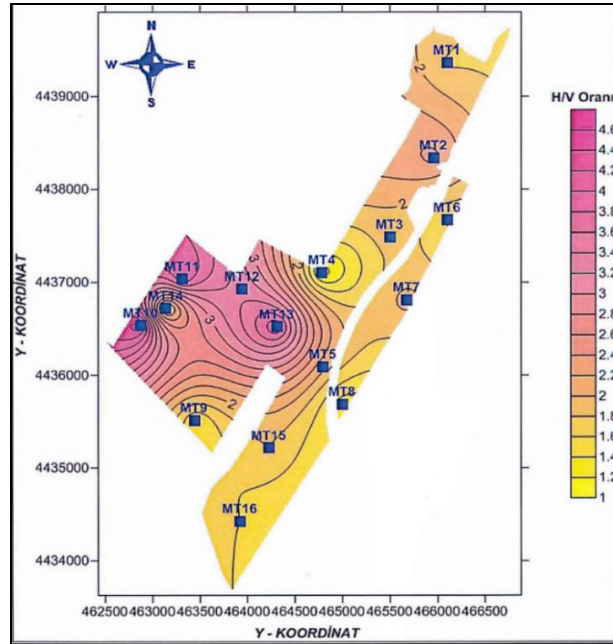
Ölçü No	(H/V) oranı Zemin büyütme	H/V oranına göre tehlike düzeyi	Litoloji	Formasyon
MT 1	1.78	A (Düşük)	Çakıllı kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
MT 2	2.46	A (Düşük)	Çakıllı kumlu Kil	Alüvyon (Qal)
MT 3	1.91	A (Düşük)	Kumlu siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 4	1.10	A (Düşük)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 5	2.05	A (Düşük)	Siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 6	1.58	A (Düşük)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 7	2.09	A (Düşük)	Kumlu siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 8	1.28	A (Düşük)	Kumlu siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT 9	1.40	A (Düşük)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT10	4.49	C (Yüksek)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT11	3.99	B (Orta)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT12	4.00	A (Düşük)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT13	1.81	A (Düşük)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT14	1.80	A (Düşük)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT15	1.60	A (Düşük)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)
MT16	2.02	A (Düşük)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon (Qal)

Çizelge 6.24. Mikrotremör ölçümlerinden elde edilen T_0 değerleri ve tehlike düzeyleri-Yer hakim titreşim periyotlarına göre mikrobölgeleme ölçütleri (Ansal vd., 2004)

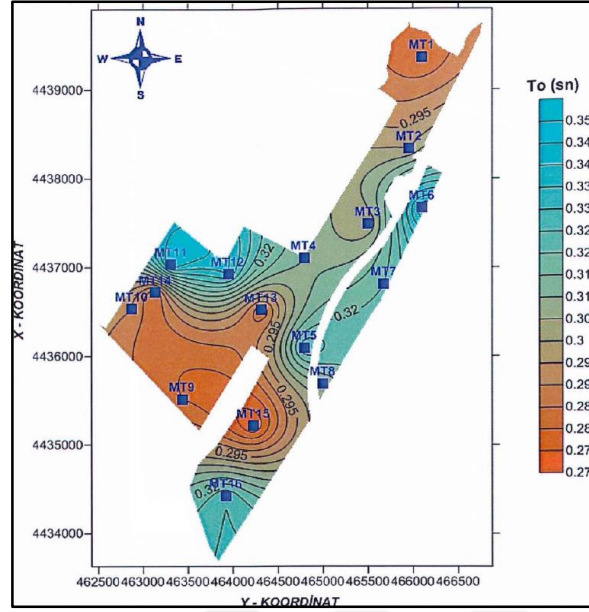
Zemin hakim titreşim periyodu aralığı	Ölçüt tanımı	Tehlike Düzeyi
$0.10 \leq T_0 \leq 0.30$	A	A (Düşük)
$0.30 \leq T_0 \leq 0.50$	B	B (Orta)
$0.50 \leq T_0 \leq 0.70$	C	C (Yüksek)
$0.70 \leq T_0 \leq 1.00$	D	

Ölçü No	Baskın Periyot (T_0)(sn)	T_0 göre tehlike düzeyi	Litoloji	Formasyon
MT 1	0.28	A (Düşük)	Çakıllı kumlu Kil	Alüvyon
MT 2	0.30	A (Düşük)	Çakıllı kumlu Kil	Alüvyon
MT 3	0.30	A (Düşük)	Kumlu siltli Kil	Alüvyon
MT 4	0.31	B (Orta)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon
MT 5	0.33	B (Orta)	Siltli Kil	Alüvyon
MT 6	0.35	B (Orta)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon
MT 7	0.32	B (Orta)	Kumlu siltli Kil	Alüvyon
MT 8	0.31	B (Orta)	Kumlu siltli Kil	Alüvyon
MT 9	0.28	A (Düşük)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon
MT10	0.29	A (Düşük)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon
MT11	0.35	B (Orta)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon
MT12	0.34	B (Orta)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon
MT13	0.28	A (Düşük)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon
MT14	0.28	A (Düşük)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon
MT15	0.27	A (Düşük)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon
MT16	0.33	B (Orta)	Kumlu çakıllı siltli Kil	Alüvyon

Zemin büyütme değerleri dağılım haritası Şekil 6.19, Zemin hakim titreşim periyodu dağılım haritası Şekil 6.20' de verilmiştir. Yapıların, olası bir deprem sırasında rezonansa girmemesi için elde edilen parametreler mutlaka kullanılmalıdır.



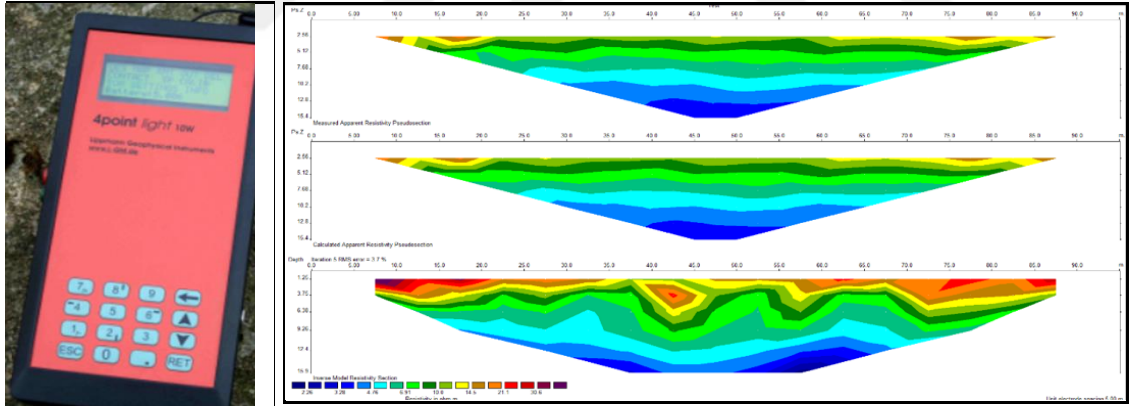
Şekil 6.19. Zemin büyütme değerleri dağılımı



Şekil 6.20. Mikrotremör verilerinden elde edilen baskın periyot (To) dağılım haritası

6.1.3.8. ERT (Elektrik Rezisitivite Tomografi)

Rezisitivite tomografi çalışmaları: 20 elektrot olarak uygulanan yöntemde 5 metrelik elektrot aralığı seçilmiş olup, toplam profil uzunlukları 95 m. olarak ölçümler alınmıştır.



Şekil 6.21. ERT ölçüm aleti

Şekil 6.22. ERT grafiği

Kesite baktığımızda yüzeyden yaklaşık olarak 16 metre derinliğe ulaşılmıştır. Rezisitivite değerlerine bakıldığında yüzeyde kalınlığı 6.30 m. ile 8.0 m. kadar devam eden hafriyat dolgusu yer almaktadır. Dolgunun altında kil birimi ölçüle bilinen derinliğe kadar kil birimi devam etmektedir.

6.2. Laboratuvar Deney ve Analizler

141 adet örselenmiş (SPT) ve 24 adet örselenmemiş (UD) numuneler üzerinde zeminlerin tanımlanması, sınıflaması ve mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda TSE standartlarına göre zemin deneyleri yapılmıştır.

Gerekli deneyler Are Jeoteknik Müh. Müş. İnş. Taah. ve Tic. Ltd. Şti. ait Are Zemin ve Kaya Laboratuvarı ile Ada Z Jeoteknik Proje Danışmanlık Madencilik Turizm İnşaat Medikal İç ve Dış Tic. Ltd. Şti. ait Zemin Mekaniği Laboratuvarında yapılmıştır.

Deneylere ait sonuç ve grafikler rapor sonunda EKLER kısmında verilmiştir.

6.2.1. Zeminlerin İndeks / Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Çizelge 6.25. Yapılan deney standart ve sayıları

Zemin mekaniği deneyleri	Deney Adet	Deney Standartı	Deney Tarihi	Deneylerin Yapıldığı Laboratuvar
Su Muhtevası Deneyi	46	TS 1900 1	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Su Muhtevası Deneyi	44	TS EN ISO 17892 1	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Su Muhtevası Deneyi	20	TS EN ISO 17892 1	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Su Muhtevası Deneyi	31	TS EN ISO 17892 1	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
Birim Hacim Ağırlık Deneyi	8	TS 1900 1	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Birim Hacim Ağırlık Deneyi	6	TS EN ISO 17892 2	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Birim Hacim Ağırlık Deneyi	4	TS EN ISO 17892 2	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Birim Hacim Ağırlık Deneyi	6	TS EN ISO 17892 2	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
Likit Limit Deneyi	46	TS 1900 1	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Likit Limit Deneyi	44	TS EN ISO 17892 12	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Likit Limit Deneyi	20	TS EN ISO 17892 12	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Likit Limit Deneyi	31	TS EN ISO 17892 12	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
Plastik Limit Deneyi	46	TS 1900 1	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Plastik Limit Deneyi	44	TS EN ISO 17892 12	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Plastik Limit Deneyi	20	TS EN ISO 17892 12	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Plastik Limit Deneyi	31	TS EN ISO 17892 12	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
Plastisite İndeksi Deneyi	46	TS 1900 1	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Plastisite İndeksi Deneyi	44	TS EN ISO 17892 12	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Plastisite İndeksi Deneyi	20	TS EN ISO 17892 12	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Plastisite İndeksi Deneyi	31	TS EN ISO 17892 12	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
Elek analizi Deneyi	46	TS 1900 1	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Elek analizi Deneyi	44	TS EN ISO 17892 4	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Elek analizi Deneyi	20	TS EN ISO 17892 4	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Elek analizi Deneyi	31	TS EN ISO 17892 4	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
Üç eksenli Basınç Deneyi	8	TS 1900 2	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Üç eksenli Basınç Deneyi	9	TS EN ISO 17892 8	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Üç eksenli Basınç Deneyi	-	TS EN ISO 17892 8	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Üç eksenli Basınç Deneyi	6	TS EN ISO 17892 8	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
Doğrudan Kesme Deneyi	4	TS EN ISO 17892 10	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Konsolidasyon Deneyi	3	TS 1900 2	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Konsolidasyon Deneyi	2	TS 1900-2 / T1	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Konsolidasyon Deneyi	-	TS 1900-2 / T1	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Konsolidasyon Deneyi	2	TS 1900-2 / T1	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar

Çizelge 6.26. Laboratuvar deney sonuçları

19.08.2015												
Sondaj No	Örnek Türü	Derinlik (m)	Su içeriği (%)	No.10 Kalan (%)	No.200 Geçen (%)	Likit Limit (%)	Plastik Limit (%)	Plastisite İndisi (%)	B.H.A (γ) kN/m ³	Kohezyon C) kN/m ²	Kayma Direnç Açısı (ϕ_d)	Zemin Sınıfı USCS
SK 1	SPT 5	7.50-7.95	21.30	0.10	86.70	56.80	25.60	31.20				CH
SK 2	SPT 6	9.00-9.45	26.70	0.00	88.60	74.00	24.80	49.20				CH
SK 3	UD 1	3.00-3.50	31.60	1.30	92.40	83.70	18.70	65.00	18.50	78.5	4	CH
SK 3	SPT 7	10.5-10.95	27.60	1.90	80.10	40.60	11.50	29.10				CL
SK 4	UD 1	4.50-5.00	31.30	0.20	95.90	63.30	23.50	39.80	19.00	81.5	3	CH
SK 4	SPT 6	9.00-9.45	30.10	0.00	90.50	66.80	24.70	42.10				CH
SK 5	SPT 7	10.5-10.95	31.30	0.10	91.70	73.80	27.80	46.00				CH
SK 6	UD 1	4.50-5.00	44.40	3.10	88.60	71.40	29.80	41.60	18.40	67.4	4	CH
SK 7	SPT 9	13.5-13.95	44.40	3.10	87.30	56.60	25.40	31.20				CH
SK 8	SPT 10	15.0-15.45	37.10	0.00	83.90	59.60	25.80	33.80				CH
SK 9	SPT 4	6.00-6.45	48.70	0.00	91.40	76.80	28.90	47.90				CH
SK 10	UD 1	6.00-6.50	43.20	2.10	89.10	69.60	25.90	43.70	18.80	75.3	4	CH
SK 11	SPT 6	9.00-9.45	36.60	2.20	86.40	73.40	29.60	43.80				CH
SK 12	SPT 7	10.5-10.95	27.50	2.50	88.60	70.10	27.90	42.20				CH
SK 13	SPT 3	4.50-4.95	21.70	0.00	85.30	63.10	18.90	44.20				CH
SK 13	SPT 4	6.00-6.45	24.80	0.00	88.50	53.60	22.20	31.40				CH
SK 13	SPT 5	7.50-7.95	32.40	0.10	91.00	61.50	26.60	34.90				CH
SK 13	SPT 7	10.5-10.95	30.80	0.00	89.40	56.50	25.90	30.60				CH
SK 13	SPT 8	12.0-12.45	31.70	0.00	92.50	74.40	28.10	46.30				CH
SK 13	SPT 9	13.5-13.95	37.20	0.00	94.60	72.90	26.30	46.60				CH
SK 14	UD 1	3.00-3.50	34.70	1.50	89.50	78.70	22.10	56.60	18.40	58.6	5	CH
SK 14	SPT 2	3.50-3.95	23.20	3.90	64.60	33.60	13.70	19.90				CL
SK 14	SPT 6	9.00-9.45	21.00	4.20	75.00	40.10	19.70	20.40				CL
SK 15	SPT 4	6.00-6.45	18.30	26.10	39.10		NP					SM
SK 16	SPT 5	7.50-7.95	59.90	1.30	83.80	77.70	21.30	56.40				CH
SK 17	SPT 5	7.50-7.95	27.50	6.40	50.40	35.50	17.00	18.50				CL
SK 18	SPT 8	12.0-12.45	47.40	6.60	74.70	80.70	24.70	56.00				CH
SK 19	SPT 5	7.50-7.95	32.70	0.80	93.50	68.10	22.80	45.30				CH
SK 20	UD 1	3.00-3.50	32.80	0.20	92.90	68.10	22.50	45.60	19.10	82.5	2	CH
SK 20	SPT 2	3.50-3.95	30.10	1.00	89.00	56.00	28.60	27.40				CH
SK 21	SPT 3	4.50-4.95	35.20	0.70	88.30	78.80	21.20	57.60				CH
SK 22	SPT 9	13.5-13.95	39.60	0.00	90.10	73.10	25.20	47.90				CH
SK 23	SPT 6	9.00-9.45	48.10	3.40	82.10	61.60	24.40	37.20				CH
SK 24	UD 1	6.00-6.50	48.80	7.70	76.90	48.10	20.90	27.20	18.90	61.2	5	CL
SK 25	SPT 7	10.5-10.95	42.90	5.60	72.70	42.60	23.10	19.50				CL
SK 26	UD 1	3.00-3.50	25.60	5.30	72.90	47.30	15.50	31.80	19.30	52.3	6	CL
SK 26	SPT 10	15.0-15.45	48.80	6.00	77.60	41.60	19.20	22.40				CL
SK 27	SPT 7	10.5-10.95	32.70	1.10	89.40	77.80	20.40	57.40				CH
SK 28	SPT 8	12.0-12.45	43.30	2.30	71.60	59.20	18.00	41.20				CH
SK 29	SPT 9	13.5-13.95	35.10	1.40	87.50	76.10	22.90	53.20				CH
SK 30	SPT 6	9.00-9.45	25.50	2.10	62.70	38.10	13.30	24.80				CL
SK 31	SPT 10	15.0-15.45	23.80	4.80	60.20	41.40	17.70	23.70				CL
SK 32	SPT 5	7.50-7.95	28.70	3.20	80.80	73.60	28.60	45.00				CH
SK 33	SPT 8	12.0-12.45	31.40	5.80	87.20	80.70	33.60	47.10				CH
SK 34	SPT 4	6.00-6.45	33.30	4.50	50.10	41.30	14.00	27.30				CL
SK 35	SPT 8	12.0-12.45	46.00	0.30	91.10	61.90	21.30	40.60				CH

9 Mart 2022												
Sondaj No	Örnek Türü	Derinlik (m)	Su içeriği (%)	No.10 Kalan (%)	No.200 Geçen (%)	Likit Limit (%)	Plastik Limit (%)	Plastisite İndisi (%)	B.H.A (γ) kN/m ³	Kohezyon C) kN/m ²	Kayma Direnç Açısı (ϕ_d)	Zemin Sınıfı USCS
SK I	SPT 2	3.00-3.45	28.50	0.00	82.50	64.80	38.50	26.30				MH
SK I	UD 1	4.00-4.50	30.10	0.00	84.20	51.80	31.80	20.00	19.10	56	8	MH
SK I	SPT 4	6.00-6.45	38.70	0.00	86.40	60.30	34.20	26.10				MH
SK II	SPT 2	3.00-3.45	26.60	0.00	77.20	57.50	30.90	26.60				MH
SK II	UD 1	4.00-4.50	28.50	0.00	95.20	36.60	28.60	8.00				ML
SK II	SPT 4	6.00-6.45	28.00	0.00	85.90	49.60	30.20	19.40				ML
SK III	UD 1	4.00-4.50	26.47	0.00	98.86	55.10	33.60	21.50	19.30	55	5	MH
SK III	SPT 4	6.00-6.45	33.00	0.00	86.20	62.00	36.20	25.80				MH
SK III	SPT 5	7.50-7.95	34.30	0.00	73.60	45.60	28.40	17.20				ML
SK IV	UD 1	4.00-4.50	26.80	0.00	86.60	35.90	26.10	9.80				ML
SK V	UD 1	2.50-3.00	19.76	0.00	98.21	58.60	35.20	23.40	19.50	52	6	MH
SK V	SPT 2	3.00-3.45	21.08	0.00	97.09	55.30	29.70	25.60				MH
SK V	SPT 3	4.50-4.95	25.52	0.00	96.94	52.90	29.90	23.00				MH
SK V	SPT 4	6.00-6.45	43.57	0.00	99.04	57.00	30.50	26.50				MH
SK V	SPT 5	7.50-7.95	50.06	0.00	99.90	75.80	45.00	30.80				MH
SK V	SPT 6	9.00-9.45	46.82	0.00	99.90	66.50	35.90	30.60				MH
SK V	SPT 7	10.5-10.95	46.54	0.00	99.90	71.80	38.30	33.50				MH
SK V	SPT 8	12.0-12.45	48.12	0.00	99.90	77.30	48.20	29.10				MH
SK V	SPT 9	13.5-13.95	43.33	0.00	99.90	76.20	44.70	31.50				MH
SK V	SPT 10	15.0-15.45	46.71	0.00	99.90	68.60	34.30	34.30				MH
SK V	SPT 11	16.5-16.95	42.88	0.00	99.90	75.30	45.20	30.10				MH
SK V	SPT 13	19.5-19.95	43.54	0.00	99.90	79.50	41.90	37.60				MH
SK VI	UD 1	5.00-5.50	37.20	0.00	99.90	65.60	34.20	31.40	18.50	41	5	MH
SKVII	UD 1	5.00-5.50	39.21	0.00	91.05	37.40	27.40	10.00				ML
SKVII	SPT 5	7.50-7.95	44.20	0.00	75.30	43.10	28.80	14.30				ML
SKVIII	UD 1	3.50-4.00	24.20	0.00	77.20	48.20	28.50	19.70	18.30	49	8	ML
SKVIII	SPT 3	4.50-4.95	28.80	0.00	65.00	45.50	28.90	16.60				ML
SK IX	UD 1	4.00-4.50	31.90	0.00	68.60	40.20	26.30	13.90				ML
SK IX	SPT 4	6.00-6.45	41.70	0.00	76.90	68.50	34.50	34.00				MH
SK X	UD 1	4.00-4.50	26.20	0.00	92.50	51.80	31.50	20.30	19.20	54	6	MH
SK X	SPT 5	7.50-7.95	31.00	0.00	65.20	62.60	33.60	29.00				MH
SK XI	UD 1	5.00-5.50	39.90	0.00	90.69	35.50	24.30	11.20				ML
SK XI	SPT 10	15.0-15.45	46.98	0.00	99.90	68.50	35.30	33.20				MH
SK XII	UD 1	5.00-5.50	33.30	0.00	99.90	65.30	34.20	31.10	18.60	51	7	MH
SK XII	SPT 10	15.0-15.45	41.50	0.00	78.20	67.90	33.60	34.30				MH
SKXIII	SPT 2	3.00-3.45	28.20	0.00	77.00	45.80	28.50	17.30				ML
SKXIII	UD 1	4.00-4.50	24.40	0.00	72.10	46.90	31.80	15.10	18.70	46	8	ML
SKXIII	SPT 4	6.00-6.45	35.20	0.00	87.10	56.60	34.30	22.30				MH
SKXIV	SPT 2	3.00-3.45	28.50	0.00	86.90	45.20	29.70	15.50				ML
SKXIV	UD 1	4.00-4.50	36.30	0.00	82.50	54.40	30.10	24.30				MH
SK IV	SPT 4	6.00-6.45	33.60	0.00	77.50	58.20	33.30	24.90				MH
SK XV	SPT 1	3.00-3.45	29.00	0.00	73.60	66.70	36.80	29.90				MH
SK XV	UD 1	4.00-4.50	25.20	0.00	85.50	54.20	29.50	24.70	19.30	51	7	MH
SK XV	SPT 4	6.00-6.45	36.10	0.00	86.40	51.80	31.50	20.30				MH

28 Mayıs 2022												
Sondaj No	Örnek Türü	Derinlik (m)	Su içeriği (%)	No.10 Kalan (%)	No.200 Geçen (%)	Likit Limit (%)	Plastik Limit (%)	Plastisite İndisi (%)	B.H.A (γ) kN/m ³	Kohezyo n (C) kN/m ²	Kayma Direnç Açısı (ϕ_d)	Zemin Sınıfı USCS
SK a	SPT 1	1.50-1.95	23.97	0.00	92.58	51.30	28.10	23.20				CH
SK a	UD 1	2.50-3.00	11.10	0.00	28.40		NP					SM
SK a	SPT 2	3.00-3.45	16.77	0.00	26.28		NP					SM
SK a	SPT 3	4.50-4.95	33.60	0.00	95.99	49.60	25.00	24.60				CL
SK a	SPT 4	6.00-6.45	24.62	0.00	95.58	51.80	26.60	25.20				CH
SK b	UD 1	3.00-3.45	10.95	0.00	24.13		NP		17.40	12.2	19	SM
SK b	SPT 2	3.00-3.45	12.10	11.20	65.80	34.40	19.00	15.40				CL
SK b	SPT 3	4.50-4.95	8.40	0.00	26.50		NP					SM
SK c	UD 1	2.50-3.00	6.14	0.00	17.24		NP		17.50	9.1	20	SM
SK c	SPT 3	4.50-4.95	11.20	5.50	19.90		NP					SM
SK d	UD 1	2.50-3.00	15.20	6.80	66.30	33.50	20.40	13.10				CL
SK d	SPT 4	6.00-6.45	21.20	1.10	89.60	51.80	25.80	26.00				CH
SK e	UD-1	2.50-3.00	10.53	0.00	80.14	34.00	22.50	11.50	18.60	46.8	7	CL
SK e	SPT 3	4.50-4.95	8.50	3.90	21.80		NP					SM
SK f	UD 1	2.50-3.00	11.20	4.90	65.20	34.20	19.00	15.20				CL
SK f	SPT 2	3.00-3.45	14.30	9.00	60.90	31.90	21.60	10.30				CL
SK g	UD 1	2.50-3.00	16.00	8.50	21.80		NP					SM
SK g	SPT 3	4.50-4.95	10.40	6.80	26.20		NP					SM
SK h	UD 1	2.50-3.00	12.34	0.00	76.28	36.40	21.80	14.60	18.40	45.5	9	CL
SK h	SPT 4	6.00-6.45	21.90	0.00	92.70	52.20	26.80	25.40				CH

25 Haziran 2023												
Sondaj No	Örnek Türü	Derinlik (m)	Su içeriği (%)	No.10 Kalan (%)	No.200 Geçen (%)	Likit Limit (%)	Plastik Limit (%)	Plastisite İndisi (%)	B.H.A (γ) kN/m ³	Kohezyo n (C) kN/m ²	Kayma Direnç Açısı (ϕ_d)	Zemin Sınıfı USCS
SK A	SPT 2	3.00-3.45	29.50	0.00	84.50	63.20	37.50	25.70				MH
SK A	UD 1	4.00-4.50	32.10	0.00	84.20	50.40	32.80	17.60	19.1	57	8	MH
SK A	SPT 4	6.00-6.45	36.70	0.00	85.40	61.20	33.20	28.00				MH
SK B	SPT 2	3.00-3.45	27.60	0.00	78.20	58.40	32.90	25.50				MH
SK B	UD 1	4.00-4.50	27.50	0.00	94.20	38.60	29.60	9.00				MH
SK B	SPT 4	6.00-6.45	29.00	0.00	84.90	48.50	32.30	16.20				MH
SK C	UD 1	4.00-4.50	25.50	0.00	96.90	53.40	32.60	20.80	19.3	58	6	MH
SK C	SPT 4	6.00-6.45	32.00	0.00	85.20	63.00	35.20	27.80				MH
SK C	SPT 5	7.50-7.95	33.30	0.00	75.60	46.50	29.40	17.10				MH
SK D	UD 1	4.00-4.50	27.80	0.00	85.60	36.50	28.50	8.00				MH
SK E	UD 1	2.50-3.00	19.80	0.00	97.20	58.00	35.00	23.00	18.5	53	6	MH
SK E	SPT 2	3.00-3.45	21.10	0.00	97.10	55.00	29.50	25.50				MH
SK E	SPT 3	4.50-4.95	25.50	0.00	97.90	52.90	29.50	23.40				MH
SK E	SPT 4	6.00-6.45	43.60	0.00	98.00	57.00	30.50	26.50				MH
SK E	SPT 5	7.50-7.95	50.10	0.00	97.00	75.10	45.00	30.10				MH
SK E	SPT 6	9.00-9.45	46.80	0.00	99.10	66.20	35.50	30.70				MH
SK E	SPT 7	10.5-10.95	46.50	0.00	99.20	70.80	38.50	32.30				MH
SK E	SPT 8	12.0-12.45	48.10	0.00	99.30	75.30	48.20	27.10				MH
SK E	SPT 9	13.5-13.95	43.30	0.00	99.50	75.20	44.50	30.70				MH
SK E	SPT 10	15.0-15.45	46.70	0.00	99.40	68.50	34.50	34.00				MH
SK E	SPT 11	16.5-16.95	42.90	0.00	99.40	75.00	45.50	29.50				MH
SK E	SPT 13	19.5-19.95	43.50	0.00	99.30	75.50	42.00	33.50				MH
SK F	UD 1	5.00-5.50	37.20	0.00	99.50	65.00	34.00	31.00	18.8	51	6	MH
SK G	UD 1	5.00-5.50	39.20	0.00	92.10	37.00	27.00	10.00				MH
SK G	SPT 5	7.50-7.95	44.20	0.00	74.30	43.00	28.50	14.50				MH
SK H	UD 1	3.50-4.00	24.20	0.00	75.20	48.00	28.50	19.50	18.3	50	8	MH
SK H	SPT 3	4.50-4.95	28.80	0.00	65.00	45.50	28.50	17.00				MH
SK K	UD 1	4.00-4.50	31.90	0.00	65.60	40.00	26.00	14.00				MH
SK K	SPT 4	6.00-6.45	41.70	0.00	75.00	68.50	34.50	34.00				MH
SK L	UD 1	4.00-4.50	26.20	0.00	90.50	51.50	31.50	20.00	19.0	55	6	MH
SK L	SPT 5	7.50-7.95	31.00	0.00	65.00	62.50	33.50	29.00				MH

6.2.2. Zeminlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Toplam 23 adet örselenmemiş (UD) numune üzerinde Üç Eksenli Basınç Deneyi (TS EN ISO 17892 8), 4 adet Doğrudan Kesme Deneyi (TS EN ISO 17892 10) ve 7 adet Konsolidasyon deneyi (TS 1900 2 / T1) yapılmıştır.

Çizelge 6.27. Zeminlerin Mekanik Deney Özeti

Deney Yapılış Tarihi=19 Ağustos 2015				Laboratuvar= Are Kaya ve Zemin Laboratuvarı		
Sondaj No	Örnek Türü	Numune Derinliği (m)	Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Kohezyon direnci (kN/m ²)	Kayma direnç açısı (°)	Zemin Sınıfı USCS
SK 3	UD 1	3.00-3.50	18.50	78.5	4	CH
SK 4	UD 1	4.50-5.00	19.00	81.5	3	CH
SK 6	UD 1	4.50-5.00	18.40	67.4	4	CH
SK 10	UD 1	6.00-6.50	18.80	75.3	4	CH
SK 14	UD 1	3.00-3.50	18.40	58.6	5	CH
SK 20	UD 1	3.00-3.50	19.10	82.5	2	CH
SK 24	UD 1	6.00-6.50	18.90	61.2	5	CL
SK 26	UD 1	3.00-3.50	19.30	52.3	6	CL

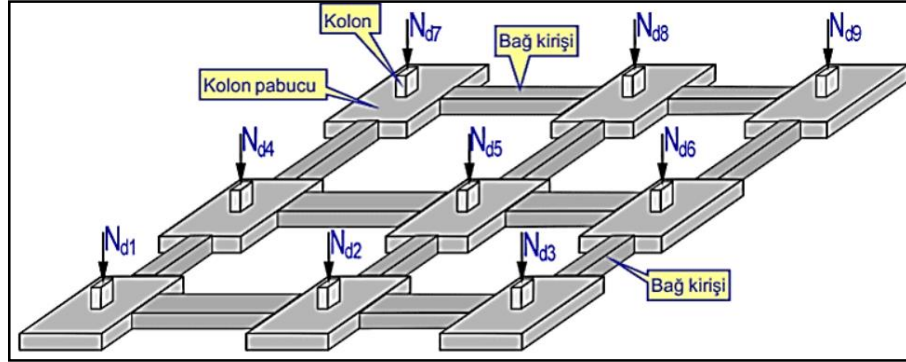
Deney Yapılış Tarihi=09 Mart 2022				Laboratuvar=Ada Z Kaya ve Zemin Laboratuvarı		
Sondaj No	Örnek Türü	Numune Derinliği (m)	Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Kohezyon direnci (kN/m ²)	Kayma direnç açısı (°)	Zemin Sınıfı USCS
SK I	UD 1	4.00-4.50	19.10	56	8	MH
SK III	UD 1	4.00-4.50	19.30	55	5	MH
SK V	UD 1	2.50-3.00	19.50	52	6	MH
SK VI	UD 1	5.00-5.50	18.50	41	5	MH
SKVIII	UD 1	3.50-4.00	18.30	49	8	ML
SK X	UD 1	4.00-4.50	19.20	54	6	MH
SKXII	UD 1	5.00-5.50	18.60	51	7	MH
SKXIII	UD 1	4.00-4.50	18.70	46	8	ML
SKXV	UD 1	4.00-4.50	19.30	51	7	MH

Deney Yapılış Tarihi=28 Mayıs 2022,				Laboratuvar=Ada Z Kaya ve Zemin Laboratuvarı		
Sondaj No	Örnek Türü	Numune Derinliği (m)	Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Kohezyon direnci (kN/m ²)	Kayma direnç açısı (°)	Zemin Sınıfı USCS
SK b	UD 1	3.00-3.45	17.40	12.2	19	SM
SK c	UD 1	2.50-3.00	17.50	9.1	20	SM
SK e	UD 1	2.50-3.00	18.60	46.8	7	CL
SK h	UD 1	2.50-3.00	18.40	45.5	9	CL

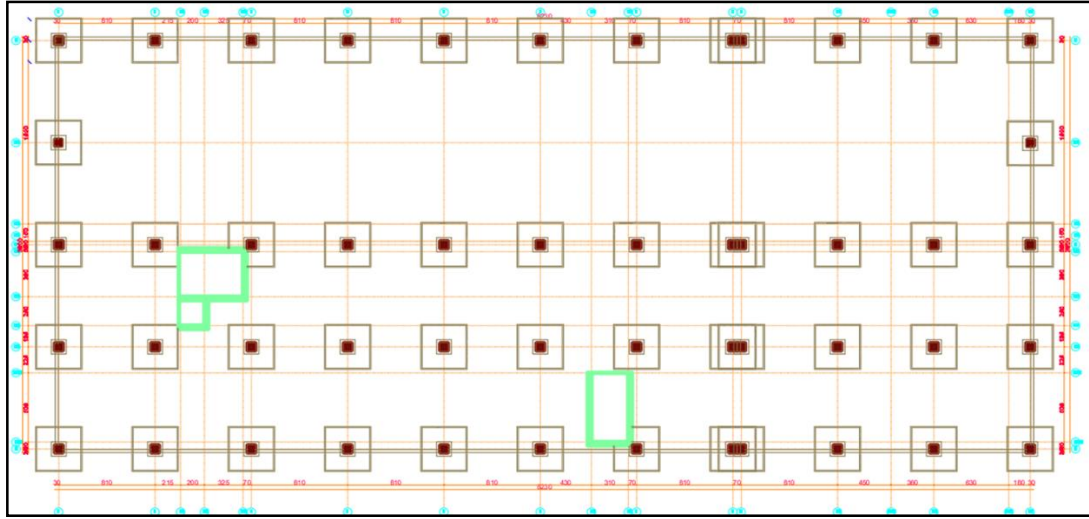
Deney Yapılış Tarihi=25 Haziran 2023				Laboratuvar=Ada Z Kaya ve Zemin Laboratuvarı		
Sondaj No	Örnek Türü	Numune Derinliği (m)	Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Kohezyon direnci (kN/m ²)	Kayma direnç açısı (°)	Zemin Sınıfı USCS
SK A	UD 1	4.00-4.50	19.10	57	8	MH
SK C	UD 1	4.00-4.50	19.30	58	6	MH
SK E	UD 1	2.50-3.00	18.50	53	6	MH
SK F	UD 1	5.00-5.50	18.80	51	6	MH
SK H	UD 1	3.50-4.00	18.30	50	8	MH
SK L	UD 1	4.00-4.50	19.00	55	6	MH

6.3. Jeoteknik Analiz ve Değerlendirme

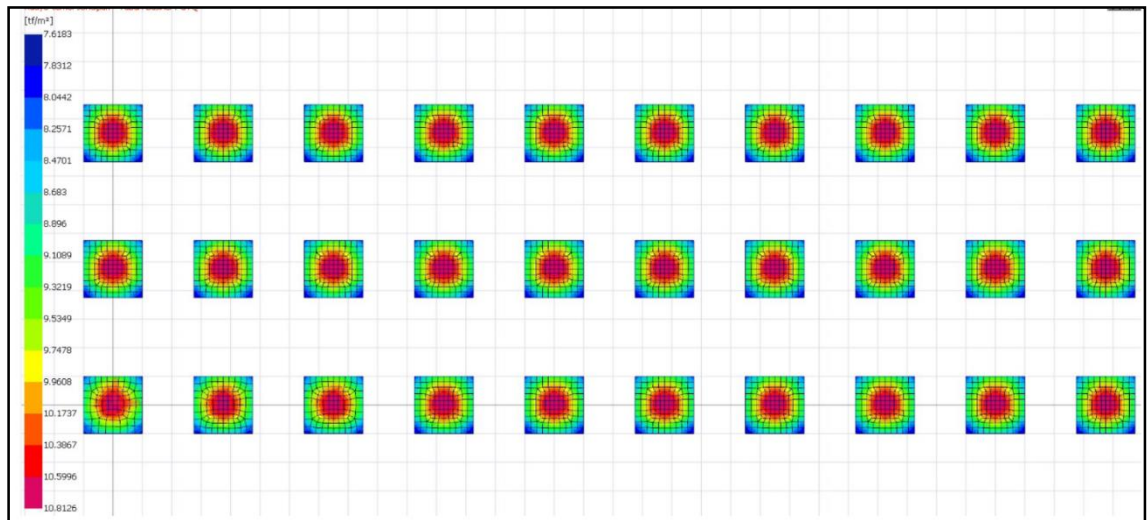
Yüzeysel Temeller – Temel Kalıp Planı



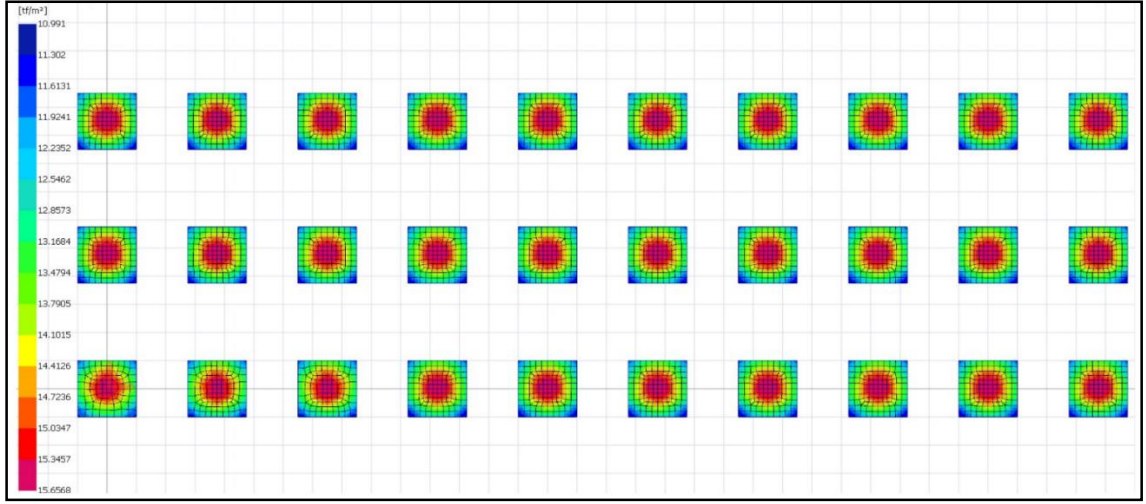
Şekil 6.23. Tekil temel ve bağ kirişleri



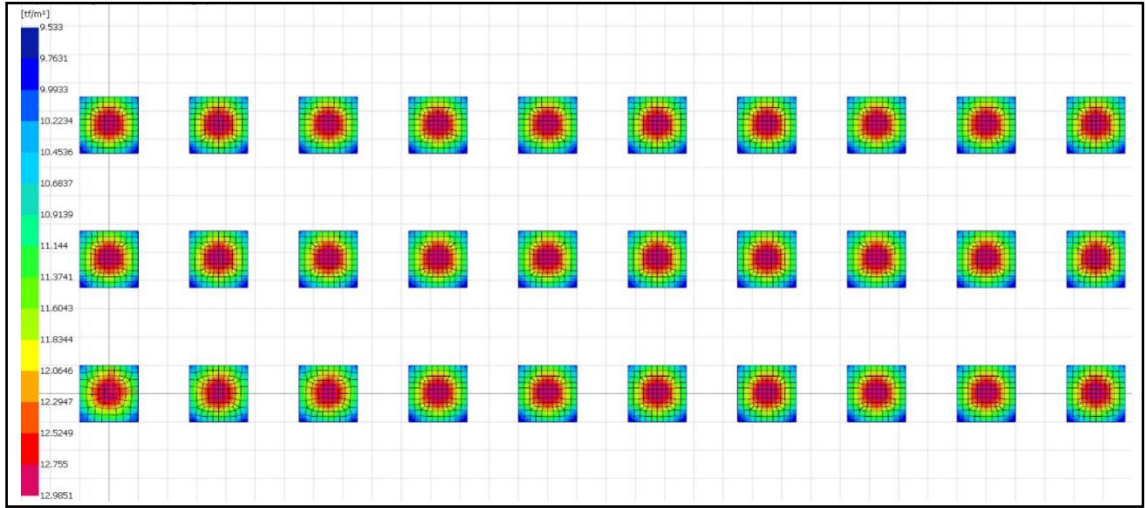
Şekil 6.24. Yapı temel vaziyet planı



Şekil 6.25. Yapılar için G+Q kombinasyonu altında temel altı gerilme grafiği



Şekil 6.26. Yapılar için 1.4 G+1.6 Q kombinasyonu altında temel altı gerilme grafiği



Şekil 6.27. Yapılar için G + Q + E kombinasyonu altında temel altı gerilme grafiği

Yapı temel zemini yükleme durumu

Statik (1.4G+1.6Q) yükleme durumu - Statik ve deprem (G+Q+E) etkisi içeren yükleme durumu

Açıklama	Simge	Değer	Birim
Sabit ve Hareketli Yükler (G + Q)	(q)	108.13	kN/m ²
Statik yükleme durumu (1.4G + 1.6Q)	(q ₀₋₁)	156.56	kN/m ²
Statik ve deprem yükleme durumu (G + Q + E)	(q ₀₋₂)	129.65	kN/m ²

6.3.1. Taşıma Gücü Karakteristik Dayanımı - Taşıma Gücü Tasarım Dayanımı

q_0 = Temel seviyesinde etkiyen düşey yük, temel taban basıncı (kN/m^2)

q_k = Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı (kN/m^2)

q_t = Temel taşıma gücü tasarım dayanımı (kN/m^2)

V_{th} = Temel tabanında etkiyen tasarım yatay kuvveti (kN)

β = Duvar arkası zemin yüzeyinin yataya göre eğim açısı (derece)

ϕ' = Zeminin efektif kayma direnci açısı (derece)

γ = Zeminin tabii birim hacim ağırlığı (kN/m^3)

γ_d = Zeminin suya doymun birim hacim ağırlığı (kN/m^3)

γ_{Rv} = Temel taşıma gücü dayanım katsayısı (1.4 alınır. TBDY Tablo 16.2)

N_c, N_q, N_γ = Taşıma gücü katsayıları

S_c, S_q, S_γ = Temel şekli düzeltme katsayıları

d_c, d_q, d_γ = Temel derinliği düzeltme katsayıları

i_c, i_q, i_γ = Yükleme eğikliği düzeltme katsayıları

g_c, g_q, g_γ = Zemin eğimi düzeltme katsayıları

b_c, b_q, b_γ = Temel taban eğimi düzeltme katsayıları

C = Zeminin kohezyon dayanımı ($\text{kN/m}^2, \text{kPa}$)

B' = Etkin temel genişliği (m)

Statik ve deprem etkisini içeren yükleme durumlarının her birinde $q_0 \leq q_t$ eşitsizliği sağlanmalıdır. (TBDY Denk.16.6)

Taşıma gücünün karakteristik dayanımı;

$$q_k = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

bağıntısından hesaplanmıştır. (TBDY Denklem-16.8a)

Taşıma gücü hesapları SK 3 Lokasyonu (19.08.2015 tarihinde açılmıştır.), UD 1 örselenmemiş numune için aşağıda verildiği gibi açık şekilde yapılmış olup diğer kuyular için Çizelge 6.29 de tablo halinde verilmiştir.

Verilen bu taşıma gücü değerleri Çizelge 6.30 de verildiği gibi statik analizler neticesinde elde edilen temel altı gerilmelerle kıyaslanmıştır.

$$q_0 \leq q_t$$

[TBDY – Denklem (16.6)]

$$q_t = (q_k / \gamma_{Rv})$$

[TBDY – Denklem (16.7)]

N_c	=	$N_c = (N_q - 1) \times \cot \Phi'$	=	6.190
N_q	=	$e^{\pi \tan \Phi} \times \tan^2 (45 + \Phi'/2)$	=	1.430
N_γ	=	$2 \times (N_q - 1) \times \tan \Phi'$	=	0.060

[TBDY-Denklem (16.8b)]

S_c	=	$1 + (B / L) * (N_g / N_c)$	=	1.2310
S_q	=	$1 + (B / L) * \tan (\Phi)$	=	1.0699
S_γ	=	$1 - (B / L) * 0.4$	=	0.6000

[De Beer, 1970 (Temel şekline bağlı düzeltme katsayısı)]

d_c	=	$1 + 0.4 * (D_f / B)$	=	1.2000
d_q	=	$1 + 2 * \tan (\Phi) * (1 - \sin (\Phi))^2 * (D_f / B)$	=	1.0605
d_γ	=	1		

[Hansen, 1970 (Temel derinliğine bağlı düzeltme katsayısı)]

i_c	=	$(1 - \beta / 90)^2$	=	1.0000
i_q	=	$(1 - \beta / 90)^2$	=	1.0000
i_γ	=	$(1 - \beta / \Phi)^2$	=	1.0000

[Hanna ve Meyerhof 1981 (Temele gelen yükün eğikliğine bağlı düzeltme katsayısı - $\Phi \geq 0$ için, β = Temele etkiyen yükün düşeyle yaptığı açı)]

b_c	=	$b_g - [(1 - b_g) / (N_c \tan (\Phi))]$	=	1.0000
b_q	=	$(1 - \alpha \tan (\Phi))^2$	=	1.0000
b_γ	=	$(1 - \alpha \tan (\Phi))^2$	=	1.0000

[Vesic, 1975 (Temel taban eğikliğine bağlı düzeltme katsayısı - $\Phi > 0$ için , α = Temel tabanının yatayla yaptığı açı - Radyan)]

g_c	=	$g_g - [(1 - g_g) / (N_c \tan (\Phi))]$	=	0.3691
g_q	=	$(1 - \tan (\Theta))^2$	=	0.8094
g_γ	=	$(1 - \tan (\Theta))^2$	=	0.8094

[Vesic, 1975 (Zemin yüzü eğikliğine bağlı düzeltme katsayısı- $\Phi > 0$ için , Θ = Zemin yüzeyinin yatayla yaptığı açı - Radyan)]

$$q_k = C \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c \times g_c \times b_c + q_z \times N_q \times s_q \times d_q \times i_q \times b_q \times g_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma \times i_\gamma \times b_\gamma \times g_\gamma$$

$$q_k = (0.785 \times 6.190 \times 1.231 \times 1.200 \times 1.000 \times 0.369 \times 1.000) = 2.649 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_k = (0.370 \times 1.430 \times 1.070 \times 1.061 \times 1.000 \times 0.809 \times 1.000) = 0.486 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_k = (0.500 \times 0.00185 \times 400 \times 0.060 \times 0.600 \times 1.00 \times 1.000 \times 0.809 \times 1.000) = 0.011 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_k = (2.649 + 0.486 + 0.011) = 3.146 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_t = 3.146 / 1.4 = 2.247 \text{ kg/cm}^2 = 22.47 \text{ ton/m}^2 \quad 224.7 \text{ kN/m}^2$$

Çizelge 6.29. Üç eksenli basınç deney sonuçlarına göre temel taşıma gücü tasarım dayanımı değerleri

KAHRAMANKAZAN (ANKARA) GÜNEYBATISINDA YER ALAN HAFRİYAT ATIK SAHASININ JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ																																																																																																			
Sondaj ve Temel Bilgileri						Üç Eksenli Basınç Deneyi ve Direkt Kesme Deneyi				Temel Ebatları Temel Genişliği Temel Uzunluğu Temel Kalınlığı				Taşıma gücü katsayıları			Temel şekli düzeltme katsayıları			Temel derinliği düzeltme katsayıları			Temel taban eğimi düzeltme katsayıları			Zemin eğimi düzeltme katsayıları			Yükleme eğikliği düzeltme katsayıları			Dayanım katsayısı	Taşıma gücü																																																																		
																																	Taşıma gücü karakteristik dayanım		Taşıma gücü tasarım dayanımı																																																																
Sondaj Tarihi	Sondaj No	Numune No	Numune Derinliği (m)	Temel alt derinliği i (D _f)	Temel üst derinliği (H)	kN/m ³	gr/cm ₃	kN/m ²	kg/cm ²	φ/ (°)	B	L	h	N _c	N _q	N _g	s _c	s _q	s _g	d _c	d _q	d _g	i _c	i _q	i _g	b _c	b _q	b _g	g _c	g _q	g _g	γ _{Rv}	kN/m ²	kg/cm ²	kN/m ²	kg/cm ²																																																															
19.Ağu.15	SK 3	UD 1	3.00-3.50	2.00	1.20	18.50	1.85	78.5	0.785	4	4	4	0.80	6.190	1.430	0.060	1.231	1.070	0.600	1.200	1.061	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.369	0.809	0.809	1.4	314.58	3.146	224.70	2.247																																																													
	SK 4	UD 1	4.50-5.00	2.00	1.20	19.00	1.90	81.5	0.815	3	4	4	0.80	5.900	1.310	0.032	1.222	1.052	0.600	1.200	1.047	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.193	0.809	0.809	1.4	181.07	1.811	129.34	1.293																																																													
	SK 6	UD 1	4.50-5.00	2.00	1.20	18.40	1.84	67.4	0.674	4	4	4	0.80	6.190	1.430	0.060	1.231	1.070	0.600	1.200	1.061	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.369	0.809	0.809	1.4	276.85	2.769	197.75	1.978																																																													
	SK 10	UD 1	6.00-6.50	2.00	1.20	18.80	1.88	75.3	0.753	4	4	4	0.80	6.190	1.430	0.060	1.231	1.070	0.600	1.200	1.061	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.369	0.809	0.809	1.4	304.59	3.046	217.56	2.176																																																													
	SK 14	UD 1	3.00-3.50	2.00	1.20	18.40	1.84	58.6	0.586	5	4	4	0.80	6.490	1.570	0.100	1.242	1.087	0.600	1.200	1.073	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.474	0.809	0.809	1.4	324.84	3.248	232.03	2.320																																																													
	SK 20	UD 1	3.00-3.50	2.00	1.20	19.10	1.91	82.5	0.825	4	4	4	0.80	6.190	1.430	0.060	1.231	1.070	0.600	1.200	1.061	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.369	0.809	0.809	1.4	329.69	3.297	235.49	2.355																																																												
	SK 24	UD 1	6.00-6.50	2.00	1.20	18.90	1.89	61.2	0.612	5	4	4	0.80	6.490	1.570	0.100	1.242	1.087	0.600	1.200	1.073	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.474	0.809	0.809	1.4	338.28	3.383	241.63	2.416																																																													
	SK 26	UD 1	3.00-3.50	2.00	1.20	19.30	1.93	52.3	0.523	6	4	4	0.80	6.810	1.720	0.151	1.253	1.105	0.600	1.200	1.084	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.543	0.809	0.809	1.4	357.97	3.580	255.70	2.557																																																													
9.Mar.22	SK I	UD 1	4.00-4.50	2.00	1.20	19.10	1.91	56	0.560	8	4	4	0.80	7.530	2.060	0.298	1.274	1.141	0.600	1.200	1.104	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.629	0.809	0.809	1.4	491.28	4.913	350.92	3.509																																																												
	SK III	UD 1	4.00-4.50	2.00	1.20	19.30	1.93	55	0.550	5	4	4	0.80	6.490	1.570	0.100	1.242	1.087	0.600	1.200	1.073	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.474	0.809	0.809	1.4	311.10	3.111	222.21	2.222																																																												
	SK V	UD 1	2.50-3.00	2.00	1.20	19.50	1.95	52	0.520	6	4	4	0.80	6.810	1.720	0.151	1.253	1.105	0.600	1.200	1.084	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.543	0.809	0.809	1.4	357.00	3.570	255.00	2.550																																																												
	SK VI	UD 1	5.00-5.50	2.00	1.20	18.50	1.85	41	0.410	5	4	4	0.80	6.490	1.570	0.100	1.242	1.087	0.600	1.200	1.073	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.474	0.809	0.809	1.4	244.50	2.445	174.65	1.746																																																												
	SK VIII	UD 1	3.50-4.00	2.00	1.20	18.30	1.83	49	0.490	8	4	4	0.80	7.530	2.060	0.298	1.274	1.141	0.600	1.200	1.104	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.629	0.809	0.809	1.4	437.00	4.370	312.14	3.121																																																												
	SK X	UD 1	4.00-4.50	2.00	1.20	19.20	1.92	54	0.540	6	4	4	0.80	6.810	1.720	0.151	1.253	1.105	0.600	1.200	1.084	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.543	0.809	0.809	1.4	367.08	3.671	262.20	2.622																																																												
	SK XII	UD 1	5.00-5.50	2.00	1.20	18.60	1.86	51	0.510	7	4	4	0.80	7.160	1.880	0.216	1.263	1.123	0.600	1.200	1.095	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.593	0.809	0.809	1.4	401.33	4.013	286.66	2.867																																																												
	SK XIII	UD 1	4.00-4.50	2.00	1.20	18.70	1.87	46	0.460	8	4	4	0.80	7.530	2.060	0.298	1.274	1.141	0.600	1.200	1.104	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.629	0.809	0.809	1.4	417.07	4.171	297.91	2.979																																																												
SK XV	UD 1	4.00-4.50	2.00	1.20	19.30	1.93	51	0.510	7	4	4	0.80	7.160	1.880	0.216	1.263	1.123	0.600	1.200	1.095	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.593	0.809	0.809	1.4	404.09	4.041	288.64	2.886																																																													
28.May.22	SK b	UD 1	3.00-3.45	2.00	1.20	17.40	1.74	12.2	0.122	19	4	4	0.80	13.930	5.800	3.306	1.416	1.344	0.600	1.200	1.157	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.770	0.809	0.809	1.4	532.20	5.322	380.14	3.801																																																												
	SK c	UD 1	2.50-3.00	2.00	1.20	17.50	1.75	9.1	0.091	20	4	4	0.80	14.830	6.400	3.931	1.432	1.364	0.600	1.200	1.158	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.774	0.809	0.809	1.4	532.53	5.325	380.38	3.804																																																												
	SK e	UD 1	2.50-3.00	2.00	1.20	18.60	1.86	46.8	0.468	7	4	4	0.80	7.160	1.880	0.216	1.263	1.123	0.600	1.200	1.095	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.593	0.809	0.809	1.4	374.33	3.743	267.38	2.674																																																												
	SK h	UD 1	2.50-3.00	2.00	1.20	18.40	1.84	45.5	0.455	9	4	4	0.80	7.920	2.250	0.396	1.284	1.158	0.600	1.200	1.113	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.657	0.809	0.809	1.4	458.53	4.585	327.52	3.275																																																												
25.Haz.23	SK A	UD 1	4.00-4.50	2.00	1.20	19.1	1.91	57	0.570	8	4	4	0.80	7.530	2.060	0.298	1.274	1.141	0.600	1.200	1.104	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.629	0.809	0.809	1.4	498.52	4.985	356.09	3.561																																																												
	SK C	UD 1	4.00-4.50	2.00	1.20	19.3	1.93	58	0.580	6	4	4	0.80	6.810	1.720	0.151	1.253	1.105	0.600	1.200	1.084	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.543	0.809	0.809	1.4	389.66	3.897	278.33	2.783																																																												
	SK E	UD 1	2.50-3.00	2.00	1.20	18.5	1.85	53	0.530	6	4	4	0.80	6.810	1.720	0.151	1.253	1.105	0.600	1.200	1.084	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.543	0.809	0.809	1.4	359.08	3.591	256.49	2.565																																																												
	SK F	UD 1	5.00-5.50	2.00	1.20	18.8	1.88	51	0.510	6	4	4	0.80	6.810	1.720	0.151	1.253	1.105	0.600	1.200	1.084	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.543	0.809	0.809	1.4	349.01	3.490	249.29	2.493																																																												
	SK H	UD 1	3.50-4.00	2.00	1.20	18.3	1.83	50	0.500	8	4	4	0.80	7.530	2.060	0.298	1.274	1.141	0.600	1.200	1.104	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.629	0.809	0.809	1.4	444.24	4.442	317.31	3.173																																																												
	SK L	UD 1	4.00-4.50	2.00	1.20	19	1.90	55	0.550	6	4	4	0.80	6.810	1.720	0.151	1.253	1.105	0.600	1.200	1.084	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.543	0.809	0.809	1.4	371.94	3.719	265.67	2.657																																																												
ORTALAMA																																																																																																			

Çizelge 6.30. 1.4 G+1.6 Q ve G+Q+E göre taşıma gücü tasarım dayanımı (q_t) yeterlilik durumu

Sondaj No	Örnek No	Temel Altı gerilme değerleri		Temel Taşıma Gücü		Temel altı gerilme değerlerine göre temel taşıma gücü tasarım dayanımı yeterlilik durumu	
		Statik Yükleme Durumu (1.4 G+1.6 Q)	Statik+Deprem Yükleme Durumu (G+Q+E)	Karakteristik dayanımı (q _k)	Tasarım dayanımı (q _t)	Statik (1.4 G+1.6 Q) yükleme (q ₀) ve yeterlilik durumu	Statik-deprem (G+Q+E) yükleme (q ₀) ve yeterlilik durumu
19 Ağustos 2015 tarihli Laboratuvar Deney Sonuçlarına göre yapılan hesaplamalar							
		kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	q ₀ ≤q _t	q ₀ ≤q _t
SK 1	UD 1	156.6	129.6	314.58	224.70	156.6≤224.70=Yeterli	156.6≤224.70=Yeterli
SK 4	UD 1	156.6	129.6	181.07	129.34	156.6≤129.34=Yetersiz	156.6≤129.34=Yetersiz
SK 6	UD 1	156.6	129.6	276.85	197.75	156.6≤197.75=Yeterli	156.6≤197.75=Yeterli
SK10	UD 1	156.6	129.6	304.59	217.56	156.6≤217.56=Yeterli	156.6≤217.56=Yeterli
SK14	UD 1	156.6	129.6	324.84	232.03	156.6≤232.03=Yeterli	156.6≤232.03=Yeterli
SK20	UD 1	156.6	129.6	329.69	235.49	156.6≤235.49=Yeterli	156.6≤235.49=Yeterli
SK24	UD 1	156.6	129.6	338.28	241.63	156.6≤241.63=Yeterli	156.6≤241.63=Yeterli
SK26	UD 1	156.6	129.6	357.97	255.70	156.6≤255.70=Yeterli	156.6≤255.70=Yeterli
9 Mart 2022 tarihli Laboratuvar Deney Sonuçlarına göre yapılan hesaplamalar							
		kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	q ₀ ≤q _t	q ₀ ≤q _t
SK I	UD 1	156.6	129.6	491.28	350.92	156.6≤350.92=Yeterli	156.6≤350.92=Yeterli
SK III	UD 1	156.6	129.6	311.10	222.21	156.6≤222.21=Yeterli	156.6≤222.21=Yeterli
SK V	UD 1	156.6	129.6	357.00	255.00	156.6≤255.00=Yeterli	156.6≤255.00=Yeterli
SK VI	UD 1	156.6	129.6	244.50	174.65	156.6≤174.65=Yeterli	156.6≤174.65=Yeterli
SKVIII	UD 1	156.6	129.6	437.00	312.14	156.6≤312.14=Yeterli	156.6≤312.14=Yeterli
SK X	UD 1	156.6	129.6	367.08	262.20	156.6≤262.20=Yeterli	156.6≤262.20=Yeterli
SK XII	UD 1	156.6	129.6	401.33	286.66	156.6≤286.66=Yeterli	156.6≤286.66=Yeterli
SKXIII	UD 1	156.6	129.6	417.07	297.91	156.6≤297.91=Yeterli	156.6≤297.91=Yeterli
SK XV	UD 1	156.6	129.6	404.09	288.64	156.6≤288.64=Yeterli	156.6≤288.64=Yeterli
28 Mayıs 2022 tarihli Laboratuvar Deney Sonuçlarına göre yapılan hesaplamalar							
		kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	q ₀ ≤q _t	q ₀ ≤q _t
SK b	UD 1	156.6	129.6	532.20	380.14	156.6≤380.14=Yeterli	156.6≤380.14=Yeterli
SK c	UD 1	156.6	129.6	532.53	380.38	156.6≤380.38=Yeterli	156.6≤380.38=Yeterli
SK e	UD 1	156.6	129.6	374.33	267.38	156.6≤267.38=Yeterli	156.6≤267.38=Yeterli
SK h	UD 1	156.6	129.6	458.53	327.52	156.6≤327.52=Yeterli	156.6≤327.52=Yeterli
25 Haziran 2023 tarihli Laboratuvar Deney Sonuçlarına göre yapılan hesaplamalar							
		kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	q ₀ ≤q _t	q ₀ ≤q _t
SK A	UD 1	156.6	129.6	498.52	356.09	156.6≤356.09=Yeterli	156.6≤356.09=Yeterli
SK C	UD 1	156.6	129.6	389.66	278.33	156.6≤278.33=Yeterli	156.6≤278.33=Yeterli
SK E	UD 1	156.6	129.6	359.08	256.49	156.6≤256.49=Yeterli	156.6≤256.49=Yeterli
SK F	UD 1	156.6	129.6	349.01	249.29	156.6≤249.29=Yeterli	156.6≤249.29=Yeterli
SK H	UD 1	156.6	129.6	444.24	317.31	156.6≤317.31=Yeterli	156.6≤317.31=Yeterli
SK L	UD 1	156.6	129.6	371.94	265.67	156.6≤265.67=Yeterli	156.6≤265.67=Yeterli

6.3.2. Oturma Hesabı

Herhangi bir yapı temeli veya dolgu nedeniyle zemin yüzeyinde meydana gelen toplam düşey deformasyona “oturma” denir (Holtz ve Kovacs, 1981). Zeminlerde oturma üç bileşeni vardır. Bunlar ani (elastik) oturma, konsolidasyon oturması ve ikincil oturmadır. (Bowles, 1996; Murthy, 2003).

Ani oturma, yükleme yapılır yapılmaz zeminin su muhtevasında değişiklik olmadan yani zeminde hacim değişmesi (azalması) meydana gelmeden kısa sürede gerçekleşen oturma olarak tanımlanmaktadır (Smith , 1998; Murthy, 2003; Das, 2010).

Zemin üzerindeki yük kaldırıldığında ani oturmanın tamamının (en azından büyük bir bölümünün) geri geleceği düşünülür. Bu nedenle ani oturmaya aynı zamanda elastik oturma da denilebilmektedir.

Konsolidasyon oturması zeminin boşluklarında bulunan suyun drene olmasıyla hacim azalması sonucunda meydana gelen oturmadır (Das, 2010; Day, 2006).

İkincil oturma aşırı boşluk suyu basıncı sönmüldükten sonra, konsolidasyon oturması tamamlandıktan sonra meydana gelen oturmadır. Bu oturmanın sebebi sıkıştırma kuvveti altında tanelerin yeniden yerleşerek sıkı bir yapı oluşturmasıdır (Budhu, 2011; Bowles, 1996). Bu oturma genellikle organik zeminlerde meydana gelir (Bowles, 1996).

Bu çalışmada hacimsal sıkışma katsayısı (m_v) kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

Statik yük altında oluşacak toplam oturma genel olarak üç bileşenden oluşmaktadır. δ =Toplam Oturma, δ_e =Ani Oturma, δ_c =Konsolidasyon Oturma, δ_s =İkincil oturma (cm)

6.3.2.1. Elastik (Ani) Oturma - Elastisite Yöntemi ile Oturma Analizi

$$\delta_e = q_o * B \left(\frac{1-\mu^2}{E_d} \right) * I_p \quad (\text{Timoshenko ve Goodier, 1951})$$

Statik (1.4G+1.6Q) yükleme durumu, Statik ve deprem (G+Q+E) etkisi içeren yükleme durumuna göre hesaplanan Elastik (Ani) oturma değerleri Çizelge 6.31’de verilmiştir. Killi zeminlerde Elastik (Ani) oturma sıfıra yakın olduğu görülmüştür.

Çizelge 6.31 Düşey ve Deprem kombinasyonlarına göre ani oturma değerleri

Açıklama	Simge	Değer	Birim	Yöntem
Temel taban basıncı (1.4 G+1.6 Q)	q_0	156.56	(kN/m ²)	
Temel taban basıncı (G+Q+E)	q_0	129.65	(kN/m ²)	
Elastisite modülü	E_d	376400	(kN/m ²)	AASHTO
Poisson oranı	μ	0.45	(-)	AASHTO
Yapı Efektif Temel genişliği	B	4.00	(m)	
Yapı Efektif uzunluğu genişliği	L	4.00	(m)	
Yapı Boyutsuz etki faktörü (L/B=1.32)	I_p	0.80	(-)	Duncan et.all. 1976
Elastik (Ani) Oturma (1.4 G+1.6 Q)	δ_{e-1}	0.0811	(cm)	Timoshenko ve Goodier
Elastik (Ani) Oturma (G+Q+E)	δ_{e-2}	0.0628	(cm)	Timoshenko ve Goodier
Ortalama Elastik (Ani) Oturma	δ_{c-ort}	0.0719	(cm)	

6.3.2.2. Konsolidasyon Yöntemi İle Oturma Analizi

6.3.2.2.1. Düzeltilmiş SPT Sayısına ($N_{1.60}$) göre Konsolidasyon Oturması

Konsolidasyon deneyinden elde edilen hacimsel sıkışma katsayısı (m_v) değeri ile, kohezyonlu zeminlerin oturma hesabı aşağıdaki eşitlikle yapılabilir;

$$\delta c = m_v \times H \times \Delta \sigma_z \text{ eşitliği kullanılabilir. (cm)}$$

m_v = Konsolidasyon deneyinden elde edilen ve arazideki gerilme artış durumuna karşılık gelen hacimsel sıkışma katsayısı (cm^2/kgf)

H = Oturmaya maruz kalacak tabaka kalınlığı

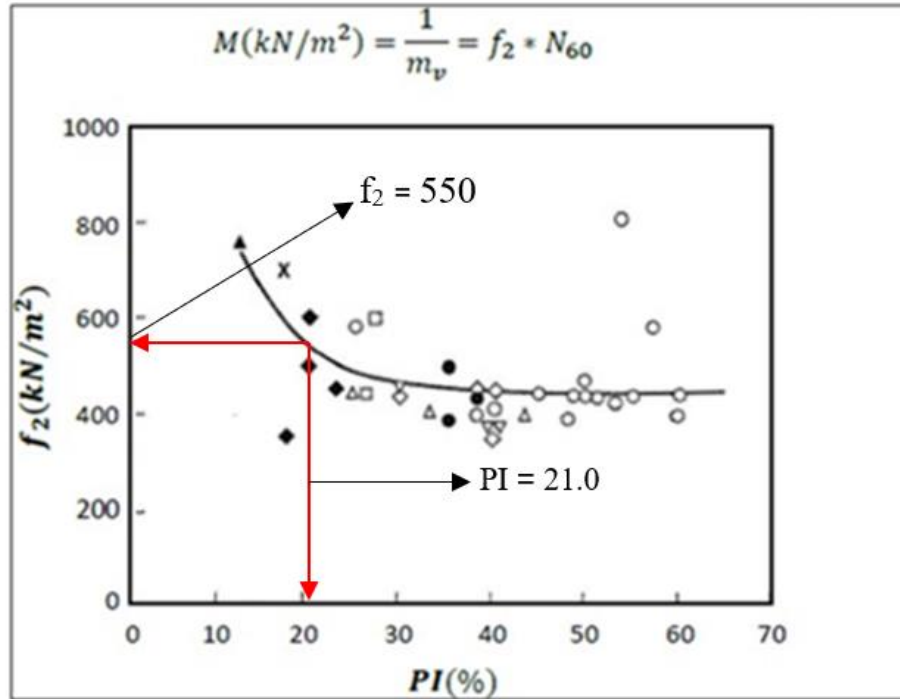
$\Delta \sigma_z$ = Yüklemeden dolayı, tabaka ortasındaki ortalama efektif gerilme artışı

$N_{1.60}$ = Düzeltilmiş SPT vuruş sayısı

Yapıdan temel zeminine aktarılan sabit (G) yüklerden ve hareketli (Q) yüklerden (G+Q) aktarılabacak ortalama temel taban basıncının 10.81 t/m^2 değerini aşmayacağı görülmektedir (Şekil 6.25).

Ortalama Plastisite İndisi (PI) = $18.50 + 23.9 + 18.50 + 23.5 = 21.00$ dir.

Ortalama Plastisite İndisi (PI) = 21.00 göre $f_2 = 550 \text{ kN/m}^2 = 5.5 \text{ kg/cm}^2$ dir.



Şekil 6.28. SPT - $N_{1.60}$ - m_v - PI arasındaki ampirik ilişki (Stroud, 1974)

$$m_v = \frac{1}{f_2 \times N_{1.60}} \rightarrow f_2 = 550 \text{ kN/m}^2 = 5.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Kazı ağırlığı} = (D_f \times \gamma) / B \times L = (2.0 \times 1.85) / 1 \times 1 = 3.700 \text{ t/m}^2$$

$$G+Q=q=\text{Yapı Ağırlığı} = 10.81 \text{ t/m}^2 = 1.081 \text{ kg/cm}^2$$

Net taban basıncını doğuracak yük miktarı;

$$q_{\text{net}} = \text{Yapı Ağırlığı} - \text{Kazı ağırlığı} = 10.81 - 3.700 = 7.110 \text{ t/m}^2 = 0.711 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_z = \text{Efektif Gerilme} = \gamma_{xz} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\Delta\sigma_z = \text{Gerilme değişimi} = \sigma - \sigma_z = q_{\text{net}} \times [(B \times L) / ((B \times z) \times (L \times z))] \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma = \text{Toplam Düşey Gerilme} = \Delta\sigma_z + \sigma_z \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Çizelge 6.32. Düzeltilmiş SPT ($N_{1.60}$) değerleri

Lokasyon No	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1.60}$									
	SPT 1 1.5 m	SPT 2 3.0 m	SPT 3 4.5 m	SPT 4 6.0 m	SPT 5 7.5 m	SPT 6 9.0 m	SPT 7 10.5 m	SPT 8 12.0 m	SPT 9 13.5 m	SPT 10 15.0 m
SK 1	-	-	13	15	22	25	34	35	40	45
SK 2	-	-	26	27	36	39	44	46	54	-
SK 3	-	-	26	27	36	34	43	49	53	-
SK 4	-	-	12	23	27	23	37	44	51	-
SK 5	-	-	24	27	21	30	35	41	49	54
SK 6	-	15	-	21	36	-	45	50	50	-
SK 7	-	-	32	-	33	39	44	51	59	-
SK 8	14	-	27	29	33	33	41	45	51	-
SK 9	-	-	-	36	43	38	42	51	55	-
SK 10	-	-	27	-	44	63	72	81	87	-
SK 11	-	13	-	27	-	42	70	79	88	-
SK 12	23	-	24	-	29	32	48	54	57	-
SK 13	23	35	36	35	42	43	44	41	44	-
SK 14	27	24	38	31	36	38	43	53	55	-
SK 15	29	32	35	41	53	55	58	58	58	-
SK 16	23	34	38	42	52	54	67	64	-	-
SK 17	16	25	32	33	42	45	50	49	50	-
SK 18	27	26	43	44	50	52	-	52	-	-
SK 19	35	28	35	33	40	50	53	56	57	-
SK 20	31	26	35	36	44	42	41	46	50	-
SK 21	-	-	16	-	22	-	30	36	41	41
SK 22	19	-	16	26	-	35	48	50	51	-
SK 23	-	-	31	36	-	35	47	51	57	-
SK 24	-	-	24	-	28	-	38	41	46	62
SK 25	-	-	20	-	36	42	55	64	78	-
SK 26	-	-	13	-	18	25	34	38	45	50
SK 27	-	13	-	19	27	29	36	51	51	-
SK 28	-	13	-	19	33	30	39	48	54	-
SK 29	-	12	-	21	33	33	43	49	47	-
SK 30	-	9	-	26	-	38	39	47	59	-
SK 31	-	-	12	-	24	29	35	41	47	-
SK 32	-	28	-	27	32	33	37	40	44	-
SK 33	27	25	28	30	44	38	47	56	64	-
SK 34	23	17	21	31	40	44	54	47	44	-
SK 35	31	26	26	34	42	48	54	60	63	-
Ortalama	25	22	26	29	35	39	46	50	55	50

Çizelge 6.33. Düzeltilmiş SPT ($N_{1,60}$) değerleri

Lokasyon No	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1,60}$									
	SPT 1 1.5 m	SPT 2 3.0 m	SPT 3 4.5 m	SPT 4 6.0 m	SPT 5 7.5 m	SPT 6 9.0 m	SPT 7 10.5 m	SPT 8 12.0 m	SPT 9 13.5 m	SPT10 15.0 m
SK I	14	16	15	14	15	14	14	14	20	18
SK II	19	16	16	15	17	16	15	16	19	17
SK III	19	16	16	15	17	16	15	18	18	17
SK IV	12	15	15	15	17	16	15	15	18	16
SK V	16	13	11	18	15	16	16	14	23	18
SK VI	19	13	13	18	17	15	15	15	21	18
SK VII	16	12	12	14	15	12	15	13	19	17
SK VIII	14	16	16	16	18	17	16	16	19	17
SK IX	16	13	11	14	15	16	16	14	22	18
SK X	14	12	12	15	15	15	14	14	20	17
SK XI	14	10	11	13	14	11	14	13	18	16
SK XII	14	15	15	15	17	16	15	16	18	16
SK XIII	19	15	12	15	17	17	17	15	19	18
SK XIV	12	13	13	15	14	15	14	14	18	17
SK XV	14	10	11	13	14	11	14	13	16	18
Ortalama	15	14	13	15	16	15	15	15	19	17

Çizelge 6.34. Düzeltilmiş SPT ($N_{1,60}$) değerleri

Lokasyon No	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1,60}$									
	SPT 1 1.5 m	SPT 2 3.0 m	SPT 3 4.5 m	SPT 4 6.0 m	SPT 5 7.5 m	SPT 6 9.0 m	SPT 7 10.5 m	SPT 8 12.0 m	SPT 9 13.5 m	SPT10 15.0 m
SK a	32	14	11	10	13	13	14	15	20	18
SK b	30	14	11	12	16	15	15	17	20	18
SK c	28	15	12	14	16	16	15	18	18	18
SK d	28	14	11	12	17	16	15	16	18	17
SK e	26	13	13	13	16	16	16	15	21	19
SK f	30	14	13	12	17	15	15	16	22	19
SK g	28	14	12	13	16	13	15	13	20	18
SK h	26	15	13	14	18	17	16	17	20	18
Ortalama	29	14	12	13	16	15	15	16	20	18

Çizelge 6.35. Düzeltilmiş SPT ($N_{1,60}$) değerleri

Lokasyon No	Düzeltilmiş SPT değeri $N_{1,60}$									
	SPT 1 1.5 m	SPT 2 3.0 m	SPT 3 4.5 m	SPT 4 6.0 m	SPT 5 7.5 m	SPT 6 9.0 m	SPT 7 10.5 m	SPT 8 12.0 m	SPT 9 13.5 m	SPT10 15.0 m
SK A	19	17	16	15	16	16	16	15	19	19
SK B	21	19	18	16	18	18	15	19	21	17
SK C	19	17	18	16	18	17	16	20	21	20
SK D	12	17	13	16	18	17	17	18	18	17
SK E	16	15	13	19	18	17	18	15	24	19
SK F	16	12	13	15	16	13	16	13	19	19
SK G	16	12	13	15	16	13	16	13	19	19
SK H	14	17	18	18	19	19	18	20	19	18
SK K	16	13	11	14	15	17	17	15	22	19
SK L	14	13	13	16	18	17	16	16	20	17
Ortalama	16	15	15	16	17	16	17	16	20	18

SK-1 ve SK-35 arası lokasyonlarda, Düzeltilmiş ($N_{1.60}$) SPT vuruşlarına göre; (Ampirik bağıntılarla) yapıdan temel zeminine aktarılan yükler altında 1.418 cm konsolidasyon oturması meydana gelecektir. (Çizelge 6.36)

SK-I ve SK-XV arası lokasyonlarda, Düzeltilmiş ($N_{1.60}$) SPT vuruşlarına göre; (Ampirik bağıntılarla) yapıdan temel zeminine aktarılan yükler altında 2.681 cm konsolidasyon oturması meydana gelecektir. (Çizelge 6.37)

SK-a ve SK-h arası lokasyonlarda, Düzeltilmiş ($N_{1.60}$) SPT vuruşlarına göre; (Ampirik bağıntılarla) yapıdan temel zeminine aktarılan yükler altında 2.579 cm konsolidasyon oturması meydana gelecektir. (Çizelge 6.38)

SK-A ve SK-L arası lokasyonlarda, Düzeltilmiş ($N_{1.60}$) SPT vuruşlarına göre; (Ampirik bağıntılarla) yapıdan temel zeminine aktarılan yükler altında 2.466 cm konsolidasyon oturması meydana gelecektir. (Çizelge 6.39)

İnceleme alanında düzeltilmiş ($N_{1.60}$) SPT vuruşlarına göre oturma miktarı 1.418 cm ile 2.681 cm arasında değişmektedir.

Oturma bakımından bir problem gözükmemektedir (Çizelge 6.40).

Çizelge 6.40. Skempton ve Mac Donald, 1956 - V. Kumbasar ve F. KİP, 1969 göre izin verilebilir oturma

Ölçüt	Temel şekli	İzin verilebilir limit (cm)		Toplam Konsolidasyon Oturma miktarı (cm)	Sonuç	Yöntem
Maksimum farklı oturma	Radye Temel	4.00	>	1.418	Yeterli	Skempton ve Mac Donald, 1956
			>	2.681	Yeterli	
			>	2.579	Yeterli	
			>	2.466	Yeterli	
Maksimum toplam oturma	Radye Temel	6.5-10	>	1.418	Yeterli	
			>	2.681	Yeterli	
			>	2.579	Yeterli	
			>	2.466	Yeterli	
Maksimum farklı oturma	Radye Temel	4.50	>	1.418	Yeterli	V. Kumbasar ve F. KİP, 1969
			>	2.681	Yeterli	
			>	2.579	Yeterli	
			>	2.466	Yeterli	
Maksimum toplam oturma	Radye Temel	12.5	>	1.418	Yeterli	
			>	2.681	Yeterli	
			>	2.579	Yeterli	
			>	2.466	Yeterli	

Çizelge 6.44. SK III Lokasyonu UD 1 için Laboratuvar sonuçlarına göre konsolidasyon oturma değerleri

Derinlik (cm)	Tbk (cm)	γ kg/cm ³	B (cm)	L (cm)	z (cm)	D _f (cm)	q kg/cm ²	q _{net} kg/cm ²	$\Delta\sigma_z$ (kg/cm ²)	σ_z (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	m _v cm ² /kgf	δc (cm)
250	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.630	0.0217	0.652	0.0203	0.639
400	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.504	0.0652	0.569	0.0203	0.512
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.413	0.1086	0.521	0.0203	0.419
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.344	0.1521	0.496	0.0203	0.349
550	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.291	0.1955	0.487	0.0203	0.296
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.250	0.2390	0.489	0.0203	0.253
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.216	0.2824	0.499	0.0203	0.220
700	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.189	0.3259	0.515	0.0203	0.192
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.167	0.3693	0.536	0.0203	0.170
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.149	0.4128	0.561	0.0171	0.127
850	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.133	0.4562	0.589	0.0171	0.114
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.120	0.4997	0.619	0.0171	0.102
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.108	0.5431	0.651	0.0171	0.093
1000	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.098	0.5866	0.685	0.0171	0.084
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.090	0.6300	0.720	0.0171	0.077
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.082	0.6735	0.756	0.0171	0.070
1150	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.076	0.7169	0.793	0.0171	0.065
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.070	0.7604	0.830	0.0171	0.060
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.065	0.8038	0.869	0.0171	0.055
1300	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.060	0.8473	0.907	0.0171	0.051
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.056	0.8907	0.947	0.0171	0.048
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.052	0.9342	0.986	0.0160	0.042
1450	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.049	0.9776	1.027	0.0160	0.039
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.046	1.0211	1.067	0.0160	0.037
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.043	1.0645	1.108	0.0203	0.639
Deney Yapılış Tarihi : 9 Mart 2022											Toplam		4.114

Çizelge 6.45. SK V Lokasyonu UD 1 için Laboratuvar sonuçlarına göre konsolidasyon oturma değerleri

Derinlik (cm)	Tbk (cm)	γ kg/cm ³	B (cm)	L (cm)	z (cm)	D _f (cm)	q kg/cm ²	q _{net} kg/cm ²	$\Delta\sigma_z$ (kg/cm ²)	σ_z (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	m _v cm ² /kgf	δc (cm)
250	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.630	0.0217	0.652	0.0285	0.897
400	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.504	0.0652	0.569	0.0285	0.718
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.413	0.1086	0.521	0.0285	0.588
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.344	0.1521	0.496	0.0285	0.490
550	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.291	0.1955	0.487	0.0285	0.415
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.250	0.2390	0.489	0.0285	0.356
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.216	0.2824	0.499	0.0285	0.308
700	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.189	0.3259	0.515	0.0285	0.270
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.167	0.3693	0.536	0.0285	0.238
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.149	0.4128	0.561	0.0219	0.163
850	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.133	0.4562	0.589	0.0219	0.146
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.120	0.4997	0.619	0.0219	0.131
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.108	0.5431	0.651	0.0219	0.119
1000	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.098	0.5866	0.685	0.0219	0.108
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.090	0.6300	0.720	0.0219	0.098
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.082	0.6735	0.756	0.0219	0.090
1150	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.076	0.7169	0.793	0.0219	0.083
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.070	0.7604	0.830	0.0219	0.077
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.065	0.8038	0.869	0.0219	0.071
1300	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.060	0.8473	0.907	0.0219	0.066
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.056	0.8907	0.947	0.0219	0.061
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.052	0.9342	0.986	0.0148	0.039
1450	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.049	0.9776	1.027	0.0148	0.036
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.046	1.0211	1.067	0.0148	0.034
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.043	1.0645	1.108	0.0285	0.897
Deney Yapılış Tarihi : 9 Mart 2022											Toplam		5.603

Çizelge 6.46. SK C Lokasyonu UD 1 için Laboratuvar sonuçlarına göre konsolidasyon oturma değerleri

Derinlik (cm)	Tbk (cm)	γ (kg/cm ³)	B (cm)	L (cm)	z (cm)	D _f (cm)	q (kg/cm ²)	q _{net} (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ (kg/cm ²)	σ_z (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	m _v (cm ² /kgf)	δc (cm)
250	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.630	0.0217	0.652	0.0346	1.090
400	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.504	0.0652	0.569	0.0346	0.872
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.413	0.1086	0.521	0.0346	0.714
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.344	0.1521	0.496	0.0346	0.595
550	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.291	0.1955	0.487	0.0346	0.504
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.250	0.2390	0.489	0.0346	0.432
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.216	0.2824	0.499	0.0346	0.374
700	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.189	0.3259	0.515	0.0346	0.328
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.167	0.3693	0.536	0.0346	0.289
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.149	0.4128	0.561	0.0227	0.169
850	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.133	0.4562	0.589	0.0227	0.151
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.120	0.4997	0.619	0.0227	0.136
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.108	0.5431	0.651	0.0227	0.123
1000	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.098	0.5866	0.685	0.0227	0.112
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.090	0.6300	0.720	0.0227	0.102
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.082	0.6735	0.756	0.0227	0.094
1150	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.076	0.7169	0.793	0.0227	0.086
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.070	0.7604	0.830	0.0227	0.079
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.065	0.8038	0.869	0.0227	0.074
1300	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.060	0.8473	0.907	0.0227	0.068
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.056	0.8907	0.947	0.0227	0.064
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.052	0.9342	0.986	0.0125	0.033
1450	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.049	0.9776	1.027	0.0125	0.031
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.046	1.0211	1.067	0.0125	0.029
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.043	1.0645	1.108	0.0346	1.090
Deney Yapılış Tarihi : 25 Haziran 2023											Toplam	6.546	

Çizelge 6.47. SK E Lokasyonu UD 1 için Laboratuvar sonuçlarına göre konsolidasyon oturma değerleri

Derinlik (cm)	Tbk (cm)	γ (kg/cm ³)	B (cm)	L (cm)	z (cm)	D _f (cm)	q (kg/cm ²)	q _{net} (kg/cm ²)	$\Delta\sigma_z$ (kg/cm ²)	σ_z (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	m _v (cm ² /kgf)	δc (cm)
250	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.630	0.0217	0.652	0.0378	1.190
400	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.504	0.0652	0.569	0.0378	0.953
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.413	0.1086	0.521	0.0378	0.780
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.344	0.1521	0.496	0.0378	0.650
550	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.291	0.1955	0.487	0.0378	0.550
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.250	0.2390	0.489	0.0378	0.472
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.216	0.2824	0.499	0.0378	0.409
700	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.189	0.3259	0.515	0.0378	0.358
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.167	0.3693	0.536	0.0378	0.316
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.149	0.4128	0.561	0.0268	0.199
850	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.133	0.4562	0.589	0.0268	0.178
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.120	0.4997	0.619	0.0268	0.160
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.108	0.5431	0.651	0.0268	0.145
1000	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.098	0.5866	0.685	0.0268	0.132
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.090	0.6300	0.720	0.0268	0.120
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.082	0.6735	0.756	0.0268	0.110
1150	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.076	0.7169	0.793	0.0268	0.102
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.070	0.7604	0.830	0.0268	0.094
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.065	0.8038	0.869	0.0268	0.087
1300	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.060	0.8473	0.907	0.0268	0.081
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.056	0.8907	0.947	0.0268	0.075
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.052	0.9342	0.986	0.0148	0.039
1450	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.049	0.9776	1.027	0.0148	0.036
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.046	1.0211	1.067	0.0148	0.034
	50	0.00185	400	400	25	200	1.081	0.711	0.043	1.0645	1.108	0.0378	1.190
Deney Yapılış Tarihi : 25 Haziran 2023											Toplam	7.271	

Konsolidasyon deney sonuçlarına göre; SK-3 lokasyonunda, temel zeminine aktarılan yükler altında 15.804 cm, SK-4 lokasyonunda 7.737 cm, SK-14 lokasyonunda 15.825 cm, SK-III lokasyonunda 4.114 cm, SK-V lokasyonunda 5.603 cm, SK-C lokasyonunda 6.546 cm ve SK-E lokasyonunda 7.271 cm oturma meydana gelecektir.

19.08.2015 tarihli konsolidasyon deney sonuçlarına göre hesaplanan oturma miktarı 7.737 cm ile 15.825 cm arasında değişmektedir.

9.03.2022 tarihli konsolidasyon deney sonuçlarına göre hesaplanan oturma miktarı 4.114 cm ile 5.603 cm arasında değişmektedir.

25.05.2023 tarihli konsolidasyon deney sonuçlarına göre hesaplanan oturma miktarı 6.546 cm ile 7.271 cm arasında değişmektedir.

İnceleme alanında oturma bakımından sorun görülmektedir.

Skempton ve Mac Donald, 1956, V. Kumbasar ve F. Kip, 1969 göre izin verilebilir oturma

Ölçüt	Temel şekli	İzin verilebilir limit (cm)	Konsolidasyon Oturma miktarı (cm)	Sondaj No	Sonuç	Yöntem
Maksimum farklı oturma	Radye Temel	4.00	< 15.804	(SK 3)	Yetersiz	Skempton ve Mac Donald, 1956
			< 7.737	(SK 4)	Yetersiz	
			< 15.825	(SK 14)	Yetersiz	
			< 4.114	(SK III)	Yetersiz	
			< 5.603	(SK V)	Yetersiz	
			< 6.546	(SK C)	Yetersiz	
			< 7.271	(SK E)	Yetersiz	
Maksimum toplam oturma		6.50-10.0	< 15.804	(SK 3)	Yetersiz	
			> 7.737	(SK 4)	Yeterli	
			< 15.825	(SK 14)	Yetersiz	
			> 4.114	(SK III)	Yeterli	
			> 5.603	(SK V)	Yeterli	
			> 6.546	(SK C)	Yeterli	
			> 7.271	(SK E)	Yeterli	
Maksimum farklı oturma	Radye temel	4.50	< 15.804	(SK 3)	Yetersiz	V. Kumbasar ve F. KİP, 1969
			< 7.737	(SK 4)	Yetersiz	
			< 15.825	(SK 14)	Yetersiz	
			> 4.114	(SK III)	Yeterli	
			< 5.603	(SK V)	Yetersiz	
			< 6.546	(SK C)	Yetersiz	
			< 7.271	(SK E)	Yetersiz	
Maksimum toplam oturma		12.50	< 15.804	(SK 3)	Yetersiz	
			> 7.737	(SK 4)	Yeterli	
			< 15.825	(SK 14)	Yetersiz	
			> 4.114	(SK III)	Yeterli	
			> 5.603	(SK V)	Yeterli	
			> 6.546	(SK C)	Yeterli	
			> 7.271	(SK E)	Yeterli	

6.3.2.2.3. İkincil ve üçüncül oturma (δ)

İkincil ve üçüncül oturmalar (δ s) turba ve organik bileşeni yüksek olan zeminlerde meydana geldiği için bu oturma dikkate alınmamıştır.

6.3.3. Sıvılaşma Analizi ve Değerlendirilmesi

Depremlerde zeminde meydana gelen önemli olaylardan biride sıg seviyelerde bulunan kum tabakalarında oluşan sıvılaşma ve püskürme (Sand blow) yapılarıdır. Suya doymun kum tabakalarında deprem titreşimlerinin etkisiyle sıkışma ve hacim daralması eğilimi oluşmaktadır. Eğer taneler arasını dolduran suyun drenajı mümkün olmazsa boşluk suyu basıncı artmakta, boşluk suyu basıncındaki bu artış düşey yöndeki jeolojik basınca eşit mertebeye ulaştığı zaman efektif gerilme sıfır olmakta ve kum direncini tamamiyle kaybederek sıvı gibi davranmaya başlamaktadır. (Efektif gerilme=Toplam gerilme-Boşluk suyu basıncı) (Pampal, 200).

Sıvılaşma olayları genellikle üniform, suya doymun kalın kum tabakalarında oluşmaktadır. Sıvılaşma eğilimindeki kumların granülometrisi incelendiğinde bunların %10-tane çapının (D_{10}) 0.0-0.25 cm arasında olduğu ve Üniformaluluk katsayısının ($C_u = D_{60}/D_{10}$) 2-10 arasında değiştiği görülmektedir. Sıvılaşma gösteren kumlar üzerinde yapılan Standart Penetrasyon Testlerinde darbe sayılarının genellikle 25'in altında kaldığını görülmüştür. Ayrıca deprem şiddetinin 6.50 ve daha yüksek olduğu durumlarda sıvılaşma ve kum püskürmesi olayları gelişmektedir. Sıvılaşma ayrıca kumun başlangıç boşluk oranına (Relatif sıkılığına) ve çevre basıncına da bağlı olduğu görülmüştür. Sıvılaşma ayrıca titreşim sayısına bağlıdır (Pampal, 200).

Boşluk suyu basıncının tekrarlı veya statik yükler altında sürekli olarak artması ve bir noktadan sonra sabitleşmesi, efektif çevre gerilmesinin sıfır veya çok küçük bir değere düşmesine neden olur. Bunun sonucunda zemin elemanında sürekli olarak artan şekil değiştirmeler oluşur ve zemin bir sıvı gibi davranır. Buna sıvılaşma denir (Ateş, 2022)

Uzun yıllar sıvılaşmanın sadece kohezyonsuz kumlu zeminlerde olduğu düşünülmeye karşın, son yıllarda yapılan çalışmalar ve gözlemler düşük kohezyonlu siltler (Ishihara 1984, 1985) ve çakıllı zeminlerde de (Youd vd. 1985; Yegian vd. 1994, Evans ve Seed, 1987) sıvılaşmanın ortaya çıkabileceğini göstermiştir.

Geliştirilmiş Çin kriterlerine göre Killi zeminlerde genel olarak sıvılaşma oluşmadığı kabul edilmektedir (Finn vd.,1994).

Kil (0.005 mm)>%20, Likit limit, LL>% 35

Su muhtevası<0.9 x LL olan düşük plastisiteli, ince daneli kil ,kumlu kil, siltli kil, killi kum gibi zeminlerde sıvılaşma olmayacağı öngörülmektedir (Finn vd.,1994).

Proje sahasında deprem etkisi altında zeminin sıvılaşma riskinin değerlendirilmesi TBDY 2018 göre yapılmıştır.

H =Sıvılaşmaya Yatkın Zemin Tabakası Kalınlığı (m)

$W(z)$ =Ağırlıklı (Ortalama) Fonksiyonu

$P_L(z)$ =Sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısına bağlı, sıvılaşma olasılığı oranı

L_S =Sıvılaşma şiddeti İndeksi, Y_{SS} =Yeraltı Su Seviyesi (m)

γ =Zeminin Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m³)

γ_d = Zeminin Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık (kN/m³)

γ_w =Suyun Birim Hacim Ağırlığı (kN/m³)

M_W =Tasarım Depreminin moment büyüklüğü (Birimsiz)

DTS =Deprem Tasarım Sınıfı (Tbdy, 2018)

S_{DS} =Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme katsayısı (Tbdy, 2018) (Birimsiz)

C_M =Tasarım Depremi moment büyüklüğü düzeltme katsayısı, $M_w=7.5$ için 1.0

$C_M=10^{2.24/(M_w^{2.56})}$ (Tbdy, 2018; 16B.4c) (Birimsiz)

$CRR_{M7.5}$ =Moment büyüklüğü (M_w) 7.5 olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranı (Youd vd) (Birimsiz)

T_R =Zeminin sıvılaşma direnci (kN/m²)

$T_R=CRR_{M7.5} C_M \sigma'_{vo}$ (Tbdy, 2018; 16B.4a)

T_{deprem} =Zeminde depremden oluşan ort. tekrarlı kayma gerilmesi değeri (kN/m²)

σ_{vo} =Sıvılaşma analizi yapılan derinlikdeki toplam düşey zemin gerilmesi (kN/m²)

σ'_{vo} =Sıvılaşma analizi yapılan derinlikdeki toplam efektif düşey gerilmesi (kN/m²)

$N_{1.60f}$ =İnce dane içeriğine göre düzeltilmiş SPT değeri

$N_{1.60f}=\alpha+\beta N_{1.60}$

F_{SL} =Sıvılaşma Güvenlik koşulu (Tbdy, 2018; 16.3)

Sıvılaşma direnci T_R , moment büyüklüğü (M_w) 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.

$T_R=CRR_{M7.5} C_M \sigma_{vo}$ (kN/m²) (Tbdy, 2018; 16B.4a)

Çevrimsel dayanım oranı ($CRR_{M7.5}$) Denk.(16B.4b) deki bağıntı ile hesaplanmıştır

$$CRR_{M7.5} = \frac{1}{34 - N_{1.60f}} + \frac{N_{1.60f}}{135} + \frac{50}{[10N_{1.60f} + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad (\text{Tbdy, 2018; 16B.4b}) \text{ Birimsiz}$$

Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısı (C_M), tasarım deprem moment büyüklüğüne (M_w) bağlı olarak Denk.(16B.4c)'deki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$C_M = 10^{2.24/(M_w^{2.56})} \quad (\text{Tbdy, 2018; 16B.4c}) \text{ Birimsiz}$$

Depremde Oluşan Kayma Gerilmesinin Hesaplanması

Zeminde oluşan kayma gerilmesi Denk.(16B.5)'deki ilişki ile hesaplanmıştır.

$$\tau_{\text{deprem}} = 0.65 \sigma_{vo} (0.4 S_{DS}) r_d \quad (\text{kN/m}^2) \quad (\text{Tbdy, 2018; 16B.5})$$

σ_{vo} =Sıvılaşma analizi yapılan derinlikteki toplam düşey gerilme (kN/m^2)

r_d =İlgili derinlikteki gerilme azaltma katsayısı

S_{DS} =Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme katsayısı (Tbdy, 2018) (Birimsiz)

Gerilme azaltma katsayısı, r_d incelenen derinliğe (z) bağlı olarak aşağıda verilen Denk.(16B.6)'daki bağıntı ile elde edilmiştir.

$r_d = 1.0 - 0.00765z$	$z \leq 9.15 \text{ m}$	
$r_d = 1.174 - 0.0267z$	$9.15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m}$	(Tbdy, 2018; 16B.6)
$r_d = 0.744 - 0.008z$	$23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m}$	(Tbdy, 2018; 16B.6)
$r_d = 0.50$	$z > 30 \text{ m}$	

SPT Verilerinin İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltilmesi

İnce dane içeriğine (IDI) göre düzeltilmiş darbe sayıları $N_{1.60f}$ Tbdy, 2018; 16B.3a ile hesaplanmıştır.

$$N_{1.60f} = \alpha + \beta N_{1.60} \quad (\text{Tbdy, 2018; 16B.3a})$$

Tbdy, 2018; 16B.3a'daki α ve β katsayıları Tbdy, 2018; 16B.3b'de verilmiştir:

$$\alpha = 0; \beta = 0 \quad (IDI \leq \%5)$$

$$\alpha = \exp[1.76 - (190/IDI)] \quad (\%5 < IDI \leq \%35) \quad (\text{Tbdy; 2018; 16B.3b})$$

$$\beta = 0.99 + IDI^{1.5}/1000 \quad (\%5 < IDI < \%35) \quad (\text{Tbdy; 2018; 16B.3b})$$

$$\alpha = 5.0; \beta = 1.2 \quad (\%35 \leq IDI)$$

Sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulu Tbdy.2018 16.3'te verilmiştir.

$$(\tau_R / \tau_{\text{deprem}}) \geq 1.10 \quad (\text{Tbdy, 2018; 16.3})$$

İnceleme sahasında SK-13 (Ağustos 2015), SK-II (Mart 2022), SK-V (Mart 2022) ve SK-E (Haziran 2023) lokasyonlarına ait numunelerde yapılan sıvılaşma analizinde sıvılaşma tehlikesi görülmemektedir. Sıvılaşma potansiyel riski yoktur (EK 10).

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Bu tez çalışması kapsamında Kahramankazan (Ankara) güneybatısında yer alan hafriyat atık sahasının jeoteknik özellikleri araştırılmış ve sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1. İnceleme alanında 15/06/2015-21/06/2015 tarih aralığında İmar Planına Esas arazi çalışmaları kapsamında Are Jeoteknik Müh. Müş. İnş. Taah. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından her biri 15 ve 30 metre derinliğinde olan 35 noktada toplam 600 metre sondaj, 26/02/2022-06/03/2022, 18-21/05/2022 ve 01-10/06/2023 tarih aralığında zemin etüd çalışmaları kapsamında Üçer Sondaj Jeo. Müh. Hiz. San. ve Tic. Ltd.Şti. tarafından her biri 20 m. derinliğinde olan 33 adet toplam 660 metre temel sondaj çalışması yapılmıştır.

2. İnceleme alanı tümüyle kahverenkli, açık kahverenkli, koyu sarı renkli, düşük-orta dayanımlı, plastik, orta katı-genelge katı kıvamlı, ince taneli, kohezyonlu, kesici aletle kesildiğinde pürüzsüz, parlak bir görüntü sunan az miktarda çakıl içeren kumlu siltli kil şeklinde alüvyon çökellerden oluşmaktadır. Alüvyon birimler orta - yüksek plastisiteli siltli kil, düşük plastisiteli inorganik kil, yüksek plastisiteli inorganik silt, düşük plastisiteli inorganik silt, siltli kum birimlerinden oluşmaktadır.

3. Kurak döneme (Haziran 2015, Mayıs 2022, Haziran 2023) ve yağışlı döneme (Şubat 2022, Mart 2022) ait yeraltısuyu derinliği ölçümlerine göre, inceleme alanında yeraltısı seviyesi zeminden itibaren 3.00-9.50 metre arasında değişmektedir. Özellikle alanın orta kesiminde yeraltısı seviyesi 3.0-5.5 m arasında olup, yüzeye yakındır.

Sondajlarda ölçülen yeraltısuyu ölçümlerinde kurak ve yağışlı dönem arasında ortalama 50 cm bir düşüm gözlenmektedir. Yağışlı dönemlerde statik seviyeye bağlı olarak ova çayına doğru bir boşalım söz konusudur (Şekil 5.2).

Bölgede yeraltısı seviyesinin aşırı düşmemesinin sebebi bölgenin DSİ tarafından yasaklı alan kapsamına alınmasına bağlanmaktadır.

4. Wilcox Diyagramına göre sular ‘Çok İyi-iyi’ bölgesinde yer almaktadır.

Schoeller diyagramına göre sular $MgHCO_3$ bileşimli sular olduğu ve S1, S2 ve S3 ün aynı kökenli olduğu anlaşılmaktadır.

ABD tuzluluk diyagramına göre C2 (Orta tuzlu), C3 (Yüksek tuzlu) sınıfındadır. Sodyum miktarına göre S1 (Düşük sodyumlu), S4 (Çok yüksek sodyumlu) sınıfındadır.

Ölçüm analizleri neticesinde pH değeri 7.09-8.91 arasında, Klor (Cl) değeri 0.54-2.40 mg/lt, sülfat (SO_4) değeri 0.15-5.46 mg/lt, Karbonat (CO_3) değeri 0-2.02 mg/lt,

Bikarbonat (HCO_3) değeri 2.30-12.36 mg/lt, magnezyum (Mg) değeri 0.15-5.51 mg/lt, Sodyum (Na) değeri 0.78-11.34 mg/lt, Potasyum (K) değeri 0.06-0.31 mg/lt, Kalsiyum (Ca) değeri 0.35-8.71 mg/lt olarak tespit edilmiştir. Kimyasal özellikleri ve fizikokimyasal özellikleri incelendiğinde beton için TS EN 3440 standartlarına göre betona zararlı etkisi söz konusu değildir. Ayrıca TS EN 1008'e göre de beton karma suyu için uygundur.

5. İnceleme alanında yapılan deney ve standartları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 7.1. Yapılan deney standart ve sayıları

Zemin mekaniği deneyleri	Deney Adet	Deney Standartı	Deney Tarihi	Deneylerin Yapıldığı Laboratuvar
Su Muhtevası Deneyi	46	TS 1900 1	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Su Muhtevası Deneyi	44	TS EN ISO 17892 1	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Su Muhtevası Deneyi	20	TS EN ISO 17892 1	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Su Muhtevası Deneyi	31	TS EN ISO 17892 1	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
D. Birim Hacim Ağırlık Deneyi	8	TS 1900 1	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
D. Birim Hacim Ağırlık Deneyi	6	TS EN ISO 17892 2	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
D. Birim Hacim Ağırlık Deneyi	4	TS EN ISO 17892 2	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
D. Birim Hacim Ağırlık Deneyi	6	TS EN ISO 17892 2	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
Likit Limit Deneyi	46	TS 1900 1	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Likit Limit Deneyi	44	TS EN ISO 17892 12	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Likit Limit Deneyi	20	TS EN ISO 17892 12	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Likit Limit Deneyi	31	TS EN ISO 17892 12	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
Plastik Limit Deneyi	46	TS 1900 1	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Plastik Limit Deneyi	44	TS EN ISO 17892 12	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Plastik Limit Deneyi	20	TS EN ISO 17892 12	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Plastik Limit Deneyi	31	TS EN ISO 17892 12	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
Plastisite İndeksi Deneyi	46	TS 1900 1	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Plastisite İndeksi Deneyi	44	TS EN ISO 17892 12	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Plastisite İndeksi Deneyi	20	TS EN ISO 17892 12	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Plastisite İndeksi Deneyi	31	TS EN ISO 17892 12	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
Elek analizi Deneyi	46	TS 1900 1	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Elek analizi Deneyi	44	TS EN ISO 17892 4	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Elek analizi Deneyi	20	TS EN ISO 17892 4	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Elek analizi Deneyi	31	TS EN ISO 17892 4	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
Üç eksenli Basınç Deneyi	8	TS 1900 2	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Üç eksenli Basınç Deneyi	9	TS EN ISO 17892 8	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Üç eksenli Basınç Deneyi	-	TS EN ISO 17892 8	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Üç eksenli Basınç Deneyi	6	TS EN ISO 17892 8	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar
Doğrudan Kırma deneylerinde	4	TS EN ISO 17892 10	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Konsolidasyon Deneyi	3	TS 1900 2	19.08.2015	Are Zemin Laboratuvarı
Konsolidasyon Deneyi	2	TS 1900-2 / T1	09.03.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Konsolidasyon Deneyi	-	TS 1900-2 / T1	28.05.2022	Ada Z Zemin Laboratuvar
Konsolidasyon Deneyi	2	TS 1900-2 / T1	25.06.2023	Ada Z Zemin Laboratuvar

6. İnceleme alanında 19.08.2015 tarihinde yapılan deneyler neticesinde alüvyon zeminlerin su muhtevası (W_n)=%18.30 ile %59.90 arasında, 09.03.2022 tarihinde yapılan deneyler neticesinde su muhtevası (W_n)=%19.76 ile %50.06 arasında, 28.05.2022 tarihinde yapılan deneyler neticesinde su muhtevası (W_n)=%6.14 ile %33.60 arasında ve

25.06.2023 tarihinde yapılan deneyler neticesinde su muhtevası (W_n)=%19.80 ile %50.10 arasında değişmektedir.

19.08.2015 tarihinde yapılan deneyler neticesinde Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ) değeri 18.40 ile 19.30 kN/m³ arasında, 9.03.2022 tarihinde yapılan deneyler neticesinde Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ) değeri 18.30 ile 19.50 kN/m³ arasında, 28.05.2022 tarihinde yapılan deneyler neticesinde Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ) değeri 17.40 ile 18.60 kN/m³ arasında ve 25.06.2023 tarihinde yapılan deneyler neticesinde Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ) değeri 18.30 ile 19.30 kN/m³ arasındadır.

19.08.2015 tarihinde yapılan Kıvam Limitleri (Atterberg Limitleri) deneylerinde alüvyon çökellere ait zeminlerin likit limit (W_L) değeri %33.60 ile %83.70, Plastik limit (W_P) değeri % 11.50 ile 33.60 ve plastisite indeksi (PI) değeri %18.50 ile %65.00 arasında, 09.03.2022 Kıvam Limitleri (Atterberg Limitleri) deneylerinde likit limit (W_L) değeri %35.50 ile %79.50, Plastik limit (W_P) değeri %24.30 ile %48.20 ve plastisite indeksi (PI) değeri %8.00 ile %37.60 arasında, 28.05.2022 tarihinde yapılan Kıvam Limitleri (Atterberg Limitleri) deneylerinde likit limit (W_L) değeri %31.90 ile %52.20, Plastik limit (W_P) değeri %19.00 ile %28.10 ve plastisite indeksi (PI) değeri %10.30 ile %26.00 arasında ve 25.06.2023 tarihinde yapılan Kıvam Limitleri (Atterberg Limitleri) deneylerinde zeminlerin likit limit (W_L) değeri %36.50 ile %75.50, Plastik limit (W_P) değeri %26.00 ile %48.20 ve plastisite indeksi (PI) değeri %8.00 ile %34.00 arasındadır.

7. İnceleme alanındaki zeminlerin özgül ağırlığı 2.5 ile 2.68 kg/cm² arasında, minimum boşluk oranı % 0.643 ile % 0.755 arasında ve maksimum boşluk oranı % 0.758 ile % 0.970 arasındadır.

8. 19.08.2015 tarihinde yapılan Üç Eksenli Basınç Deneyleri neticesinde zeminin kohezyon direnci (c) 52.30 ile 82.50 kN/m² (0.523 ile 0.825 kgf/cm²), zeminin tasarım kayma direnci açısı (ϕ_d) 2° ile 6° arasında, 09.03.2022 tarihinde yapılan Üç Eksenli Basınç Deneyleri neticesinde zeminin kohezyon direnci (c) 41.0 ile 56.0 kN/m² (0.410 ile 0.560 kgf/cm²), zeminin tasarım kayma direnci açısı (ϕ_d) 5° ile 8° arasında ve 25.06.2023 tarihinde yapılan Üç Eksenli Basınç Deneyleri neticesinde zeminin kohezyon direnci (c) 50.0 ile 58.0 kN/m² (0.500 ile 0.580 kgf/cm²), tasarım kayma direnci açısı (ϕ_d) 6° ile 8° arasında değişmektedir.

9. 28.05.2022 tarihinde yapılan Doğrudan Kesme Deneyleri neticesinde zeminin kohezyon direnci (c) 9.10 ile 46.80 kN/m² (0.091 ile 0.468 kgf/cm²), zeminin tasarım kayma direnci açısı (ϕ_d) 7° ile 20° arasındadır.

10. Sahanın geneli için düzeltilmiş ($N_{1.60}$) SPT vuruşlarına göre oturma miktarı 1.418 cm ile 2.681 cm arasında değişmektedir.

Sahanın geneli için Laboratuvar sonuçlarına göre konsolidasyon oturma miktarı 4.114 cm ile 15.825 cm arasında değişmektedir.

İnceleme alanında oturma bakımından sorun görülmektedir.(Çizelge 7.2)

Çizelge 7.2. Skempton ve Mac Donald, 1956, V. Kumbasar ve F. Kip, 1969 göre izin verilebilir oturma

Ölçüt	Temel şekli	İzin verilebilir limit (cm)	Konsolidasyon Oturma miktarı (cm)	Sondaj No	Sonuç	Yöntem
Maksimum farklı oturma	Radye Temel	4.00	< 15.804	(SK 3)	Yetersiz	Skempton ve Mac Donald, 1956
			< 7.7370	(SK 4)	Yetersiz	
			< 15.825	(SK 14)	Yetersiz	
			< 4.1140	(SK III)	Yetersiz	
			< 5.6030	(SK V)	Yetersiz	
			< 6.5460	(SK C)	Yetersiz	
			< 7.2710	(SK E)	Yetersiz	
Maksimum toplam oturma		6.50-10.0	< 15.804	(SK 3)	Yetersiz	
			> 7.7370	(SK 4)	Yeterli	
			< 15.825	(SK 14)	Yetersiz	
			> 4.1140	(SK III)	Yeterli	
			> 5.6030	(SK V)	Yeterli	
			> 6.5460	(SK C)	Yeterli	
			> 7.2710	(SK E)	Yeterli	
Maksimum farklı oturma	Radye temel	4.50	< 15.804	(SK 3)	Yetersiz	V. Kumbasar ve F. KİP, 1969
			< 7.7370	(SK 4)	Yetersiz	
			< 15.825	(SK 14)	Yetersiz	
			> 4.1140	(SK III)	Yeterli	
			< 5.6030	(SK V)	Yetersiz	
			< 6.5460	(SK C)	Yetersiz	
			< 7.2710	(SK E)	Yetersiz	
Maksimum toplam oturma		12.50	< 15.804	(SK 3)	Yetersiz	
			> 7.7370	(SK 4)	Yeterli	
			< 15.825	(SK 14)	Yetersiz	
			> 4.1140	(SK III)	Yeterli	
			> 5.6030	(SK V)	Yeterli	
			> 6.5460	(SK C)	Yeterli	
			> 7.2710	(SK E)	Yeterli	

11. İnceleme alanında 23 adet Üç Eksenli Basınç Deneyleri ve 4 adet Doğrudan Kesme Deneyleri neticesinde hesaplanan taşıma gücü tasarım dayanım (q_t) değeri TBDY (2018)'e göre 1.29 kg/cm² ile 3.80 kg/cm² arasında hesaplanmıştır.

19.08.2015 tarihli 8 adet Üç Eksenli Basınç Deneyleri neticesinde hesaplanan taşıma gücü tasarım dayanım değeri (q_t) 1.29 ile 2.55 kg/cm² arasında, 9.03.2022 tarihli 9 adet Üç Eksenli Basınç Deneyleri neticesinde hesaplanan taşıma gücü tasarım dayanım değeri (q_t) 1.75 ile 3.50 kg/cm² arasında, 28.05.2022 tarihli 4 adet Doğrudan Kesme Deneyleri neticesinde hesaplanan taşıma gücü tasarım dayanım değeri (q_t) 2.67 ile 3.80 kg/cm² arasında ve 25.06.2023 tarihli 6 adet Üç Eksenli Basınç Deneyleri neticesinde hesaplanan taşıma gücü tasarım dayanım değeri (q_t) 2.49 ile 3.56 kg/cm² arasındadır.

12. İnceleme sahasında SK 13 (Ağustos 2015), SK II (Mart 2022), SK V (Mart 2022) ve SK E (Haziran 2023) lokasyonlarına ait numunelerde yapılan sıvılaşma analizinde yapıları olumsuz yönde etkileyecek sıvılaşma tehlikesi görülmemektedir. Sıvılaşma potansiyel riski yoktur. (EK 10)

13. İnceleme alanı ve yakın çevresi için Çizelge 4.1 incelendiğinde aletsel dönem içerisinde $4.0 \leq M_s \leq 5.0$ magnitüd aralığında depremlerin 44 adet olduğu, $5.0 \leq M_s \leq 6.0$ magnitüd aralığında depremlerin 8 adet olduğu, $6.0 \leq M_s \leq 7.0$ magnitüd aralığında depremlerin 1 adet olduğu görülmektedir. Ülkemizdeki yapı stoğu itibariyle yıkıcı deprem eşiğinin $M_s=5.0$ olduğu kabulüyle, çalışma alanı ve çevresinde orta büyüklükte deprem olduğu görülmektedir. Bunun yanında $6.0 \leq M_s \leq 7.0$ magnitüd aralığında yıkım etkisi çok fazla olan depremlerin 1 adet olduğu görülmektedir. Bu bölgede yapılacak olan yapıların “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik” hükümlerine uygun olarak yapılmalıdır.

14. İnceleme alanında 20 adet sismik kırılma (SİS), 16 adet mikrotremör ölçümleri (MT), 10 adet düşey elektrik sondaj (DES) ve 2 adet Elektrik Rezisitivite Tomografi (ERT) çalışması yapılmıştır.

İnceleme alanında V_p hızına bağlı olarak birinci tabaka birimine (Dolgu) ait doğal yoğunluk değeri 16.4 ile 19.4 kN/m³ arasında hesaplanmıştır. Buna göre birim orta-yüksek yoğunluğa sahip zemin özelliğindedir. İkinci tabaka birimine (Alüvyon) ait doğal yoğunluk değeri 18.0 ile 2.16 kN/m³ dür. Buna göre birim orta-yüksek yoğunluğa sahip zemin özelliğindedir.

İnceleme alanında genel olarak birinci tabaka birimine (Dolgu) ait Poisson oranı (μ) 0.17 ile 0.46 arasında hesaplanmıştır. Bu değerler dikkate alındığında katı-çok gevşek sıklık kıvam özelliğine sahiptir. İkinci tabaka birimine (Alüvyon) ait Poisson oranı

(μ) 0.36 ile 0.47 arasında hesaplanmıştır. Bu değerler dikkate alındığında gevşek - çok gevşek sıklık kıvam özelliğine sahiptir.

Birinci tabaka zemin birimine (Dolgu) ait Dinamik Bulk Modülü (K) değeri 398 ile 9754 kg/cm² arasındadır. Bu değer dikkate alındığında Az sıkışma miktarına sahiptir. İkinci tabaka birimine (Alüvyon) ait Dinamik Bulk Modülü (K) değeri 12739 ile 82727 kg/cm² arasındadır. Bu değer dikkate alındığında orta-yüksek sıkışma miktarına sahiptir.

Genel olarak birinci tabaka zemin birimine (Dolgu) ait Kayma Modülü (G_{max}) değeri 262 ile 2627 kg/cm² dir. Bu değer dikkate alındığında gevşek-orta sağlam zemin özelliğindedir. İkinci tabaka birimine (Alüvyon) ait Kayma Modülü (G_{max}) değeri 929 ile 14445 kg/cm² dir. Bu değerler dikkate alındığında orta sağlam-çok sağlam zemin özelliğindedir.

İnceleme alanında birinci tabaka zemin birimine (Dolgu) ait Dinamik Elastisite Modülü (E_d) değeri 647 ile 6249 kg/cm² dir. Bu değer dikkate alındığında gevşek-orta sağlam zemin özelliğindedir. İkinci tabaka birimine (Alüvyon) ait Dinamik Elastisite Modülü (E_d) değeri 2725 ile 40477 kg/cm² dir. Bu değerlere göre orta sağlam-çok sağlam zemin özelliğindedir.

İnceleme alanında yapılan sismik çalışmalar sonucunda elde edilen V_{s30} değerleri; alüvyon birimde (Q_{al}) 218 ile 659 m/sn aralığındadır.

V_{s30} değerleri kullanılarak Türkiye Deprem Yönetmeliğine 2018 göre hesaplanan Yerel Zemin Sınıfı ($V_{s30}=218-659$ m/sn) Z_C ve Z_D olarak belirlenmiştir.

7.2. Öneriler

Kahramankazan (Ankara) Güneybatısında Yer Alan Hafriyat Atık Sahasının Sanayi yerleşim alanında yapılarda hafif gözlenen deformasyonlar gözlenmektedir. Bu deformasyonlar yeraltı su seviyesinin zemini yumuşatmasından ve zeminlerdeki farklı oturmadan dolayı etkili olduğu kanaatine varılmıştır. Bu nedenle inceleme alanında elde edilen jeoteknik veriler, ölçülen yeraltı su seviyeleri ve bölgenin depremselliğine göre yapılaşma esnasında temel zemini iyileştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca olası afet hasarlarını en aza indireyecek şekilde mevcut binalarda gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Temel Taşıma Gücü Tasarım Dayanımı Riski ;

İnceleme düşük-orta dayanımlı, yumuşak-orta katı kıvamlı, MH, CL, CH, ML ve kısmen SM zemin grubuna giren, yüksek plastisiteli, az miktar çakıl ve kum içeren silt - kil karışımından oluşmuş, ince taneli Kuvaterner yaşlı killi alüvyon zeminler ve alüvyon zeminleri tamamen kaplayan kalınlığı yaklaşık 1.0-5.5 arasında değişen kil ağırlıklı toprak dolgu yer almakta olup bu birim için ortalama temel taşıma gücü tasarım dayanımı (q_t) = 1.29 ile 3.80 kg/cm² arasında hesaplanmıştır.

İnceleme alanının bazı kesimlerinde temel taşıma gücü tasarım dayanımı açısından problemli gözükmemektedir. (Çizelge 7.3)

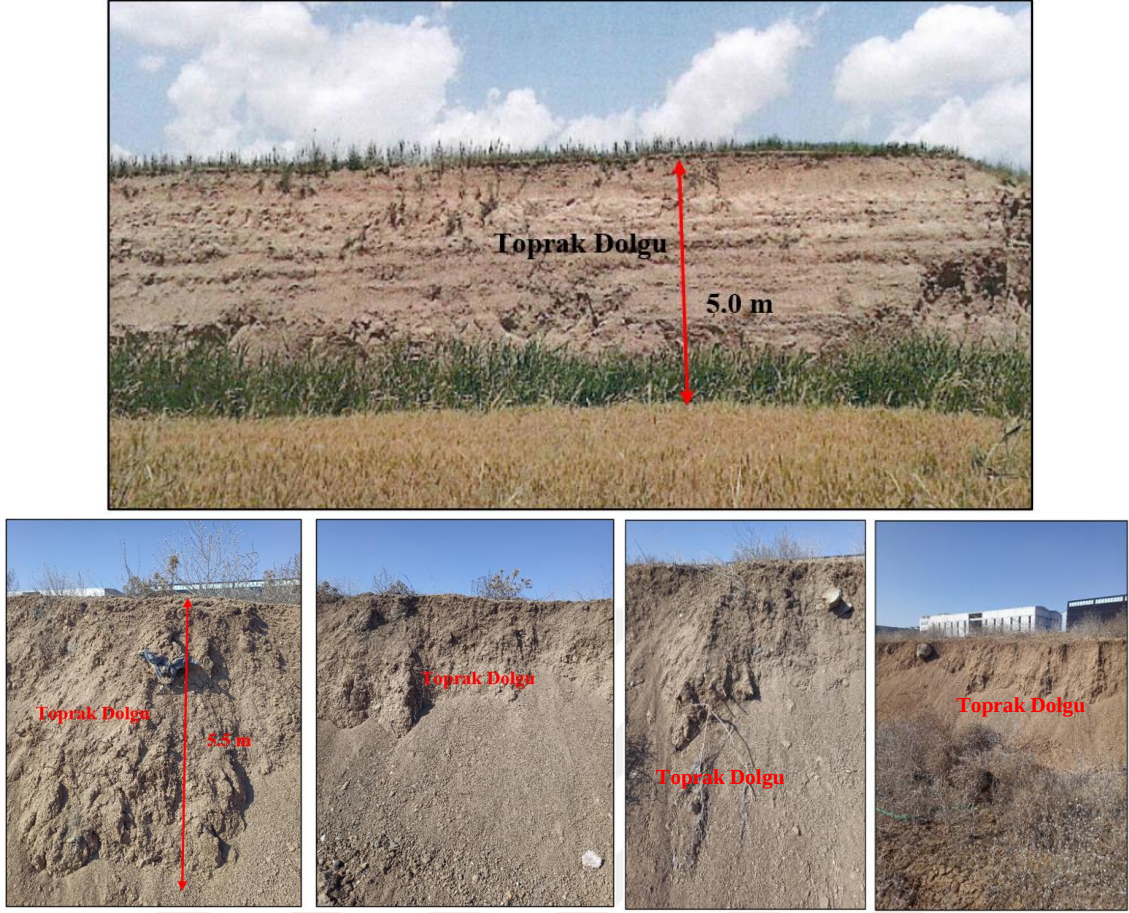
Temel taşıma gücü tasarım dayanımı problemli olan alanlarda iyileştirme yapılması gerekmektedir. Temel Altı Dolgu Çalışmasında kaya dolgu olmasını tavsiye ederiz.

Çizelge 7.3. 1.4 G+1.6 Q ve G+Q+E göre taşıma gücü tasarım dayanımı (q_t) yeterlilik durumu

Sondaj No	Örnek No	Temel Altı gerilme değerleri		Temel altı gerilme değerlerine göre temel taşıma gücü tasarım dayanımı yeterlilik durumu		
		Statik Yükleme Durumu	Statik + Deprem Yükleme Durumu	Tasarım dayanım (q_t)	Statik (1.4 G+1.6 Q) yükleme (q_0) ve yeterlilik durumu	Statik-deprem (G+Q+E) yükleme (q_0) ve yeterlilik durumu
		kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	$q_0 \leq q_t$	$q_0 \leq q_t$
SK 4	UD 1	156.6	129.6	129.34	$156.6 \leq 129.34 = \text{Yetersiz}$	$129.6 \geq 129.34 = \text{Yetersiz}$

Yapılacak olan kaya dolgu yukarıdaki eşitliği sağlayacak şekilde sıkıştırılmış olmalıdır (Çizelge 7.3). Dolgu sıkışıklığı Plaka yükleme deneyi ile test edilmelidir.

İnceleme alanında mevcut dolgu varlığı tesbit etmek amacıyla 10 noktada temel Araştırma Çukur çalışmaları yapılmıştır. Araştırma çukur numuneleri sondaj numuneleri yeteri veriyi sağlaması nedeniyle gerekli analizlere tabi tutulmamıştır.



Şekil 7.1. İnceleme alanında temel kazısı sonucunda ortaya çıkan dolgu ve kalınlığı

Temel Altı Dolgu Çalışması;

Hafriyattan çıkan killi malzeme dolgu malzemesi olarak kullanılmamalıdır.

Dolgu malzemesi, sıkışma kriterleri hesaplanmadan dolgu vb. gibi yerlerde kesinlikle kullanılmamalıdır. Dolgu malzemesi; içinde maksimum ince malzeme oranı (No:0.075 mm-No:200 mm) %0-%12 olan ve AASHTO Zemin sınıflamasına göre A1 grubuna ait olan granüler malzeme veya kırma taş malzeme olmalıdır. Dolgu kontrollü olarak 50 cm. aralıklarla yapılmalıdır.

Dolguya uygun olmayan malzeme ve zeminler

- Bitkisel toprak,
- Ağaç, çalı, kök ve benzeri organik maddeler,
- Kömür, kömür tozu dahil içten yanması söz konusu olan malzeme,
- Bataklık veya suyla doymuş hale gelmiş killi ve marnlı zeminler,
- Süprüntü, enkaz gibi artık maddeler,
- Suyla kolayca ufalanarak oturmalara sebep olacak malzeme,
- Karlı, buzlu ve donmuş topraklar,

- Ağırlıkça %20'den fazla jips bulunmayacak

Dolgular, sıkışma ve reglajdan sonra bütün noktalarda tüm genişliği boyunca yüzey suyunun rahatça drenajı sağlayacak enine eğimde inşa edilmelidir.

Dolgu malzemesi en fazla 25-50 cm serilerek sıkıştırmaya tabi tutulmalıdır. Bu işlem en az 5 kere tekrar edilmelidir. Temel altı dolgu kalınlığı gerekli sıkıştırma testlerinden geçirildikten sonra en az kalınlığı 100 cm olmasına azami dikkat edilmelidir.

Dolgu sıkıştırılmasında, dolgunun yatay deformasyonuna neden olmamak için lastik tekerlekli silindir kullanılmasını önermekteyiz.

Dolguya getirilen malzemenin iri taneli olanları dışa gelecek şekilde dökülecek ve serilmelidir. Geçirimsiz çekirdek zonu için malzemenin kazı, yükleme ve serme işlemleri homojen bir dolguyu garanti edecek şekilde olmalıdır.

Malzeme kalınlığı yaklaşık 25-50 cm. olan tabakalar halinde serilecek ve ağır lastik tekerlekli silindirlerle, keçiayağı veya diğer uygun ekipmanlarla sıkıştırılmalıdır.

Dolgu sıkıştırılmasında, dolgunun yatay deformasyonuna neden olmamak için lastik tekerlekli silindir kullanılmasını önermekteyiz.

Dolguda yeterli sıkıştırmanın sağlandığına emin olmak için plaka yükleme deneyleri yapılmalıdır. İnşaata başlamadan önce veya yapım sırasında, arazide ve laboratuvarında yapılacak sıkıştırma deneyleri ile belirlenmelidir.

Tabakaların daha iyi kaynaşması ve yapışmasını sağlamak için serilen tabakaların üzeri tırmıklanmalıdır.

Malzeme Niteliği

- Özgül ağırlık 2.60 g r/cm^3 'den büyük olmalıdır.
- Don sonu direnç kaybı en fazla %10 olmalıdır
- Basınç dayanımı en az 500 kg/cm^2 olmalıdır.
- Malzeme iyi granülometreye sahip olmalıdır.
- Kaya malzeme içinde silt - kum kil olmamalıdır.
- Kaya malzeme içinde 2.5 ile 10 cm çapında olan tane miktarı dolgunun %10'unu geçmemelidir.
- Kaya malzeme iyi granülometreye sahip olmalıdır. Kaya malzemede tane çapı maksimum 90 cm en büyük tane hacmi 0.750 m^3 olmalıdır.
- Kaya malzeme dolguda yapılan dökme - serme sıkıştırma işlemleri esnasında hiç bir şekilde parçalanmayacak ve ayrışmayacak nitelikte olmalıdır.
- Kaya malzeme sert, sağlam ve dayanıklı kaya parçalarının karışımından olmalıdır.

- Kaya malzeme yatay tabakalar halinde düzgün bir şekilde serilecektir.
- Serilme ve yıkama sırasında aynı boyuttaki malzemelerin bir arada toplanmasına izin verilmemelidir.
- Kaya malzeme içinde ayrıışmış, kısa zaman içinde ayrışabilecek, basınç altında dağılabilecek malzeme olmamalıdır.
- Kaya dolgu zonlarında uygun olmayan malzeme yıkanacak veya el aletleriyle uzaklaştırılmalıdır.

Mevcutta bulunan yapılarda olası deprem hasarını en aza indirmek için yapı elemanlarının (kiriş, kolon, döşeme) periyodik bakımları yapılmalı ve gerekmesi halinde güçlendirme işlemlerinin yapılması gerekir.

Zeminde yer alan yeraltı suyu, zeminin dayanımını düşürmektedir. Sanayi yerleşim alanında 15 cm'yi geçen miktarlarda oturmalar olabileceği, inceleme alanı ve çevresinde 6.0-6.5 büyüklüğünde deprem olması durumunda aynı özelliklere sahip zeminlerde önemli miktarda oturmalar beklenebileceği, bu nedenle inceleme alanı ve çevresinde meydana gelen kayıpları önlemek için önlem alınması gerekmektedir.

Ayrıca dolgu toprak ve yumuşak alüvyon çökellerle kaplı alanda temel çalışmalarında taşıma gücü şartını sağlayan zemine kadar inilmesi ve temellerin dolguya oturtulmadan önce standartlara uygun kaya dolgu ile zemin sağlamlaştırılmalıdır. Zemin iyileştirmelerinin yapılması önerilir.

İnceleme alanında iyileştirme yöntemlerinden sıkıştırma, zemin güçlendirmede taş kolonlar, kireç kolonlar, fore kazık, derin karıştırma, zemin enjeksiyon tekniklerinden kompaksiyon enjeksiyonu, jet grouting, zeminin kazılması/değiştirilmesi ve mutlaka yeraltı su seviyesinin düşürülmesi amacıyla drenajın yapılması gereklidir.

Yapılacak yapılar için parsel bazında zemin etütlerinde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne uyulmalıdır. Ancak bu çalışmada da Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde verilen yüzeysel temellerin taşıma gücü denklemlerine göre yapılan hesaplamalarda elde edilen değerlerin diğer taşıma gücü hesaplamaları ile elde edilen değerlerden yüksek çıkmaktadır. Kahramankazan (Ankara) Güneybatısında Yer Alan Hafriyat Atık Sahası gibi deprem riski taşıyan problemli zemin yapısına sahip alanda taşıma gücü hesaplamalarında emniyetli taraftaki değerin kullanılması uygun olacaktır.

Bina /Yapı temelleri zeminin stabil seviyelerine oturtulmalıdır.

Mevcut yamaç stabilitesini bozacak her türlü kontrolsüz kazıdan kaçınılmalıdır.

Stabilite problemleri oluşturacak çok dik temel şev oluşturmaktan kaçınılmalıdır.

Kısa ve uzun vadede kazı ve şev duraylılığı için yüzey suyu drenajı sağlanmalıdır. Şevler, iksa tedbirleri ile şevler desteklenmelidir.

Yamaç boyunca mevcut stabiliteyi artırmak için doğal dik şevler traşlanma, kademelendirme, şev yatırma vb önlemlerle yamaç eğimi düşürülmelidir.

Her türlü kazı öncesinde yan parsel, bina, yol ve kendi parselinin güvenliğini sağlayacak gerekli stabiliteyi artırıcı (İstinat, kazık vb) mühendislik tedbirleri yerinde ve zamanında alınmalıdır.

Zemin temel etütlerinde temel tipi, temel derinliği ve temelin taşıttırılacağı seviyenin mühendislik parametreler (Şişme, Oturma, taşıma gücü vb) irdelenmeli ve yamaç boyunca dış yüklerde dahil edilerek stabilite analizleride yapılarak gerekmesi halinde alınacak önlemler belirlenmelidir.

Yapı temellerin; jeolojik - jeoteknik ve litolojik zemin parametreleri bakımından aynı özellikteki birimler üzerine oturtulmasına dikkat edilmeli, mümkün olmadığı durumda ise yapılardaki farklı oturmadan kaynaklanan hasarları önlemek için farklı birimlere oturması gereken yapılar için uygun temel seçilmelidir.

Kazı esnasında açığa çıkan şevlerin açıkta bırakılmadan istinatlarla desteklenmesi ve şevlerin stabilite sorunu yaratmayacak şekilde açılması gerekmektedir.

Şişme potansiyelinin önüne geçmek için yapı temelleri teşkil edilen zeminin her türlü yüzey suyu ve çevre suları ile teması kesilmeli, drenaj sistemi kurulmalı, uygun temel tasarımı belirlenmesi gerekmektedir.

Yapılacak yapılarda kanalizasyon sistemlerinin kurulması, atık suların zemine temas etmeden ortadan uzaklaştırılması, inceleme alanı topoğrafik olarak düz ve/veya düze yakın olduğundan her türlü yağışta yüzey suyu problem oluşturacağından yağmur ve yüzey sularına karşı drenaj önlemlerinin oluşturulması gerekmektedir.

Bu çalışma, inceleme alanı zeminlerinin geniş çaplı jeoteknik özelliklerinin belirlendiği ilk çalışmadır. Dolayısıyla bu çalışma, daha sonraki araştırmalar için önemli bir referans olacaktır. Ancak, kısıtlı araştırma imkânlarıyla yapılan çalışmadan elde edilen veriler gerçekçi bir değerlendirme için yeterli değildir. Bu nedenle bu çalışmanın kapsamlı bir şekilde devam ettirilmesi, ileride meydana gelebilecek olası bir depremde, zemin tepkisinin önceden tahmin edilebilmesinin sağlayabilecektir. İleri düzey yorumlar yapabilmek amacıyla bu çalışmanın; daha geniş proje imkânlarıyla çalışılması, daha kapsamlı olarak devam ettirilmesi, ileri düzey araştırma ve deneylerinin yapılması oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

- Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 2007. Ankara İli Fiziki Haritası, Ankara İli Deprem Haritası, T.C Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara
- Akın, Ö., 2014, Influence of plasticity and fines content on cyclic behaviour of sand. M.Sc. Thesis, ITU, Graduate School of Science Engineering and Technology, İstanbul
- Akyol, E., 1969, Kızılcahamam, Çeltikçi Civarında Bulunan Kömür Zuhurlarının 1/25000 Ölçekli Jeolojik Etüd Rapor, MTA Rap. No: 4405 (yayımlanmamış).
- Akyürek, B., Bilginer, E., Dağ, Z. ve Sunu, O., 1979, Hacılar (Çubuk-Ankara) bölgesinde Alt Triyas'ın varlığı. TJK Bülteni
- Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağ, Z., Soysal, Y., ve Sunu, O., 1980, Eldivan - Şabanözü (Çankırı), Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi, MTA Rap. No:6741 (yayımlanmamış)
- Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağ, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y., 1982 Ankara - Elmadağ-Kalecik Dolayının Jeolojisi. MTA Rap. No : 7298 (yayımlanmamış)
- Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağ, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y., 1984, Ankara - Elmadağ-Kalecik Dolayının Temel Jeoloji Özellikleri. Jeoloji Mühendisliği
- Akyürek, B., Dura, M., Sütçü, Y. F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S. ve Yaşar, T., 1996, Ankara İlinin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynaklar Projesi (1994 yılı jeoloji grubu çalışmaları). MTA Rap. No: 9961 (yayımlanmamış)
- Altun, S., 2004, Suya doymuş kumların drenajsız koşullardaki davranışının tekrarlı yükler altında burulmalı kesme deney aleti ile incelenmesi, DEÜ, Fen ve Mühendislik Dergisi
- Altun, S. ve Ansal, A.M., 2005, Anizotropik konsolide zeminlerin dinamik davranışı, İMO Teknik Dergi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası
- Aminia, P.F., Noorzad, R., 2018, Energy-based evaluation of liquefaction of fiberreinforced sand using cyclic Soil Dynamics and Earthquake Engineering,
- Anonim, 2006, Tarım istatistikleri özeti, DİE Yayınları, No:12, Ankara
- Atabey, E., 2023, Tarihi, Jeolojisi, Madenleri, Doğa Tehlikeleri, Depremselliği, Tıbbi Jeolojik Unsurları, Çevre ve Halk Sağlığı, Ankara

- Ateş, A., 2022, Deprem Etkisinde Zeminlerin Sıvılaşması ve Sıvılaşma Yöntemleri, İKSAD yayınları, Ankara
- Baziar, M.H., and Jafarian, Y., 2007, Assessment of liquefaction triggering using strain energy concept and ANN model, capacity energy, Soil Dynamics and Earthquake Engineering
- Baziar, M.H., Jafarian, Y., Shahnazari, H., Movahed, V., Tutunchian, M.A., 2011, Prediction of strain energy-based liquefaction resistance of sand-silt mixtures: an evolutionary approach, Comput. Geosci
- Berrill, J.B., and Davis, R.O., 1985, Energy dissipation and seismic liquefaction of sands: revised model, Soils and Foundations
- Bowles, J.E., 1988, Foundation Analysis and Design. 4th Edition, Mc Graw Hill
- Burns, S. E. and Mayne, P. W., 1996, "Small-and High-Strain Measurements of In-Situ Soil Properties Using the Seismic Cone Penetrometer ," Transportation Research Record , Vol. 1548, National Academy Press, Washington, D.C., pp. 81
- Canik, B. 1998. Hidrojeoloji; yeraltı sularının aranması, işletilmesi ve kimyası", Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Ankara
- Celep, Z., Kumbasar, N., 2004, Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı, Beta Dağıtım, İnşaat Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Çalgın, R., Pehlivanoglu, H., Ercan, T. ve Şengün, M., 1973. Ankara civarı jeolojisi MTA Rap. No:6487 (yayımlanmamış)
- DAD, 2005, 31 Temmuz 2005 Afşar (Bala-Ankara) deprem kaydı ve odak mekanizması çözümleri
- DAD, 2007, 20-27 Aralık 2007 Afşar (Bala-Ankara) deprem kayıtları ve odak mekanizması çözümleri
- Demirtaş, R., 2020, Ankara ve Çevresinde Deprem Üreten Diri Fayların Deprem Tehlikesi ve Riski, Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara
- Dobry, R., Ladd, R., Yokel, F., Chung, R., Powell. D., 1982, Prediction of pore water pressure buildup and liquefaction of sands during earthquakes by the cyclic strain method, National Bureau of Standards Building Science Series, US Dept of Commerce
- Elibol, B., 2005, Kısmi doygun kumların tekrarlı yükler altındaki davranışları, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

- Ercan, A., 2001, Poisson sınıflaması ve hız oranı karşılaştırılması, İstanbul
- Ergünay, O., 1978, Deprem Zararlarının Azaltılması ve Önceden Tahmini, Nadir Kitap Evi, Türkiye Jeoloji Kurumu, Ankara
- Erol, O., 1956, Ankara Güneydoğusundaki Elmadağı Ve Çevresinin Jeolojisi Ve Jeomorfolojisi Üzerinde Bir Araştırma. MTA Yayınları, Seri D. No:9
- Esri, 2010, Environmental Systems Research Institute, from www.esri.com International Association of Hydrogeologists, 1979. Map of mineral and thermal water of Europe, Scale 1:500000. International Association of Hydrogeologists
- Figueroa, J., Saada, A., Liang, L., and Dahisaria, N., 1994, Evaluation of soil liquefaction by energy principles, Journal of Geotechnical Engineering
- Gratchev, I.B., Sassa, K., Osipov, V., and Sokolov, V.N., 2006, The liquefaction of clayey soils under cyclic loading, Engineering Geology
- Green, R.A., 2001, Energy-based Evaluation and Remediation of Liquefiable Soils, (PhD dissertation), Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg
- Hakyemez, Y., Barkurt, M. Y., Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Can, B., Dağ, Z. ve Sözeri, B., 1986, Yapraklı-Ilgaz-Çandır-Çankırı civarının jeolojisi. MTA Rap. No:7966 (yayımlanmamış)
- Harita Genel Komutanlığı, 2007. Türkiye Fiziki Haritası, Harita Genel Komutanlığı
- Hounslow, A.W., 1995, Water Quality Data Analysis and Interpretation. Lewis Publishers CRC Press, New York
- Ishihara, K., and Yasuda, S., 1975, Sand liquefaction in hollow cylinder torsion under irregularexcitation, Soils Found
- Iwasaki, Tokida ve Arakawa, 1984, Suya doymuş kumlu zeminlerin sıvılaşma durumları sıvılaşma direnç faktörü ile değerlendirilmesi
- Jafarian, Y., Towhata, I., Baziar, M.H., Noorzad, A., and Bahmanpour, A., 2012, Strain energy based evaluation of liquefaction and residual pore water pressure in sands using cyclic torsional shear experiments, Soil Dyn. And Earthq. Eng.
- JMO, 2021, Basitleştirilmiş Zemin Sıvılaşma Potansiyeli Analizi Hesabı kitapçığı, Ank.
- Kahraman, İ., 2013, Seismic Liquefaction: 1-G Model Testing System and Shake Table Tests, MSc. Thesis, İzmir Inst. of Technolgy, Graduate School of Engineering and Science, İzmir
- Kalafat, D., 1998, Anadolu'nun Tektonik yapısının deprem mekanizmaları açısından irdelenmesi, Deprem Araştırma Bülteni

- Kandemir, R., Keser, E., 2015, Ankara İli, Kazan İlçesi sınırında kalan Uzun ve Havacılık Organize Sanayi Bölgesine ait Alanın İmar Planına Esas Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporu, Ankara
- Kasapoğlu E., 2000. Ankara Kenti Zeminlerinin Jeoteknik Özellikleri ve Depremselliği, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 54, Ankara
- Keçeli, A., 1990, Zemin birimlerin yoğunluk değerlerine göre sınıflaması
- Ketin, İ. 1966, Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, (Tectonic Units of Anatolian Asia Minor), MTA Dergisi
- Koçkar, M.K., 2006, Engineering geological and geotechnical site characterization and determination of the seismic hazards of Upper Pliocene and Quaternary deposits situated towards the west of Ankara. Ph.D. Dissertation, Middle East Technical University, Ankara
- Koçyiğit, A., 1991, Changing Stress Orientation in Progressive Intracontinental Deformation as Indicated by the Neotectonics of the Ankara Region (NW Central Anatolia), TPJD Bülteni, C.3 / I
- Koçyiğit, A., Rojay, B., Cihan, M., Özacar, A., 2001, The June 6, 2000, Orta (Çankırı, Turkey) earthquake: Sourced from a new antithetic sinistral strike, slip structure of the north Anatolian fault system, the Dodurga fault zone, Turkish Journal of Earth Sciences
- Koçyiğit, A., 2003, General neotectonic characteristics and seismicity of Central Anatolia. TPJD, Special Publication
- Koçyiğit, A., 1987, Hasanoğlu (Ankara) yöresinin tektono-stratigrafisi: Karakaya orojenik kuşağının evrimi. H.Ü. Yerbilimleri
- Koçyiğit, A., 2003, Orta Anadolu'nun genel neotektonik özellikleri ve depremselliği
- Koeri, 2005, 31.07.2005, Afşar (Bala) deprem kaydı ve odak mekanizması çözümleri.
- Koeri, 20-27.12.2007, Afşar (Bala) deprem kayıtları ve odak mekanizması çözümleri
- Koeri, 31.01.2008 Çubuk ve 15.03.2008 Yüreli (Bala) deprem kaydı ve çözümleri
- Korhan. E., 2011, Ankara Çevresinde Orta Anadolu'nun Neotektoniği ve Depremselliği Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara
- Kumbasar, V. ve Kip, F., 1999, Zemin Mekaniği Problemleri, Çağlayan kitap Evi, Beyoğlu, İstanbul
- Law, K.T., Cao, Y.L., He, G.N., 1990, An energy approach for assessing seismic liquefaction potential, Canadian Geotechnical Journal

- Mayne, P.W., Christopher, B.R., De Jong, J., 2002, Jeoteknik Saha İnceleme Kılavuzu, Çeviren: Kayabalı, K., 2010, Gazi kitap Evi, Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ankara
- Monkul, M.M., Etminan, E., and Şenol, A., 2016, Influence of coefficient of uniformity and base sand gradation on static liquefaction of loose sands with silt, Soil Dynamics and Earthquake Engineering
- MTA, 1996. Ankara İli'nin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynaklar Projesi, Rapor No: 9961, Ankara-F15 Pafta Kitabı, Jeoloji Etütleri Dairesi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara
- MTA, 1997, 1:100 000 Ölçekli Açın-sama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 55, Ankara-F15 Pafta Kitabı, Jeoloji Etütleri Dairesi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara
- MTA. 1980, Ankara Metropolitan Alan Arazi Kullanım Haritası
- Nalbantçılar, T., Konya Yerleşim Alanı Yeraltı Suyu Kalitesi ve Kirliliği, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Nemat-Nasser, S., and Shokooh, A., 1979, A unified approach to densification and liquefaction of cohesionless sand in cyclic shearing, Canadian Geotechnical Journal
- Norman, T., 1973, Ankara melanjinin yapısı hakkında. Cumhuriyetin 50. yılı Yer. Bil. Kong. Tebl. 29-94 MTA yayını
- Okamura, M., and Soga, Y., 2006, Effects of pore fluid compressibility on liquefaction resistance of partially saturated sand, Soils and Foundations
- Okamura, M., and Noguchi, K., 2009, Liquefaction resistances of unsaturated nonplastic silt, Soils and Foundations
- Orhan, M., Ateş, A., 2012, Rölâtif Sıklığın Saruhanlı (Manisa) İlçesi Zeminlerinin Sıvılaşmasına Etkisinin Dinamik Üç Eksenli Deneyi ile Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Bilimler Dergisi
- Özçelik, Ş., 2019, Kumlu zeminlerin sıvılaşma enerjisinin laboratuvarında belirlenmesinde numune boyutunun etkisinin araştırılması, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli
- Özcan, A., Erkan, E., Keskin, A., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M. ve Tekeli, O., 1980, Kuzey Anadolu Fayı - Kırşehir Masifi arasının temel jeolojisi, MTA Rap. No:6722 (yayımlanmamış)
- Özçep, F., 2009, " Excel tabanlı Zemin Jeofizik Analiz " programı

- Özlen, N., 2019, Ilgın (Konya) Yerleşim Alanı zeminlerinin Jeoteknik özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya
- Özmen, B., 2008, Ankara'nın Deprem Tehlikesi ve Riski Çalıştayı Bildiriler Kitabı, Gazi Depar, Ankara
- Öztoklu, İ., 2020, Alacaatlı Mahallesi (Ankara) ve çevresinin Jeoloji ve Hidrojeoloji İncelemesi, Bitirme Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya
- Pampal. S., 2000, Depremler, Alfa Yayınları, sayı 638, İstanbul
- Pampal, S. ve Özmen, B., 2008, Ankara'nın Deprem Tehlikesi ve Riski Çalıştayı Bildiriler Kitabı, Gazi Depar, Ankara
- Pampal, S. ve Özmen, B., 2009, Depremler Doğal Afet midir? Depremlerle Baş Edebilmek, Eflatun Yayınevi, Maltepe, Ankara
- Papadopolou, A., Kallioglou, P., Tika, T.H., Papadopoulos, S., and Batum, E., 2010, Liquefaction resistance of silty sands and dynamic properties of cohesive soils from Düzce, Turkey, Journal of Earthq, Engineering
- Piper, A. M. 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Trans. Amer. Geophys. Union
- Reimer, M.F., 2001, Recent advances in soil liquefaction engineering and seismic site response evaluation, 4th nt. Conf. on Recent Advances in Geotechnical Earthq. Eng. and Soil Dynamics (Mar 26th - Mar 31st), Paper No: SPL-2
- Robert D. Holtz William D. Kovacs, Geoteknik Mühendisliğine Giriş, Çeviren: Kayabalı, K., 2010, Gazi kitap Evi, Ankara Üni., Mühendislik Fak., Ankara
- Saner, S., 1980, Batı Pontidler'in ve Komşu Havzaların Oluşumlarının Levha Tektoniği Kuramıyla Açıklanması, Kuzeybatı Türkiye
- Seed, R.B., Cetin, K.O., Moss, R.E.S., Kammerer, A.M., Wu, J., Pestana, J.M., and Seed, R.B., Idriss, I.M., 1971, Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division
- Simcock, J., Davis, R.O., Berrill, J.B., Mallenger, G., 1983, Cyclic triaxial tests with continuous measurement of dissipated energy, Geotech Test J, GTJODJ
- Hyodo, M., Tanimizu, H., Yasufuku, N., Murata, H., 1994, Undrained cyclic and monotonic triaxial behavior of saturated loose sand, Japan Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Soils and Foundations

- Steven L. Kramer, Deprem Mühendisliği, Çeviren: Kayabalı, K., 2003, Fersa Matbaası, Ankara Üni., Mühendislik Fak., Ankara
- Şahinci, A.1991. Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, 151-246, İzmir
- Şaroğlu, F., Emre Ö., Boray, A., 1987,Türkiye diri fayları ve depremsellikleri, MTA, Rapor No. 8174, (Yayınlanmamış)
- Savaş, İ., Sığ temellerin konsolidasyon oturmasının hesaplanmasında kullanılan geleneksel yöntemlerin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağustos 2019
- Şekercioğlu, E., Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi: D.S.İ Matbaası, Ankara
- Thorntwaite, C.W. 1948. An Approach Toward a Rational Classification of Climate; Geography Rev
- Towhata, I., 2008, Geotechnical earthquake engineering, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- Towhata, I., Ishihara, K., 1985, Shear work and pore water pressure in untrained shear, Soils and Foundation
- Türkecan, A., Dinçel, A., Hepşen, N., Papak, İ., Akbaş, B., Sevin, M., Özgür, İ. B., Bedi, Y., Mutlu, G., Sevin, D., Ünay, E., Saraç, G. ve Karataş, S., 1991, Bolu - Çankırı (Koroğlu Dağları) arasındaki Neojen yaşlı volkanitlerin stratigrafisi ve petrolojisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığından: Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatına Dair Tebliğ-Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
- Ural, N., Özocak, A., Önalp, A., 2007, Dinamik üç eksenli deneyde frekansın etkisi, 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007. İstanbul
- URL-1: www.pcforumlari.com
- URL-2: www.tarimorman.gov.tr, 21.11.2022
- URL-3: www.kazankent.com
- Üçer, N., 2022, Ankara ili Kahramankazan ilçesi Uzay ve Havacılık OSB 222040 Ada 9 Parselin Zemin Etüdü, Ankara
- Üçer, N., 2022, Ankara ili Kahramankazan ilçesi Uzay ve Havacılık OSB 64769 Ada 13 Parselin Zemin Etüdü, Ankara

- Üçer, N., 2020, Ankara ili Kahramankazan ilçesi Uzay ve Havacılık OSB 222064 Ada 10 Parselin Geoteknik Etüdü, Ankara
- Üçer, İ.S., 2020, Beytepe Mahallesi (Ankara) ve çevresinin Jeoloji ve Hidrojeoloji İncelemesi, Bitirme Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya
- Wilcox, L.V. 1948. The quality of water for irrigation use, vol 40. US Department of Agriculture Technology Bulletin 962, Washington DC
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Gözübol, A. M. ve Yiğitbaş, E., 1981, Abant (Bolu)-Dokurcun (Sakarya) arasındaki Kuzey Anadolu Fay Zonunun kuzey ve güneyinde kalan tektonik birliklerin jeolojik evrimi. İstanbul Yerbilimleri
- Yoshimi, Y., Tokimatsu, K., and Hosaka, Y., 1989a, Evaluation of liquefaction resistance of clean sands based on high-quality undisturbed samples, Soils and Foundations
- Yoshimi, Y., Tanaka, K., and Tokimatsu, K., 1989b, Liquefaction resistance of a partially saturated sand, Soils and Foundations
- Yoshimine, M., and Ishihara, K., 1998, Flow potential of sand during liquefaction, Soils and Foundations
- Zhang, W., Goh, A.T.C., Zhang, Y., Chen, Y., Xiao, Y., 2015, Assessment of soil liquefaction based on capacity energy concept and multivariate adaptive regression splines, Engineering Geology
- Zehtab, K.H., 2010, An Assessment of the dynamic properties of Adapazarı soils by cyclic direct simple shear tests, M.Sc. Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of METU, Ankara