

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serpil ARI

**KARADUVAR (MERSİN) ATIKSU ARITMA TESİSİ
JEOLOJİK - JEOTEKNİK İNCELENMESİ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

ADANA, 2009

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARADUVAR (MERSİN) ATIKSU ARITMA TESİSİ
JEOLJİK - JEOTEKNİK İNCELENMESİ**

Serpil ARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez .../.../..... Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle Kabul Edilmiştir.

İmza:

Doç. Dr.Şaziye BOZDAĞ
Danışman

İmza:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Üye

İmza:

Doç. Dr.A.Mahmut KILIÇ
Üye

Bu tez Enstitümüz Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

Bu çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: MMF2007YL18

• **Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, şekil, levhaların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KARADUVAR (MERSİN) ATIKSU ARITMA TESİSİ
JEOLJİK - JEOTEKNİK İNCELENMESİ**

Serpil ARI

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

Danışman: Doç. Dr. Şaziye BOZDAĞ
Yıl : 2009, **Sayfa:** 66
Jüri : Doç. Dr. Şaziye BOZDAĞ
Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Doç. Dr.A. Mahmut KILIÇ

İnceleme alanı Doğu Akdeniz bölgesinde, Mersin şehir merkezinin 15 km güneydoğusunda Karaduvar Mevkisinde yer almaktadır.

İnceleme alanında yapılması planlanan atıksu arıtma tesisi temellerinin oturacağı zeminlerin genel mühendislik özelliklerini araştırmak, olası zemin problemlerinin ve doğal afet varlığının tespiti amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

Belirtilen amaçlar çerçevesinde inceleme alanında zemin sondajları açılmış, yerinde zemin deneylerinden Standart Penetrasyon deneyi yapılmıştır. Aynı zamanda örselenmiş ve örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde kıvam limitleri, su muhtevası, konsolidasyon, üç eksenli basınç dayanımı, permeabilite ve sülfat deneyleri yapılmış ve zeminin özellikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler; Mühendislik jeolojisi, zemin sondajları, jeoteknik, zemin problemleri

ABSTRACT
POSTGRADUATION THESIS

**GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS OF THE
KARADUVAR (MERSIN) WASTEWATER TREATMENT PLANT**

Serpil ARI

**DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

Supervisor : Doç. Dr. Şaziye BOZDAĞ
Year : 2009, **Page:** 66
Jury : Assoc. Prof.Dr. Şaziye BOZDAĞ
Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Assoc. Prof. Dr.A.Mahmut KILIÇ

Investigation area is located in Karaduvar district which is about 15 km distance of southeast of Mersin city.

This study has been made in order to search the engineering features of the soils where the waste water treatment facilities baselines will be laid and to determine the possible soil problems and natural disaster existence.

In order to determine the declared objectives, the several investigation holes are drilled and insitu standard penetration tests are done in the research area. Also, sieve analysis, consistency index, water content, consolidation, triaxial compression test, permeability, sulphate analysis have been made on the disturbed and undisturbed ground sample and soil properties are determined.

Keywords; Engineering geology, soil drillings, geotechnic, problems of ground.

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalında yapmış olduğum Yüksek Lisans tez çalışmasının her aşamasında beni yönlendiren ve desteğini eksik etmeyen danışman hocam Sayın Doç.Dr. Şaziye BOZDAĞ'a teşekkür ederim.

Ayrıca, benden yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Yüksek Mühendisi Sn. Hülya YAYIK, Jeofizik Mühendisi Sn. Bülent GÖKÇAY'a ve hayatımın her döneminde desteklerini üzerimden eksik etmeyen sevgili eşime ve aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.2. Çalışma Alanının Özellikleri.....	2
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE METOD.....	5
3.1. Materyal.....	5
3.1.1. Genel Jeoloji.....	5
3.1.1.1. Karahamzauşağı Formasyonu.....	5
3.1.1.2. Ofiyolitik Melanj.....	7
3.1.1.3. Girdirli Formasyonu.....	7
3.1.1.4. Karaisalı Formasyonu.....	7
3.1.1.5. Güvenç Formasyonu.....	8
3.1.1.6. Handere Formasyonu.....	8
3.1.1.7. Kuvaterner Birimleri.....	8
3.1.2. Yapısal Jeoloji.....	8
3.1.2.1. Tektonizma.....	8
3.1.2.2. Deprem Durumu.....	10
3.2. Metod.....	12
3.2.1. Saha Öncesi Çalışmaları.....	12
3.2.2. Saha Çalışmaları.....	12
3.2.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi (Spt).....	14
3.2.2.2. Jeofizik Çalışmalar.....	14
3.2.2.2.(1). Rezistivite (Özdirenç) Yöntemi.....	14
3.2.2.2.(2). Simik Kırılma Yöntemi.....	15

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	15
3.2.3.1..Kıvam Limitleri Deneyi.....	17
3.2.3.2. Elek Analizi Deneyi.....	18
3.2.3.3. Su İçeriği Deneyi.....	18
3.2.3.4. Doygunluk Derecesi.....	18
3.2.3.5. Boşluk Oranı.....	18
3.2.3.6. Tabii Birim Hacim Ağırlığı.....	18
3.2.3.7. Doygun Birim Hacim Ağırlığı.....	19
3.2.3.8. Özgül Ağırlık.....	19
3.2.3.9. Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.....	19
3.2.3.10. Konsolidasyon Deneyi.....	20
3.2.3.11. Geçirimsizlik (Permeabilite).....	20
3.2.3.12. Sülfat Deneyi.....	20
3.2.4. Büro Çalışmaları.....	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	21
4.1. İnceleme Alanının Jeolojisi.....	21
4.2. Sondaj Araştırmaları Ve Arazi Deneyleri.....	21
4.3. Laboratuvar Deneyleri.....	21
4.3.1. Zeminlerin İndeks (Fiziksel) Özelliklerinin Belirlenmesi.....	22
4.3.1.1.Kıvam Limitleri.....	22
4.3.1.2. Elek Analizi	25
4.3.1.3. Su İçeriği	27
4.3.1.4. Doygunluk Derecesi.....	27
4.3.1.5. Boşluk Oranı.....	27
4.3.1.6. Tabii Birim Hacim Ağırlığı.....	28
4.3.1.7. Doygun Birim Hacim Ağırlığı.....	29
4.3.1.8. Özgül Ağırlık.....	29
4.3.1.9. Zemin Sınıfı.....	30
4.3.1.10 Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.....	34
4.3.1.11 Konsolidasyon Deneyi.....	34
4.3.1.12 Geçirimsizlik.....	36

4.3.2. Zemin Türlerinin Jeoteknik Özellikleri.....	37
4.3.2.1. Zemin Taşıma Gücünün Hesaplanması.....	37
4.3.2.1.(1). Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyine Göre Taşıma Gücü Hesabı.....	38
4.3.2.2. Konsolidasyon Deneyine Göre Oturma Hesabı.....	39
4.3.2.3. Spt Deneyine Göre Yatak Katsayısının Hesaplanması	41
4.3.3. Zemin Sıvılaşması	42
4.3.4. Jeofizik Çalışmalar.....	46
4.3.4.1. Rezistivite (Özdirenç) Yöntemi	46
4.3.4.2. Sismik Kırılma Yöntemi.....	47
5.SONUÇLAR.....	49
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	56
EKLER	57
Ek-1 İnceleme Alanının Vaziyet Planı Haritası	
Ek-2 Vaziyet Planında I-I’ Hattı Boyunca Alınmış Jeolojik Enine Kesit	
Ek-3 Vaziyet Planında II-II’ Hattı Boyunca Alınmış Jeolojik Enine Kesit	
Ek-4 Vaziyet Planında III-III’ Hattı Boyunca Alınmış Jeolojik Enine Kesit	
Ek-5 Vaziyet Planında IV-IV’ Hattı Boyunca Alınmış Jeolojik Enine Kesit	
Ek-6 Vaziyet Planında V-V’ Hattı Boyunca Alınmış Jeolojik Enine Kesit	
Ek-7 Zemin Sondaj Logları	
Ek-8 Araştırma Çukuru Logları	
Ek-9 Laboratuvar Deney Sonuçları	
Ek-10 Jeofizik Rezistivite Ölçümleri	
Ek-11 Jeofizik Sismik Ölçümleri	

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Etkin Yer İvmesi Değeri.....	10
Çizelge 3.2. Mersin İli Ve Çevresinde Oluşmuş Depremlere Ait Kandilli Kayıtları.....	11
Çizelge 3.3. Sondaj Numuneleri Üzerinde Yapılabilen Ve Yapılamayan Deneyler.....	16
Çizelge 4.1. İnce Taneli Zeminlerin Likit Limit Aralığına Göre Sınıflandırılması	23
Çizelge 4.2. Leonards Sınıflaması	24
Çizelge 4.3. Zeminlerin Sıkışabilirliği.....	24
Çizelge 4.4. İnce Taneli Zeminlerin Kıvamlılık İndeksine Göre Sınıflandırılması.....	24
Çizelge 4.5. Elek Analizi Sonuçlarına Göre Zeminin Birim Oranları	25
Çizelge 4.6. Doygunluk Derecesi Değerleri	28
Çizelge 4.7. Boşluk Oranı Değerleri.....	28
Çizelge 4.8. Tabii Birim Hacim Ağırlığı Değerleri.....	29
Çizelge 4.9. Doygun Birim Hacim Ağırlığı.....	30
Çizelge 4.10. Özgül Ağırlık Değerleri.....	30
Çizelge 4.11. Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması Ve Plastisite Abağı.....	32
Çizelge 4.12. Zemin Grupları.....	33
Çizelge 4.13. Yerel Zemin Sınıflaması	34
Çizelge 4.14. Spektrum Karakteristik Periyotları.....	34
Çizelge 4.15. Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları.....	35
Çizelge 4.16 Konsolidasyon Deneyi Sonuçları.....	35
Çizelge 4.17. Zeminlerin Geçirgenlik Katsayılarına Göre Tanımlaması.....	36
Çizelge 4.18. Kayaçların Tahmini Permeabilite Değerleri.....	36
Çizelge 4.19. Doğal Suların Özelliklerine Göre Sınır Değerleri.....	37
Çizelge 4.20. Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyine Göre Taşıma Gücü Hesabı.....	39
Çizelge 4.21. Konsolidasyon Deneyine Göre Oturma Hesabı.....	40

Çizelge.4.22. Zemin Cinsine Göre Yatak Katsayısı Değerleri.....	41
Çizelge 4.23. Siltli Ve Killi Kumların Sıvılaşabilirliği.....	42
Çizelge 4.24a. Başlangıç İvme Değerleri Önerisi.....	43
Çizelge 4.24b. Başlangıç İvme Değerleri Önerisi.....	45
Çizelge 4.24c. Başlangıç İvme Değerleri Önerisi.....	46
Çizelge 4.25. Rezistivite Sonucu Elde Edilen Değerler.....	47
Çizelge 4.26. Sismik Çalışmalar Sonucu Elde Edilen Değerler.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Çalışma Alanı Yer Bulduru Haritası.....	1
Şekil 3.1. Çalışma alanı jeoloji haritası.....	6
Şekil 3.2. Mersin İli Ve Çevresi Aktif Fay Hatları Haritası	9
Şekil 3.3. Mersin İli Deprem Bölgeleri Haritası.....	10
Şekil 3.4a. Sondaj Çalışmasından Görünümler.....	13
Şekil 3.4b. Sondaj Çalışmasından Görünümler	13
Şekil 4.1. Episantr'dan Uzaklıkta Maksimum İvme Değerleri.....	43

1. GİRİŞ

İnceleme alanı Doğu Akdeniz bölgesinde, Mersin şehir merkezinin güneydoğu yakasında, şehir merkezine 10 km mesafede Karaduvar mevkiinde yer almaktadır. Kenti doğu- batı istikametinde kesen E-90 otoyolu, çalışma sahasının kuzeyinden geçmektedir. Şekil 1.1.' de çalışma alanı genel görünüm haritası verilmiştir.



Şekil 1.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

İnceleme alanında yaklaşık 20 km² lik bir sahayı kaplayacak atıksu arıtma tesisine ait tanklar, çökeltilme havuzları, çamur istasyonları yapılması planlanmaktadır (Ek-1). Bu nedenle sahanın genel jeolojik-jeoteknik özellikleri incelenmiş olup, bu amaçla daha önce yapılan çalışmaların değerlendirilmesi, jeolojik ve çevresel gözlemler, arazi çalışmaları çerçevesinde açılan zemin sondajları, araştırma çukurları, yapılan arazi deneyleri (Standart Penetrasyon Deneyi) ve gözlemleri, sondajlardan alınan zemin numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deney (elek analizi, kıvam limitleri, su muhtevası, konsolidasyon, üç eksenli basınç dayanımı, permeabilite ve sülfat deneyi) sonuçlarının birlikte değerlendirilmesiyle, inceleme alanının tesise yönelik zeminin özellikleri ortaya konmuştur.

1.2. Çalışma Alanının Özellikleri

İnceleme alanı ve çevresinde yaz-kış ulaşımına olanak sağlayacak, ana yollar asfalttır. Ayrıca inceleme alanının kuzey ve doğu sınırları boyunca devam eden Deliçay Deresi bulunmaktadır. Güney cephesinde ise Akdeniz bulunmaktadır. İnceleme alanı ve civarında yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan tipik Akdeniz İklimi hüküm sürmektedir.

İnceleme alanı çoğunlukla tarım arazisi ve bazı yerleri ise depo olarak kullanılmaktadır. Yine saha sınırları içerisinde birkaç konutlu yerleşim birimleri ve mezarlık bulunmaktadır. İnceleme alanı düz bir topografyaya sahiptir.

Çalışmalar, yapılması planlanan arıtma tesisi alanında yapılmış olup, zeminin genel özelliklerini belirlemeye yöneliktir. Bu tesis alanında yer altını tanımak, yapı temellerinin oturacağı zeminlerin genel mühendislik özelliklerini araştırmak ve belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bölgede genel jeoloji amaçlı birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan çalışma alanı olarak Karaduvar mevki ve yakın civarını içeren bazıları şunlardır;

Özgül (1976), Orta Toroslar'ın kuzey kesiminin yapısal gelişiminde yapmış olduğu incelemesi sonucunda stratigrafik, yapısal ve metamorfik özelliklerinden dolayı, Orta Toroslar'ın birçok tektono-stratigrafik kaya birliğine sahip olduğunu bulmuştur. Bu tektono-stratigrafik birlikler Alanya, Antalya, Geyikdağı, Aladağ, Bozkır, Bolkar Dağı birlikleridir.

Yılmaz (1991), bölgede yaygın olarak görülen Yumuşakken (killi) ve Sertken bileşenlerinden oluşan Kalişin jeolojik ve jeoteknik özellikleri üzerine çalışmalar yapmıştır. Bu çalışma sonucunda; kaliş, özellikle killi-kalkerli tortul istiflerin tamamen ayrılmış kesimi içerisinde ve üzerinde oluşan bir kimyasal tortul birimdir. Kaliş yüzeye doğru genellikle sertken ve alt dokanağına doğru yüksek plastisiteli, parlak yüzeyli, dolgulu-çatlaklı ve kalker yumrulu kil seviyelerinden oluşan yumuşakken seviyelerini içerir. Sertken ise çok sayıda yatay ve yataya yakın ince çökeltim bantlarından oluşup, yüzeye doğru kütleli görünüm kazandığından bahsedilmiştir.

Şenol ve ark (1993), Adana Havzası'nda yapmış olduğu jeoloji incelemesinde Kuvaterner çökellerini taraça, delta çökelleri ve akarsu sekileri olarak tanımlamıştır. Yapılan çalışmada, taraça; konglomera veya konglomeratik kaliş olarak tanımladığı birimlerin aynısı olan yüksek seki konglomeraları aşınma yüzeyleri üzerinde çökelmişlerdir. Delta Çökelleri; Siciliyen sonlarında Adana bölgesinde meydana gelen çöküntü alanlarının daha sonra oluşan akarsu ve kolları tarafından getirilen materyallerle dolması sonucu delta çökelleri birikmiştir. Akarsu Sekisi; Devamlı akan akarsuların vadi tabanında yer alan bu birimin kalınlığı 0,5-3 metre, genişlikleri 5-3000m arasında değişen mercer ve kama şeklindedirler şeklinde tanımlanmıştır.

Ulu (1998), Mersin ve civarında yapmış olduğu jeolojik çalışmada "Birlik" adı altında toplanan temel kayalar üzerine uyumsuz olarak gelen Paleosen-Eosen ve daha genç yaşlı birimler "Örtü Kayaları" adı altında incelenmiştir. Bunu oluşturan toplulukları incelemiştir. Yapılan çalışmada; Örtü Kayaları Paleo-otokton Kayalar ve

Neo-otokton Kayalar olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Erken Tersiyer'e ait Belbağ ve Sarıtaş Formasyonları Paleo-otokton, Oligosen-Pliyosen yaşlı kayalar ise Neo-otokton Kayalar şeklinde ayrılmıştır.

Hatipoğlu (2004), Mersin-Tarsus Kıyı akiferinin hidrojeokimyası üzerine çalışmalarda bulunmuştur. Yapılan çalışmada; bölgenin 0 - 40 metre arasında yüksek K_h ve n_e değerlerine sahip olduğundan bahsedilmiştir.

Karaca ve ark (2004) Mersin İli Karaduvar mahallesindeki yeraltı suyu kuyularında yaşanan petrol kirliliği ile ilgili araştırma ve inceleme raporunu hazırlamışlardır. Bu çalışmada; inceleme alanı çevresinde petrol sızıntısının yer altı suyu kirliliğine sebebiyet verdiği ifade edilmiştir.

Karaca ve ark (2006), "Mersin İli Karduvur Mahallesi Yeraltı Suyu Rezervuarındaki Petrol Kirliliği" adlı çalışmalarında Mersin ili Karaduvar Mahallesinde ki petrol boru hattında oluşan sızıntının neden olduğu yeraltı suyu ve çevre kirliliğini incelemişler ve kirliliği belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada; kirlenmiş yeraltı suyu mevcut kuyulardan ve yeni açılmış kuyulardan çekilmiş ve petrolün sudan ayrılmasına çalışılmıştır. Bu amaçla kirlenmiş yeraltı suyunun mevcut kuyulardan ve yeni açılacak kuyulardan çekilmesi ve petrolün sudan ayrılması gerektiği belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD**3.1. Materyal**

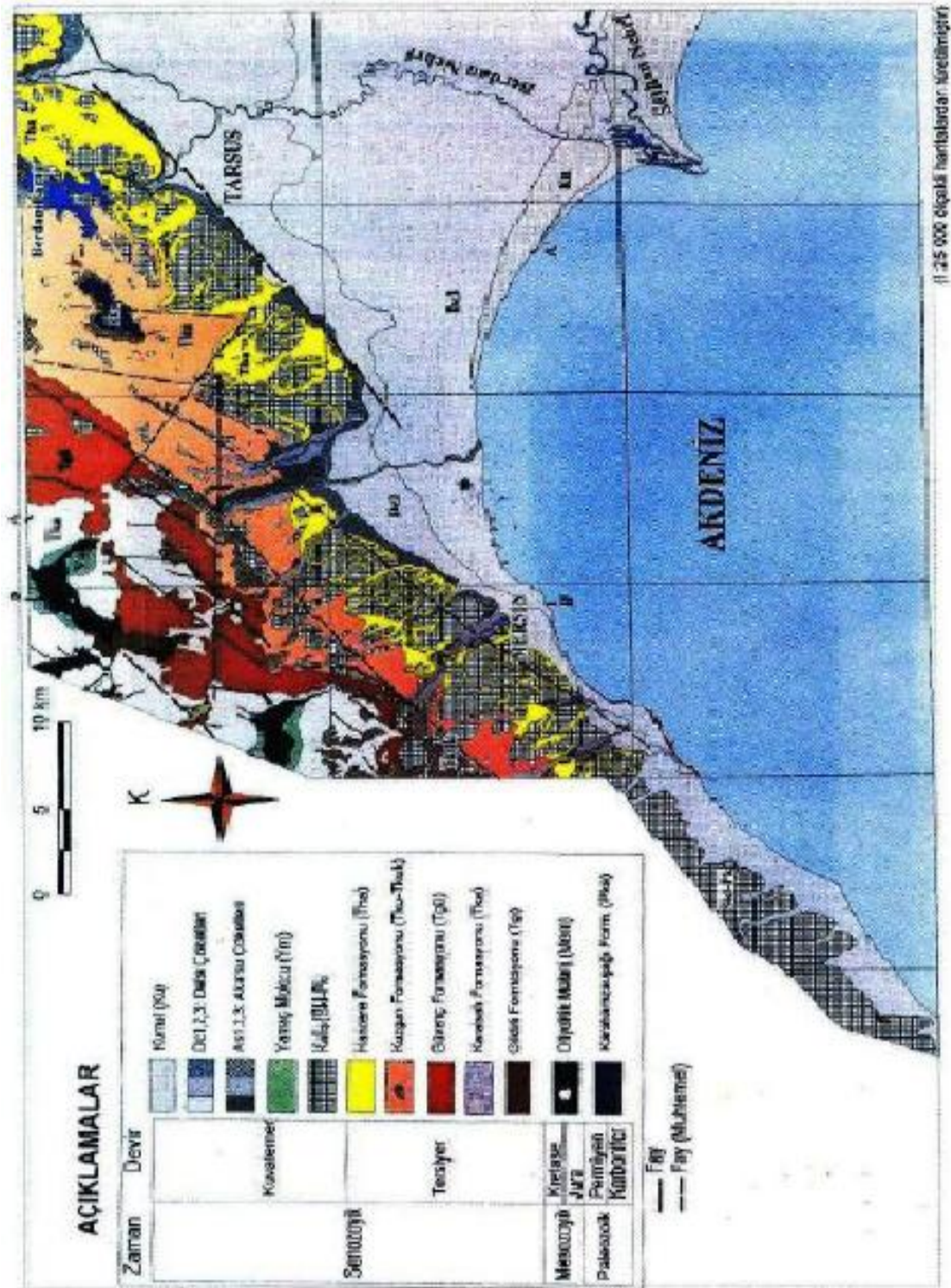
Çalışmalara; inceleme alanında ve yakın civarında, akademik çevreler, kamu kuruluşlar ve yerel yönetimlerce daha önceden yapılmış çalışmaların araştırılıp, incelenmesi ve derlenmesi şeklinde başlanmış, bölgenin genel jeolojisi irdelenmiştir.

3.1.1. Genel Jeoloji

Çalışma alanı ve yakın çevresi, Alpin Orojenizmasına bağlı olarak gelişen Toros kuşağı içerisinde yer almaktadır (Ketin,1983). Bölge Toros kuşağının temel özelliklerini yansıtmakta olup, bol kıvrımlı, kırıklı ve bindirmeli yapı sunmaktadır. Bu kuşağın temelini Paleozoik yaşlı metamorfizmaya uğramış Karahamzauşağı Formasyonu oluşturmaktadır. Bu birimin üzerine Üst Kretaese' de yerleşmiş olan okyanus tabanı serisi mafik ve ultramafik kayalar bindirmeyle gelmiştir (İşler,1990). Gildirli Formasyonu, Karaisalı Formasyonu, Güvenç Formasyonu ve Handere Formasyonu bölgede çökelmiş Tersiyer oluşuklarıdır. Bu birimlerin üzerine Kuvaterner birimleri olan, Kaliş, Alüvyon ve Yamaç Molozları gelmektedir. Bölgenin jeoloji haritası Şekil 3.1.'de verilmiştir.

3.1.1.1. Karahamzauşağı Formasyonu

Permo-Karbonifer yaşlı Karahamzauşağı Formasyonu çalışma alanı ve yakın çevresinde temel birimleri oluşturmaktadır. Sığ-derin denizde çökelmiş ve daha sonra metamorfizmaya uğramış kireçtaşları, mermer, dolomit, şist ve kuvarsit gibi kayalardan oluşmaktadır (Şenol ve ark, 1993).



Şekil 3.1. Çalışma alanı jeoloji haritası (Şenol ark., 1998)

3.1.1.2. Ofiyolitik Melanj

Mersin'in kuzeyinde genellikle vadilerde görülür. Gabro, Harzburjit, dunit, diyabaz, radyolarit ve derin deniz sedimanlarının yanısıra ofiyolitlerin yerleşimi sırasında havzaya düşen, Permien, Jura, Kretase yaşlı kayaç bloklarını içermektedir. Bölgedeki ofiyolitlerde genellikle serpantinleşme görülmektedir. Birimin yaşı Üst Kretase'dir (Yaman, 1991).

3.1.1.3. Gildirli Formasyonu

Formasyona ismini ilk defa Schmidt (1961) vermiştir. Alt – Orta Miyosen yaşlı olan Gildirli Formasyonu, kendi içinde üç ana birime ayrılmıştır. Formasyon, konglomera-kumtaşı, silttaşı-kiltaşı ve killi kireçtaşı birimlerinden oluşmaktadır. Birim, akarsu, göl, sığ deniz ve lagün ortamlarında çökelmiştir (Şenol ve ark, 1993).

3.1.1.4. Karaisalı Formasyonu

Karaisalı Formasyonu genellikle beyaz, açık gri, bej renklerde, yer yer algli, mercanlı, gastropot ve lamelli kavkılı, killi, yumrulu, erime boşluklu, iyi katmanlı resifal kireçtaşlarından oluşmuştur. Formasyona Schmidt (1961) Karaisalı Kalkerleri adını vermiş, daha sonra değişik araştırmacılar (Yetiş ve Demirkol, 1986) Karaisalı formasyonu adını vermiştir. Bu formasyon Alt – Orta Miyosen' de çökelmiş kendi içinde mercanlı-algli istiftaşı ve bağlamtaşı, küçük bentonik foraminiferli-algli istiftaşı, mercanlı-algli vaketaşı ve istiftaşı, büyük bentonik foraminiferli-algli istiftaşı, globigerinli algli istiftaşı, globigerinli-killi vaketaşı birimleri olarak bulunmaktadır (Şenol ve ark, 1993).

3.1.1.5. Güvenç Formasyonu

Miyosen'in Langiyen"-Sarravaliyen-Tortoniyen katlarını temsil eden Güvenç Formasyonu, yeşilimsi-gri, gri renkli olup, kendi içinde killi kireçtaşı-marn ve kilaşı-silttaşı aralanması şeklinde iki birime ayrılmıştır (Şenol ve ark, 1993).

3.1.1.6. Handere Formasyonu

Beyazımsı, sarımsı, yeşilimsi-gri ve siyahımsı-gri renkli olan formasyon; kilaşı-marn-silttaşı, fosilli oolitik kireçtaşı, alçıtaşı (Jips) ve kumtaşı – konglomera gibi belirgin dört birimden oluşmaktadır. Kuzgun formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Kurak – sıcak iklimler ile sık sık değişen küçük ölçekli transgresyon ve regresyonlar sonucu oluşan sığ deniz, geçiş ve akarsu ortamlarında çökelmiştir (Şenol ve ark, 1993).

3.1.1.7. Kuvaterner Birimleri (Kaliş, Alüvyon ve Yamaç Molozu)

Kuvaterner zamanında karasal ve geçiş ortamı koşullarının hüküm sürdüğü çalışma bölgesinde oluşan birimler, farklı fasiyes özellikleri göstermeleri nedeni ile iki bölümde incelenmiştir. Bunlardan ilkinde yüksek seviye konglomeraları, fan delta çökelleri, kıyı çökelleri ile pedolojik oluşuklardan paleosolik kaliş/kolon horizonu, Akdeniz kırmızı toprağı/Terra-Roza ve sert kaliş bulunmaktadır. İkincisinde ise yamaç molazları, akarsu seviye konglomeraları, delta çökelleri, kıyı çökelleri, kumullar ve pedolojik oluşuklardan kahverengi topraklar, grimsi kahverengi topraklar ve alüvyal topraklardan oluşmaktadır (Şenol ve ark, 1993).

3.1.2. Yapısal Jeoloji**3.1.2.1. Tektonizma**

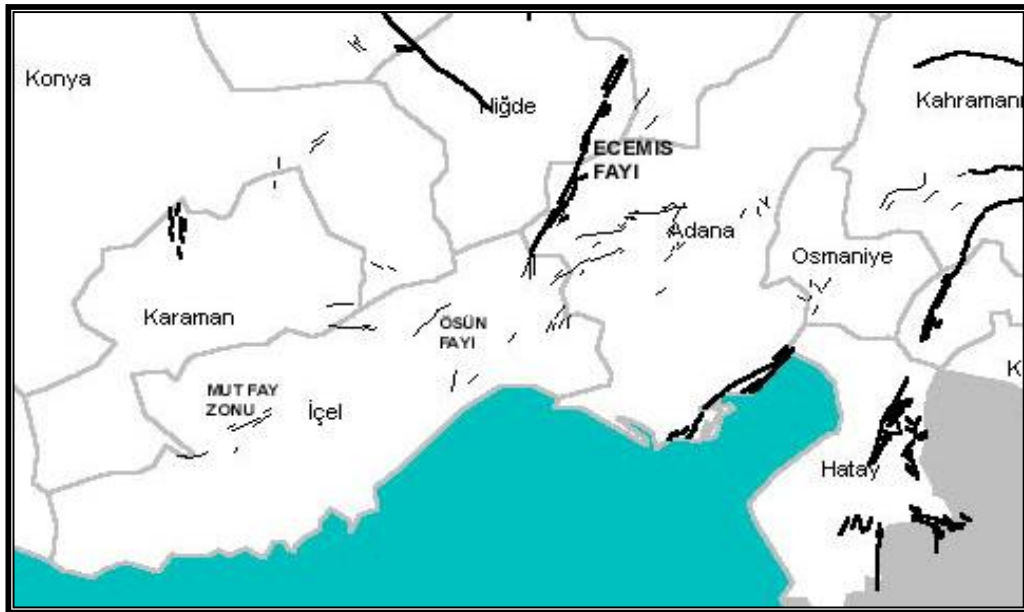
Tarsus ve yakın civarı Erdik ve ark (1984) tarafından belirtilen Doğu Anadolu Fayı sismik kuşağı ve Ecemiş Fay zone içerisinde yer almaktadır. Doğu Anadolu Fayı sol yönlü doğrultu atımlı bir fay olup Antakya'dan Karlıova'ya kadar

uzanmaktadır. Fayın genel doğrultusu KD-GB 'dır. Fay zonu 2 – 3 km genişliğinde olup çok sayıda paralel ve kısmen verrev, sürekli yer yer süreksiz ve kesişen fay izlerinden oluşur.

Doğu Anadolu Fayı, Kuzey Anadolu Fayı ile Karlıova'nın doğusunda birleşir. Ayrıca Doğu Anadolu Fayı, Güneybatıda Ölü Deniz Fay sistemi ile Kahramanmaraş yakınlarındaki üçlü kavşakta birleşir.

Ecemiş Fay kuşağı da Kuzeydoğuda Kayseri ile Güneybatıda Ortaköy (Mersin kuzeydoğusu) arasında çizgisel bir çöküntü olarak yüzey görünümü sunan yaklaşık 1-6 km genişlikte 300 km' den fazla uzunlukta, KD-GB doğrultulu sol yanal nitelikli bir kırık sistemidir. Türkiye'nin en önemli kıta içi kırık sistemlerinden biri olan, Ecemiş Fay Kuşağı değişik boyutlu, paralel – yarı paralel uzanımlı çok sayıda faydan oluşur. Bu fay bölgesel olarak düşünüldüğünde kuzeyde Erciyes Dağı civarından başlayarak Mersin ili civarına kadar uzanır. Niğde'nin Çamardı İlçesinden Gülek kasabasına kadar açık ve net olarak izlenir.

İnceleme alanının yaklaşık 90 km doğusunda aktif fay olan Osmaniye – Karataş Fay hattı bulunur. Yine alanının yaklaşık 60 kilometre kuzey doğusunda Karsantı – Karaisalı Fay zonu ve 70 – 80 km kuzey batısında Öşün Fay'ı yer almaktadır. Bölgenin aktif fay haritası Şekil 3.2'de verilmiştir.

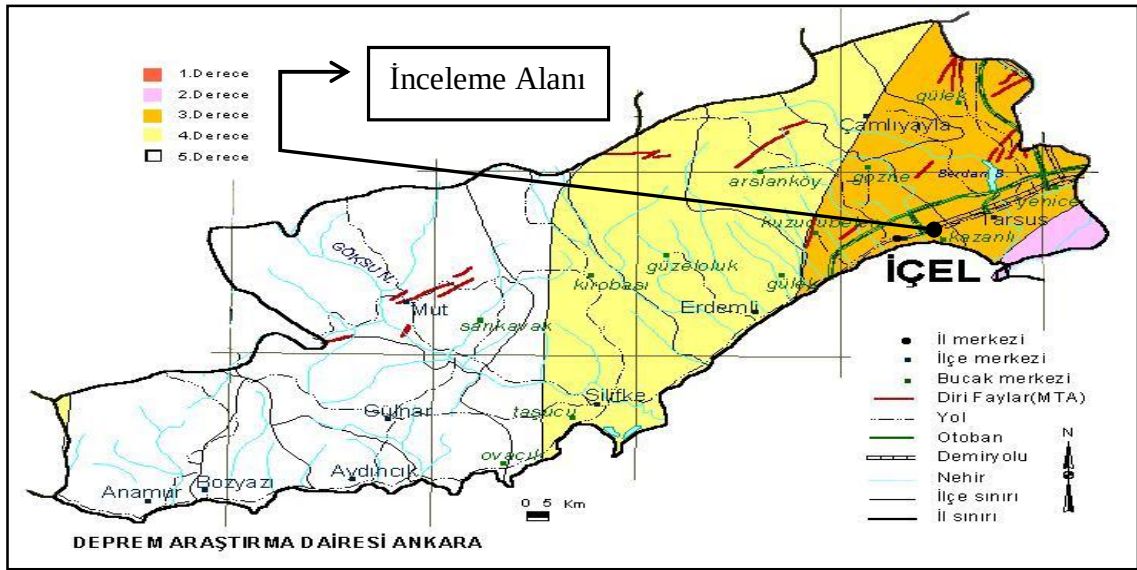


Şekil 3.2. Mersin ili ve çevresi aktif fay hatları haritası (MTA,1992)

3.1.2.2. Deprem Durumu

İnceleme alanı Bakanlar Kurulunun 18.04.1996 gün ve 96/8109 sayılı kararı ile kabul edilen deprem haritasına göre, 3. derecede tehlikeli deprem bölgesi kuşağında yer almaktadır. Mersin İli deprem bölgeleri haritası Şekil 3.3.'de verilmiştir.

Deprem bölgelerine göre etkin yer ivmesi değerleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.



Şekil.3.3. Mersin ili deprem bölgeleri haritası

Çizelge 3.1. Etkin Yer İvmesi Değerleri

Deprem Bölgeleri Derecesi	Maksimum Yer İvmesi (a_{max})	A_0
1. Derece Deprem Bölgeleri	$a_{max} \geq 0,40g$	0.40
2. Derece Deprem Bölgeleri	$0,30g \leq a_{max} < 0,40g$	0.30
3. Derece Deprem Bölgeleri	$0,20 \leq a_{max} < 0,30g$	0.20
4. Derece Deprem Bölgeleri	$0,10g \leq a_{max} < 0,20$	0.10
5. Derece Deprem Bölgeleri	$a_{max} < 0,10$	

Mersin İli ve çevresinde meydana gelmiş olan depremlerin büyüklükleri ve hangi tarihlerde gerçekleştiği Çizelge 3.2. 'verilmiştir.

Çizelge 3.2. Mersin İli ve Çevresinde Oluşmuş Depremlere Ait Kandilli Kayıtları

Tarih	Saat (GMT)	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik
30.04.2002	23:41	36.85	34.62	11	4.1
12.11.2001	13:59	36.83	34.75	4	4.1
08.03.2000	17:14	37.18	35.23	7	4.0
06.03.2000	11:21	37.19	35.10	10	4.0
06.03.2000	10:28	37.17	35.14	10	4.0
22.06.1995	05:26	36.76	35.10	15	4.0
25.04.1995	23:17	37.05	34.89	13	4.2
24.04.1995	23:17	37.15	34.91	0	4.4
07.10.1991	12:29	36.84	34.82	33	4.4
17.10.1990	02:00	37.05	33.99	24	4.2
20.07.1989	05:41	36.46	34.80	61	4.0
05.07.1980	02:48	36.17	33.95	42	4.2
20.03.1970	08:50	36.90	33.50	33	4.0
15.05.1969	13:08	37.29	35.00	86	4.7
16.06.1968	08:34	36.70	34.27	52	4.4
19.05.1960	17:46	36.00	34.00	0	4.5
25.07.1959	10:55	37.21	34.60	40	4.2
09.12.1947	23:40	36.52	34.34	10	5.2
26.12.1932	19:03	36.90	34.73	60	4.9
16.05.1929	01:22	37.24	35.30	10	4.5
05.10.1921	19:09	36.40	35.20	0	5.5
20.03.1910		36.80	34.60	0	4.9
02.02.1908		37.50	34.50	0	4.9

3.2. Metod

Bu çalışma; saha öncesi çalışmaları, saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Saha Öncesi Çalışmaları

Bu çalışmada ilk olarak çalışma sahasına ait vaziyet planı temin edilmiş ve bölge ile ilgili daha önce yapılmış olan önceki çalışmalar derlenmiştir.

3.2.2. Saha Çalışmaları

Saha genelinde toplam 30 adet zemin sondajı ve 3 adet de araştırma çukuru açılmıştır. Arazi çalışmalarına, karotlu sondajla numune alımı, yerinde zemin deneyleri (SPT-Standart Penetrasyon Deneyi) şeklinde devam edilmiştir (Şekil 3.4a-3.4b). Arazideki sondaj uygulamaları vaziyet planı üzerinde gösterilmiştir (Ek-1). Açılan zemin sondajlarının korole edilmesi ile enine kesitler çizilmiştir (Ek-2, Ek-3, Ek-4, Ek-5, Ek-6). Zemin sondaj logları (Ek-7) ve araştırma çukuru logları (Ek-8) verilmiştir. Daha sonra sondajlardan alınan zemin numuneleri ZM Zemin Mühendislik Jeoloji Ltd. Şti. laboratuvarında çeşitli zemin deneylerine tabi tutulmuş ve alınan sonuçlar jeoteknik açıdan değerlendirilmiştir. Laboratuvar deney sonuçları Ek-9' da sunulmuştur.

Yapılan jeoteknik çalışmaları desteklemesi için sahada jeofizik yöntemlerden de faydalanılmıştır. Jeofizik çalışmalar da 3 adet rezistivite (özdirenç) (Ek-10) ve 3 adet de sismik serim (Ek-11) yapılmıştır. Yapılan deneyler ve ölçümler değerlendirilerek rapor haline getirilmiştir.



Şekil 3.4a. Sondaj çalışmasından bir görünüm



Şekil 3.4b. Sondaj çalışmasından bir görünüm

3.2.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Standart Penetrasyon deneyi uygulamada çok yaygın olarak kullanılan bir deneydir. Temel zemini araştırmalarında sondaj deliği içerisinde yapılan bu deneyden elde edilen veriler, zeminin mühendislik özellikleri hakkında bilgi verirken, alınan bozulmuş örnekler üzerinde de laboratuarda tanımlama deneyleri yapılır.

Bu deney; sondaj tijlerine takılmış, ortasından ikiye ayrılabilen (yarık) ve içinde pirinçten yapılmış bir iç tüpün bulunduğu bir örnekleyicinin, 63,5 kg ağırlığında bir şahmerdanın 76 cm yükseklikten tijlerin üzerine düşürülerek zemine sokulması ilkesine dayanır. Deney toprak zeminlerde uygulanır.

Ortadan ayrılabilen tüpün dış çapı 50 mm, iç çapı 35 mm ve uzunluğu 650 mm olup, tijlere monte edilir.

Sondaj çalışmaları, yerinde deneyler ve numune alımlarında TS-2902 standartlarına uyulmuştur. Sondajlardan alınan numuneler laboratuarda deneylere tabii tutulmuş, yapılan tüm deneyler TS-1900 standardına, zemin sınıflandırması TS-1500 standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

3.2.2.2. Jeofizik Çalışmalar

İnceleme alanında, jeolojik çalışmaların yanı sıra, zeminin dinamik parametrelerini belirlemek ve yer altı yapı kesitlerini ayrıntıları ile ortaya koyabilmek için jeofizik çalışmalarda yapılmıştır.

Jeofizik yöntemlerden Sismik Kırılma ve Rezistivite yöntemi uygulanmıştır.

3.2.2.2.(1). Rezistivite (Özdireç)Yöntemi

Bir kayaç veya zeminin elektriksel direnci, içerdikleri su kapsamı ve tuzluluğu ile değişmektedir. Boşluklar, eklem ve fissürler arttıkça elektriksel direnç azalmaktadır. Yöntem zemine girmiş iki akım elektrotuna uygulanan 50-100 miliamper mertebesinde akım nedeni ile akım elektrotlarının içinde yer alan

potansiyel elektrotlarında potansiyel farkın ölçülmesinden ibarettir. Ölçümlerde elektrotların dizilimine göre farklı teknikler uygulanır (Karan ve ark 2006).

3.2.2.2.(2). Sismik Kırılma Yöntemi

Sahanın zeminini teşkil eden ve özellikle temelin kazılacağı bozuşma zonunun yerindeki doğal şartlar altında dinamik yöntemle tespit edilen fiziksel ve elastik parametrelere ulaşabilmek ve bu doğrultuda dekapajın gerekli olup olmadığını, olduğu takdirde temelin hangi zemine oturtulacağını ortaya koyabilmek amacı ile kullanılmaktadır.

Sistem bilgisayar aracılığı ile örnekleme seçebilen, bir triggerli balyoz, 12 adet yatay jeofon, 12 adet düşey jeofon ve özel bir bağlantı ünitelerinden oluşmaktadır.

İncelenen alanda yapılan sismik kırılma yönteminde ofset mesafesi ve jeofon aralığı 3m olarak alınmıştır. Çalışma alanında ve binaların yapımında zeminin yaklaşık 15-25m derinliğe kadar özelliklerini belirlenmesi yeterli görüldüğünden serim boyu şehir koşullarının elverdiği ölçüde 65m alınmıştır.

Sismik yöntem yer içinden sismik dalga geçişine karşı yer süreksizliklerinin gösterdiği farklı tepkilerin belirlenmesini kapsar. Bu nedenle elde edilen P ve S dalga hızları zemine ait tabaka kalınlıkları, boşluk-kırık-çatlak sistemlerinin varlığı ve sıklığı, elastik parametreler, zemin hakim titreşim periyodu gibi parametrelerin tespitinde kullanılmaktadır (Karan ve ark 2006).

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

İnceleme alanından alınan numuneler laboratuara götürülerek deneye tabi tutulmuştur. Alınan bozulmuş (örselenmiş) numuneler üzerinde TS 1900 standartlarına uygun olarak kıvam limitleri (likit limit, plastik limit, plastisite indeksi), su içeriği tayini, permeabilite ve ASTM D 422-63'e göre elek analizi deneyi yapılmıştır. Bozulmamış (örselenmemiş) numuneler üzerinde ise TS 1900'e uygun olarak konsolidasyon, üç eksenli basınç dayanımı yapılmıştır. Sondaj

kuyusundan alınan su numunesi üzerinde de yine TS 1900 'e uygun sülfat deneyi yapılmıştır.

İnceleme alanında açılan zemin sondajlarından alınan bazı numuneler üzerinde deney yapılabilmiş, bazıları üzerinde ise yapılamamıştır. Deney yapılabilen numuneler aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. Sondaj Numuneleri Üzerinde Yapılabilen ve Yapılamayan Deneyler

Sondaj No	Kıvam Limitleri	Su İçeriği	Elek Analizi	Konsolidasyon	Üç Eksenli Basınç Dayanımı
YS-1	+	-	+	-	-
YS-2	+	-	+	-	-
YS-3	+	+	+	-	+
YS-4	+	+	+	+	+
YS-5	+	-	+	-	+
YS-6	+	+	+	+	+
YS-7	+	+	+	-	+
YS-8	+	-	+	-	-
YS-9	+	-	+	-	-
YS-10	+	+	+	-	+
YS-11	+	-	+	-	-
YS-12	+	-	+	-	-
YS-13	+	-	+	-	-
YS-14	+	-	+	-	-
YS-15	+	-	+	-	-
YS-16	+	+	+	-	+
YS-17	+	-	+	-	-
YS-18	+	+	+	-	+
YS-19	+	+	+	+	+
YS-20	+	-	+	-	-
YS-21	+	+	+	+	+
YS-22	+	+	+	-	+
YS-23	+	+	+	+	+
YS-24	+	+	+	-	+
YS-25	+	-	+	-	-
YS-26	+	+	+	+	+
YS-27	+	-	+	-	-
YS-28	+	+	+	+	+
YS-29	+	+	+	-	+
YS-30	+	-	+	-	-

Deney yapılabilen sondajlar + ile işaretlenmiştir

Üç eksenli basınç dayanımı ve konsolidasyon ve su içeriği deneylerinin yapılamama nedenleri numunelerde kil miktarının az, kum ve çakıl miktarlarının fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Üç eksenli basınç dayanımı deneyi yapılamadığı için numunelerin doygunluk derecesi, boşluk oranı, tabii birim hacim ağırlığı, doygun birim hacim ağırlığı ve özgül ağırlık değerlerine ulaşılamamıştır. Özellikler konsolidasyon deneyi için numunede kil yüzdesinin çok olması gerekmektedir.

Permeabilite deneyinde numunenin miktar bakımından az olmasından dolayı sadece araştırma çukurundan alınan numuneler üzerinde yapılabilmektedir.

Sülfat deneyi alınan su numuneleri üzerinde yapılmıştır.

3.2.3.1. Kıvam Limitleri Deneyi

Atterberg limitleri de olarak bilinen kıvam limitleri ; zeminin tanecikleri ile su arasındaki ilişkileri ve değişen su içeriklerine göre zeminin durumunun tanımlanmasını yaparlar.

Likit Limit (LL); zeminin kayma mukavemeti göstermeye başladığı su muhtevasıdır. Bunun belirlenmesi pratik olarak mümkün olmadığından küçük ve belirli bir kayma mukavemeti seçilerek Likit Limit aletine (Casagrande) yerleştirilir, standart kaşığı ile ikiye bölünen numunenin 25 darbe sonunda yarım inç boyunca birleşmesi gözlenir ve birleşmeyi sağlandığı su muhtevası Likit Limit olarak tespit edilir.

Plastik Limit (PL); herhangi bir zemin için plastik kıvamın alt sınırındaki su muhtevasıdır. Laboratuarda, zemin kırılmadan 1/8” çapında makarnalar haline gelebildiği en düşük su muhtevası olarak tayin edilir. Bunun için rutubetli zemin numunesi, hafif emici bir zemin üzerinde 1/8 inçten daha düşük çapta kırılma meydana geldiği andaki su muhtevası belirlenir. Bu su muhtevası Plastik Limit olarak alınır.

Plastisite İndisi (PI); Likit limit ile Plastik limit arasındaki farka Plastisite İndisi denir. Kısaca zeminin plastik davranış gösterdiği su içeriği değer aralığı plastisite indisi olarak tanımlanır.

3.2.3.2. Elek Analizi Deneyi

Elek analizi (Tane boyu dağılımı), standart elekler kullanılarak zemin numunesini oluşturan tanelerin her elek boyunda kalan / geçen miktarlarının yüzde oran olarak belirlenmesidir.

3.2.3.3. Su İçeriği Deneyi

Su içeriği, zemin numunesi içinde bulunan su ağırlığının, zemin numunesinin 105° de 24 saat kurutulması sonucunda elde edilen kuru ağırlığına oranlanması ile tayin edilmektedir. Bu deyim çoğunlukla (W_n) ile gösterilir ve % olarak ifade edilir (Güleç, 1974).

3.2.3.4. Doygunluk Derecesi

Doğal halde, süreksizlikleri ve boşlukları bulunan bir kayacın içindeki su hacminin, boşlukların oranı ‘Doygunluk Derecesi’ olarak tanımlanır. Bu deyim çoğunlukla (S) ile gösterilir ve % olarak ifade edilir.

3.2.3.5. Boşluk Oranı

Kayaçların boşluk hacmi (V_b) ile alt kısımların hacmi oranına “Boşluk Oranı” (e) denir. % olarak ifade edilir.

3.2.3.6. Tabii Birim Hacim Ağırlığı

Dane kısmının (boşluksuz) birim hacim ağırlığı olarak tanımlanır ve ağırlığının tanelerin toplam (boşluksuz) hacmine oranı olarak ifade edilir. (γ_n) ile gösterilir ve birimi t/m^3 ‘dür.

3.2.3.7. Doygun Birim Hacim Ağırlığı

Boşlukları tamamen doymuş kayanın ağırlığının, toplam hacme oranıdır. (γ_d) ile ifade edilir ve birimi t/m^3 'dür.

3.2.3.8. Özgöl Ağırlık

Bir kuru zemin ağırlığının, yine bu kuru zemin hacmine oranlaması ile tayin edilmektedir. Bu işlem Piknometre metodu ile yapılmaktadır. (G_s) ile ifade edilmektedir.

3.2.3.9. Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Silindirik zemin numunesi bir plastik membran içine konularak kapalı silindire yerleştirilir ve sıvı basıncına maruz bırakılır. Kırılma ilave olarak uygulanan eksenel basınç yolu ile meydana getirilir. Bu eksenel basınç ve meydana getirdiği eksenel deformasyonlar kayıt edilir. Deney sırasında çevre basıncı sabit tutulmakta olup aynı zeminden alınan diğer numuneler üzerinde farklı çevre basınçları uygulanarak kayma zarfı elde edilmektedir (Aytekin, 2004).

3.2.3.10. Konsolidasyon Deneyi

Konsolidasyon deneyi, örselenmemiş numunelerin ödometre cihazında kademeler halinde yüklenmesi ile yapılır. Zeminin yanal deformasyonu bir metal halka yardımı ile önlenmektedir. Geçirgen diskler kullanılarak sadece düşey yönde drenaja izin verilmektedir. Bu diskler numuneye uygulanan düşey yüke karşı bir mukavemet göstermeyecek şekildedir. Statik yük hemen yüklenerek uzun süre muhafaza edilir ve oturma – zaman değerleri kayıt edilir. Yükler, bir kaldırma sistemi ile uygulanan ölü yüklerdir.

3.2.3.11. Geçirimsizlik (Permeabilite)

Geçirimsizlik; geçirimsiz ve gözenekli ortamların (kaya ve zeminin) sıvıları ve gazları iletebilme yeteneği kapasitesidir. Birim miktardaki bir yük kaybı altında, bu ortamın birim kesit ve birim uzunluktaki prizması içinden birim zamanda geçen su miktarıdır. Bu deyim çoğunlukla cm/s olarak ifade edilir.

Yer şekilleri üzerinde etkili olan önemli bir özelliktir ve kayacı meydana getiren unsurların birbirlerine sıkıca bağlı olup olmamalarına, kayacın mevcut gözenek veya boşlukların miktarına ve bunların ebadına bağlı olarak değişir.

3.2.3.12. Sülfat Deneyi

Sülfat doğal sularda bulunan başlıca anyonlardan biridir. Kaynakları arasında organik maddelerin aerobik ortamda ayrışması, özellikle kıyı bölgelerinde deniz tuzu, asit yağmurları ve mineraller sayılabilir. Sudaki, zemindeki ve deniz suyundaki sülfat iyonları beton yapılarda bozulmaya yol açabilir. Sülfat saldırısının zararlı etkisi, sülfat iyonlarının sertleşmiş betondaki alüminli (C_3A) ve kalsiyumlu ($Ca(OH)_2$) bileşenlerle kimyasal reaksiyona girerek alçı oluşturmaktan kaynaklanmaktadır. Reaksiyon ürünleri, sertleşmiş betonda genleşme yaratarak agrega-çimento hamuru olumsuz yönde etkilenmesine, çatlak oluşumuna ve geçirimsizliğin artmasına yol açar. İleri derecedeki etkilenmelerde ise betonun tamamen dağılması söz konusudur. (ASTM C 1012, 1995; Baradan, 2002).

3.2.4. Büro Çalışmaları

Elde edilen araştırma bulgularının derlenip toparlanması ve bunların Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlediği tez yazım kuralları dahilinde rapor haline getirilmesi şeklinde yürütülmüştür.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA**4.1. İnceleme Alanının Jeolojisi**

Genel olarak kil – kum – çakıl boyu materyallerin değişik oranlarda karışımından meydana gelmiştir. Yer yer tarım amaçlı kullanılan ve pedolojik bir oluşuk olan Akdeniz kırmızı toprakları (terra – rosa) da alüvyona dahil bir biçimdir. Bölgede alüvyonun kalınlığı kıyıya gidildikçe artar ve 150 – 200 metreyi bulur.

Çalışma sahasında Deliçay Deresi'nin Delta Çökelleri bulunmaktadır. Alüvyon çökelleri koyu gri-kahve-bej renkli kil-kum-çakıl'lardan oluşmaktadır.

4.2. Sondaj Araştırmaları ve Arazi Deneyleri

Tezin konusunu oluşturan Mersin ili Karaduvar mevkiinde yapılması planlanan atıksu arıtma tesisi temellerinin oturacağı zeminlerin genel mühendislik özelliklerini araştırmak, olası zemin problemlerinin ve doğal afet varlığının belirlenmesi amacıyla, derinlikleri minimum 15.45 metre ve maksimum 24,45 metre olan 30 adet zemin araştırma sondajı ve 3 adet araştırma çukuru açılmıştır. İnceleme alanı zemininin litolojik, indeks ve mühendislik özelliklerinin elde edilmesi amacıyla açılan bu zemin araştırma sondajlarının derinlikleri, kesilen zemin litolojileri Ek-7' de, inceleme alanı içerisindeki lokasyonları vaziyet planında verilmiştir (Ek 1).

İnceleme alanında açılan zemin sondaj deliği içerisinde, zeminin mühendislik özellikleri hakkında bilgi edinmek ve özellikle zemin sıkılık derecesini belirlemek için standart penetrasyon deneyi yapılmıştır. Bu deney verileri Ek-7'de sondaj logları üzerinde belirtilmiştir.

4.3. Laboratuvar Deneyleri

İnceleme alanında açılan zemin araştırma sondaj kuyularından alınan bozulmuş ve bozulmamış zemin numuneleri, Zemin Mühendislik Jeoloji Ltd. Şti. Laboratuvarı, Alfa Yapı ve Zemin Mekaniği Laboratuvarı ve Zemar 2000 Zemin

Araştırmaları ve Lab. Hizmetleri Ltd. Şti. Laboratuvarında zemin mekaniği deneyleri standardına uygun olarak incelenmiştir. Yapılan Elek Analizi, Kıvam Limitleri, Su Muhtevası, Konsolidasyon, Üç Eksenli Basınç Dayanımı, Permeabilite deneyleri ve alınan su numunesine yapılan Sülfat Deneyi sonuçlarına göre hazırlanan çizelgeler ve grafikler deney föylerinde Ek-9 ‘ da verilmiştir.

4.3.1. Zeminlerin İndeks (Fiziksel) Özelliklerinin Belirlenmesi

İnceleme alanında yapılan zemin sondajlarından alınan numuneler üzerinde laboratuvarda yapılan kıvam (atterberg) limitleri, elek analizi ve su içeriği deney sonuçlarına göre zemini indeks/fiziksel özellikleri belirlenmiştir.

4.3.1.1. Kıvam Limitleri

İnce taneli zeminlerin önemli özelliği olan plastisite, kırılma ve çatlama olmadan zeminin kalıcı deformasyona uğrayabilme yeteneğini belirlemek amacı ile yapılan kıvam limitleri değeri arttıkça zeminlerin dayanımı ve permeabilitesi azalır, kil miktarı artar.

Likit Limit (LL): Zeminin plastik halden akışkan hale geçtiği andaki su içeriğine likit limit denir. Yani zeminin sıvı gibi davranmaya başladığı minimum su muhtevasıdır.

Yapılan deney sonuçlarına göre LL en düşük değeri % 25.60 en yüksek değeri ise % 83.70 olarak belirlenmiştir.

İnce taneli zeminlerin LL aralığına göre sınıflandırılması (Çizelge 4.1.) yapıldığından genel olarak zemin *Şişen-Yüksek Plastisiteli* zemin olarak tanımlanmıştır. YS-15 ‘den alınan D-9 (18,00-18,45 metre) numunesi en düşük likit limit değerine sahip olduğundan bu derinlikte *Siltli-Düşük Plastisiteli* zemin, YS-20’den alınan D-7 (10,50-10,95) numunesi en yüksek değere sahip olduğu için bu derinlik *Çok Şişen-Çok Yüksek Plastisiteli* zemin olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 4.1. İnce Taneli Zeminlerin Likit Limit Aralığına Göre Sınıflandırılması (Şekercioğlu, 1998)

Tanım (tahmini)	Tanım (laboratuvar deneylerinden)	Likit limit aralığı (%) (laboratuvar deneylerinden)
<i>Siltli</i>	<i>Düşük Plastisiteli</i>	<35
<i>Orta Plastisiteli</i>	<i>Orta Plastisiteli</i>	35-50
<i>Şişen</i>	<i>Yüksek Plastisiteli</i>	50-70
Çok Şişen	Çok Yüksek Plastisiteli	70-90
Çok Aşırı Şişen	Çok Aşırı Derecede Plastisiteli	>90

Genel olarak, zeminin plastisitesi arttıkça sıkışma ve şişme potansiyeli artmakta, su geçirgenliği azalmakta, arazi kazı ve dolgu işlemleri sırasında ise zorluklarla karşılaşılmaktadır.

Plastik limit (PL): Plastik limit deneyiyle tayin edilen ve toprak zeminin çok fazla kurumasiyla plastik hale geçtiği andaki su içeriğine plastik limit denir. Zemine şekil verebilmenin sona erdiği su muhtevasıdır.

Yapılan deney sonuçlarına göre PL en düşük değeri % 20.20 en yüksek değeri ise % 28.10 olarak belirlenmiştir.

Plastisite İndisi (PI): Likit limit ile Plastik limit arasındaki farka plastisite indisi denir ($PI=LL-PL$).

Yapılan deney sonuçlarına göre PI en düşük değeri % 5.40 en yüksek değeri ise % 50.90 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin diğer PI hesaplamasına göre farklı çıkması likit limitin minimum ve maksimum değerler vermesindendir.

Plastisite indeksine göre plastisite derecesinin belirlenmesinde Çizelge 4.2. kullanılmıştır. Buna göre zemin *Plastik* olarak bulunmuştur. Ancak PI'nin en düşük değeri olan YS-15 'den alınan D-9 (18,00-18,45 metre) numunesine göre zemin *Az Plastik*, PI'nin en yüksek değeri olan YS-20'den alınan D-7 (10,50-10,95) numunesine göre zemin *Çok Plastik*'tir.

Çizelge 4.2. Leonards (1962) Sınıflaması

Plastisite İndeksi, P_i (%)	Plastisite Dercesi
0	Plastik değil
5-15	<i>Az plastik</i>
15-40	<i>Plastik</i>
>40	<i>Çok Plastik</i>

- $Sıkışma\ İndeksi = C_c = 0,009 (LL - 0,1), \quad C_c = 0,009(56,38 - 0,1) = 0,51$

İnceleme alanında bulunan ve temel zeminini oluşturan birimler sıkışma indisi değerine göre *yüksek sıkışabilirlik* zeminler olarak tanımlanır (Çizelge 4.3.)

Çizelge 4.3. Zeminlerin Sıkışabilirliği (Sovvers, 1979)

Tanım	Sıkışma İndisi (C_c)
Düşük sıkışabilirlik	0,00 – 0,19
Orta sıkışabilirlik	0,20 – 0,39
<i>Yüksek sıkışabilirlik</i>	<i>> 0,40</i>

- $Kıvamlılık\ indksi\ I_c = (LL - w) / PI, \quad I_c = (56,38 - 31,38) / 30,54 = 0,82$

İnceleme alanında bulunan ve temel zeminini oluşturan birimler kıvamlılık indisine göre *sert* olarak tanımlanır (Çizelge 4.4.).

Çizelge 4.4. İnce Taneli Zeminlerin Kıvamlılık İndeksine Göre Sınıflandırılması

Kıvamlılık İndeksi (I_c)	Tanım
< 0	Akışkan çamur
0 – 0,25	Çok yumuşak
0,25 – 0,50	Yumuşak
0,50 – 0,75	Yarı sert (sıkı)
0,75 – 1,00	Sert
> 1,00	Yarı katı (çok sert)

İnceleme alanında bulunan zemin, kıvam limitlerine göre değerlendirildiğinde; siltli-düşük plastisiteli, orta plastisiteli, şişen-yüksek plastisiteli, plastik değil, az plastik, plastik, yüksek sıkışabilirlik gösteren sert birimler olarak bulunmuştur.

4.3.1.2. Elek Analizi

Arazide alınan bozulmuş zemin numunelerinin, her tane boyutunun hangi oranda olduğunun saptanması ve zemin sınıflaması yapmak amacıyla yapılan elek analizi deney sonuçları ve bunlardan elde edilen granülometri eğrileri EK-9’da çizelge ve grafik olarak verilmektedir.

Elek analizi deneyinde kullanılan eleklerle göre; 200 no’lu elekten geçen kil ve silt birimini, 4 no’lu elekte kalan ise çakıl birimi ifade eder. Bulunan birimlerin % olarak bulunma oranları Çizelge 4.5. ‘de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Elek Analizi Sonuçlarına Göre Zeminin Birim Oranları

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK	ÇAKIL (%)	KUM (%)	KİL+ SİLT (%)
YS-1	U-1	9.00-9.50 m	25	54	21
”	D-6	9.50-9.95 m	14	69	17
YS-2	D-4	6.00-6.45 m	12	34	54
”	D-5	7.50-7.95 m	23	74	3
”	D-9	15.00-15.45 m	1	12	87
YS-3	U-1	4.50-5.00 m	0	5	95
YS-4	D-4	6.00-6.45 m	51	31	18
”	U-1	7.50-8.00 m	1	28	71
”	D-11	18.00-18.45 m	1	13	86
YS-5	D-4	6.00-6.45 m	18	64	18
”	D-8	12.00-12.45 m	9	22	69
YS-6	U-1	7.50-8.00 m	2	7	91
YS-7	D-3	4.50-4.95 m	57	40	3
”	U-1	9.00-9.50 m	1	13	86
YS-8	D-3	4.50-4.95 m	5	74	21
”	U-1	9.00-9.50 m	16	27	57
YS-9	D-4	6.00-6.26 m	5	29	66
”	D-9	15.00-15.45 m	46	37	17
YS-10	U-1	9.00-9.50 m	2	10	88
”	D-7	12.00-12.45 m	50	43	7
”	D-9	18.00- 18.45 m	5	78	17
YS-11	D-5	7.50-7.95 m	17	29	54
”	D-8	12.00-12.45 m	71	28	1
YS-12	U-1	6.00-6.50 m	25	36	39
”	D-8	12.00-12.45 m	54	38	8
YS-13	D-4	6.00-6.30 m	17	21	62

Çizelge 4.5.'in devamı

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK	ÇAKIL (%)	KUM (%)	KİL+ SİLT (%)
YS-13	D-9	15.00-15.45 m	32	51	17
YS-14	D-7	12.00-12.45 m	42	51	7
YS-15	U-1	7.50-8.00 m	23	42	35
”	D-8	15.00-15.45 m	24	57	19
”	D-9	18.00-18.45 m	0	8	92
YS-16	D-3	4.50-4.95 m	72	26	2
“	U-1	9.00-9.50 m	8	21	71
YS-17	D-3	4.50-4.95 m	32	67	1
”	D-5	7.50-7.95 m	10	29	61
”	D-8	12.00-12.45 m	24	59	17
YS-18	D-3	4.50-4.95 m	48	44	8
”	U-1	7.50-7.75 m	1	6	93
”	D-9	15.00-15.45 m	24	57	19
YS-19	U-1	9.00-9.40 m	2	11	87
YS-20	D-7	10.50-10.95 m	0	5	95
YS-21	U-1	9.00-9.50 m	4	7	89
YS-22	D-3	4.50-4.95 m	78	18	4
”	U-1	9.00-9.50 m	3	9	88
YS-23	U-1	9.00-9.50 m	1	10	89
YS-24	U-1	12.00-12.50 m	2	12	86
YS-25	U-1	9.00-9.50 m	34	13	53
”	D-6	9.50-9.95 m	0	10	90
”	D-7	12.00-12.40 m	59	30	11
YS-27	D-3	4.50-4.95 m	15	82	3
”	D-7	10.50-10.75 m	37	59	4
YS-28	D-3	4.50-4.95 m	8	89	3
”	U-1	9.00-9.50 m	4	9	87
”	D-7	12.00- 12.45 m	0	3	97
YS-29	U-1	9.00-9.20 m	3	11	86
YS-29	D-7	10.50-10.95 m	0	4	96
”	D-10	18.00-18.45 m	1	63	36
YS-30	D-3	4.4500-4.95 m	14	77	9
“	U-1	9.00-9.50 m	20	37	43

Elek analizinden de anlaşılacağı gibi inceleme alanı zemini homojen değildir. Farklı metrelerde farklı oranda birimlere rastlanılmıştır. Bunun nedeni ise zeminin delta çökellerinden oluşmasıdır.

4.3.1.3. Su İçeriği (W)

Su içeriği, verilen zemin kütleindeki su ağırlığının, aynı kütlenin kuru ağırlığına oranı olarak tanımlanır.

Suya doymun bir kayacın bütün boşluk ve çatlakları su ile dolu demektir. Su muhtevasının yükselmesi ile kayaçların kohezyonu azalmakta bu sebeple de basınç direnci daha düşük değerler almaktadır. Buna karşılık boşluklardaki havanın yerine su geçtiği zaman yoğunluğunun artmasına ve boşluklardaki suyun donması ve çözülmesi ile kayaçların dirençlerinin azalmasına, deformasyonların oluşmasına sebep olmaktadır.

Yapılan kıvam limitleri deneyleri sonucunda; en düşük su içeriği değeri % 28.60, en yüksek su içeriği değeri ise % 36.10 olarak bulunmuştur.

4.3.1.4. Doygunluk Derecesi (S)

Doğal halde süreksizlikleri ve boşlukları bulunan bir kayacın içindeki su hacminin, boşlukların oranı doymunluk derecesi olarak tanımlanır. Doygunluk derecesi S boşlukların ne kadarının suyla dolu olduğunu belirler.

$S = \%100$, suya doymun zemini, $S = \%0$ kuru bir zemini gösterir. Kısmen suya doymun zemin için $\%0 < S < \%100$ 'dür.

Doygunluk derecesi sonuçlarına göre (Çizelge 4.6) zemin suya doymundur.

4.3.1.5. Boşluk Oranı (e)

Kayaçların boşluk hacmi (V_b) ile alt kısımların hacmi oranına boşluk oranı (e) denir .

İnceleme alanında alınan numunelere ait deney sonuçlarına göre aldığı boşluk oranı değerleri Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Boşluk oranı (e); 0,787-0,974 aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.6. Doygunluk Derecesi Değerleri

Sondaj No	Derinlik	Doygunluk Derecesi (S) %
SK-3	4.50-5.00	100
SK-5	7.50-8.00	100
SK-6	7.50-8.00	100
SK-8	9.00-9.50	100
SK-10	9.00-9.50	100
SK-16	9.00-9.50	99
SK-18	7.50-7.75	99
SK-19	9.00-9.40	100
SK-21	9.00-9.50	99
SK-22	9.00-9.50	99
SK-24	9.00-9.50	100
SK-26	12.00-12.50	100
SK-28	7.50-8.00	100
SK-29	9.00-9.50	99

Çizelge 4.7. Boşluk Oranı Değerleri

Sondaj No	Derinlik	Boşluk Oranı (e)
SK-3	4.50-5.00	0.974
SK-5	7.50-8.00	0.942
SK-6	7.50-8.00	0.771
SK-8	9.00-9.50	0.924
SK-10	9.00-9.50	0.806
SK-16	9.00-9.50	0.866
SK-18	7.50-7.75	0.787
SK-19	9.00-9.40	0.807
SK-21	9.00-9.50	0.859
SK-22	9.00-9.50	0.812
SK-24	9.00-9.50	0.849
SK-26	12.00-12.50	0.899
SK-28	7.50-8.00	0.789
SK-29	9.00-9.50	0.903

4.3.1.6. Tabii Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)

Dane kısmının (boşluksuz) birim hacim ağırlığı olarak tanımlanır ve ağırlığının tanelerin toplam (boşluksuz) hacmine oranı olarak ifade edilir. Tabii birim hacim ağırlık değerleri ne kadar düşükse malzeme o kadar gözeneklidir yani daneler

arası boşluklar fazladır demektir. Deney sonuçlarında bulunan değerler Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

4.3.1.7. Doygun Birim Hacim Ağırlığı (γ_d)

Boşlukları tamamen doygün kayanın ağırlığının, toplam hacme oranıdır.

İnceleme alanından alınan numuneler üzerinde toplam 14 adet doygün birim hacim ağırlığı tayini yapılmış olup değerleri; $1,85 \text{ t/m}^3 - 1,96 \text{ t/m}^3$ arasında değişmektedir (Çizelge 4.9).

4.3.1.8. Özgöl Ağırlık (G)

Özgöl ağırlık, agreganın uygunluğunu belirtir. Düşük özgöl ağırlık sağlam olmayan malzemeyi, yüksek özgöl ağırlık ise kaliteli betona uygun agregayı tanımlar. Özgöl ağırlık beton karışım hesabında, bu hesapların düzeltilmesinde ve beton homojenliğinin zorunluluğu durumlarında gereklidir. Düşük özgöl ağırlık agreganın boşluklu ve zayıf olmasına bir işarettir.

Deney sonuçlarına göre bulunan değerler Çizelge 4.10.'da verilmiştir. Bulunan değerler $1,36 \text{ t/m}^3 - 1,52 \text{ t/m}^3$ aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.8. Tabii Birim Hacim Ağırlığı Değerleri

Sondaj No	Derinlik	Tabii Birim Hacim Ağırlığı (γ_n) t/m^3
SK-3	4.50-5.00	1.85
SK-5	7.50-8.00	1.87
SK-6	7.50-8.00	1.95
SK-8	9.00-9.50	1.88
SK-10	9.00-9.50	1.94
SK-16	9.00-9.50	1.91
SK-18	7.50-7.75	1.96
SK-19	9.00-9.40	1.94
SK-21	9.00-9.50	1.91
SK-22	9.00-9.50	1.94
SK-24	9.00-9.50	1.92
SK-26	12.00-12.50	1.89
SK-28	7.50-8.00	1.96
SK-29	9.00-9.50	1.89

Çizelge 4.9. Doygun Birim Hacim Ağırlığı Değerleri

Sondaj No	Derinlik	Doygun Birim Hacim Ağırlığı (γ_d) t/m ³
SK-3	4.50-5.00	1.36
SK-5	7.50-8.00	1.39
SK-6	7.50-8.00	1.52
SK-8	9.00-9.50	1.41
SK-10	9.00-9.50	1.49
SK-16	9.00-9.50	1.45
SK-18	7.50-7.75	1.52
SK-19	9.00-9.40	1.50
SK-21	9.00-9.50	1.45
SK-22	9.00-9.50	1.50
SK-24	9.00-9.50	1.46
SK-26	12.00-12.50	1.42
SK-28	7.50-8.00	1.52
SK-29	9.00-9.50	1.42

Çizelge 4.10. Özgül Ağırlık Değerleri

Sondaj No	Derinlik	Özgül Ağırlık (G)
SK-3	4.50-5.00	2.68
SK-5	7.50-8.00	2.70
SK-6	7.50-8.00	2.69
SK-8	9.00-9.50	2.70
SK-10	9.00-9.50	2.70
SK-16	9.00-9.50	2.71
SK-18	7.50-7.75	2.71
SK-19	9.00-9.40	2.70
SK-21	9.00-9.50	2.70
SK-22	9.00-9.50	2.71
SK-24	9.00-9.50	2.70
SK-26	12.00-12.50	2.69
SK-28	7.50-8.00	2.71
SK-29	9.00-9.50	2.70

4.3.1.9. Zemin Sınıfı

Zemin numuneleri üzerinde yapılan elek analizi deneyi sonuçlarına göre ve birleştirilmiş zemin sınıflandırma sisteminde, Casagrande plastisite abağında

(Çizelge 4.11.) elde edilen noktalarda, inceleme alanı zeminleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

Ø İnce taneli zeminler olarak;

CH : Yüksek plastisiteli kil,

CL : Düşük plastisiteli kil,

ML : Düşük plastisiteli killi silt,

Ø İnce tane içerikli, kaba taneli zeminler olarak;

SM : Siltli kum,

SC : Killi kum,

SP : Kötü derecelenmiş kum,

SW : İyi derecelenmiş kum,

Ø Kaba taneli zeminler olarak;

GM : Siltli çakıl,

GW : İyi derecelenmiş çakıl,

GP : Kötü derecelenmiş çakıl,

Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nce yapılmış, zemin dinamik elastik parametre değerlerinde geniş bir aralıkta değişken değerler aldığı, inceleme alanı zeminler D zemin gruplarına (Çizelge 4.12), Z3 yerel zemin sınıflarına girmektedirler (Çizelge 4.13.). Z3 grubuna baktığımız zamanda $T_A (sn)=0,15$ ve $T_B (sn)=0,60$ bulunmuştur (Çizelge 4.14.).

Çizelge 4.11. Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması ve Plastisite Abağı

Çizelge 4.12. Zemin Grupları (AİGM,1996)

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basıç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar.	-	-	>1000	>1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl	>50	85-100	-	>700
	3. Sert kil ve siltli kil	>32	-	>400	>700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemi bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar.	-	-	500-1000	700-1000
	2. Sıkı kum, çakıl	30-50	65-85	-	300-700
	3. Çok katı kil ve siltli kil	16-32	-	200-400	300-700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul	-	-	<500	400-700
	2. Orta sıkı kum, çakıl	10-30	35-65	-	200-400
	3. Katı kil ve siltli kil	8-16	-	100-200	200-300
(D)	1. Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları	-	-	-	<200
	2. Gevşek kum	<10	<35	-	<200
	3. Yumuşak kil, siltli kil	<8	-	<100	<200

İnceleme alanında yer altı suyu yüzeye yakın olduğu yerlerde zemin grubu D (yer altı su seviyesinin yüksek olduğu, yumuşak kalın alüvyon tabakaları) 'dir.

Çizelge 4.13. Yerel Zemin Sınıflaması (AİGM, 1996)

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Çizelge 4.14. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B)

Yerel zemin sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z_1	0.10	0.30
Z_2	0.15	0.40
Z_3	0.15	0.60
Z_4	0.20	0.90

4.3.1.10. Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

İnceleme alanında yapılan zemin sondajlarında alınan numuneler üzerinde 15 adet üç eksenli basınç dayanımı deneyi yapılmıştır (Çizelge 4.15.). Bu değerler zeminin taşıma gücü hesabında kullanılır. Dayanımı ne kadar yüksekse taşıma gücünde o kadar yüksektir.

4.3.1.11. Konsolidasyon Deneyi

Aralıksız yükselen düşey yüklemeye maruz bırakılan zemin örneğinin, zamana bağlı olarak deformasyonu gözlenir. Bu deneyden elde edilen değerler ile zeminin oturması hesaplanır.

İnceleme alanından alınan numuneler üzerinde 7 adet konsolidasyon deneyi yapılmıştır. Ortalama konsolidasyon değeri M_v ; $0,0079 \text{ kg/ cm}^2 - 0,0135 \text{ kg/ cm}^2$ 'dür (Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.15. Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

Sondaj No	Derinlik	Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi kg/ cm^2
SK-3	4.50-5.00	0.32
SK-5	7.50-8.00	1.44
SK-6	7.50-8.00	1.33
SK-8	9.00-9.50	1.62
SK-10	9.00-9.50	2.96
SK-16	9.00-9.50	1.87
SK-18	7.50-7.75	3.32
SK-19	9.00-9.40	2.73
SK-21	9.00-9.50	2.44
SK-22	9.00-9.50	2.35
SK-24	9.00-9.50	2.39
SK-26	12.00-12.50	1.85
SK-28	7.50-8.00	2.79
SK-29	9.00-9.50	2.08

Çizelge 4.16. Konsolidasyon Deney Sonuçları ve Oturma Miktarları

Sondaj No	Derinlik	Ortalama Konsolidasyon Değeri (M_v) kg/ cm^2	Oturma Miktarı cm
SK-4	7.50-8.00	0.0125	0.13
SK-6	7.50-8.00	0.0135	2.36
SK-19	9.00-9.40	0.0079	15.32
SK-21	9.00-9.50	0.0105	10.65
SK-23	9.00-9.50	0.0111	10.48
SK-26	7.50-8.00	0.0089	1.56
SK-28	9.00-9.50	0.0105	10.50

4.3.1.12.Geçirimsizlik (Permeabilite) (K)

Tez çalışması kapsamında arazide açılan araştırma çukurundan alınan numune üzerinde toplam bir adet düşen seviyeli permeabilite deneyi yapılmıştır. Bu deneye göre permeabilite katsayısı değeri K; 5,20 , E-0,6 cm/s (K; 5,20.10⁻², E-6.10⁻³ m/sn) olarak bulunmuştur.

Belirlenen bu permeabilite katsayısına göre inceleme alanı zemini *Orta Derecede Geçirimsiz* olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.17. - 4.18.).

Çizelge 4.17. Zeminlerin (K) Geçirimsizlik Katsayılarına Göre Tanımlanması (Terzaghi ve Peck,1967)

Geçirimsizlik Katsayısı K (m/sn)	Geçirimsizlik Derecesi	Tanım
1-10 ⁻²	Yüksek Derecede Geçirimsiz	Temiz Çakıllar
10 ⁻² -10 ⁻⁵	<i>Orta Derecede Geçirimsiz</i>	<i>Temiz Kumlar, Çakıllar ve Çakıllı Kumlar</i>
10 ⁻⁵ -10 ⁻⁹	Az Geçirimsiz	İnce Kumlar, Siltler, Bazı Ayrışmış Killer
<10 ⁻⁹	Geçirimsiz	Killer

Çizelge 4.18. Kayaçların Tahmini Permeabilite Değerleri (Ulusay, 1994)

Permeabilite Katsayısı (m/sn)	Geçirimsizlik Derecesi
1-10 ⁻²	Oldukça Geçirimsiz
10 ⁻² -10 ⁻⁵	<i>Orta Derecede Geçirimsiz</i>
10 ⁻⁵ -10 ⁻⁹	Düşük Geçirimsiz
<10 ⁻⁹	Geçirimsiz

4.3.1.13. Sülfat Deneyi

İnceleme alanında açılan sondajlardan alınan su numuneleri üzerinde sülfat analizleri yapılmıştır. Elde edilen değerler 57,60-62,88 sülfat mg/l arasındadır. Bu değerlere göre sudaki sülfat oranının betona olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.19. Doğal Suların Özelliklerine Göre Sınır Değerler (TS 3440)

Sıra No	Özellik	Etkinlik Derecesi		
		Zayıf	Kuvvetli	Çok Kuvvetli
1	pH	6,5-5,5	5,5-4,5	<4,5
2	Kireç Çözücü (CO ₂) mg/L	15-30	30-60	>60
3	Amonyum (NH ₄ ⁺) mg/L	15-30	30-60	>60
4	Magnezyum (Mg ⁺²) mg/L	100-300	300-1500	>1500
5	Sülfat (SO₄⁻²) mg/L	200-600	600-3000	>3000

4.3.2. Zemin Türlerinin Jeoteknik Özellikleri

İncelemem alanından alınan numuneler üzerinde yapılan deneylere göre zeminin jeoteknik özellikleri belirlenmiştir.

4.3.2.1. Zemin Taşıma Gücünün Hesaplanması

Açılan zemin sondajlarında uygulanan SPT deneylerinde, SPT N₃₀ değerlerinin derinlikle değişiminin gösterildiği sondaj logları (Ek-7)'ye bakıldığında, Arazide yapılan SPT Deney sonuçları taşıma gücü değerlendirmesi dışında tutulmuştur. Çünkü, bilindiği üzere SPT Deney sonuçları kil üzerinde kabaca bir fikir vermektedir. Çakılda ise refü ya da refüye yakın değerler vermiştir. Verimli sonuçlar elde edilemeyeceği düşünülmüştür. İnceleme alanında alınan numuneler üzerinde

laboratuarda yapılan üç eksenli deneyi sonuçlarına göre zemin taşıma gücü değerleri hesaplanmıştır.

4.3.2.1.(1). Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyine Göre Taşıma Gücü Hesabı

Üç eksenli basınç dayanımı deneyleri tez çalışması kapsamında UU (konsolidasyonsuz-drenajsız) olarak yapılmıştır.

Taşıma gücünün Terzaghi formülü ile hesabı;

$$q_d = c \times N_c + q \times N_q + 1/2 \times \gamma \times B \times N_\gamma$$

Yukarıdaki eşitliklerde;

c: kohezyon

γ : birim hacim ağırlık

B: temel genişliği

q: örtü (sürşarj) yükü ($=\gamma \times D_f$)

D_f : temel derinliği

N_c, N_q, N_γ boyutsuz taşıma gücü faktörleri.

SK-3 için (4.50-5.00m) yapılan hesaplama;

$$N_c = 5.7 \quad N_q = 1.0 \quad N_\gamma = 0.0$$

$$q_d = 0.32 \times 5.7 + (0.00185 \times 4.5) \times 1.0$$

$$q_d = 1.83 \text{ kg/cm}^2 \text{ dir.}$$

Hesaplanan taşıma gücü değerleri Çizelge 4.20.'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Üç eksenli Basınç Dayanımı Deneyine Göre Taşıma Gücü Hesabı

Sondaj No	Derinlik (m)	Nc	Nq	N _γ	q	qd (kg/cm ²)
YS-3	4,50-5,00	5,7	4,5	0	0,00185	1,85
YS-4	7,50-8,00	5,7	4,5	0	0,00187	1,87
YS-6	7,50-8,00	5,7	4,5	0	0,00195	1,95
YS-8	9,00-9, 50	5,7	4,5	0	0,00188	1,88
YS-10	9,00-9, 50	5,7	4,5	0	0,00194	1,94
YS-16	9,00-9, 50	5,7	4,5	0	0,00191	1,91
YS-18	9,00-9, 50	5,7	4,5	0	0,00196	1,96
YS-19	9,00-9, 40	5,7	4,5	0	0,00194	1,94
YS-21	9,00-9, 50	5,7	4,5	0	0,00191	1,91
YS-22	9,00-9, 50	5,7	4,5	0	0,00194	1,94
YS-23	9,00-9,50	5,7	4,5	0	0,00192	1,92
YS-24	12,00-12,50	5,7	4,5	0	0,00189	1,89
YS-26	7,50-8,00	5,7	4,5	0	0,00196	1,96
YS-28	9,00-9,50	5,7	4,5	0	0,00189	1,89
YS-29	9,00-9,20	5,7	4,5	0	0,00194	1,94

4.3.2.2. Konsolidasyon Deneyine Göre Oturma Hesabı

Konsolidasyon deneyi, örselenmemiş numunelerin ödometre cihazında kademeler halinde yüklenmesi ile yapılır. Zeminin yanıl deformasyonu bir metal halka yarsımı ile önlenmektedir. Geçirgen diskler kullanılarak sadece düşey yönde drenaja izin verilmektedir. Bu diskler numuneye uygulanan düşey yüke karşı bir mukavemet göstermeyecek şekildedir. Statik yük hemen yüklenerek uzun süre muhafaza edilir ve oturma – zaman değerleri kayıt edilir. Yükler, bir kaldırıl sistemi ile uygulanan ölü yüklerdir.

Laboratuarda yapılan konsolidasyon deney sonuçlarına göre oturma miktarları aşağıda hesaplanmıştır (Çizelge 4.21.).

$$\Delta H = \sum m_v * \Delta p * H$$

- ΔH : Toplam oturma (cm) (H/2)
 Δp : Hacimsel sıkışma (cm²/kg) (H_{kil}* γ_n)
 H : Sıkılaşılabılır tabaka kalınlığı (cm)
 M_v : Hacimsel sıkışma Katsayısı

SK-4'den 7.50-8.00 m arasında alınan kil numunesinde meydana gelmesi beklenen oturma miktarı hesaplanmıştır;

$$H = 1.5 \text{ metre} = 150 \text{ cm}$$

$$H/2 = 0.75 \text{ metre} = 75 \text{ cm}$$

$$\gamma_n = 1.87 \text{ t/m}^3$$

Kil zemin tabakasının ortasından geçen kesitteki jeolojik yük:

$$\Delta p = H_{\text{kil}} * \gamma_n$$

$$\Delta p = 0.75 * 1.87 = 1.40 \text{ t/m}^3$$

$$\Delta p = 0.14 \text{ kg/cm}^2$$

Hacimsel sıkışma katsayısı (Σm_v) = 0.0124 cm²/kg'a (Konsolidasyon deneyinden) eşittir.

Konsolidasyon oturması:

$$\Delta H = \Sigma m_v * \Delta p * H$$

$$\Delta H = 0.0124 * 0.14 * 75$$

$$\Delta H = 0.13 \text{ cm olarak bulunmuştur.}$$

Yapılan hesaplamalar sonucu ortalama 1.5 metrelik kil tabakasında toplam oturma miktarı $\Delta H=0.13$ cm olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.21. Konsolidasyon Deneyine Göre Oturma Hesabı

Sondaj No	Derinlik(m)	Σm_v (cm ² /kg)	γ_n (t/m ³)	H(m)	Δp (kg/cm ²)	ΔH (cm)
YS-4	7,50-8,00	0,0124	1,87	1,50	0,14	0,13
YS-6	7,50-8,00	0,0134	1,95	6,00	0,588	2,36
YS-19	9,00-9,50	0,0079	1,94	20,00	1,94	15,32
YS-21	9,00-9,50	0,0105	1,91	14,6	1,39	10,65
YS-23	9,00-9,50	0,0111	1,92	14,1	1,34	10,48
YS-26	7,50-8,00	0,0089	1,96	6,00	0,588	1,56
YS-28	9,00-9,50	0,0105	1,89	14,6	1,37	10,50

4.3.2.3. SPT Deneyine Göre Yatak Katsayısının Hesaplanması

Yatak katsayısı; yük altında zeminin birim alanının birim deplasmanına karşı olan direncidir bu katsayı temel projelendirilmesi amacıyla kullanılır. K_s yatak katsayısı bir zemin sabiti değildir. Ancak zemin türüne ve temel genişliği ile derinliğine bağlıdır. Zemin türlerine göre farklı değerler verir (4Çizelge 4.22.).

$$K_s = 1800 * N_{30} \quad (\text{Scott,1981}) \quad \text{kN/m}^3 = 180 * N_{30} \quad \text{t/m}^3$$

SPT deney sonucuna göre Yatak Katsayısı (K_s);

0.00-3.50 m'ler arasında,	$N_{30} = 19$, $K_s = 3420 \text{ t/m}^3$
4.50-6.50 m'ler arasında,	$N_{30} = 31$, $K_s = 5580 \text{ t/m}^3$
7.50-9.50 m'ler arasında,	$N_{30} = 38$, $K_s = 6840 \text{ t/m}^3$
10.50-12.50 m'ler arasında,	$N_{30} = 34$, $K_s = 6120 \text{ t/m}^3$
15.00-18.50 m'ler arasında	$N_{30} = 39$, $K_s = 7020 \text{ t/m}^3$
19.50-21.50 m'ler arasında	$N_{30} = 41$, $K_s = 7380 \text{ t/m}^3$
22.50-24.50 m'ler arasında	$N_{30} = 37$, $K_s = 6660 \text{ t/m}^3$ olarak bulunmuştur.

Çizelge.4.22. Zemin Cinsine Göre Yatak Katsayısı Değerleri (Şekercioğlu,1998)

Zemin Cinsi	Yatak Katsayısı (t/m^3)
Baçlık – turba	<200
Kil (plastik)	500-1000
Kil (yarı sert)	1000-1500
Kil (sert)	1500-3000
Dolma Toprak	1000-2000
Kum (gevşek)	1000-2000
Kum (orta sert)	2000-5000
Kum (sıkı)	5000-10000
Sağlam Şist	>50000
Kaya	>20000

4.3.3. Zemin Sıvılaşması

Zemin sıvılaşma analizinin ilk adımı söz konusu zemin profilinde potansiyel olarak sıvılaşacak zemin tabakalarının bulunup bulunmadığının belirlenmesidir. Temiz kumların sıvılaşabilirliği uzun zamanlardan beri bilinmektedir. Silt, kum, kil karışımlarının sıvılaşabilirliğinin belirlenmesine yönelik Andrews ve Martin (2000) veritabanını yeniden değerlendirmiş ve çalışmalarının bulgularını Çizelge 4.23.'de verildiği gibi özetlemişlerdir.

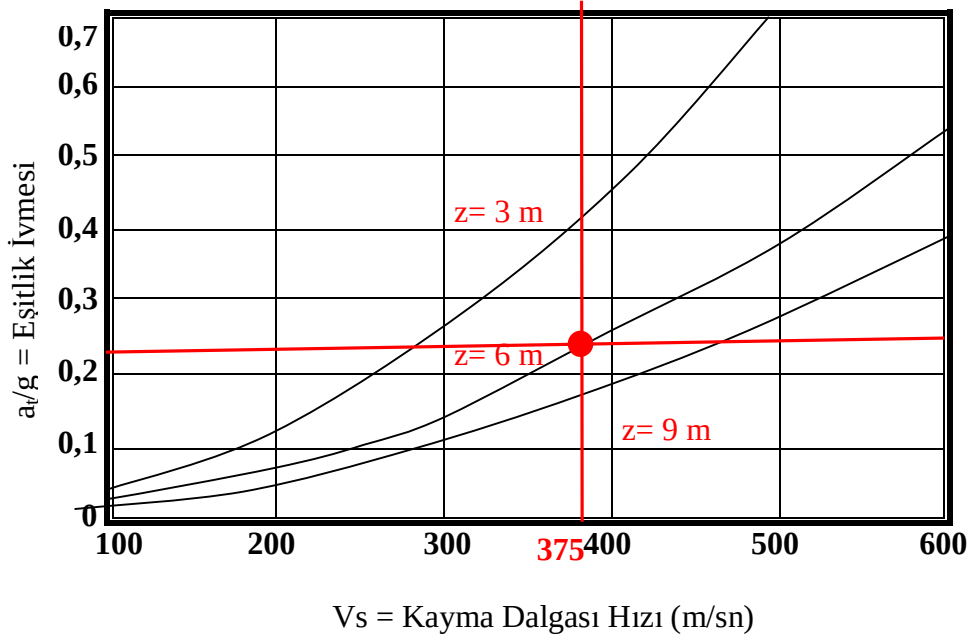
Çizelge 4.23. Siltli ve Killi Kumların Sıvılaşabilirliği (Andrews ve Martin, 2000).

	Likit Limit < 32	Likit Limit $\geq$ 32
Kil İçeriği (<0,002 mm) < % 10	Sıvılaşabilir	İleri çalışma gerekir (Plastik kil harici boyutlu tane olduğu düşünülerek- Mika gibi)
Kil İçeriği (<0,002 mm) $\geq$ % 10	İleri çalışma gerekir (plastik olmayan kil boyutlu ince olduğu düşünülerek- maden veya ocak atığı gibi)	Sıvılaşmaz

İnceleme alanında zemin sıvılaşmasının tayini için eşik ivme kriteri (Çizelge 4.24a.) kullanılmıştır. Episantr'dan Δ (km) uzaklıkta maksimum ivme yaklaşımı ise Schnabel ark (1963) ve Housner (1965)'den bulunmuştur (Şekil 4.1.).

1. sismik ölçüm değeri $V_s = 375$ m/sn değeri için;

Çizelge 4.24a. Başlangıç İvme Değerleri Önerisi (Dobry ve ark, 1981).

Şekil 4.1. Episantr'dan Δ (km) Uzaklıkta Maksimum İvmeEşik ivme değerleri önerisi ($\gamma_t = 0.0001$)

M	$\Delta = 10$ km		$\Delta = 20$ km	
	Housner [5]	<i>Schnabel ark</i> [6]	Housner [5]	Schnabel ark [6]
5	0.16	0.07	0.12	0.04
5.5	0.20	0.26	0.18	0.17
6	0.26	0.36	0.23	0.22
6.5	0.30	0.44	0.28	0.28
7	0.36	0.50	0.35	0.33
7.5	0.40	0.53	0.39	0.38
8	0.45	0.57	0.44	0.42

$$Fa = 1.6 a_t / a_{\max}$$

a_t = sıvılaşmanın gerçekleşebilmesi için gerekli başlangıç (eşik) ivmesi,

$a_{\max}$ = depremin meydana getireceği maksimum yer ivmesidir.

Fa < 1 ise sıvılaşma potansiyeli yüksek

Fa ≥ 1 ise sıvılaşma potansiyeli düşük kabul edilir.

İnceleme alanında bulunan birimlerin kayma dalgası hızı yapılan jeofizik etütlere göre ortalama dalga hızı 375 m/sn (Jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen değerler kullanılmıştır.) olduğu tespit edilmiştir. Kayma dalgası hızı 375 m/sn için; 6 m derinlikteki zemin tabakasının sıvılaşmasını sağlayacak eşik ivmesinin değeri verilen grafiğe göre **a_t = 0.25** olarak tespit edilir (Çizelge 4.24a.).

Şekil 4.1. de görüleceği üzere, orta şiddetli (M = 6) bir depremin maksimum zemin ivme değeri **0,36 g'**dir (Schnabel vd.).

Buradan eşik ivme emniyet faktörü;

$$Fa = 1.6 * 0.25 / 0.36 = 1.1$$

Fa = 1.1 ≥ 1 ise sıvılaşma potansiyeli düşük kabul edilir.

2. sismik ölçüm değeri için; Vs= 588 m/sn değeri için;

$$Fa = 1.6 a_t / a_{max}$$

a_t = sıvılaşmanın gerçekleşebilmesi için gerekli başlangıç (eşik) ivmesi,

a_{max} = depremin meydana getireceği maksimum yer ivmesidir.

Fa < 1 ise sıvılaşma potansiyeli yüksek

Fa ≥ 1 ise sıvılaşma potansiyeli düşük kabul edilir.

İnceleme alanında bulunan birimlerin kayma dalgası hızı yapılan jeofizik etütlere göre ortalama dalga hızı 588 m/sn (Jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen değerler kullanılmıştır.) olduğu tespit edilmiştir. Kayma dalgası hızı 588 m/sn için; 9 m derinlikteki zemin tabakasının sıvılaşmasını sağlayacak eşik ivmesinin değeri verilen grafiğe göre **a_t = 0.50** olarak tespit edilir (Çizelge 4.24b.).

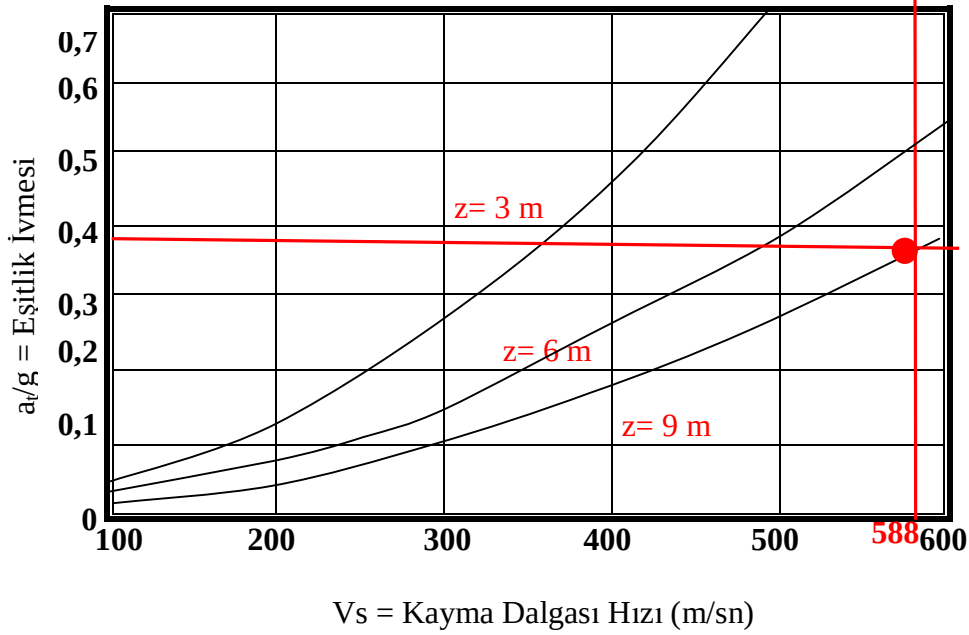
Şekil 4.1 de görüleceği üzere, orta şiddetli (M = 6) bir depremin maksimum zemin ivme değeri **0.36 g'**dir (Schnabel vd.).

Buradan eşik ivme emniyet faktörü;

$$Fa = 1.6 * 0.50 / 0.36 = 2,2$$

Fa = 2,2 ≥ 1 ise sıvılaşma potansiyeli düşük kabul edilir.

Çizelge 4.24b. Başlangıç İvme Değerleri Önerisi (Dobry ve ark, 1981).



3.sismik serim için; $V_s = 312$ m/sn değeri için;

$$F_a = 1.6 a_t / a_{\max}$$

a_t = sınılaşmanın gerçekleşebilmesi için gerekli başlangıç (eşik) ivmesi,

$a_{\max}$ = depremin meydana getireceği maksimum yer ivmesidir.

$F_a < 1$ ise sınılaşma potansiyeli yüksek

$F_a \geq 1$ ise sınılaşma potansiyeli düşük kabul edilir.

İnceleme alanında bulunan birimlerin kayma dalgası hızı yapılan jeofizik etütlere göre ortalama dalga hızı 312 m/sn (Jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen değerler kullanılmıştır.) olduğu tespit edilmiştir. Kayma dalgası hızı 312 m/sn için; 3 m derinlikteki zemin tabakasının sınılaşmasını sağlayacak eşik ivmesinin değeri verilen grafiğe göre **$a_t = 0.30$** olarak tespit edilir (Şekil 4.24c.).

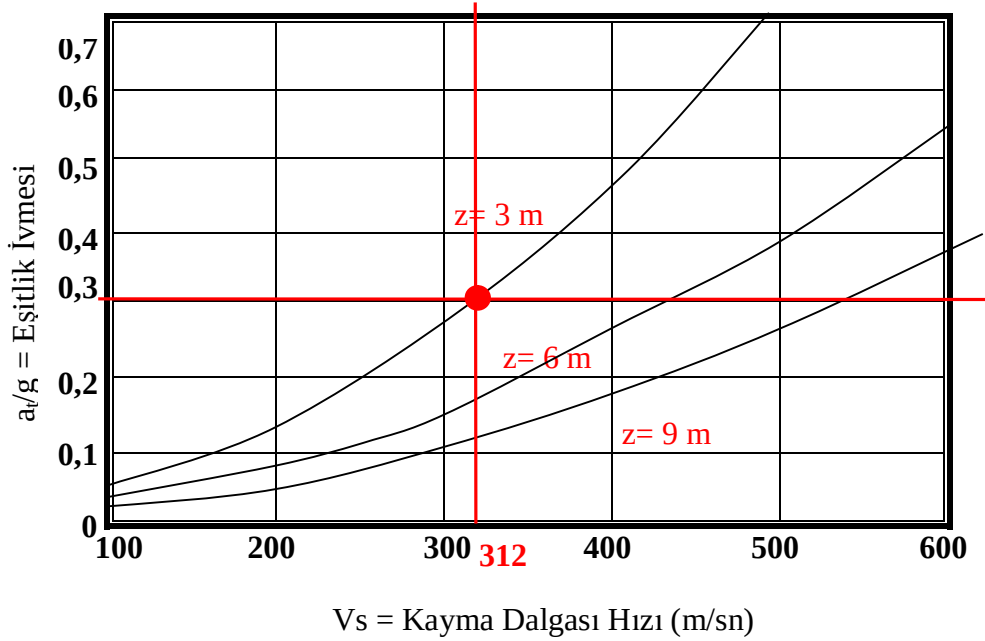
Şekil 4.1. 'de görüleceği üzere, orta şiddetli ($M = 6$) bir depremin maksimum zemin ivme değeri **$0.36 g$** 'dir (Schnabel vd.).

Buradan eşik ivme emniyet faktörü;

$$F_a = 1.6 * 0.30 / 0.36 = 1.3$$

$F_a = 1.3 \geq 1$ ise sınılaşma potansiyeli düşük kabul edilir.

Çizelge 4.24c. Başlangıç İvme Değerleri Önerisi (Dobry ve ark, 1981).



Yapılan üç farklı sismik dalga hızına göre yapılan eşik ivme kriteri değerlendirmesine göre inceleme alanında sıvılaşma potansiyeli çok düşük olarak bulunmuştur. Bu neden zeminin sıvılaşma riski taşımadığı düşünülmektedir.

4.3.4. Jeofizik Çalışmalar

İnceleme alanında, jeolojik çalışmaların yanı sıra, zeminin dinamik parametrelerini belirlemek ve yer altı yapı kesitlerini ayrıntıları ile ortaya koyabilmek için jeofizik çalışmalarda yapılmıştır.

Jeofizik yöntemlerden Sismik Kırılma ve Rezistivite yöntemi uygulanmıştır.

4.3.4.1. Rezistivite (Özdireç)Yöntemi

Bu çalışmada Elektrik-Rezistivite yöntemlerinden Schlumberger yöntemi sahada 3 adet $AB/2=25 \text{ m}$ açılım sağlanmıştır. Rezistivite yöntemini yer altı su

seviyesi ve formasyonların ihtiva ettiği su miktarını ortaya koymak için uygulanmıştır. Yapılan bu çalışmanın sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

4.3.4.2. Sismik Kırılma Yöntemi

Arazide bu çalışmaya uygun 3 adet sismik serim yapılmıştır.Yapılan bu çalışmanın sonuçları Çizelge 4.26’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Rezistivite Sonucu Elde Edilen Değerler

DES-1	Tür	Kalınlık (m)	Özdirenç (ohm-m)
1. Tabaka	Dolgu Malzemesi	2.0	37
2. Tabaka	Kumlu Kil	17.0	14
3. Tabaka	Kumlu Çakıl	1.0	20
DES-2	Tür	Kalınlık (m)	Özdirenç (ohm-m)
1. Tabaka	Dolgu Malzemesi	1.0	140
2. Tabaka	Kumlu Kil	10	7
3. Ttabaka	Kumlu Çakıl	9.0	126
DES-3	Tür	Kalınlık (m)	Özdirenç (ohm-m)
1. Tabaka	Dolgu Malzemesi	1.0	11
2. Tabaka	Kumlu Çakıl	2.5	39
3. Tabaka	Az Kumlu Kil	16.5	8

Çizelge 4.26. Sismik Çalışmalar Sonucu Elde Edilen Değerler

1. Serim	1. Tabaka	2. Tabaka	3. Tabaka
P Hızı (Vp)	642 m/sn	744 m/sn	985 m/sn
S Hızı (Vs)	274 m/sn	375 m/sn	497 m/sn
Tabaka Yoğunluğu	1.56 gr/cm ³	1.62 gr/cm ³	1.74 gr/cm ³
Poisson Oranı (σ)	0.39	0.36	0.33
Kayma Modülü (Gd)	1171.5 kg/cm ²	1927.1 kg/cm ²	4289.8 kg/cm ²
Elastisite Modülü (Ed)	3253.6 kg/cm ²	5253.3 kg/cm ²	11404.2kg/cm ²
Bulk Modülü (Kd)	4869.5 kg/cm ²	6392.5 kg/cm ²	11130.1kg/cm ²
Zemin Hakim Titreşim Periyodu (To)	0.43 sn	0.43 sn	0.43 sn
2. Serim	1. Tabaka	2. Tabaka	3. Tabaka
P Hızı (Vp)	268 m/sn	531 m/sn	967 m/sn
S Hızı (Vs)	144 m/sn	265 m/sn	588 m/sn
Tabaka Yoğunluğu	1.25 gr/cm ³	1.49 gr/cm ³	1.73 gr/cm ³
Poisson Oranı (σ)	0.30	0.33	0.21
Kayma Modülü (Gd)	260.1 kg/cm ²	1045.0 kg/cm ²	5976.9 kg/cm ²
Elastisite Modülü (Ed)	674.7 kg/cm ²	2788.5 kg/cm ²	14424.2kg/cm ²
Bulk Modülü (Kd)	554.1 kg/cm ²	2802.5 kg/cm ²	8195.7 kg/cm ²
Zemin Hakim Titreşim Periyodu (To)	0.43 sn	0.43 sn	0.43 sn
3. Serim	1. Tabaka	2. Tabaka	3. Tabaka
P Hızı (Vp)	376 m/sn	578 m/sn	685 m/sn
S Hızı (Vs)	202 m/sn	312 m/sn	335 m/sn
Tabaka Yoğunluğu	1.37 gr/cm ³	1.52 gr/cm ³	1.59 gr/cm ³
Poisson Oranı (σ)	0.30	0.29	0.34
Kayma Modülü (Gd)	557.0 kg/cm ²	1479.6 kg/cm ²	1179.8 kg/cm ²
Elastisite Modülü (Ed)	1445.0 kg/cm ²	3830.5 kg/cm ²	4779.9 kg/cm ²
Bulk Modülü (Kd)	1187.2 kg/cm ²	3105.2 kg/cm ²	5068.5 kg/cm ²
Zemin Hakim Titreşim Periyodu (To)	0.61 sn	0.61 sn	0.61 sn

5. SONUÇLAR

Atıksu arıtma tesisinin yapılacağı alanın genel jeolojik-jeoteknik özellikleri incelenmiş olup bu amaçla temel zemin özellikleri, olası zemin problemlerinin ve doğal afet varlığının belirlenmesine yönelik zemin sondajları, yerinde zemin deneyleri (SPT), jeoteknik laboratuvar deneyleri (elek analizi, kıvam limitleri, su muhtevası, konsolidasyon, üç eksenli basınç dayanımı, permeabilite ve sülfat Deneyi) ve jeofizik araştırmalar (Rezistivite ve sismik) yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Çalışma alanında yapılan jeolojik incelemeler sonucunda atıksu arıtma tesisi Kuvaterner yaşlı Deliçay Deresi'nin Delta Çökelleri üzerinde yapılacaktır. Bu alüvyon çökelleri koyu gri-kahve-bej renkli kil-kum-çakıl'lardan oluşmaktadır.

2. İnceleme alanı genelinde açılan zemin sondajlarında uygulanan SPT deneylerinde $N_{(30)}$ değerleri ele alındığında zeminin genelinde sert olduğu belirlenmiştir.

3. Yapılan elek analizi ve ince taneli zeminlere ait kıvam limitleri deney sonuçlarından, birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre inceleme alanı zeminleri, ince taneli zeminler olarak ; CH (yüksek plastisiteli kil), CL (düşük plastisiteli kil), ML (düşük plastisiteli killi silt), ince tane içerikli kaba taneli zeminler olarak; SM (siltli kum), SC (killi kum), SP (kötü derecelenmiş kum), SW (iyi derecelenmiş kum), kaba taneli zeminler olarak; GM (siltli çakıl), GW (iyi derecelenmiş çakıl), GP (kötü derecelenmiş çakıl) gibi değişen sınıflarda isimlendirilmiştir.

4. Zemin dinamik elastik parametre değerlerinin de deprem yönetmeliğinde ; yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları olarak değerlendirilen (D) zemin grubunun, Z_3 yerel zemin sınıfına girmektedir.

5. Üç eksenli deneyi sonucuna göre zemin taşıma gücü değerleri aşağıda verilmiştir. 1.83 kg/cm^2 ile 11.87 kg/cm^2 aralığında değişmektedir.

SK-3 için (4.50-5.00m)	: $q_d = 1.83 \text{ kg/cm}^2$
SK-4 için (7.50-8.00m)	: $q_d = 8.22 \text{ kg/cm}^2$
SK-6 için (7.50-8.00m)	: $q_d = 7.59 \text{ kg/cm}^2$
SK-7 için (9.00-9.50m)	: $q_d = 9.25 \text{ kg/cm}^2$
SK-11 için (9.00-9.50m)	: $q_d = 16.88 \text{ kg/cm}^2$
SK-17 için (9.00-9.50m)	: $q_d = 10.67 \text{ kg/cm}^2$
SK-19 için (7.50-7.75m)	: $q_d = 18.93 \text{ kg/cm}^2$
SK-20 için (9.00-9.40m)	: $q_d = 15.57 \text{ kg/cm}^2$
SK-22 için (9.00-9.50m)	: $q_d = 13.92 \text{ kg/cm}^2$
SK-23 için (9.00-9.50m)	: $q_d = 13.41 \text{ kg/cm}^2$
SK-24 için (9.00-9.50m)	: $q_d = 13.64 \text{ kg/cm}^2$
SK-25 için (12.00-12.50m)	: $q_d = 10.56 \text{ kg/cm}^2$
SK-27 için (7.50-8.00m)	: $q_d = 15,91 \text{ kg/cm}^2$
SK-29 için (9.00-9.50m)	: $q_d = 11.87 \text{ kg/cm}^2$

6. SPT deney sonucuna göre Yatak Katsayısı (K_s) değerleri aşağıda verilmiştir. 3420 t/m^3 ile 7380 t/m^3 aralığında değişmektedir.

0.00-3.50 m'ler arasında,	$N_{30} = 19, K_s = 3420 \text{ t/m}^3$
4.50-6.50 m'ler arasında,	$N_{30} = 31, K_s = 5580 \text{ t/m}^3$
7.50-9.50 m'ler arasında,	$N_{30} = 38, K_s = 6840 \text{ t/m}^3$
10.50-12.50 m'ler arasında,	$N_{30} = 34, K_s = 6120 \text{ t/m}^3$
15.00-18.50 m'ler arasında	$N_{30} = 39, K_s = 7020 \text{ t/m}^3$
19.50-21.50 m'ler arasında	$N_{30} = 41, K_s = 7380 \text{ t/m}^3$
22.50-24.50m'ler arasında	$N_{30} = 37, K_s = 6660 \text{ t/m}^3$

7. Konsolidasyon deneyi sonucuna göre zeminin oturma değerleri aşağıda verilmiştir. 0,13 cm ile 15,32 cm aralığında değişmektedir.

SK-4 için (7.50-8.00m)	: $\Delta H = 0,13$ cm
SK-6 için (7.50-8.00m)	: $\Delta H = 2,36$ cm
SK-20 için (9.00-9.40m)	: $\Delta H = 15,32$ cm
SK-22 için (9.00-9.50m)	: $\Delta H = 10,65$ cm
SK-24 için (9.00-9.50m)	: $\Delta H = 10,48$ cm
SK-27 için (7.50-8.00 m)	: $\Delta H = 1,56$ cm
SK-29 için (9.00-9.50m)	: $\Delta H = 10,50$ cm

8. İnceleme alanında açılan zemin sondajlarında yer altı suyu seviyesinin en büyük 5.30 m. ile en küçük 1.40 m. arasında olduğu belirlenmiştir. Zeminde bulunan jeolojik yapılara göre ve eşik ivme kriterinden yapılan hesaplamalara göre sıvılaşma riski yoktur.

9. İnceleme alanında açılan sondajlardan alınan su numuneleri üzerinde sülfat analizleri yapılmıştır. Elde edilen değerler 57,60-62,88 sülfat mg/l arasındadır. Bu değerlere göre de sülfatın betona olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır.

10. İnceleme alanında açılan araştırma çukurundan alınan numune üzerinde laboratuarda yapılan permeabilite deneyine göre permeabilite katsayısı değeri K; 5,20 , E-0,6 cm/s olarak bulunmuştur. Bu değere göre zemin Orta Dereceli/Yarı Geçirimli olarak bulunmuştur.

11. İnceleme alanı, düz bir topografyaya sahiptir. Saha da heyelan, kaya düşmesi, çığ düşmesi gibi doğal afet olayları söz konusu değildir. Ancak inceleme alanının kuzey ve doğu sınırları boyunca devam eden Deliçay Deresi bulunmaktadır. Güney cephesinde ise Akdeniz bulunmaktadır. Bu bilgiler göz önüne alındığında oluşabilecek herhangi bir su taşkınına karşı gerekli önlemler alınmalıdır. Şiddetli

yağışlar sonucu oluşabilecek muhtemel su birikiminden, yapılacak yapıların zarar görmemesi için taşkın seti ve duvar yapılması önerilir.

12. İnceleme alanı, 1996 yılında T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi tarafından hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri haritasına göre “III. Derece Deprem Bölgesinde” yer almaktadır. Buna göre maksimum yer ivmesi katsayısı $A_0:0.20g$ alınmalıdır. Yapılacak yapıların “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik” esaslarına uygun olarak yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- AİGM, 1996. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, T.C Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- ANDREWS, D.C.A. and MARTIN, G.R., 2000. Criteria for Liquefaction of Silty Soils, 12th Word Conference on Earthquake Engineering, Proceedings, Auckland, New Zealand.
- ASTM, 2003. Annual Book of American Society for Terting and Materials Standards, Volime 04, 08.
- AYTEKİN, M., 2004. Deneysel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi, Ankara.
- BARADAN, B., YAZICI, H., ÜN, H., 2002. Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite), Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, N.218, İzmir.
- DAT, 1996. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Daire Başkanlığı, Ankara.
- DOBRY, R., STOKOE, K.H., LADD, R.S., and YOUND, T.L., 1981. Liquefaction susceptibility from S-wave velocity, ASCE National Conversion, St. Louis, Missouri, pp 81-544.
- ERDİK, M., 1984. Türkiye’de Deprem Tehlikesinin İstatiki Açıdan Değerlendirilmesi, TÜBİTAK, Proje No: MAG 444.
- GÜLEÇ, K., 1974. Kayaçların Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin, Su Muhtevası İle Değişimi, Cilt XIII, Sayı 3, Sayfa 13-16.
- HATİPOĞLU, Z., 2004. Mersin-Tarsus Kıyı Akiferinin Hidrojeokimyası, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- HOUSNER, G. W., 1965. Invensity of Earthquake Ground Sahking Near the Causative Fault, Proc. 3rd Word Conference Earthquake, Auckland, Vol. I(3), pp.94-111.
- KARACA, C., 2004. Mersin İli Karaduvar Mahallesiindeki Yeraltısuyu Kuyularında Yaşanan Petrol Kirliliği İle İlgili Araştırma Ve İnceleme Raporu-1, Mersin Valiliği, Mersin (yayınlanmamış).
- KARACA, C., BOZDAĞ, Ş., ÇOBANOĞLU, İ., 2006. Mersin İli Karaduvar Mahallesi Yeraltı Suyu Rezervuarındaki Petrol Kirliliği, Mühendislik

- Jeolojisiinde Çağdaş Uygulamalar Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Denizli, s. 313-320, (tam metin).
- KARAN, A., MESKAN, S., 2006. Mersin Atıksu Arıtma Tesisi Jeolojik-Jeofizik Ön Fizibilite Etüd Raporu, Mersin, 32s (yayınlanmamış).
- KETİN, İ., 183, Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış, İTÜ Kütüphanesi, Sayı 1259, 591s.
- LEONARDS, G,A, (Editor)., 1962, Foundation Engineering, Mc. Graw Hill Book Comp.1136s.
- ÖZGÜL, N., 1976. Toroslar'da Bazı Temel Jeolojik Özellikler. Türkiye Jeol. Kur. Bülteni, 19, 65-78.
- SCHMIDT, G., VII. Adana Petrol Bölgesinin Stratigrafik Nomenklatürü, Petrol Der. Yay., Ankara, 6.47-63.
- SCHNABEL, P.B., and SEED, H.B.,1973. Accelerations in Rock for Earthquakes in the Western United States, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 63, pp. 501-516.
- ŞAHİN, 2003. İçel İli Jeolojik Özellikleri, MTA , Ankara.
- ŞEKERCİOĞLU, E., 1998, Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara , No.28, s 49-60.
- ŞENOL, M., 1995. Adana-Mersin Dolayının Jeoloji Etüd Raporu. MTA Genel Müd. Dergisi, ANKARA, No. 10098.
- ŞENOL, M., KAPUR, S., ŞAHİN, Ş., 1993. Adana Havzası Kuvaternerleri. İ.T.Ü. Maden Fak. Türkiye Kuvaterneri Workshop Bildiri Özleri, İstanbul, s.24-27
- ŞENOL, M., ŞAHİN, Ş., DUMAN, T., ALBAYRAK, Ş., AKÇA , İ., TAŞKIN, Ş., 1998. Adana –Mersin Dolayının Jeolojik Etüd Raporu. MTA Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, 46 s.
- TERZAGHİ, vd., Soil mechanics in engineering practice 2/E John Wiley & Sons, N.Y., 729 P,1967.
- TS 3440, 1982. Zararlı kimyasal etkileri olan su, zemin ve gazların etkisinde kalacak betonlar için yapım kuralları.
- ULU, 1998. İçel ve civarının jeolojisi, MTA Rap. No: (Baskıda).
- ULUCAN, A., ÜNLÜ, A., 2001, Sudaki Karbondioksit, Sülfat, Amonyum İyon Derişimlerinin Beton Borularının Tepe Basınç Yüküne Etkisinin Araştırılması,

- TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Çevre Bilim & Teknoloji Bülteni, Cilt 1, Sayı 2, s. 40-47.
- ULUSAY, R., 2000, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Mavi Gezegen Popüler Yerbilimleri Dergisi, ANKARA , Sayı 2, s. 47-56.
- YAMAN, S., 1991, Mersin Ofiyolitinin Jeolojisi ve Metanolojenisi, Yetiş, C., (ed) Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Adana, 255-267.
- YETİŞ, C., DEMİRKOL, C., 1986, Adana Baseni Batı Kesiminin Detay Jeoloji Etüdü, MTA Rap. No.8037 (yayınlanmamış).
- YILMAZER, İ., 1991. Yumuşakken (killi) ve Sertken bileşenlerinden oluşan kalışın Jeolojik ve Jeoteknik Özellikleri: V. Ulusal Kil Sempozyumu, Anadolu Üniversitesi, ESKİŞEHİR.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılı Mersin’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Mersin’de tamamladı. 1998 yılında Erciyes Üniversitesi Yozgat Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimime başladı. 2003 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. 2006 yılı Şubat ayında Fen Bilimleri Enstitüsü’ne bağlı olarak Jeoloji Mühendisliği Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2003-2007 tarihleri arasında Mersin’de iki mühendislik firmasında Jeoloji Mühendisi olarak çalıştı. Evli ve şuan Kayseri’de Ziraat Bankası’nda çalışmakta.