

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İZMİT HAVZASININ GÜNEYDOĞU KESİMİ İLE SAPANCA
GÖLÜ GÜNEYİNİN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ**

KÜBRA MERGEN

KOCAELİ 2021

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İZMİT HAVZASININ GÜNEYDOĞU KESİMİ İLE SAPANCA
GÖLÜ GÜNEYİNİN MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ**

KÜBRA MERGEN

Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Özkan CORUK
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Doç. Dr. Ömer ÜNDÜL
Jüri Üyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 18.10.2021

Etik Beyan ve Araştırma Fonu Desteği

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmada,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Bu tez/proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler tarafından no'lu proje kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım ve bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....
(İmza)

Kübra Mergen

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.

Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

.....
(İmza)

Kübra Mergen

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

İzmit ve Sapanca Gölü civarında daha önceki yıllarda mühendislik jeolojisi başlığı altında yapılan birçok çalışma vardır. Bu bölgede yeni yerleşim alanları planlanmakta ve farklı mühendislik yapılarının projeleri düzenlenmektedir. Buna bağlı olarak, hazırlanan ve hazırlanacak olan mühendislik projeleri için güncel ve yeni veriler sunma gereği duyulmuştur. Tez çalışmasında İzmit'in güneydoğusunda bulunan Kartepe bölgesi ile Sapanca bölgesinin güneyinin jeolojisi incelenmiştir. Daha sonra bu alanlarda yapılan jeolojik amaçlı saha gözlemleri, jeolojik ve jeoteknik çalışmalar kapsamında sondajlar ve laboratuvar testleri kullanılarak elde edilen veriler yardımıyla mühendislik jeolojisi özellikleri değerlendirilmiştir.

Tez çalışmamı yönlendiren tez danışmanım çok değerli hocam Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ'a,

Çalışmalarım sırasında tezime katkılarını sunan değerli Dr. Öğr. Üyesi Özkan CORUK'a, arazi çalışmaları boyunca yardımcı olan ve bana her türlü imkânı sağlayan Dr. Öğr. Üyesi BÜLENT DOĞAN'a, Jeofizik Mühendisliği bölümü Dr. Öğr. Üyesi METİN AŞÇI'ya tez jüri üyesi Doç. Dr. Ömer ÜNDÜL'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım süresince karşılaştığım her zorlukta beni desteğinden mahrum bırakmayan ve sabırlarını esirgemeyen Jeoloji Yüksek Mühendisi Emre CANKURT ve Jeoloji Mühendisi Tayfun GÜL'e ve Çevre Mühendisi arkadaşım Çevre Yüksek Mühendisi Şehriban ZEYBEK'e,

Hayatım boyunca maddi ve manevi her türlü imkânı sağlayan, her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ekim - 2021

Kübra MERGEN

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ..... | i |
| YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI | ii |
| ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR..... | iii |
| İÇİNDEKİLER..... | iv |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | vi |
| TABLolar DİZİNİ..... | vii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | viii |
| ÖZET | ix |
| ABSTRACT | x |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. GENEL BİLGİLER..... | 4 |
| 2.1. İncelemenin Amacı | 4 |
| 2.2. İnceleme Alanı | 4 |
| 2.3. Çalışma Yöntemi ve Süresi..... | 5 |
| 2.4. Ulusal Düzeyde Yapılan Çalışmalar | 5 |
| 2.5. Uluslararası Düzeyde Yapılan İncelemeler | 7 |
| 3. GENEL JEOLojİ VE TEKTONİK KONUM | 8 |
| 3.1. Sapanca Gölü Güney Kesimi ve Kartepe'nin Bölgesel Jeolojisi..... | 8 |
| 3.1.1. Çakraz Formasyonu (PT_{RC}) | 10 |
| 3.1.2. Sultaniye Metamorfitleri (PT_{RS}) | 10 |
| 3.1.3. Mermer Üyesi (PT_{RSM}) | 11 |
| 3.1.4. Keltepe Mermeri (JK_K)..... | 11 |
| 3.1.5. Akçay Metamorfitleri (K_a) | 11 |
| 3.1.6. Yığılca Formasyonu (T_{ey})..... | 12 |
| 3.1.7. Çaycuma Formasyonu ($T_{eç}$)..... | 12 |
| 3.1.8. Örencik Formasyonu ($T_{plö}$)..... | 13 |
| 3.1.9. Alüvyon Yelpazesi (Q_{ay}) | 13 |
| 3.1.10. Alüvyon (Q_{al})..... | 13 |
| 4. SAPANCA GÖLÜ GÜNEY KESİMİ VE KARTEPE ZONUNUN JEOMORFOLOJİK YAPISI | 14 |
| 5. VERİ KAYNAKLARI | 16 |
| 5.1. Jeolojik Veriler | 16 |
| 5.2. Jeomorfolojik Veriler..... | 17 |
| 5.3. Mühendislik Jeolojisi Verileri | 17 |
| 5.4. Coğrafi Bilgi Sistemi | 18 |
| 5.4.1. Çalışma Alanının DEM Haritası..... | 18 |
| 5.4.2. Çalışma Alanının Eğim Haritası..... | 18 |
| 5.4.3. Çalışma Alanının Yükseklik Haritası | 19 |
| 6. MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ..... | 21 |
| 6.1. Metodoloji..... | 21 |
| 6.1.1. Kayma Dalgası Hızı (V_s) | 21 |
| 6.1.2. Standart Penetrasyon Testi (SPT)..... | 21 |
| 6.1.3. Drenajsız Kayma Mukavemeti (c_u) | 24 |
| 6.2. Zemin Sınıflaması..... | 25 |

| | |
|---|----|
| 6.3. Suadiye - Sapanca Gölü Arası Mühendislik Jeolojisi | 28 |
| 6.4. Suadiye-Sapanca Gölü Arası YASS Dağılımı | 41 |
| 6.5. Şişme Analizi | 42 |
| 6.6. Mühendislik Jeolojisi Değerlendirilmesi | 42 |
| 6.6.1. Suadiye Bölgesinin Mühendislik Jeolojisi Değerlendirmesi..... | 44 |
| 6.6.2. Derbent Bölgesinin Mühendislik Jeolojisi Değerlendirmesi..... | 45 |
| 6.6.3. Balaban Bölgesinin Mühendislik Jeolojisi Değerlendirmesi..... | 47 |
| 6.6.4. Sapanca Gölü Güney Bölgesinin Mühendislik Jeolojisi Değerlendirmesi | 48 |
| 7. ARAŞTIRMA BULGULARI | 51 |
| 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 55 |
| KAYNAKLAR..... | 57 |
| KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER..... | 60 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 61 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | | |
|-------------|---|----|
| Şekil 1.1. | Çalışma süreci ve içeriğini gösteren akış şeması..... | 2 |
| Şekil 1.2. | İnceleme alanının yer bulduru haritası | 3 |
| Şekil 3.1. | İnceleme alanı ve civarının jeoloji haritası..... | 8 |
| Şekil 3.2. | Kartepe Bölgesine ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit (GSK) | 9 |
| Şekil 4.1. | Sapanca Gölü ve yakın çevresinin jeomorfoloji haritası | 15 |
| Şekil 5.1. | Çalışma alanının DEM haritası..... | 19 |
| Şekil 5.2. | Çalışma alanının eğim haritası..... | 19 |
| Şekil 5.3. | Çalışma alanının yükseklik haritası | 20 |
| Şekil 6.1. | Suadiye-Sapanca arası alanın sondaj noktaları | 26 |
| Şekil 6.2. | İnceleme alanının zemin profili kesidi için kullanılan sondajlar | 28 |
| Şekil 6.3. | Suadiye-Sapanca bölgesi arasındaki alanın zemin profili | 29 |
| Şekil 6.4. | Balaban lokasyonunun AFAD haritası üzerindeki görünümü | 30 |
| Şekil 6.5. | Suadiye lokasyonunun AFAD haritası üzerindeki görünümü | 33 |
| Şekil 6.6. | Derbent lokasyonunun AFAD haritası üzerindeki görünümü | 36 |
| Şekil 6.7. | Sapanca Gölü güney lokasyonunun AFAD haritaları üzerindeki görünümü | 39 |
| Şekil 6.8. | Suadiye-Sapanca arası alanın yeraltı su seviyesi dağılımının DEM haritası üzerindeki görünümü | 41 |
| Şekil 6.9. | Suadiye bölgesinin mühendislik jeolojisi değerlendirme haritası | 44 |
| Şekil 6.10. | Derbent bölgesinin mühendislik jeolojisi değerlendirme haritası | 46 |
| Şekil 6.11. | Balaban bölgesinin mühendislik jeolojisi değerlendirme haritası | 47 |
| Şekil 6.12. | Sapanca Gölü güneyinin mühendislik jeolojisi değerlendirme haritası..... | 49 |

TABLolar DİZİNİ

| | | |
|-------------|---|----|
| Tablo 6.1. | SPT düzeltme katsayıları | 23 |
| Tablo 6.2. | Zemin cinslerine göre q_u ile SPT-N arasındaki ilişkisi | 23 |
| Tablo 6.3. | Kohezyonlu zeminler için SPT-N, q_u kıvamlılık ilişkisi..... | 24 |
| Tablo 6.4. | SPT sonuçlarına göre kohezyonsuz zeminlerin sıklığı..... | 24 |
| Tablo 6.5. | Yerel zemin sınıflaması | 25 |
| Tablo 6.6. | Tij boyu düzeltme katsayısı (CR)..... | 26 |
| Tablo 6.7. | Kartepe Bölgesi alüvyon birimlerinin zemin parametreleri | 27 |
| Tablo 6.8. | Sapanca Gölü güneyi birimlerinin zemin parametreleri | 28 |
| Tablo 6.9. | Kartepe Balaban bölgesi SPT verileri..... | 29 |
| Tablo 6.10. | Kısa periyot bölgesi için yerel zemin katsayıları..... | 31 |
| Tablo 6.11. | Bir saniye periyot için yerel zemin katsayıları | 31 |
| Tablo 6.12. | Balaban bölgesi için AFAD verileri | 32 |
| Tablo 6.13. | Kartepe Suadiye bölgesi için SPT verileri..... | 32 |
| Tablo 6.14. | Kısa periyot bölgesi için yerel zemin katsayıları..... | 34 |
| Tablo 6.15. | Bir saniye periyot için yerel zemin katsayıları | 34 |
| Tablo 6.16. | Suadiye bölgesi için AFAD verileri | 35 |
| Tablo 6.17. | Kartepe Derbent bölgesi SPT verileri..... | 35 |
| Tablo 6.18. | Kısa periyot bölgesi için yerel zemin katsayıları..... | 37 |
| Tablo 6.19. | Bir saniye periyot için yerel zemin katsayıları | 37 |
| Tablo 6.20. | Derbent bölgesi için AFAD verileri | 38 |
| Tablo 6.21. | Sapanca Gölü Güney Bölgesi SPT verileri..... | 38 |
| Tablo 6.22. | Kısa periyot bölgesi için yerel zemin katsayıları..... | 40 |
| Tablo 6.23. | Bir saniye periyot için yerel zemin katsayıları | 40 |
| Tablo 6.24. | Sapanca Gölü güney bölgesi için AFAD verileri | 41 |
| Tablo 6.25. | Şişen zeminlerin sınıflaması | 42 |
| Tablo 6.26. | Mühendislik jeolojisi değerlendirme haritalarında bölge dağılımı ilişkisi | 43 |
| Tablo 6.27. | Suadiye bölgesi mühendislik jeolojisi değerlendirmesi | 45 |
| Tablo 6.28. | Derbent bölgesi mühendislik jeolojisi değerlendirme | 46 |
| Tablo 6.29. | Balaban bölgesi mühendislik jeolojisi değerlendirme | 48 |
| Tablo 6.30. | Sapanca Gölü güney bölgesi mühendislik jeolojisi değerlendirme | 50 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|----------|--|
| C_A | : Çakma başlığı düzeltme katsayısı |
| C_B | : Sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı |
| C_E | : Enerji oranı düzeltme katsayısı |
| cm | : Santimetre |
| C_R | : Tij uzunluğu düzeltme katsayısı |
| C_S | : Numune alıcı tipi düzeltme katsayısı |
| kg | : Kilogram |
| m | : Metre |
| PGA | : En büyük yer ivmesi |
| PGV | : En büyük yer hız ivmesi |
| S_{D1} | : 1.0 saniyedeki periyot için spektral ivme katsayısı (boyutsuz) |
| S_{DS} | : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz) |
| V_s | : Kayma dalgası hızı (m/s) |
| q_u | : Serbest basınç dayanımı (kPa) |
| 0 | : Derece |

Kısaltmalar

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| CBS | : Coğrafi Bilgi Sistemi |
| GD | : Güneydoğu |
| GSK | : Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesit |
| JK_K | : Keltepe Mermeri |
| KAFZ | : Kuzey Anadolu Fay Zonu |
| KB | : Kuzey Batı |
| $PT_{RÇ}$ | : Çakraz Formasyonu |
| PT_{RS} | : Sultaniye Metamorfitleri |
| SPT | : Standart Penetrasyon Testi |
| $T_{eç}$ | : Çaycuma Formasyonu |
| $T_{plö}$ | : Örencik Formasyonu |
| Q_{ay} | : Alüvyon Yelpazesi |
| Q_{al} | : Alüvyon |
| YASS | : Yeraltı Su Seviyesi |

İZMİT HAVZASININ GÜNEYDOĞU KESİMİ İLE SAPANCA GÖLÜ GÜNEYİNİN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

ÖZET

Bu tez çalışması, Kocaeli İli İzmit İlçesinin Güneydoğusunda bulunan Kartepe bölgesi ve Sapanca Gölü'nün güney bölgesini kapsamaktadır. İnceleme alanı 1/25000 ölçekli G24d01, G24d02, G24c08, G24c06 topografya paftalarında yer almaktadır. İnceleme alanının genel jeolojisini Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kayalar oluşturmakta ve Kocaeli yarımadası yükseliminde yer almaktadır. Kocaeli Kartepe ve Sapanca Bölgesi'nin güneyi arasında yer alan kesimlerin bölgesel jeolojisi Çakraz Formasyonu, Sultaniye Metamorfikleri, Mermer Üyesi, Keltepe Mermeri, Akçay Metamorfikleri, Yığılca Formasyonu, Çaycuma Formasyonu, Örencik Formasyonu, Alüvyon Yelpazesi ve Alüvyon olmak üzere yaşlıdan gence doğru açıklanmaktadır. İnceleme alanının güney sınırını Sapanca Gölü'nün güneyindeki Samanlı dağları (Kartepe kütle) ve yamaçları oluşturmaktadır. Kuzeyde ise Kocaeli platosu bulunmaktadır. Yapılan sondaj çalışmalarından alınan veriler ve SPT-N₃₀ değerlerinden çıkarımlar yapılarak zeminlerin mühendislik jeolojisi özellikleri belirlenmiştir. Kartepe bölgesinde bulunan Suadiye, Balaban, Derbent ilçeleri ve Sapanca Gölü Güney Kesimi için DEM haritaları kullanılarak incelenen bölgelerin eğim özellikleri belirlenmiştir. ArcGIS 10.3 programı kullanılarak mühendislik jeolojisi değerlendirme haritaları üretilmiştir. Tüm çalışmalar sonucunda yapılaşma için Kartepe ve Sapanca bölgelerinde elde edilen mühendislik jeolojisi parametrelerine bakılarak yapılaşmaya uygunluk durumu incelenmiştir. Genel olarak mühendislik jeolojisi açısından değerlendirildiğinde araştırma alanlarında aşırı sorunlu bir bölgenin bulunmadığı ancak sorunsuz, az sorunlu ve sorunlu bölgelerin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: DEM, Mühendislik Jeolojisi, SPT-N₃₀, Zemin Sınıflaması.

SOUTHEAST PART OF IZMIT BASIN AND ENGINEERING GEOLOGY OF THE SOUTH OF SAPANCA LAKE

ABSTRACT

This study covers the Kartepe region in the southeast of Kocaeli province in Izmit district and the southern region of Sapanca Lake. The area investigated is located on the 1/25000 scaled G24d01, G24d02, G24c08, G24c06 topography map section. The areas constituted, in terms of geology, Mesozoic and Cenozoic aged rocks, and are located on the Kocaeli peninsula uplift. The regional geology of the sections located between Kocaeli Kartepe and the south of Sapanca Region is explained from old to young as Çakraz Formation, Sultaniye Metamorphites, Marble Member, Keltepe Marble, Akçay Metamorphics, Yığılca Formation, Çaycuma Formation, Örencik Formation, Alluvial Fan and Alluvium. The southern border of the area studied is the Samanlı mountains (Kartepe mass) in the south of Sapanca Lake and its slopes. In the north part, there is the Kocaeli plateau. The engineering geological properties of the soils were determined by inferences from the data obtained from the drilling studies and SPT-N₃₀ values obtained. The slope characteristics of the investigated regions were determined by using DEM maps for the districts of Suadiye, Balaban, Derbent and the Southern part of Sapanca Lake in the Kartepe region. Engineering geology assessment maps were produced using the ArcGIS 10.3 program. As a result of all studies, the suitability for construction was examined by looking at the engineering geology parameters obtained in Kartepe and Sapanca regions. When evaluated in terms of engineering geology in general, it has been determined that there is not an excessively problematic region in the areas investigated, but there are unproblematic, less problematic and problematic areas.

Keywords: DEM, Engineering Geology, SPT-N₃₀, Soil Classification.

1. GİRİŞ

Kocaeli, Türkiye'nin hızlı gelişip sanayileşen bir ilidir. Türkiye'nin İstanbul'dan sonra gelen en büyük sanayi merkezidir. Gayri safi hasılda sanayi sektörünün Kocaeli için payı %70'i aşmıştır. Özellikle imalat sanayi çok gelişmiştir. Bu amaçla sanayi ve yerleşim alanlarında yeraltı ve yerüstü çalışmaları kapsamlı olarak hazırlanmalıdır. Bu çalışmaların başında jeolojik, jeomorfolojik, jeoteknik ve mühendislik jeolojisi araştırmaları gelmektedir.

Tez kapsamında İzmit Havzası'nın güney kesiminden Sapanca Bölgesi güneyini kapsayan bölgelerin jeolojik, jeomorfolojik özellikleri ile ayrıntılı olarak mühendislik jeolojisi özellikleri araştırılmıştır. Jeoloji çalışmaları kapsamında bölge ve inceleme alanı jeolojisinin incelenmesine yönelik olup jeomorfolojik çalışmalar ise yüzey topografyasının durumu, eğim ve baki özelliklerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlıdır. Mühendislik jeoloji çalışmaları, jeolojik ve jeomorfolojik verilerin değerlendirilmesi, yapılmış arazi ve laboratuvar çalışmaları ile incelenen alanı tanımlanması ve sonrasında en uygun yerleşim alanlarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle yapılan bu çalışmada, bölgedeki jeolojik, stratigrafik, jeomorfolojik, tektonik ve mühendislik çalışmalarına haiz oluşumlar alanın ayrıntılı çalışılan jeolojisi ile birleştirilerek sunulmuştur.

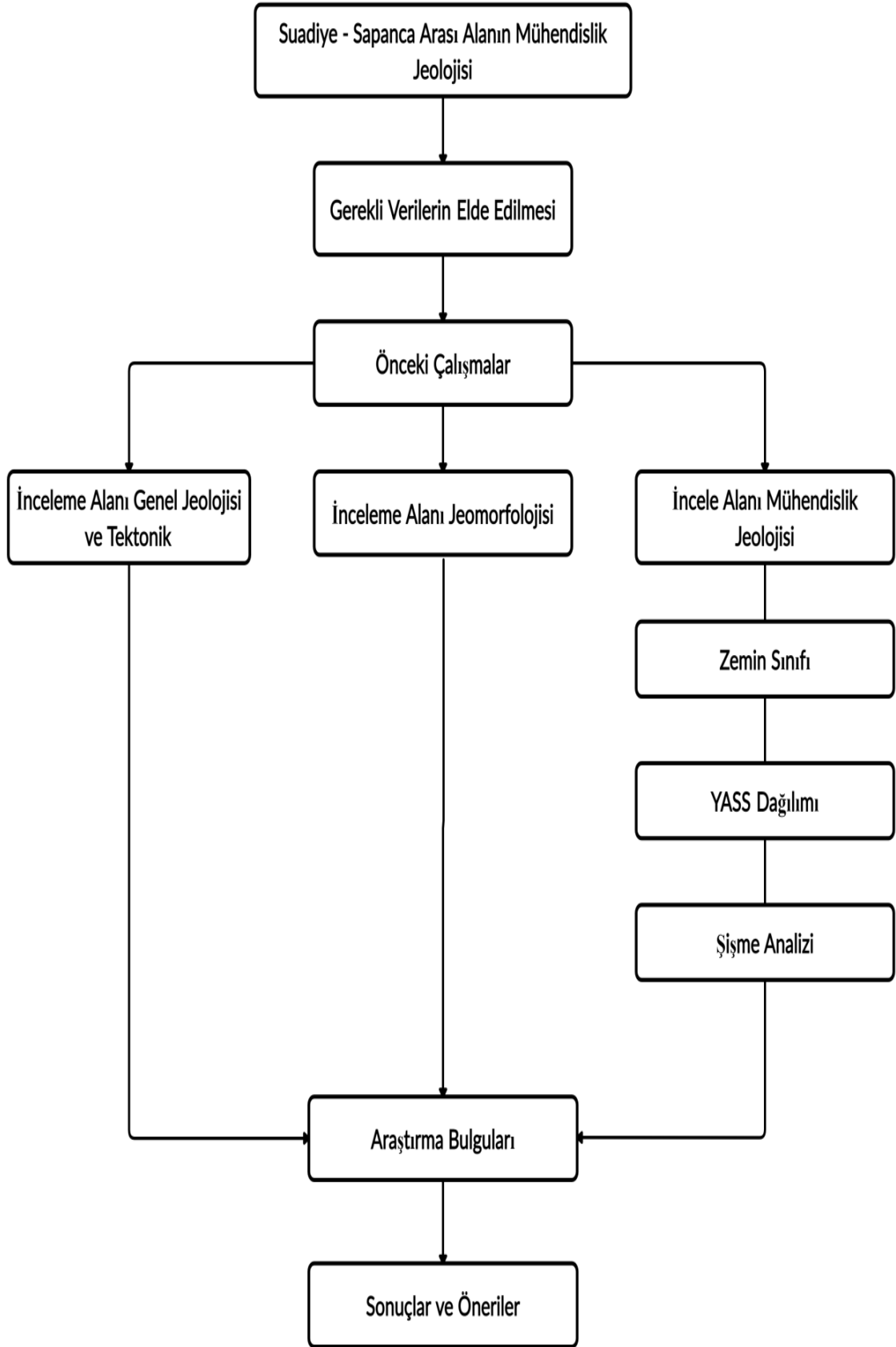
Çalışma kapsamında ilk önce literatür taraması yapılmış olup YÖK Tez Merkezi ile Kocaeli Üniversitesi kütüphanesinde araştırmamıza kaynak olacak yayınlar elde edilmiştir. Ayrıca üniversitelerin online veri tabanlarından ulusal ve uluslararası makaleler indirilip ilgili bölümler çevrilerek çalışmamıza konulmuştur.

Daha sonra veri temini için bölge ile ilgilenen kurumlardan bilgiler toplanmıştır. Bu aşamada gerek bizzat, gerek telefon veya internet üzerinden iletişim kurarak veri topladığımız kurumlar şunlardır; Kocaeli Maden Teknik Arama (MTA), Kartepe Belediyesi ve Sapanca Belediyesi.

İnceleme alanının doğal ortam özellikleri, hâkim olduğu jeomorfolojik yapısı ve mühendislik jeolojisi parametreleri incelendiğinde sorunların yaşandığı yerleşim birimlerinden birini içermektedir. Bu parametreler dikkate alındığında İzmit doğu kesimi ve Sapanca Güney kesiminin mühendislik jeolojisi özelliklerini ayrıntılı bir biçimde belirlenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır (Şekil 1.1). Çalışmalar değerlendirilerek birimlerin mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Şekil 1.2’de verilen akış şemasında görüldüğü gibi araştırma bulguları aşamasında elde edilen mühendislik jeolojisi verileri değerlendirilerek yerleşime uygunluk durum değerlendirmeleri yapılmıştır.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası



Şekil 1.2. Çalışma süreci ve içeriğini gösteren akış şeması

2. GENEL BİLGİLER

Marmara bölgesinde bulunan Kocaeli ili ve Sapanca ilçesi 1999 Marmara depremi (Kocaeli depremi) sırasında ve sonrasında çok ciddi maddi ve manevi kayıplar yaşamıştır. İnceleme alanının da içinde bulunduğu bu bölge ve yakın çevresinde oldukça yalın bir jeoloji modeli sergilenmektedir. Alanı Sapanca ve İzmit yolunun kabaca güneyindeki dik ve yüksek topoğrafyaya sahip bir yapıdadır ve güncel çökeller bulunmaktadır.

Sapanca Gölü ve civarı jeomorfolojik olarak dinamik etkenlerden tektonizma ve alüvyal çökellerden oluşmuş, dağlık alanlar, plato sahaları ve ova alanları gibi ana morfolojik unsurları barındırmaktadır. Aynı zamanda çalışma alanında jeomorfolojik birimlerden delta, birikinti yelpazesi, vadiler, alçak ve yüksek kıyıları, falezler, sırtlar, dik ve az eğimli yamaçlar da çalışma alanında görülmektedir. Bu kapsamda genel bilgiler bölümü altında inceleme amacı, alanı, çalışma yöntemi ve süresi tanımlandıktan sonra ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan önceki çalışmalardan önemli noktalar verilmiştir.

2.1. İncelemenin Amacı

Çalışmanın amacı Sapanca Gölü güneyi ve Kartepe'yi de kapsayan kesiminin jeolojik, jeomorfolojik ve zemin parametrelerini kullanarak mühendislik jeolojisi açısından değerlendirmektir. Jeoloji çalışmaları ile inceleme alanının jeolojisi değerlendirilmiş yüzey topografyasının durumu, eğim ve bakı özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Daha sonraki aşamada yapılan mühendislik jeolojisi çalışmalarında ise incelenen bölgelere ait birimlerin sayısal değerleri parametrik olarak belirlenmiştir.

2.2. İnceleme Alanı

İnceleme alanı Kocaeli ili, İzmit Havzası Kartepe ve Sapanca Gölü sınırınının 15 ve 25 km içerisine kadar olan bölümü kapsamaktadır. İnceleme alanı, 40°42' 09.43" K enlemi- 30° 03' 47 99" D boylamından başlayarak, 40° 42' 56 60" K enlemi- 30°21' 46.95" D boylamına kadar alanı içine almaktadır (Şekil 1.1). İnceleme alanı 1/25000 ölçekli G24d01, G24d02, G24c08, G24c06 topografya paftalarında yer almaktadır.

2.3. Çalışma Yöntemi ve Süresi

Tez kapsamında büro ve arazi çalışmaları yapılmış, laboratuvar ve arazi deney sonuçları değerlendirilmiştir. İnceleme alanında zemin profili belirlenerek birimlerin litolojik özelliklerinin tespiti, düşey doğrultudaki değişimlerin incelenmesi ve yeraltı suyu durumu ile mühendislik parametreleri gibi bilgileri belirleme amacına yönelik olarak sahada derinliği yaklaşık 12.00 ile 15.00 metre arası olan her bölge için 15 adet temel araştırma sondajı verisi kullanılmıştır.

Büro çalışmaları aşamasında bölgeyle ilgili daha önce yapılan çalışmaların araştırılması, araziden elde edilen numunelerin sonuçlarının değerlendirilmesi, verilerin bilgisayar programlarına aktarılıp yorumlanması ve haritalama işlemleri yapılmıştır. İnceleme alanı ve civarı ile ilgili literatür taraması yapılmış, jeolojik rapor ve haritalar düzenlenmiştir.

Arazi çalışmaları kapsamında inceleme alanının jeolojisi ve jeomorfolojisi araştırılmıştır. 2018 yılının Eylül ve Ekim ayları içerisinde arazi çalışmaları ile birimlerin jeolojik ve jeomorfoloji ile ilişkileri incelenmiştir.

Çalışmalar esnasında, AutoCAD, Google Earth, ArcGIS CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) programlarından kullanılmıştır. Bu programlar tezin hazırlanması, tablo oluşturulması, şekillerin ve haritaların çizilmesi ve CBS analizlerinin yapılması amacıyla kullanılmıştır.

2.4. Ulusal Düzeyde Yapılan Çalışmalar

Bu kısımda tez kapsamında incelenen bölge ile ilgili yapılmış ulusal düzeyde yapılan çalışmaların önemli noktaları kronolojik sıra halinde verilmiştir.

İnandık (1952-1953) “Adapazarı Ovası ve Çevresinin Jeomorfolojik Etüdü” adlı makalesinde, Sapanca gölünün oluşumundan ve göl civarının jeomorfolojik özellikleri hakkında bilgiler vermiştir.

Aksoy (2002) “İzmit-Sapanca Arasının Genç Tektonik ve Paleosismolojik Özellikleri” adlı yüksek lisans tezinde İzmit-Sapanca arasında yer alan bölgenin neotektonik

özelliklerini belirlemiş ve alanın tarihsel deprem etkinliğini, faylanma niteliğini, faylanmaya bağlı gelişen yapıları ve jeomorfolojik özelliklerini araştırmıştır.

Çavuş (2002) İzmit Civarının Jeolojisi ve Coğrafi Bilgi Sistemi adlı çalışmasında, Kocaeli Yarımadasının farklı haritalarını yapmak için CBS programı ile stratigrafik yaş tayini ve birimlerin dizilimini çalışmıştır. Daha sonra arazi sınıfları haritaları, drenaj haritası, eğim haritası ve bakı haritası hazırlanmıştır.

Coruk ve Karakaş (2007) “İzmit ve Yakın Dolayının Jeolojisi ve Mühendislik Jeolojisi” adlı çalışmalarında inceledikleri bölgede zemin ve kayaç ortam koşullarını değerlendirerek birimlerin mühendislik jeolojisi özelliklerini açıklamışlardır. Mühendislik jeolojisinde taşıma gücü iyi olarak belirlenen bölgelerin kaya ortamları olduğu ve duraylılık sorununun da topoğrafya eğiminin % 25’in üzerinde olan yerlerde görüldüğü belirtilmiştir.

Gürbüz ve Gürer (2008) “Anthropogenic Affects on Lake Sedimentation Process: a Case Study from Lake Sapanca, NW Turkey” adlı çalışmasında Sapanca Gölü ve civarında Kuzey Anadolu Fay Zonuna ait farklı segmentlerin tektonik aktiviteleri ve oluşturdukları deformasyonlar jeomorfolojik, sismik ve batimetrik veriler kullanılarak araştırmışlardır. Yapılan çalışmalar gölün güneyinde yüksek tektonik etkinliğin olduğunu ve kuzeyinde ise daha düşük düzeyde tektonizmanın etkili olduğunu belirtmiştir.

Kaçmaz (2010) “Sapanca Gölü Havzası’nda Arazi Kullanımı ve Mekânsal Değişim” adlı doktora tezinde, havzanın arazi kullanım yapısını ve 1990-2005 yılları arasında havzanın geçirmiş olduğu mekânsal değişimi incelemiştir.

Gülen ve diğ. (2014) yaptıkları çalışmada detaylı sismik çalışmalar sonucunda KAFZ’nun Sapanca Gölü içindeki uzanımını ortaya koymuşlardır.

Bayazıt ve Bakış (2015) yaptıkları çalışmada Sakarya Havzası’nın alt havzası olan Seydisuyu çayının havzaya olan taşkın riskini incelemiştir. CBS ve UA yöntemlerini kullanarak 50, 100 ve 1000 yıllık tekerrürde taşkın debilerini belirlemiştir.

2.5. Uluslararası Düzeyde Yapılan İncelemeler

Bu kısımda ise uluslararası düzeyde hazırlanan çalışmalarda elde edilen önemli noktalar verilmiştir.

Lahn (1948) “Türkiye Göllerinin Jeolojisi ve Jeomorfolojisi Hakkında Bir Etüd” adlı yayınında, Sapanca Gölü’nü alüvyal baraj gölü olarak değerlendirmiştir.

Chang ve diğ. (2008) yaptıkları çalışmada, hızla büyüyen bir kentsel bölgede yerleşim yerlerini belirlemek için GIS kullanarak çevre düzenlemesi yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Bastawesy ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada, Mısır Hudain Vadisi Havzası’nın taşkın modelini oluşturmak amacıyla çalışmışlardır. Bu çalışma kapsamında CBS, UA, Landsat Uydu Görüntüleri ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM-DEM)’den faydalanılmıştır.

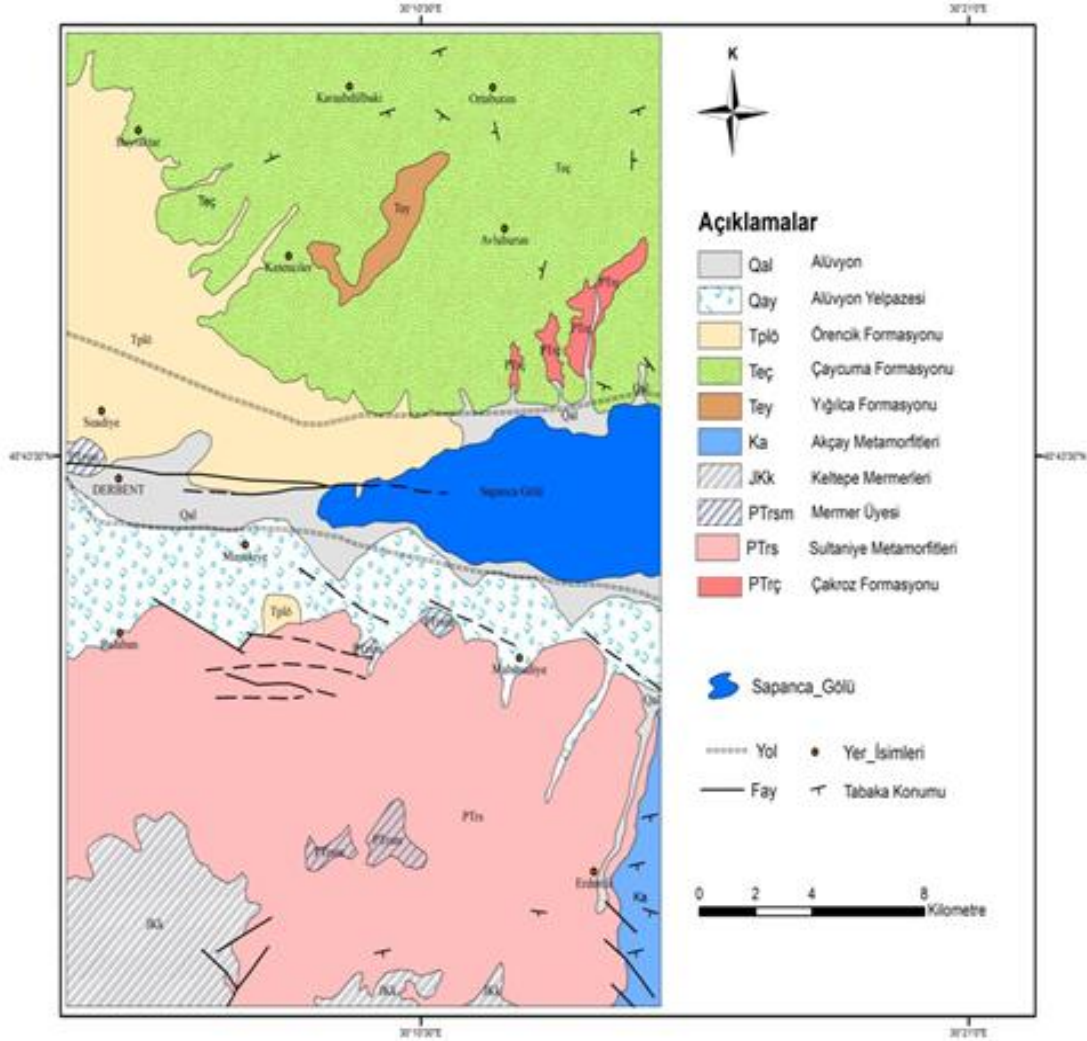
Bertrand ve diğ. (2009) yaptıkları çalışmada, İzmit körfezinde bulunan Hersek lagününden aldıkları sondaj karotu örneklerini kullanarak yaptıkları çeşitli analizler, minerolojik ve paleoekolojik çalışmalar sonucunda KAF’da meydana gelmiş depremlerin ve tsunamilerin kayıtlarına incelemişlerdir.

El May ve diğ. (2011) “Risk Değerlendirmesi İçin Mühendislik Jeolojik ve Jeoteknik İnceleme” çalışmasında, inşaat çalışmalarına başlamadan önce bölgede bulunan uygun yerlerin haritalanması için jeolojik ve jeoteknik bilgilerden yararlanılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemi programları ile araziden elde edilen veriler sisteme aktarılıp riskli alanların değerlendirilmesi için arazinin jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri haritalanmıştır.

Azougay ve diğ. (2020) “Kentsel Alanlarda Jeoteknik Problemleri İncelemek İçin Bir Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanılması” başlıklı çalışmasında, kentsel bölgede yapılacak olan jeoteknik çalışmalar ve o bölgelerde farklı haritalamalar yaparak bilimsel ve jeoteknik bir veri tabanı oluşturmak üzere kentsel arazileri araştırmışlardır.

3. GENEL JEOLJİ VE TEKTONİK KONUM

Bu bölümde Kocaeli-Kartepe ve Sapanca Bölgesi'nin güneyi arasında yer alan kesimlerin bölgesel jeolojisi açıklanmıştır. İnceleme alanının jeolojisi Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kayaçlar oluşturmaktadır. Şekil 3.1'de inceleme alanı ve civarının jeoloji haritası gösterilmiştir.

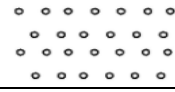
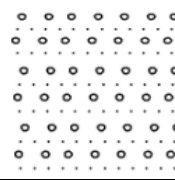
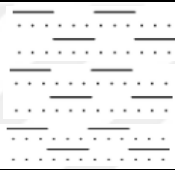
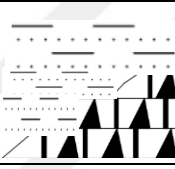

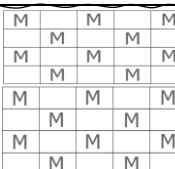
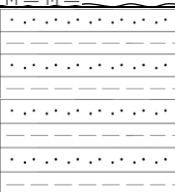


Şekil 3.1. İnceleme alanı ve civarının jeoloji haritası (MTA, 2002)

3.1. Sapanca Gölü Güney Kesimi ve Kartepe'nin Bölgesel Jeolojisi

İnceleme alanı ve yakın çevresinde oldukça yalın bir jeoloji modeli sergilenmektedir. Alanı Sapanca-İzmit yolunun kabaca güneyindeki dik ve yüksek topoğrafyayı oluşturan metamorfik kayaç toplulukları ve bunların üzerinde düzlük alanları meydana getiren alüvyal yelpaze ve alüvyonlar oluşturmaktadır. Bölgeye ait genelleştirilmiş stratigrafik

kesit ise Şekil 3.2’de verilmiştir. Verilen açıklamalarda İzmit ve Sapanca arasında yer alan formasyon ve birimler yaşlıdan gence doğru açıklanmıştır.

| Üst Sistem | Sistem | Seri | Formasyon | Simge | Litoloji | Açıklamalar | | | |
|-------------------|------------------------|---|--|---|---|--|----------------------|--|---|
| Senozoyik | Kuvaterner | Holosen | | Q _{al} | | Alüvyon Çakıl, kum, çamur çökelleridir | | | |
| | | | | Q _{ay} |  | Alüvyon yelpazesi Çakıllı kum, çamur birikintileridir | | | |
| | Tersiyer | Pliyosen | Örencik Formasyonu | T _{plö} |  | Örencik Formasyonu Gevşek tutturulmuş konglomera, kumtaşı, kilitaşı | | | |
| | | | | | Alt-Orta Eosen | Çaycuma Formasyonu | T _{çç} |  | Çaycuma Formasyonu Kumtaşı Şeyl Konglomera |
| | | Yığılca Formasyonu | Yığılca Formasyonu | T _{ey} | | | |  | Yığılca Formasyonu Volkanoklastik Andezit Bazalt, Aglomera |
| | | | | | Kretase | Üst Kretase | Akçay Metaformitleri | K _a |  |
| Jura | Üst Jura - Alt Kretase | Keltepe Mermeri | K _k |  | | | | | Uyumsuzluk Keltepe Mermeri Rekristalize Kireçtaşı Mermer |
| | | | | Triyas | | | | | Permo-Triyas |
| Çakraz Formasyonu | PT _{RC} |  | Uyumsuzluk Çamurtaşı Kumtaşı Konglomera | | | | | | |

Şekil 3.2. İnceleme alanına ait geliştirilmiş stratigrafik kesit (MTA, 2002)

3.1.1. Çakraz Formasyonu (PT_{RC})

Bölgenin temel kayalarını Çakraz formasyonu birimleri oluşturur. Çakraz kumtaşı olarak adlandırılan birim çamurtaşı, kumtaşı ve konglomeradan oluşmaktadır. MTA (2002) çalışmasında Çakraz formasyonu adı kullanılmaktadır. Orta-kalın tabakalı, mor ve kırmızı renkli, yer yer kuruma çatlaklı ve çapraz tabakalanmalı konglomera, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ve kiltası araldanmasından meydana gelmektedir. Marn, kiltası, silttaşı araldanması ve yeşilimsi sarı rengiyle birimin üst seviyelerini oluşturmaktadır (MTA, 2002).

Palinolojik veriler dışında birimin yaşı ile ilgili fosil verisi bulunmamaktadır. Formasyonun üst seviyeleri gölsel, alt seviyeleri ise daha yaygın bulunan karasal ortamın (akarsu kanalı, kurak taşkın ovası, eoliyen kum) çökelleri ile temsil edilmektedir (MTA, 2002).

3.1.2. Sultaniye Metamorfitleri (PT_{RS})

Sultaniye metamorfitleri Permo-Triyas yaşlı olup şist, fillat, kuvarşist, kuvarsit, mermer, kalkşist gibi metasedimanter kayalardan oluşmaktadır. Birimin üst kısmında bulunan mermerler Mermer üyesi (PT_{RSm}) olarak ayrılmıştır. Armutlu yarımadası doğusunda Mesruriye-Suadiye-Ulviye-Balkaya arasında ve Almacık dağı batısında Dokurcun-Karadere arasında geniş yayılım gösteren Sultaniye metamorfitleri birimi Karakaya formasyonu, Çınarcık kireçtaşı ve Hasanlar formasyonu, Kalabak formasyonu ve Karakaya kompleksi birimleri ve Şist-mermer birimi ile eşleştirilebilir (MTA, 2002).

İnceleme alanında bulunan birim gri, beyazımsı gri, yeşilimsi gri, koyu gri renklere olup düşük derecede metamorfizma geçirmiş sedimanter, volkanik ve volkanoklastik kayaları gösteren şist, mermer, fillat, kuvarsit gibi metasedimanter kayalardan oluşur. Adapazarı güneybatısında bulunan şistlerde, kuvars+serisit, oligoklas+serisit, kuvars+kalsit+muskovit şeklinde mineral parajenezleri gözlenirken Adapazarı güneydoğusunda bulunan şistlerin parajenezleri ise albit+klorit+kalsit, klorit+kuvars, biyotit+epidot+tremolit şeklinde bulunur. Her iki bölgede bulunan şistlerin ara katkıları olan mermerlerin kalkşist kesimlerinin mineral parajenezleri, kalsit+muskovit+ kuvars ve biyotit+kalsit+kuvarstır (MTA, 2002).

3.1.3. Mermer Üyesi (PT_{RSM})

Mermer Üyesi (PT_{RSM}), Sultaniye metamorfitlelerinin üst kesimlerinde gözlenen mermerler, Mermer Üyesi olarak isimlendirilmektedir. Pembe ve mor renkli metaçamurtaşları birimin tabanını oluşturmaktadır. Sultaniye metamorfitleleri içinde yaş verebilecek bir veri elde edilememiştir. Metakırıntılı kayalar içinde bulunan karbonat ara seviyelerinde fosil izleri bulunmasına rağmen, yoğun rekristalizasyon sebebiyle tanımlanamamıştır. Sakarya kıtasının istifleriyle eşleştirilerek birime Permian-Triyas yaşı verilmiştir (MTA, 2002).

3.1.4. Keltepe Mermeri (JK_K)

Keltepe Mermeri olarak adlandırılan bu birim mermer, kalkışist ve rekristalize kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Keltepe mermeri, Bilecik kireçtaşına ve Soğukçam kireçtaşına eklenmiştir. Alt Kretase rekristalize kireçtaşı ise Alancık formasyonu olarak belirtilen birimin tip kesiti İzmit'in 30 km güneydoğusundaki Keltepe'de görülmektedir (MTA, 2002).

Gri, beyaz, siyahımsı gri, sarımsı gri, bordo renkli alt kesimlerde ince-orta katmanlı, ince taneli ve genellikle killi-kumlu karakterli olan Keltepe mermeri üstte orta-kalın katmanlı olup en üstte ince-orta katmanlı çörtlü mermerlerle sonlanır (MTA, 2002).

Üstte Akçay metamorfitleleri ile uyumsuz olan Keltepe mermeri Sultaniye metamorfitleleri üzerinde uyumsuz olarak bulunur. Muhtemelen Üst Jura-Alt Kretase yaşlı olarak düşünülen birim düşük derecede metamorfizma geçirmiştir (MTA, 2002).

3.1.5. Akçay Metamorfitleleri (K_a)

Üst Kretase yaşlı olup, metakumtaşı, metakonglomera gibi metapellitlerden meydana gelen kayalar Akçay metamorfitleleri olarak tanımlanmıştır. Birim içinde bulunan metabazaltlar Adliye metalav üyesi olarak ayrılmıştır (MTA, 2002).

İnceleme alanında bulunan Akçay Metamorfitleleri metakumtaşı, kuvarsit, metaçamurtaşı, kuvarşlı şist, metakonglomera, metatüf, metabazalt, rekristalize kireçtaşı mermer vb. kayatürleri ile temsil edilir. Gri, yeşilimsi gri kahverengi ve kırmızımsı renklerde bulunan metakumtaşı, metaçamurtaşı ve metaçakıltaşları içerisinde laminalanma ve

derecelenme gibi birincil sedimanter yapılar çok yaygın biçimde görülmektedir. Oligoklas+kuvars, serisit+kuvars, oligoklas+serisit parajenezleri olup, milonitik özellikte bulunan kuvarsit ve kuvarşlı şist birimler yeşil ve gri renkte bulunmaktadır. Şist birimler ise kalsit+kuvars+serisit, tremolit+oligoklas+serisit, biyotit+oligoklas+kuvars, serisit+kuvars, epidot+kuvars, epidot+oligoklas parajenezleri gösterir. Rekrystalize kireçtaşı ve mermer birimleri ince-kalın tabakalı olup masif görünümlü ve koyu gri renkli olarak bulunmaktadır. Birimde ince ve kalın düzeyler şeklinde bulunan olistostromal konglomeralarda, metaserpantinit andezit ve çört blokları halinde sıralanır. Formasyon içerisinde bulunan serpantinit dilim birimleri ayrı haritalanmıştır. Ek olarak birçok yerde bulunan grimsi yeşil ve alterasyon rengi kahverengi olan tüfler, üst kesimlere doğru mor ve yeşil renkli bazaltik tüfler ve kırmızı renkli çamurtaşı ve radyolarit gibi çökel ara katkıları da kapsamaktadır (MTA, 2002).

3.1.6. Yığılca Formasyonu (T_{ey})

Yığılca formasyonu hem yanal hem düşey olarak Çaycuma formasyonunun birimleriyle geçişlidir. Formasyon içerisindeki marn düzeylerinde saptanan Nummulit fosillerine dayanarak, birimin yaşı Alt-Orta Eosen olduğu kabul edilmiştir (Pehlivan ve diğ., 2002).

Başlıca bazalt, andezit, volkanojenik kumtaşları, tuf ve aglomeradan oluşan formasyon ilk kez Kaya ve diğ. (1986) tarafından Yığılca formasyonu olarak incelenmiştir. Koyu-kahverengimsi gri, kırmızı ve açık yeşil renklerdeki aglomera ve tuf düzeyleri kalın katmanlı olup, masif görünümlüdür. Volkanojenik kumtaşlarında taneler kötü boylanmalı ve katmanlar orta kalınlıktadır. Ayrıca bu kumtaşları arasında çok seyrek ince katmanlı marn düzeyleri bulunmaktadır. Lavların egemen olduğu kesimlerde yaygın kaya türü ise andezittir.

3.1.7. Çaycuma Formasyonu (T_{eç})

Bu birim kumtaşı, silttaşı, kiltası araldanmasından oluşmaktadır. Formasyonun üst kısmında bulunan kumtaşı ve marn ara seviyeli kireçtaşları ise Kaynarca üyesi olarak incelenmiştir. Kumtaşı, kiltası, silttaşı araldanmasıyla oluşan Çaycuma formasyonunda kumtaşları sarı, bozumsu sarı renkli, orta-kalın tabakalı ve masif, ince-orta taneli ve yer

yer çakılıdır. Orta-gevşek olarak karbonat çimentoyla tutturulmuştur. Birimde mika pulları ve kuvars taneleri çok miktarda görülmektedir. Kilitaşları yeşilimsi gri renkli ve ince-orta tabakalı ve paralel lamina olarak bulunmaktadır. Akveren formasyonu ile geçiş yaptığı bölgelerde ince-orta tabakalı kilitaş-kumtaşı ardalanması şeklinde olup kumtaşları üst tarafa doğru derecelenip paralel laminalı kireçtaşlarına geçer. Kumtaşları türbiditik olarak bulunup tabaka alt yapılarını kapsar. Akveren formasyonu üzerinde bulunan bazı kumtaşları iç yapı özelliği göstermezler bunlar sarı renkli ve gevşek tutturulmuş masif kumtaşları olarak görülür (MTA, 2002).

3.1.8. Örencik Formasyonu (T_{pl6})

Alanın en genç çökellerini meydana getiren karasal konglomera, çamurtaşı, kumtaşı ardalanması yer almaktadır. Benzer kayaç türlerine Kırmacıdere Formasyonu ismini vermiştir. Safranbolu ve Karabük çevresinde bulunan sırtlarda korunmuş olarak görülen bu birimin bu bölgelerde tip kesitleri bulunur. Adapazarı'nın güneyinde geniş yayılım gösterirler. Kırmızı, sarımsı kırmızı, kahve renkli konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ardalanmasından oluşan Örencik Formasyonu birimleri genelde çok az tutturulmuş olup, orta-kalın tabakalanma gösterir. Ancak yer yer tabakalanma yapısı belirsizdir. Konglomeralar, aşınmalı tabanlı ve kötü boylanmalı çakılları ise yuvarlak-az yuvarlak olarak bulunmaktadır. Üst kısma doğru kumtaşlarına ve çamurtaşlarına derecelenme gösterir. Kumtaşı tabalarında paralel ve çapraz laminalar gözlenip sarımsı kırmızı renklerde bulunur ve ince-orta-kaba tanelidirler (MTA, 2002).

3.1.9. Alüvyon Yelpezesi (Q_{ay})

Akarsu kenarları ve ovalarda bulunan çakıl, kum, çamur birikintilerinden oluşmaktadır (MTA, 2002).

3.1.10. Alüvyon (Q_{al})

Akarsu yataklarında, eski çukurluklar üstüne gelişmiş düz alanlarda bulunan çakıl, kum, çamur çökellerini kapsamaktadır (MTA, 2002).

4.SAPANCA GÖLÜ GÜNEY KESİMİ VE KARTEPE ZONUNUN JEOMORFOLOJİK YAPISI

Geçmişten günümüze doğal ortam özellikleriyle, başta jeomorfoloji olmak üzere, insan ve faaliyetleri arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Bunun nedeni günümüzde artan nüfus ve gelişen sanayi etkisiyle insan faaliyetleri jeomorfolojik yapıda değişmeler meydana getirmesi, doğal ortam üzerinde yerin kullanım sınırını aşmakta ve sonucunda çok çeşitli sorunlara neden olmaktadır. Özellikle jeomorfolojik yapıda meydana gelen dinamik gelişim dikkate alınmadan yapılan plansız beşeri faaliyetler büyük sorunlara yol açmaktadır. Bazı bölgelerdeki sorunların belirlenmesi ve sorunlara çözüm bulunabilmesi için doğal ve beşeri unsurlar arasındaki karmaşık yapının bütünü incelenmeli ve bu unsurların alt birimleri arasındaki ilişki değerlendirilerek sonuca ulaştırılması zorunlu bir durumdur (Erinç, 1973). İnsan ile doğa arasındaki etkileşim günümüzde yoğun bir biçimde yaşanırken, bu etkileşimde insanın doğaya etkisi artmaya devam etmektedir. Ayrıca yeryüzünden yararlanma alanları hızlı bir şekilde yayılırken, beşeri faaliyetler sonucu doğal kaynakların düzensiz ve yanlış kullanılması, çevresel sorunlara yol açarak geri dönüşü mümkün olmayan doğal morfolojik unsurların değişmesine ve yok olmasına neden olmaktadır (Bahadır, 2013).

İnceleme alanı İzmit-Sapanca koridoru bölgesinde yer almaktadır. Sapanca Gölü ve yakın çevresinin de doğal ortam özellikleri ve sahip olduğu jeomorfolojik yapısı artan beşeri faaliyetlerden dolayı sorunların yaşandığı yerleşim bölgesidir. Sapanca Gölü'nün toplam alanı 45,7 km²'dir. Göl tektonik oluşumlu bir çanakta bulunmakta ve tektonik göl özelliği göstermektedir. Fakat batı ve doğusundaki alüvyal oluşumlar ve setler gölün oluşmasında büyük rol oynadığı için bazı araştırmacılar gölün alüvyal seti gölü olduğunu söylemektedir (Hoşgören, 1994).

Gölün ortalama derinliği 36 m olup en derin yeri 61 m'dir ve deniz seviyesinden 23 m aşağıda bulunmaktadır (Erinç, 1949; Ceylan, 1990). Bu özelliği ile gölün su seviyesinin bir kısmı deniz seviyesinin altında, bir kısmı üzerinde bulunmakta olup kryptodepresyon gölü özelliği göstermektedir (Ceylan, 1999). Gölün doğu-batı doğrultusunda en geniş uzunluğu 17 km, kuzey-güney doğrultusunda ise 5,5 km'dir. Sapanca Gölü'nün doğu kıyıları Sakarya nehrine 5 km, gölün batı kıyıları İzmit Körfezi'ne 20 km mesafededir. Sapanca Gölü ve yakın çevresinin temel morfolojik

görünümünü oluşturan Samanlı Dağları, Kocaeli platosu ve İzmit-Sapanca oluğu ovalık alüvyal sahaların yanında elemanter jeomorfolojik birimler olan delta, birikinti konisi ve yelpazesi, vadiler, alçak ve yüksek kıyılar, falezler, sırtlar, dik ve az eğimli yamaçlar da gözlemlenmektedir (Uzun, 2016).

Dağlık alanlar, Sapanca Gölü'nün güneyinde Samanlı Dağlarında ve bu dağın en yüksek noktası olan Kartepe (Keltepe) çevresinde yoğunlaşmıştır. Kartepe (1606 m) Sapanca Gölü çevresindeki en yüksek kütleyi oluşturmaktadır. Sapanca Gölü güneyindeki diğer dağlık ve tepelik alanları; Geyikalan tepe (1454 m), Çiçekli tepe (1547 m), Dibektaş tepe (1168 m), Baltalık tepe (957 m), İnce tepe (688 m), Gökdağın tepe (1268 m) Orta tepe (605 m), Kurugöller tepe (1199 m), Narlı Tepe (1207 m), Demirkapı tepe (1111 m) ve Doğansivri tepe (1194 m) meydana getirmektedir (Uzun, 2016). Ayrıca oluşumuna büyük katkı sağlayan Kuzey Anadolu Fay hattı da bu alandan geçmektedir. Sapanca Gölü ve yakın çevresinde jeolojik ve litolojik formasyonların dağılışına baktığımızda; en yaşlı litolojik birimler olan Mesozoyik birimler ve Permiyen-Triyas yaşlı Sultaniye metamorfiteri Sapanca Gölü'nün güneyinde bulunmaktadır. Ayrıca bu alanda Permotriyas yaşlı mermer üyesi de yer almaktadır. İnceleme alanlarından Sapanca Gölü'nün kuzeyi, güneyindeki yüksek kütleye göre daha çok aşınmış olduğundan bu alandaki tepelik alanlar plato sahasındaki yüksek olmayan zirvelerden oluşmaktadır (Uzun, 2016) (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Sapanca Gölü ve yakın çevresinin jeomorfoloji haritası (Uzun, 2016)

5. VERİ KAYNAKLARI

Bir çalışmanın kalitesi kullanılan veri seti/setlerinin güvenilirliğine bağlıdır. Bu amaçla veri kaynaklarının doğru kullanımı önem arz eder. Veri kaynakları, kendi bünyesinde topladığı verileri, veri görselleştirme metotlarını kullanarak, herkesin anlayabileceği bir hale getirmeyi amaçlar. Günümüzde nerdeyse her alanda analiz ve değerlendirmeler yapılarak bir sonuca ulaşılabilmesi için veri kaynakları çok büyük öneme sahiptir. Jeoloji biliminde ise incelenen bölge için daha önceki çalışmalar bir araştırmacı için en önemli veri kaynağıdır. Önceki çalışmalar kullanılarak bölgenin farklı parametreler üzerinden değerlendirilebilmesi için yeni veri kaynaklarının da dahil edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle yeni bir çalışma, çalışılan alan için veri setlerinin toplanması ihtiyacını ortaya çıkarır. Bir bölgenin mühendislik jeolojisi çalışmaları için de veri kaynaklarına ihtiyaç olduğundan dolayı bu gerekli veri setleri jeolojik, jeoteknik, jeomorfolojik ve CBS verilerini kapsamaktadır.

Bu kapsamda yapılan sondaj çalışmalarıyla belirlenen zemin özellikleri ve verilerinden tez çalışmasında yararlanılmıştır. İncelenen alanlarda derinliği yaklaşık 12,00 ile 15,00 metre arası olan her bölge için 15 adet temel araştırma sondaj verisi kullanılmıştır. Sondajlarda alınan numunelerde laboratuvarında yapılan deney sonuçlarına göre zemin çeşitleri CBS ortamında sayısal olarak haritalanmıştır. Zemin dağılım ve mühendislik jeolojisi değerlendirme haritaları ArcGIS 10.3 ve QGIS 3.12.3 ile hazırlanmıştır.

5.1. Jeolojik Veriler

Jeolojik veriler, jeoloji mühendisleri tarafından arazi çalışmaları sonucunda topoğrafik haritalara işlenmiş olan formasyonlar, faylar, kıvrım eksenleri, özel jeolojik alanlar ve doğrultu-eğim verilerinin jeolojik detayları ve arazide topoğrafik verilerin (yerleşim merkezleri, yollar, göller-nehirler ve tepe noktaları) tümüne denir. Tez kapsamında 1/25000 ölçekli jeoloji haritaları CBS ortamında oluşturularak analiz ve sonuç haritalarının çizilmesi için altlık haritalar olarak kullanılmıştır.

Ayrıca çalışma alanındaki formasyon, litoloji ve birimlerin özellikleri ile ilgili bilgiler sahada toplanmıştır. 17 Ağustos 1999 depremi yüzey kırığı olan KAF inceleme alanı jeomorfoloji ve jeoloji haritası üzerine CBS yardımıyla çizilmiştir (Şekil 5.1).

5.2. Jeomorfolojik Veriler

Sapanca Gölü ve çevresinin jeomorfolojisinin şekillenmesi bölge jeolojisi ile yakından ilişkilidir. Jeomorfoloji, mühendislik jeolojisi çalışmalarında yüzey şekillerini belirlemek için gerekli olan veri setidir. Tez kapsamında çizim programlarından yararlanılmıştır. İnceleme alanının ve civarının jeomorfolojisinin görüntü olarak ortaya konulması yanında eğim haritaları da oluşturulmuştur. Eğim değerlerinin değişimi ve hangi aralıkta olduğunun gösteren eğim haritası yerleşim alanlarının seçiminde baz alınan bir CBS katmanıdır (Şekil 5.2).

Jeomorfolojik verilerin sağladığı ipuçları inceleme alanı ve civarının jeomorfolojik evriminin yorumlanmasına katkı sağlar. Sapanca Gölü ve çevresini akarsuların aşındırma faaliyetleri vadileri oluştururken, taşıdığı malzemeler de alüvyal ovaları, göl kıyısındaki deltaları ve sazlık-bataklık alanları meydana getirmiştir.

5.3. Mühendislik Jeolojisi Verileri

Coğrafya ve arazi çalışmaları kapsamında, jeolojik olarak anlam ifade eden verilerin sayısal veriler haline getirilmesi ve bu verilerin çeşitli mühendislik işlerine uygun forma dönüştürülmesi mühendislik jeolojisinin kapsamındadır. Mühendislik jeolojisi, mühendislerin ihtiyacı olan; çeşitli hesaplamalar, çizimler için jeolojik verileri şekillerle, haritalarla, kesitlerle ve sayılarla açıklayarak projelerin planlanması, dizaynının oluşturulması, inşa edilip işletilmesi için ihtiyaç duyulan jeolojik verileri sağlamayı hedefler. Tez kapsamında çalışma alanı ve çevresinde yapılmış olan zemin etüt raporlarında bulunan arazi ve laboratuvar verileri kullanılmıştır. Bu raporlar Sakarya Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Şube Müdürlüğü ve Kartepe Belediyesi İmar ve Şehircilik Şube Müdürlüğü'nden alınmıştır.

Araziden veri elde etme aşamasında, araştırma çukuru, sondaj, arazi deneyleri (SPT) yapılmış, sondajlardan elde edilen örselenmiş ve örselenmemiş zemin numunelerinin fiziksel özellikleri inceleme alanı için mühendislik jeolojisi çalışması için arazide elde edilen verilerin kaynağıdır. Laboratuvar deneyler, kayaçlar için tek eksenli ve üç eksenli basınç deneyleri, zeminler için serbest basınç deneyi, elek analizi, Atterberg kıvam limitleri deneylerinden elde edilen verileri kapsamaktadır.

5.4. Coğrafi Bilgi Sistemi

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) verilerin toplanması, saklanması, analiz edilmesi, kullanıcıya sunulması gibi işlevleri bütünleştiren bir bilgi sistemidir. CBS, konumsal bilgileri kullanarak birden fazla veri katmanını birleştirebilir. Bu veriler alan, çizgi ve nokta verileri olarak katmanlar halinde hazırlanır. Tez çalışması kapsamında çalışma alanı ve çevresi için, jeoloji, sondaj noktaları, SPT ve zemin sınıfları CBS programları sayesinde farklı katmanlar şeklinde oluşturulmuş ve haritaları çizilmiştir. ArcGIS programından yararlanılarak mekânsal veriler kullanılarak (sayısal münhani verileri) oluşturulan yeni veriler bu kapsamda ifade edilmiştir.

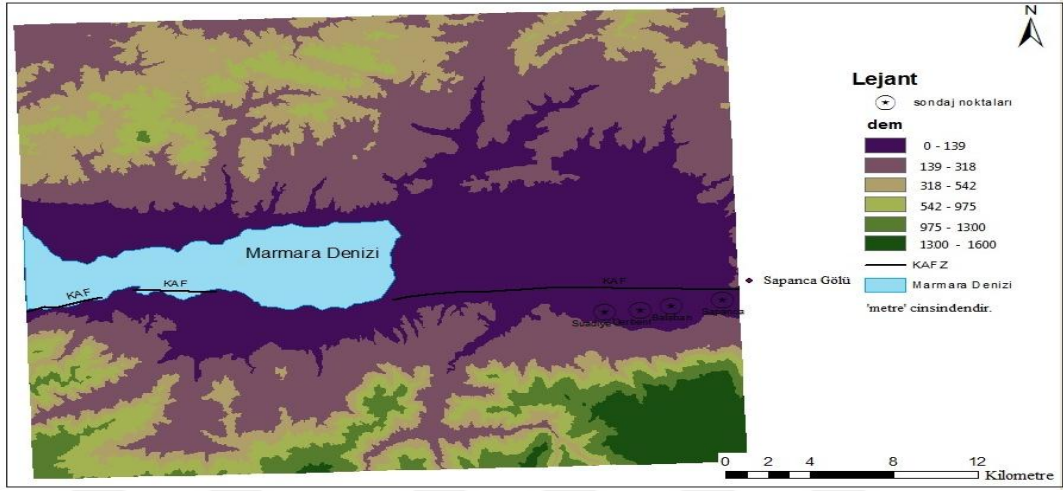
5.4.1. Çalışma Alanının DEM Haritası

DEM haritası, bir arazi yüzeyini 3 boyutlu olarak tanımlayan ve araziye ait yükseklik verilerinden elde edilmiş bir sayısal yükseklik modelidir. Şekil 5.1'deki haritada yükseklik dağılışını düzgün ve birbiri içine geçmeyen yapısı görülmektedir. DEM haritasında yükseltiler farklı renklerle gösterilmektedir. İnceleme alanı ve civarının yükseklik değişimlerini Şekil 5.1'de mor renk (düşük kotlu alanlar) yeşil renk (yüksek kotlu alanlar) olarak gösterilmiştir. İnceleme alanları mor renk ile gösterilen alanda 0 ila 139 metre arasında değişmekte ve yükseklikler alan içerisinde 0 ila 1600 metre arasında bulunmaktadır.

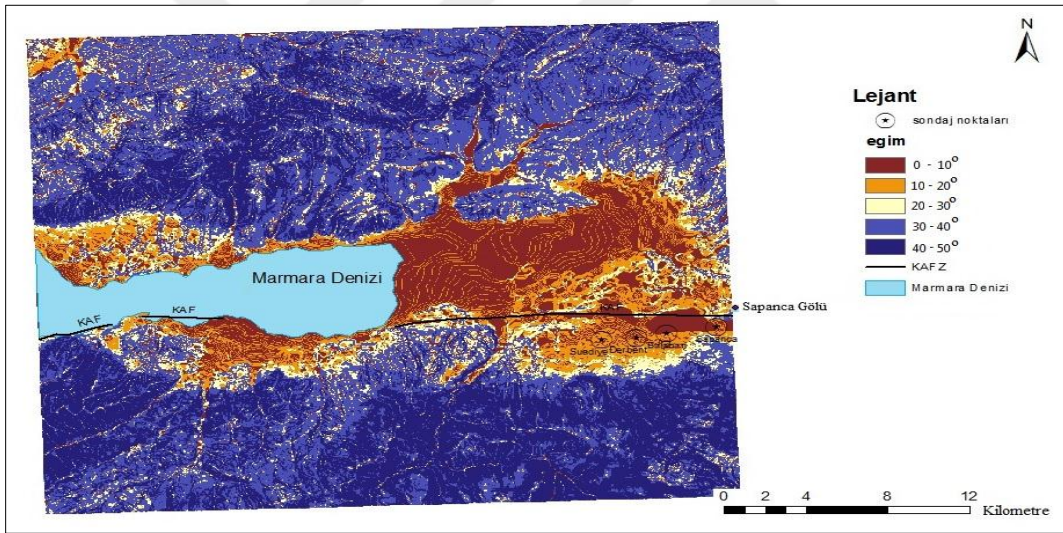
5.4.2. Çalışma Alanının Eğim Haritası

Belirli bir arazide topografyanın oluşturduğu eğim şartları birçok yönden önemlidir. Vadi, tepe ve dağ yamacı, birikim yüzeyi, plato yüzeyi, ova yüzeyi gibi, herhangi bir topografya yüzeyinin yatay düzlemle yapmış olduğu açıya eğim denir. Eğim haritası, basit yorumlanabilir, derece veya yüzde aralıklarında çizilebilir. Bu haritalama inceleme alanının eğim ve yamaç yönelimi (bakı) haritaları, özellikle kütle hareketlerinin yamaç yönelimi ve eğim ile ilişkisini bulmada katkı sağlar. Şekil 5.2'de çalışma alanı ve çevresinin koyu kahve (düşük eğim dereceli alanı) ve lacivert renk (yüksek eğim dereceli alanı) ile eğimleri göstermektedir. İnceleme alanı içerisinde eğim 0-50° arasında değişmektedir. Çalışma bölgelerinden olan Kartepe Bölgesi ve doğu

kesimlerinde eğim 0-20° arasında değişmektedir. Bu değerler diğer inceleme alanı olan Sapanca Gölü ve çevresinde ise 20°-40° olarak değişmektedir.



Şekil 5.1. Çalışma alanının DEM haritası

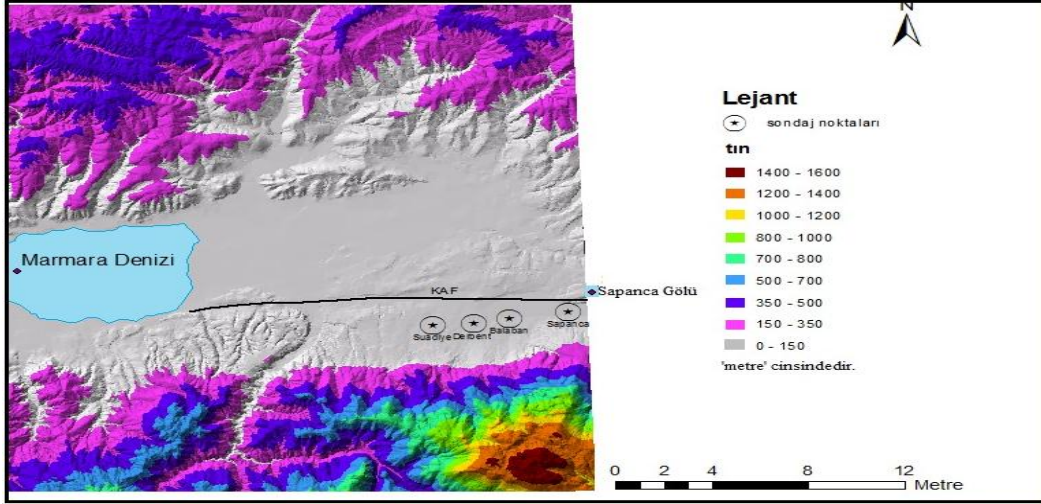


Şekil 5.2. Çalışma alanının eğim haritası

5.4.3. Çalışma Alanının Yükseklik Haritası

Çalışma bölgesinin jeomorfolojisinin vektörel olarak görünümü TIN haritaları ile sağlanmaktadır (Şekil 5.3). Elde edilen TIN modeli, arazi yüzeyinin gerçeğe daha yakın olarak tanımlanabilmesi için ArcGIS ortamına aktarılmış ve bu ortamda gösterimi yapılmıştır. Yükseklik modelinin kurulmasıyla birlikte eşyükselti eğrilerinin üretimi ve yükseklik değişim bölgelerinin oluşumu, eğim ve bakı hesaplamaları, yüzey alanları ve yüzey uzunluklarının bulunması, yüzey profilinin üretilmesi gibi birçok analize altlık

sağlamaktadır. Bu haritada yüzey şekillerini farklı renklerde görünümünü sağlamakta ve inceleme alanının jeomorfolojik görünümünü vermektedir. İnceleme alanı ve çevresinde yapılacak mühendislik çalışmalarında yer seçimi için yükseklik haritasından büyük ölçüde yararlanılmaktadır.



Şekil 5.3. Çalışma alanının yükseklik haritası

6. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Jeolojik özellikleri verilen birimlerin jeoteknik veya mühendislik jeolojisi özelliklerinin açıklanmasında bölgede çoğunlukla belediyeler ve özel firmalar tarafından “Mühendislik jeolojisi değerlendirme” proje çalışmalarında yapılan jeofizik çalışmalar, sondaj, SPT ve laboratuvar deney sonuç verilerinden yararlanılmıştır. Tezin bu kısmında inceleme alanındaki birimlerin mühendislik özelliklerini kapsayan bilgiler verilmiştir.

6.1. Metodoloji

6.1.1. Kayma Dalgası Hızı (V_s)

Birçok değişkene bağlı olmakla birlikte kayma dalgası hızı (V_s) zeminin boşluk oranına, efektif basıncına gerilme durumuna ve bağıl sıklığına bağlı olarak değişen önemli bir fiziksel parametredir. Ayrıca V_s , depremin yer tepkisi ve yapı-zemin ilişkisi için gerekli olan kayma modülü ile doğrudan ilişkilidir. V_s dalga hızı hem arazide hem de laboratuvarında numuneler üzerinde belirlenebilmesinden dolayı karşılaştırma olanağı olan kolay ve hızlı bir yöntemdir. Özellikle SPT ve CPT ölçümleri yapılamayan ortamlarda da kolaylıkla elde edilebilen V_s verilerine dayalı sınıflama analizleri de son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır (URL-3). Tüm sığ kırılma çalışmaları, yerin yapısında yapay olarak oluşturulan elastik dalgaların alıcılara (jeofon) ilk varış zamanının kayıt edilmesi noktasına dayanır. Elastik dalgaların değişik ortamlarda çeşitli hızlarla yayılım gösterdiği bilinmektedir. Bu duruma göre yerin yapısında meydana gelen elastik dalgaların belirli aralıklardaki alıcılara varış zamanları jeofon ile kaydolmasıyla birlikte elastik dalgaların ortam içindeki yayılma hızı tespit edilir. V_{S30ort} Denklem (6.1)'deki formül kullanılarak bulunur. Sismik çalışmalardan çıkan ölçümlerin hesaplanması Denklem (5.1)'deki gibidir. Bu hesaplamadan çıkan V_{s30} değeriyle zemin sınıflaması belirlenir (NEHRP, 2003).

$$V_{S30ort} = 30 / ((h_1/V_{s1}) + \dots + (h_6/V_{s6})) \quad (6.1)$$

6.1.2. Standart Penetrasyon Testi (SPT)

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) oldukça yaygın bir şekilde kullanılan arazi(in-situ) deneylerinin başında gelmektedir.. Dış çapı 50,0 mm, iç çapı 34,9 mm olan standart yarık tüp olan SPT Fletcher ve Hanry A. Mohr, numune alıcı kaşığı kullanarak 63,6 kg

ağırlığındaki tokmağın 76,2 cm'den düşürülerek çakılmasıyla penetrasyon deneyini ilk olarak standart hale getirmiştir. Zemine 15'er santimlik girişlerle toplam 3 giriş (=45 cm) için vurulması gereken darbe sayıları hesaplanır. Son iki 15 cm lik ilerleme için darbe sayısının toplamı N_{30} şeklinde veya SPT-N olarak ifade edilir. SPT'nin sonuçlarını doğru bir şekilde yorumlamak için, deneyde kullanılan aletlerin ve deneyin nasıl yapıldığının bilinmesi gerekmektedir. SPT için kullanılan aletler, ülkeden ülkeye, statik penetrometre aletinden daha fazla değişiklik arz etmektedir. Birçok değişken, SPT sonuçlarının geçerliliğini ve kullanılabilirliğini etkilemektedir. Ölçülen penetrasyon direnci ($SPT-N_{arazi}$, N_a), bu parametrelerin sonucunda çok aşırı yüksek veya çok aşırı düşük olabilmektedir. Standart Penetrasyon deneylerinin bulguları genelde, daneli zeminlerin rölatif sıklık ve taşıma gücü değerlerini belirlemek için kullanılmaktadır. Daneli zeminler için önerilen SPT-N ve zeminlerin sıklığı ilişkisine göre Tablo 6.4'teki gibidir.

Özellikle zeminin sismik stabilite analizlerinde, projede kullanılacak SPT sonuçları için, tijlere aktarılan enerji ölçümleri yapılmalı ya da deneyin yapılış biçimi ve ayrıntıları sondaj çizelgelerine yazılmalıdır. Geoteknik tasarımda ve zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilmesi için SPT düzeltmeleri yapılmalıdır. Bu düzeltmeler çerçevesinde, zemin tipi ve yeraltı su seviyesine bağlı olarak, jeolojik yük düzeltmesi (C_N), yeraltı su seviyesi düzeltmesi ve çakma hızı düzeltmesi (CBF) değişkenleri, aletsel detaylar ve deney uygulama yöntemine bağlı olarak enerji düzeltmesi (C_E), tij uzunluğu düzeltmesi (C_R), sondaj çapı düzeltmesi (C_B), numune alıcı kılıf düzeltmesi (C_S), çakma başlığı düzeltmesi (C_A), tokmak yastığı düzeltmesi (C_C) faktörlerin kullanılması gerekmektedir. Araziden elde edilmiş ham SPT verileri N_a , $N_{1,60} = C_E * C_R * C_B * C_S * C_A * C_C * N_a$ denklemi kullanılarak $N_{1,60}$ değerine düzeltilmiştir. Tablo 6.1'de SPT düzeltme katsayıları verilmiştir.

$$N_{1,60} = C_E * C_R * C_B * C_S * C_A * C_C * N_a \quad (6.2)$$

$$N_{1,60} = C_N * N_{60} \quad (6.3)$$

$$N_{60} = 0.68 * N_{30} * C_R \quad (6.4)$$

Burada: N_{60} = teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı, N_{60} = teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına ve efektif jeolojik basınç

100 kPa olarak düzeltilmiş vuruş sayısı, N_a = arazide ölçülen darbe sayısıdır.

Tablo 6.1. SPT düzeltme katsayıları (TBDY, 2018)

| Düzeltilme Katsayısı | Değişken | Değer |
|----------------------|---|-----------|
| C_R | 3 m ile 4 m aralığında | 0,75 |
| | 4 m ile 6 m aralığında | 0,85 |
| | 6 m ile 10 m aralığında | 0,95 |
| | 10 m'den derinde | 1,00 |
| | Standart numune alıcı (iç tüpü olan) | 1,00 |
| C_S | İç tüpü olmayan numune alıcı | 1,10-1,30 |
| | Sondaj delgi çapı: Çap 65mm-115 mm arasında | 1,00 |
| C_B | Sondaj delgi çapı: Çap 150 mm | 1,05 |
| | Sondaj delgi çapı: Çap 200 mm | 1,15 |
| | Güvenli tokmak | 0,60-1,17 |
| C_E | Halkalı tokmak | 0,45-1,00 |
| | Otomatik darbeli tokmak | 0,90-1,60 |

Tablo 6.2. Zemin cinslerine göre q_u ile SPT-N arasındaki ilişkiler

| Araştırmacılar | Zemin Cinsi | q_u (kPa) |
|--------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Sanglerat (1972) ve Tomlinson (1986) | Kil | 25 N |
| | Siltli Kil | 20 N |
| Terzaghi ve Peck (1948) | Kohezyonlu Zemin | 12,5 N |
| | Yüksek Plasiteli Kil | 25 N |
| Sowers (1979) | Orta Plasiteli Kil | 15 N |
| | Düşük Plasiteli Kil | 7,5 N |
| Nixon (1982) | Kil | 24 N |
| Kulhawy ve Mayne (1990) | Kohezyonlu Zemin | 58 N ^{0,72} |

C_N derinlik düzeltme katsayısı Denklem (6.5)'de ki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma'_{vo}}} \leq 1,7 \quad (6.5)$$

Burada σ'_{vo} (kN/m²) deney derinliğindeki efektif düşey gerilme değeri olup SPT deneyi yapıldığı arazi koşullarına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Tablo 6.3 ve Tablo 6.4'te kohezyonlu zeminler için SPT-N, serbest basınç dayanımı ve kıvamlilik ilişkisini tanımlamaktadır. Bazı araştırmacılara göre zemin cinslerine göre q_u ile SPT-N arasındaki ilişkiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 6.3. Kohezyonlu zeminler için SPT-N, q_u ve kıvamlilik ilişkisi (Terzaghi ve Peck, 1947)

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

Standart Penetrasyon deneylerinin bulguları genel olarak, daneli zeminlerin bağıl sıklık ve taşıma gücü değerlerini belirlemek için kullanılmaktadır. Daneli zeminler için önerilen SPT-N ve rölatif sıklık ilişki durumu Tablo 6.4'teki gibidir.

Tablo 6.4. SPT sonuçlarına göre kohezyonsuz zeminleri sıklığı (Terzaghi ve Peck, 1967)

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

Hesaplanan serbest basınç dayanım değerlerine ve Tablo 6.4'ten karşılık gelen düzeltilmemiş SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre serbest basınç dayanımı ve kıvamlilik ilişkisi ve kohezyonsuz zeminlerin sıklığı Tablo 6.2 ve Tablo 6.3'e göre belirlenmiştir.

6.1.3. Drenajsız Kayma Mukavemeti (c_u)

Drenajsız kayma mukavemeti (c_u), suya doymuş killerin mühendislik uygulamalarında yüklenme sırasında boşluk suyu basıncının sönümlenmesi ya da konsolidasyonun oluşması için zamanın olmadığı varsayılan, yüklemelerin oldukça hızlı olduğu kritik tasarım durumlarında kullanılmaktadır. Örneğin, normal konsolide killer üzerine yapılan dolguların ve yapı temellerinin stabilitesi verilebilir. Dolayısıyla bu çeşit tasarımlarda c_u 'nun bilinmesi gerekmektedir. Zemin mekaniği uygulama çalışmalarında, ince daneli zeminlerin drenajsız kayma mukavemeti, genel olarak laboratuvar da Serbest Basınç (SB), üç eksenli Konsolidasyonsuz Drenajsız basınç (KD) deneyleri ve laboratuvar Veyn deneyleri ile sahada ise arazi Veyn (AV) deneyi ile tayin

edilmektedir. Arazi (in-situ) penetrasyon deneyleri olan SPT ve koni penetrasyon deneyleri ile dolaylı olarak belirlenebilmektedir. Buna ilaveten laboratuvar ortamında ve sahada cep penetrometreleri de kullanılmakta; sahada bundan başka, kullanımı gelişme gösteren, pressiyometre deneyleri de kullanılmaktadır. Tez çalışmasında incelenen bölgelerin yerel zemin sınıflamasındaki yerlerini belirlemede drenajsız kayma mukavemeti (c_u) kullanılmıştır.

6.2. Zemin Sınıflaması

İnceleme alanındaki temel zemini sınıflamak amacıyla TBDY (2018) yerel zemin sınıflaması kullanılmıştır. Yerel zemin sınıflaması sismik ve sondaj çalışmaları sonucu elde edilen zemin verilerinden V_{S30} (m/s), SPT- N_{30} (darbe/30 cm) ve C_{u30} (kPa) değişkenlerini baz almaktadır. Bu sınıflamaya göre zeminler zemin cinsi, V_{S30} (m/sn), SPT- N_{30} (darbe/30 cm) ve C_{u30} (kPa) parametrelerine bağlı olarak yerel zemin sınıflarına (ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF) ayrılır (Tablo 6.5). Tez çalışmasında bu sınıflama zeminin zemin cinsi, zemin sınıfını ve V_{S30} (m/s), SPT- N_{30} (darbe/30 cm) ve C_{u30} (kPa) değerlerini bulmamızda yardımcı olacaktır.

Tablo 6.5. Yerel zemin sınıflaması (TBDY, 2018)

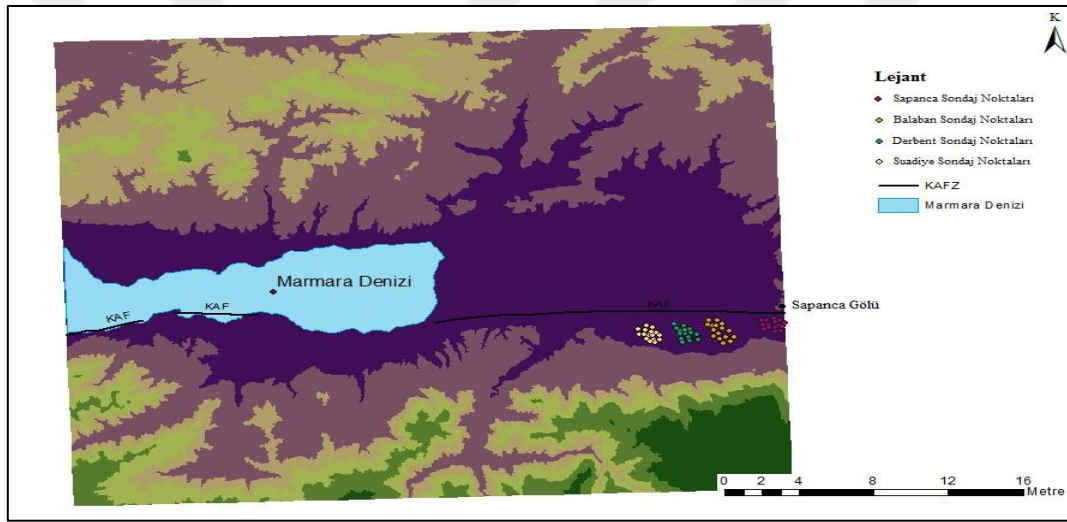
| Yerel Zemin Sınıfı | Zemin Cinsi | Üst 30 metrede ortalama | | |
|--------------------|--|-------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| | | $(V_s)_{30}$ [m/s] | $(N_{60})_{30}$ [darbe/30cm] | $(C_u)_{30}$ [kPa] |
| ZA | Sağlam, sert kayalar | >1500 | – | – |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

Yerel zemin sınıflamasında sondaj verilerinden yararlanılmıştır. Arazide sondaj çalışmalarında elde edilen ham SPT değerleri kullanılarak N_{60} değerleri $N_{60}=0,68*N_{30}-C_N$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Tablo 6.1, TBDY 2018'e göre SPT- N_{30} ham verilerine uygulanan SPT düzeltme katsayılarını göstermektedir. Formüle göre Tablo 6.6'da gösterilen tij boyu düzeltme katsayısı (C_R) kullanılmaktadır.

Hesaplanan SPT-N₆₀ değerleri Suadiye, Derbent, Balaban ve Sapanca Gölü güney bölgelerinde Tablo 6.7 ve Tablo 6.8'deki parametrelere göre değerlendirilip açıklanmaktadır.

Tablo 6.6. Tij boyu düzeltme katsayısı (C_R) (TBDY, 2018)

| Düzeltilme Katsayısı | Değişken | Değer |
|----------------------|-------------------------|-------|
| C _R | 3 m ile 4 m aralığında | 0,75 |
| | 4 m ile 6 m aralığında | 0,85 |
| | 6 m ile 10 m aralığında | 0,95 |
| | 10 m'den derinde | 1,00 |



Şekil 6.1. Suadiye-Sapanca arası alanın sondaj noktaları

Kartepe Bölgesi ve Sapanca Gölü'nün güney kesiminde yapılan sondaj lokasyonları Şekil 6.1'de gösterilmektedir. Yapılan sondajlardan belirlenen zemin verileri tez çalışmasında kullanılmıştır. Suadiye-Sapanca bölgesinde açılmış olan sondaj kuyularında çıkan SPT-N₃₀ değerleri ile belirlenen zeminlerin SPT-N₃₀ dağılımı ve sondajlarda alınan numunelerde laboratuvarında yapılan deney sonuçlarına göre zemin çeşitleri CBS ortamında sayısal olarak haritalanmıştır. Zemin dağılım ve mühendislik jeolojisi değerlendirme haritaları ArcGIS 10.3 ve QGIS 3.12.3 ile hazırlanmıştır. İnceleme alanındaki sondaj kuyularının 1,5 m, 3,0 m, 4,5 m ve 6,0 m derinlikteki SPT-N₃₀ değerleri verilmektedir. 1,5 metre derinlikte inceleme alanının tamamında düşük SPT-N₃₀ değerleri olup dolgu zemin (AS) killi, kumlu, çakıllı, kiremit toprak, bitkisel

toprak vs. gibi birimler gözlenmiştir. 3,0 metre derinlikte ise Suadiye ve civarında orta plastisiteli az çakıllı killi kum (SC) birimlerinden oluştuğu görülmektedir. Doğuya doğru Balaban bölgesinde katı, çok katı, gri renkli, alt seviyeler sert kıvamlı siltli kil (CL) birimleri yer almaktadır. Sapanca ve Derbent bölgelerinde ise dolgu zemin (AS) devam etmektedir. 4,5 metre derinlikte Suadiye ve Balaban bölgelerinde orta plastisiteli az çakıllı killi kum biriminin yoğun bir bölgeye yayıldığını gözlemlerken Sapanca ve Derbent arasında ise kahverengimsi, yeşilimsi gri renkli, siltli kum birimlerinin yaygınlaştığı görülmektedir.

İnceleme alanı ve civarında genç alüvyon çökeller bulunmaktadır. Alüvyonlar derelerin denize döküldüğü bölgelerde mevcuttur. Derelerin geçtiği yerlerin aşındırdığı taşların kestiği çakıl, kum, kil olarak yığılmasından oluşmakta ve bu birimlerin mühendislik jeolojisi özellikleri değişim aralığı Tablo 6.7'de gösterilmektedir. Derbent, Suadiye ve Balaban bölgelerinde derinliği yaklaşık 12,00 ile 15,00 m arası olan her bölge için 15 adet temel araştırma sondaj verisi kullanılmıştır.

Tablo 6.7. Kartepe Bölgesi alüvyon birimlerinin zemin parametreleri

| Parametre | Tanımlama |
|---|-----------------------------------|
| Litoloji | Sert kıvamlı-çakıllı-siltli kil |
| SPT- N ₃₀ | 15-30 |
| Serbest Basınç Dayanımı (q _u) (kg/cm ²) | 2.00-4.00 |
| V _s (m/s) | 150-380 |
| Yerel Zemin Sınıfı | ZD |
| Spektrum Karakteristik Periyotları (s) | T _A = 0.15 0.60 s |
| q _{all} (ton/m ²) | 15.65 |

Sapanca Gölü ve kıyı kesimi çeşitli formasyonlara ve homojen bir yapıya sahiptir. İnceleme alanındaki birimler genelde sıkı kum, çakıl, kıltaşı ve ayrışmış şistten oluşmakta ve bu birimlerin mühendislik jeolojisi özellikleri değişim aralığı Tablo 6.8'de gösterilmektedir. Sapanca Gölü güney bölgesinde derinliği ortalama 12 ve 15 m arası değişen 15 adet sondaj verisi kullanılmıştır.

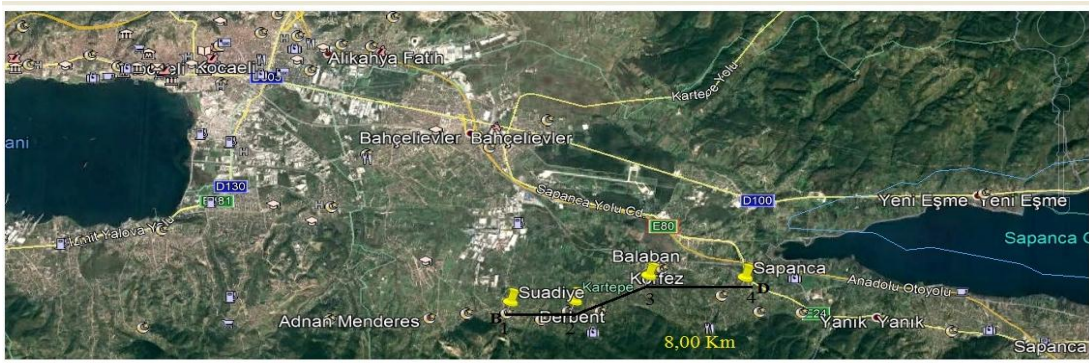
Tablo 6.8. Sapanca Gölü güneyi alüvyon birimlerinin zemin parametreleri

| Parametre | Tanımlama |
|--|--|
| Litoloji | Orta sıkı kum, çakıl, siltli kil, şist |
| SPT- N ₃₀ | 15-40 |
| Serbest Basınç Dayanımı (qu) (kg/cm ²) | 3.5-7.1 |
| Vs (m/s) | 0-320 |
| Yerel Zemin Sınıfı | ZD |
| Spektrum Karakteristik Periyotları (s) | T _A = 0.40 0.90 s |
| qall (ton/m ²) | 9.00 |

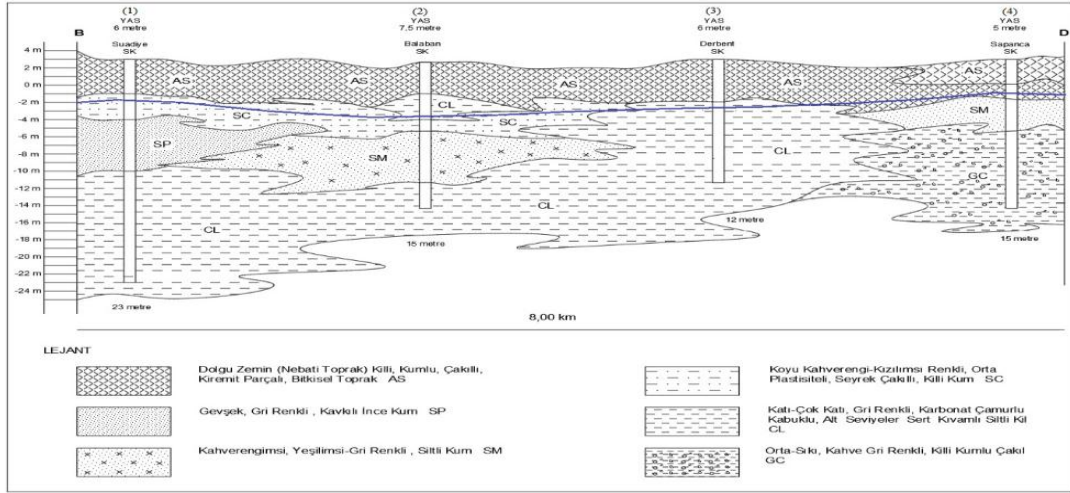
6.3. Suadiye - Sapanca Gölü Arası Mühendislik Jeolojisi

Suadiye-Sapanca Gölü arası mühendislik jeolojisi yorumlaması için jeolojik, jeomorfolojik, yapısal ve morfolojik özelliklere ek zemin parametrelerinin özellikleri, yeraltı suyu seviyesi değişim yönünden araştırılmıştır.

Suadiye ve yakın çevresinde genç alüvyon çökeller bulunmaktadır. İnceleme alanı içerisinde eğim 0-50° arasında değişmektedir. Çalışma bölgelerinden olan Kartepe Bölgesi ve doğu kesimlerinde eğim 0-20° arasında değişmektedir. Bu değerler diğer inceleme alanı olan Sapanca Gölü ve çevresinde ise 20°-40° olarak değişmektedir. Bu bölgelerde zemin profili için seçilen sondajlar Şekil 6.2’te ve bu kesiti boyunca çıkarılan zemin profili Şekil 6.3’te verilmektedir. Bu profilde Suadiye, Balaban ve Derbent bölgelerinde dolgu zeminin yaklaşık 4-5 metrelere varan kalınlıklarda Sapanca bölgesinde ise yaklaşık 2-3 m kalınlıkta olduğu görülmektedir.



Şekil 6.2. İnceleme alanının zemin profili kesiti için kullanılan sondajlar



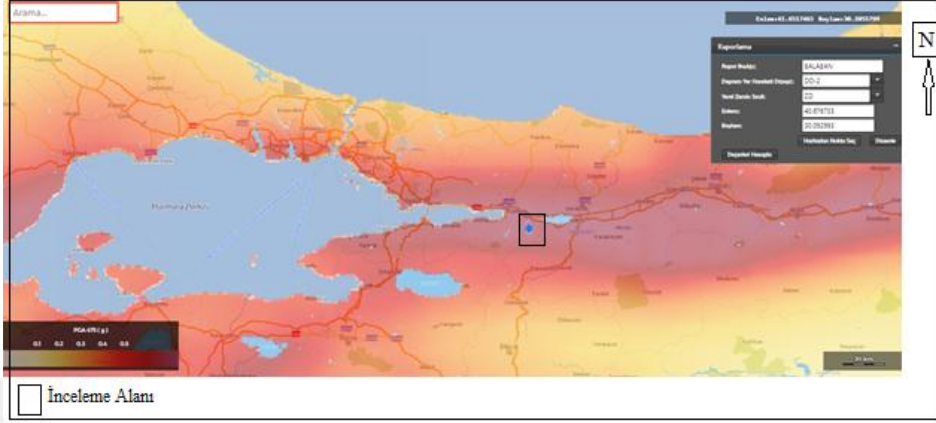
Şekil 6.3. Suadiye-Sapanca arasındaki alanın zemin profili

İncelenen bölgede genellikle düşük plastisiteli kil (CL) ve düşük dayanımlı -kayaçların hâkim olduğu görülmektedir. Bu bölgede dolgu zemin altında çakilli killi kum (SC), siltli kum (SM) ve ince kum (SP) birimlerinin düşük plastisiteli kil (CL) arasına girdiği görülmektedir (Şekil 6.3). Yeraltı suyu doğu kesimde Sapanca ve çevresinde 5-6 metrelerde başlayarak orta kesimde Balaban ve civarında 7,5-8 metrelerde görülürken batı kesime Suadiye ve civarında 5-6 metrelere çıktığı Şekil 6.3'te görülmektedir. Zemin değerlendirilmesi için bu bölgede dört farklı bölge belirlenmiştir. Öncelikle İzmit'in Kartepe ilçesine bağlı Balaban bölgesi incelenmiştir. Tablo 6.9'da bu bölge için SPT veri sonuçları ve Şekil 6.4'te inceleme alanındaki konumu Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web uygulaması ile gösterilmiştir.

Tablo 6.9. Kartepe Balaban bölgesi SPT-N₃₀ verileri

| Sondaj No | Numune No | Metre | N30 | N60 | ZS | Sondaj No | Numune No | Metre | N30 | N60 | ZS |
|-----------|-----------|-------------|-----|------|----|-----------|-----------|-------------|-----|------|----|
| SK-1 | SPT-1 | 1.50-1.95 | 18 | 22,5 | ZD | SK-2 | SPT-1 | 1.50-1.95 | 14 | 17,5 | ZD |
| | SPT-2 | 3.00-3.45 | 21 | 19 | | | SPT-2 | 3.00-3.45 | 12 | 11 | |
| | SPT-3 | 4.50-4.95 | 26 | 18 | | | SPT-3 | 4.50-4.95 | 15 | 12 | |
| | SPT-4 | 6.00-6.45 | 27 | 17 | | | SPT-4 | 6.00-6.45 | 16 | 10 | |
| | SPT-5 | 7.50-7.95 | 32 | 19 | | | SPT-5 | 7.50-7.95 | 16 | 9 | |
| | SPT-6 | 9.00-9.45 | 36 | 20 | | | SPT-6 | 9.00-9.45 | 14 | 8 | |
| | SPT-7 | 10.50-10.95 | 40 | 19 | | | SPT-7 | 10.50-10.95 | 22 | 10,5 | |
| | SPT-8 | 12.00-12.45 | 37 | 17 | | | SPT-8 | 12.00-12.45 | 32 | 15 | |
| | SPT-9 | 13.50-13.95 | 37 | 17 | | | SPT-9 | 13.50-13.95 | 37 | 17 | |
| Sondaj No | Numune No | Metre | N30 | N60 | ZS | Sondaj No | Numune No | Metre | N30 | N60 | ZS |
| SK-3 | SPT-1 | 1.50-1.95 | 16 | 20 | ZD | SK-4 | SPT-1 | 1.50-1.95 | 10 | 16 | ZD |
| | SPT-2 | 3.00-3.45 | 21 | 19 | | | SPT-2 | 3.00-3.45 | 11 | 10 | |
| | SPT-3 | 4.50-4.95 | 26 | 18 | | | SPT-3 | 4.50-4.95 | 15 | 12 | |
| | SPT-4 | 6.00-6.45 | 28 | 20 | | | SPT-4 | 6.00-6.45 | 16 | 10 | |
| | SPT-5 | 7.50-7.95 | 32 | 19 | | | SPT-5 | 7.50-7.95 | 14 | 8 | |
| | SPT-6 | 9.00-9.45 | 32 | 15 | | | SPT-6 | 9.00-9.45 | 14 | 8 | |
| | SPT-7 | 10.50-10.95 | 40 | 19 | | | SPT-7 | 10.50-10.95 | 22 | 10,5 | |
| | SPT-8 | 12.00-12.45 | 37 | 17 | | | SPT-8 | 12.00-12.45 | 32 | 15 | |
| | SPT-9 | 13.50-13.95 | 40 | 21 | | | SPT-9 | 13.50-13.95 | 38 | 16 | |

Bu bölgede dolgu tabakasının devamında temel araştırma sondajının sonuna kadar sarımsı kahve renkli, üst seviyelerde çok katı alt seviyelerde sert kıvamlı, çakıllı, siltli kil birim yer almaktadır.



Şekil 6.4. Balaban lokasyonunun AFAD haritası üzerindeki gösterimi

Bulunan serbest basınç dayanım değerlerine Tablo 6.3 ve Tablo 6.4.'de verilen düzeltilmemiş SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre zeminde belirlenen sıklık sonucuna göre orta sıkı-sıkı ve kıvam durumuna göre ise katı-çok katı olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanında yapılmış sondajlarda belirlenen SPT verileriyle SPT-N₃₀ değerleri hesaplanmıştır. SPT-N₃₀ sonuçlarıyla AFAD verileri kullanılarak yerel zemin sınıflaması bulunmuştur. Bulunan zemin sınıflamasında Balaban Bölgesi yerel zemin sınıfı ZD olarak belirlenmiştir.

Tablo 6.10 ve Tablo 6.11'de gösterilen yerel zemin sınıfları AFAD standartlarına uygun olarak harita spektral ivme katsayıları (S_s , S_1), yerel zemin etki katsayıları (F_s , F_1), tasarım spektral ivme katsayıları (S_{DS} , S_{D1}), yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_A , T_B), düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_{AD} , T_{BD}) değerleri hesaplanmıştır. Tablo 6.12'de çıkan değerler gösterilmiştir. Bu değerler ile belirlenen yerel zemin sınıfı üzerinde yapılacak olan mühendislik yapıları inşasında ve yapı zemin ilişkisi için gerekli olan parametrelerdir.

Tablo 6.10. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

| Yerel Zemin Sınıfı | Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki katsayısı F_s | | | | | |
|--------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| | $S_s \leq 0,25$ | $S_s = 0,50$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,00$ | $S_s = 1,25$ | $S_s \geq 1,50$ |
| ZA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| ZB | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| ZC | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| ZD | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| ZE | 2,4 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,8 |
| ZF | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır. | | | | | |

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_s=1,707$ için $F_s=1,000$

Tablo 6.11. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

| Yerel Zemin Sınıfı | 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki katsayısı F_1 | | | | | |
|--------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| | $S_1 \leq 0,10$ | $S_1 = 0,20$ | $S_1 = 0,30$ | $S_1 = 0,40$ | $S_1 = 0,50$ | $S_1 \geq 0,60$ |
| ZA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| ZB | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| ZC | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,4 |
| ZD | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,7 |
| ZE | 4,2 | 3,3 | 2,8 | 2,4 | 2,2 | 2,0 |
| ZF | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır. | | | | | |

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_1=0,465$ için $F_1=1,835$

Tasarım spektral ivme katsayıları;

$$S_{DS} = S_s * F_s = 1.707 \times 1.000 = 1,707$$

$$S_{D1} = S_1 * F_1 = 0.465 \times 1.835 = 0,853$$

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

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

Tablo 6.12. Balaban bölgesi için AFAD verileri

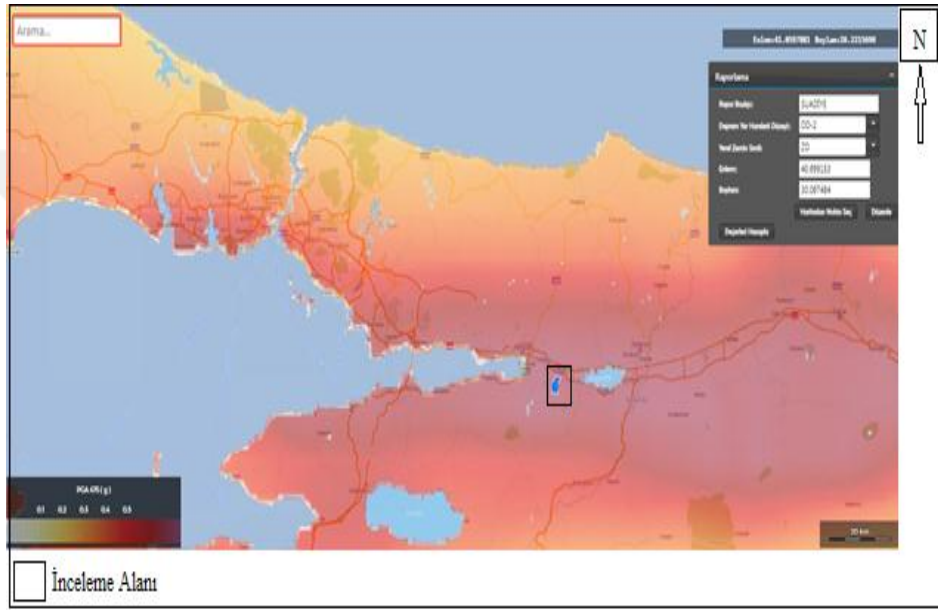
| Yerel Zemin Sınıfı | ZD | |
|--|------------------|------------------|
| En büyük yer ivmesi (PGA) | 0,696 | |
| En büyük yer hız ivmesi (PGV) | 51,607 | |
| Harita Spektral İvme Katsayı | $S_S = 1,707$ | $S_1 = 0,465$ |
| Yerel Zemin Etki Katsayısı | $F_S = 1,000$ | $F_1 = 1,835$ |
| Tasarım Spektral İvme Katsayıları | $S_{DS} = 1,707$ | $S_{D1} = 0,853$ |
| Yatay Yönde Elastik Tasarım İvme Spektrum Köşe Periyotları (s) | $T_A = 0,100$ | $T_B = 0,500$ |
| Düşey Yönde Elastik Tasarım İvme Spektrum Köşe Periyotları (s) | $T_{AD} = 0,033$ | $T_{BD} = 0,167$ |

Tablo 6.13. Kartepe Suadiye bölgesi SPT verileri

| Sondaj No | Numune No | Metre | N30 | N60 | ZS | Sondaj No | Numune No | Metre | N30 | N60 | ZS |
|-----------|-----------|-------------|-----|------|----|-----------|-----------|-------------|-----|------|----|
| SK-1 | SPT-1 | 1.50-1.95 | 8 | 8 | ZD | SK-2 | SPT-1 | 1.50-1.95 | 10 | 12,5 | ZD |
| | SPT-2 | 3.00-3.45 | 16 | 14 | | | SPT-2 | 3.00-3.45 | 14 | 12 | |
| | SPT-3 | 4.50-4.95 | 10 | 7 | | | SPT-3 | 4.50-4.95 | 14 | 10 | |
| | SPT-4 | 6.00-6.45 | 26 | 16 | | | SPT-4 | 6.00-6.45 | 6 | 4 | |
| | SPT-5 | 7.50-7.95 | 18 | 10 | | | SPT-5 | 7.50-7.95 | 4 | 2,5 | |
| | SPT-6 | 9.00-9.45 | 17 | 10 | | | SPT-6 | 9.00-9.45 | 9 | 5 | |
| | SPT-7 | 10.50-10.95 | 26 | 12,5 | | | SPT-7 | 10.50-10.95 | 12 | 5,5 | |
| | SPT-8 | 12.00-12.45 | 22 | 10 | | | SPT-8 | 12.00-12.45 | 9 | 4 | |
| | SPT-9 | 15.00-15.45 | 20 | 8 | | | SPT-9 | 15.00-15.45 | 15 | 6 | |
| Sondaj No | Numune No | Metre | N30 | N60 | ZS | | | | | | |
| SK-3 | SPT-1 | 1.50-1.95 | 14 | 12 | ZD | | | | | | |
| | SPT-2 | 3.00-3.45 | 16 | 14 | | | | | | | |
| | SPT-3 | 4.50-4.95 | 4 | 2,5 | | | | | | | |
| | SPT-4 | 6.00-6.45 | 26 | 16 | | | | | | | |
| | SPT-5 | 7.50-7.95 | 18 | 10 | | | | | | | |
| | SPT-6 | 9.00-9.45 | 15 | 6 | | | | | | | |
| | SPT-7 | 10.50-10.95 | 26 | 12,5 | | | | | | | |
| | SPT-8 | 12.00-12.45 | 20 | 8 | | | | | | | |
| | SPT-9 | 15.00-15.45 | 22 | 10 | | | | | | | |

Suadiye bölgesi ve civarı yapılacak olan çalışmalar ve yapılar için zemin değerlendirilmesi amaçlı incelenmiştir. Bu alan için Tablo 6.13'te SPT verileri, Şekil 6.5'te de inceleme alanındaki konumu Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web uygulaması ile gösterilmiştir.

Sondaj çalışmaları sonucuna göre bu bölgede kil birimi hakim olup değişen kalınlıklarda az çakıllı, kumlu siltli kil birimler (alüvyonal birim) bulunmaktadır.



Şekil 6.5. Suadiye lokasyonunun AFAD haritası üzerindeki görünümü

Bulunan serbest basınç dayanım değerlerine ve Tablo 6.3 ve Tablo 6.4'de verilen düzeltilmemiş SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre zeminde belirlenen sıklık sonucuna göre gevşek orta-sıkı ve kıvam durumuna göre ise katı- çok katı olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanında yapılmış sondajlarda belirlenen SPT verileriyle SPT-N₃₀ değerleri hesaplanmıştır. SPT-N₃₀ sonuçlarıyla AFAD verileri kullanılarak yerel zemin sınıflaması bulunmuştur. Bulunan zemin sınıflamasında Suadiye bölgesi yerel zemin sınıfı ZD olarak belirlenmiştir.

Tablo 6.14 ve Tablo 6.15'te gösterilen yerel zemin sınıfları AFAD standartlarına uygun olarak harita spektral ivme katsayıları (S_S , S_1), yerel zemin etki katsayıları (F_S , F_1),

tasarım spektral ivme katsayıları (S_{DS} , S_{D1}), yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_A , T_B), düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_{AD} , T_{BD}) değerleri hesaplanmıştır. Tablo 6.16'da çıkan değerler gösterilmiştir. Bu değerler ile belirlenen yerel zemin sınıfı üzerinde yapılacak olan mühendislik yapıları inşasında ve yapı zemin ilişkisi için gerekli olan parametrelerdir.

Tablo 6.14. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

| Yerel Zemin Sınıfı | Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki katsayısı F_s | | | | | |
|--------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| | $S_s \leq 0,25$ | $S_s = 0,50$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,00$ | $S_s = 1,25$ | $S_s \geq 1,50$ |
| ZA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| ZB | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| ZC | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| ZD | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| ZE | 2,4 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,8 |
| ZF | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır. | | | | | |

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_s = 1,773$ için $F_s = 1,000$

Tablo 6.15. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

| Yerel Zemin Sınıfı | 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki katsayısı F_1 | | | | | |
|--------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| | $S_1 \leq 0,10$ | $S_1 = 0,20$ | $S_1 = 0,30$ | $S_1 = 0,40$ | $S_1 = 0,50$ | $S_1 \geq 0,60$ |
| ZA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| ZB | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| ZC | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,4 |
| ZD | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,7 |
| ZE | 4,2 | 3,3 | 2,8 | 2,4 | 2,2 | 2,0 |
| ZF | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır. | | | | | |

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_1 = 0,481$ için $F_1 = 1,819$

Tasarım spektral ivme katsayıları;

$$S_{DS} = S_s * F_s = 1,773 \times 1.000 = 1,773$$

$$S_{D1} = S_1 * F_1 = 0,481 \times 1,819 = 0,875$$

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

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

Tablo 6.16. Suadiye Bölgesi için AFAD verileri

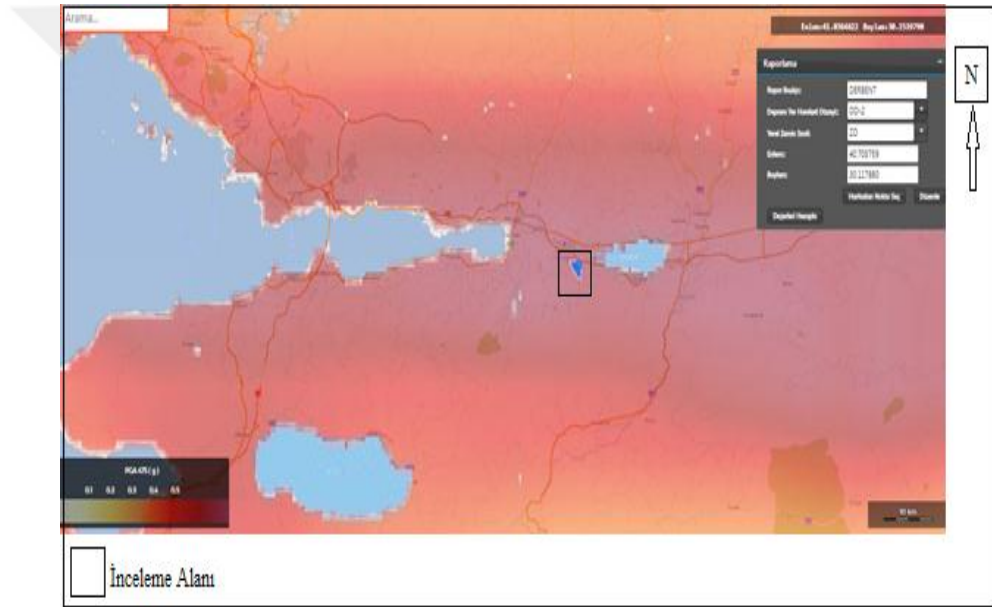
| Yerel Zemin Sınıfı | ZD |
|--|-----------------------------------|
| En büyük yer ivmesi (PGA) | 0,724 |
| En büyük yer hız ivmesi (PGV) | 56,353 |
| Harita Spektral İvme Katsayı | $S_s = 1,773$ $S_1 = 0,481$ |
| Yerel Zemin Etki Katsayısı | $F_s = 1,100$ $F_1 = 1,819$ |
| Tasarım Spektral İvme Katsayıları | $S_{DS} = 1,773$ $S_{D1} = 0,875$ |
| Yatay Yönde Elastik Tasarım İvme Spektrum Köşe Periyotları (s) | $T_A = 0,099$ $T_B = 0,493$ |
| Düşey Yönde Elastik Tasarım İvme Spektrum Köşe Periyotları (s) | $T_{AD} = 0,033$ $T_{BD} = 0,164$ |

Tablo 6.17. Kartepe Derbent bölgesi SPT verileri

| Sondaj No | Numune No | Metre | N30 | NG0 | ZS | Sondaj No | Numune No | Metre | N30 | NG0 | ZS | Sondaj No | Numune No | Metre | N30 | NG0 | ZS |
|-----------|-----------|-------------|-----|------|----|-----------|-----------|-------------|-----|-----|----|-----------|-----------|-------------|-----|------|----|
| SK-1 | SPT-1 | 1.50-1.95 | 7 | 7 | ZD | SK-2 | SPT-1 | 1.50-1.95 | 11 | 13 | ZD | SK-4 | SPT-1 | 1.50-1.95 | 8 | 6 | ZD |
| | SPT-2 | 3.00-3.45 | 9 | 8 | | | SPT-2 | 3.00-3.45 | 12 | 11 | | | SPT-2 | 3.00-3.45 | 9 | 8 | |
| | SPT-3 | 4.50-4.95 | 8 | 6 | | | SPT-3 | 4.50-4.95 | 18 | 13 | | | SPT-3 | 4.50-4.95 | 12 | 11 | |
| | SPT-4 | 6.00-6.45 | 3 | 5,5 | | | SPT-4 | 6.00-6.45 | 23 | 14 | | | SPT-4 | 6.00-6.45 | 3 | 5,5 | |
| | SPT-5 | 7.50-7.95 | 10 | 6 | | | SPT-5 | 7.50-7.95 | 24 | 14 | | | SPT-5 | 7.50-7.95 | 10 | 6 | |
| | SPT-6 | 9.00-9.45 | 10 | 6 | | | SPT-6 | 9.00-9.45 | 26 | 15 | | | SPT-6 | 9.00-9.45 | 10 | 6 | |
| | SPT-7 | 10.50-10.95 | 10 | 5 | | | SPT-7 | 10.50-10.95 | 31 | 15 | | | SPT-7 | 10.50-10.95 | 11 | 5 | |
| | SPT-8 | 12.00-12.45 | 10 | 5 | | | SPT-8 | 12.00-12.45 | 38 | 18 | | | SPT-8 | 12.00-12.45 | 10 | 5 | |
| | SPT-9 | 13.50-13.95 | 11 | 5 | | | SPT-9 | 13.50-13.95 | 42 | 19 | | | SPT-9 | 13.50-13.95 | 11 | 5 | |
| | SPT-10 | 15.00-15.45 | 12 | 4,8 | | | SPT-10 | 15.00-15.45 | 12 | 4,8 | | | SPT-10 | 15.00-15.45 | 12 | 4,8 | |
| | SPT-11 | 16.00-16.45 | 15 | 5,7 | | | SPT-11 | 16.00-16.45 | 10 | 6 | | | SPT-11 | 16.00-16.45 | 28 | 9,5 | |
| | SPT-12 | 18.00-18.45 | 14 | 5 | | | SPT-12 | 18.00-18.45 | 11 | 13 | | | SPT-12 | 18.00-18.45 | 32 | 10,5 | |
| | SPT-13 | 19.50-19.95 | 28 | 9,5 | | | SPT-13 | 19.50-19.95 | 23 | 14 | | | SPT-13 | 19.50-19.95 | 28 | 9,5 | |
| | SPT-14 | 21.00-21.45 | 32 | 10,5 | | | SPT-14 | 21.00-21.45 | 23 | 14 | | | SPT-14 | 21.00-21.45 | 42 | 19 | |
| SK-3 | SPT-5 | 7.50-7.95 | 24 | 14 | ZD | SK-3 | SPT-5 | 7.50-7.95 | 24 | 14 | ZD | SK-3 | SPT-5 | 7.50-7.95 | 24 | 14 | |
| | SPT-6 | 9.00-9.45 | 28 | 9,5 | | | SPT-6 | 9.00-9.45 | 28 | 9,5 | | | SPT-6 | 9.00-9.45 | 28 | 9,5 | |
| | SPT-7 | 10.50-10.95 | 31 | 15 | | | SPT-7 | 10.50-10.95 | 31 | 15 | | | SPT-7 | 10.50-10.95 | 31 | 15 | |
| | SPT-8 | 12.00-12.45 | 32 | 11 | | | SPT-8 | 12.00-12.45 | 32 | 11 | | | SPT-8 | 12.00-12.45 | 32 | 11 | |
| | SPT-9 | 13.50-13.95 | 42 | 19 | | | SPT-9 | 13.50-13.95 | 42 | 19 | | | SPT-9 | 13.50-13.95 | 42 | 19 | |
| | SPT-10 | 15.00-15.45 | 12 | 5 | | | SPT-10 | 15.00-15.45 | 12 | 5 | | | SPT-10 | 15.00-15.45 | 12 | 5 | |

Derbent bölgesi ve civarı yapılacak olan çalışmalar ve yapılar için zemin değerlendirilmesi amaçlı incelenmiştir. Bu alan için Tablo 6.17’de SPT verileri, Şekil 6.6’da da inceleme alanındaki konumu Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web uygulaması ile gösterilmiştir.

Bu bölgede dolgu tabakasının devamında temel araştırma sondajının sonuna kadar çakıllı, çok katı sert kil-silt ve şist birimleri yer almaktadır. Sultaniye metamorfiteeri olarak tanımlanan birimler ile alüvyal çökeller yüzeylenir. Alüvyal çökeller ise daha kuzey kesimde İzmit-Sapanca düzlüğünü oluşturan morfolojide geniş yayılım göstermektedir.



Şekil 6.6. Derbent lokasyonunun AFAD haritası üzerindeki görünümü

Bulunan serbest basınç dayanım değerlerine Tablo 6.3 ve Tablo 6.4’de verilen düzeltilmemiş SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre zeminde belirlenen sıklık sonucuna göre orta sıkı-sıkı ve kıvam durumuna göre ise katı- çok katı olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanında yapılmış sondajlarda belirlenen ham SPT verileriyle SPT-N₃₀ değerleri hesaplanmıştır. SPT-N₃₀ sonuçlarıyla AFAD verileri kullanılarak yerel zemin sınıflaması bulunmuştur. Bulunan zemin sınıflamasında Suadiye Bölgesi yerel zemin sınıfı ZD olarak belirlenmiştir.

Tablo 6.18 ve Tablo 6.19’da gösterilen yerel zemin sınıfları AFAD standartlarına uygun olarak harita spektral ivme katsayıları (S_s , S_1), yerel zemin etki katsayıları (F_s , F_1), tasarım spektral ivme katsayıları (S_{DS} , S_{D1}), yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_A , T_B), düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_{AD} , T_{BD}) değerleri hesaplanmıştır. Tablo 6.20’de çıkan değerler gösterilmiştir. Bu değerler ile belirlenen yerel zemin sınıfı üzerinde yapılacak olan mühendislik yapıları inşasında ve yapı zemin ilişkisi için gerekli olan parametrelerdir.

Tablo 6.18. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

| Yerel Zemin Sınıfı | Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki katsayısı F_s | | | | | |
|--------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| | $S_s \leq 0,25$ | $S_s = 0,50$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,00$ | $S_s = 1,25$ | $S_s \geq 1,50$ |
| ZA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| ZB | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| ZC | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| ZD | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| ZE | 2,4 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,8 |
| ZF | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır. | | | | | |

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_s = 1,708$ için $F_s = 1,000$

Tablo 6.19. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

| Yerel Zemin Sınıfı | 1,0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki katsayısı F_1 | | | | | |
|--------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| | $S_1 \leq 0,10$ | $S_1 = 0,20$ | $S_1 = 0,30$ | $S_1 = 0,40$ | $S_1 = 0,50$ | $S_1 \geq 0,60$ |
| ZA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| ZB | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| ZC | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,4 |
| ZD | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,7 |
| ZE | 4,2 | 3,3 | 2,8 | 2,4 | 2,2 | 2,0 |
| ZF | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır. | | | | | |

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_1 = 0,466$ için $F_1 = 1,834$

Tasarım spektral ivme katsayıları;

$$S_{DS} = S_S * F_S = 1,708 \times 1,000 = 1,708$$

$$S_{D1} = S_1 * F_1 = 0,466 \times 1,834 = 0,855$$

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

S_{D1} = 1 saniyedeki periyot için spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

Tablo 6.20. Derbent bölgesi için AFAD verileri

| Yerel Zemin Sınıfı | ZD | |
|--|------------------|------------------|
| En büyük yer ivmesi (PGA) | 0,697 | |
| En büyük yer hız ivmesi (PGV) | 57,739 | |
| Harita Spektral İvme Katsayı | $S_S = 1,708$ | $S_1 = 0,466$ |
| Yerel Zemin Etki Katsayısı | $F_S = 1,000$ | $F_1 = 1,834$ |
| Tasarım Spektral İvme Katsayıları | $S_{DS} = 1,708$ | $S_{D1} = 0,855$ |
| Yatay Yönde Elastik Tasarım İvme Spektrum Köşe Periyotları (s) | $T_A = 0,100$ | $T_B = 0,500$ |
| Düşey Yönde Elastik Tasarım İvme Spektrum Köşe Periyotları (s) | $T_{AD} = 0,033$ | $T_{BD} = 0,167$ |

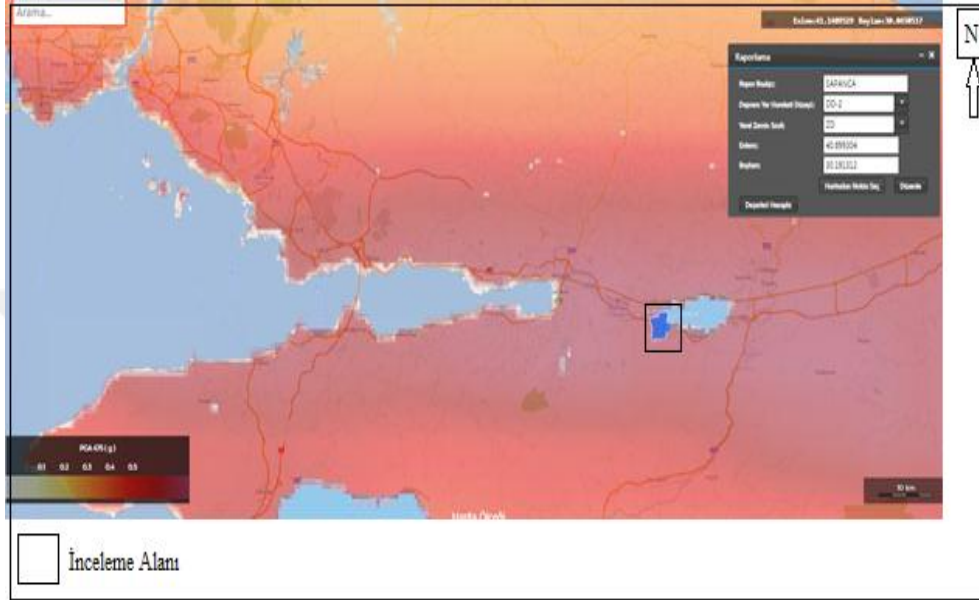
Tablo 6.21. Sapanca Gölü güney bölgesi SPT verileri

| Sondaj No | Numune | Metre | N30 | NG0 | ZS | Sondaj No | Numune N | Metre | N30 | NG0 | ZS | Sondaj No | Numune Nc | Metre | N30 | NG0 | ZS | |
|-----------|--------|-------------|-----|-------|----|-----------|----------|-------------|-----|------|----|-----------|-----------|-------------|-----|------|----|--|
| SK-1 | SPT-1 | 1.50-1.95 | 11 | 13,75 | ZD | SK-2 | SPT-1 | 1.50-1.95 | 18 | 22,5 | ZD | SK-3 | SPT-1 | 1.50-1.95 | 10 | 6 | ZD | |
| | SPT-2 | 3.00-3.45 | 18 | 16,02 | | | SPT-2 | 3.00-3.45 | 16 | 14 | | | SPT-2 | 3.00-3.45 | 17 | 13 | | |
| | SPT-3 | 4.50-4.95 | 17 | 13 | | | SPT-3 | 4.50-4.95 | 23 | 16 | | | SPT-3 | 4.50-4.95 | 21 | 13,5 | | |
| | SPT-4 | 6.00-6.45 | 21 | 13,5 | | | SPT-4 | 6.00-6.45 | 28 | 17,5 | | | SPT-4 | 6.00-6.45 | 23 | 14 | | |
| | SPT-5 | 7.50-7.95 | 17 | 15 | | | SPT-5 | 7.50-7.95 | 27 | 16 | | | SPT-5 | 7.50-7.95 | 24 | 14 | | |
| | SPT-6 | 9.00-9.45 | 26 | 15 | | | SPT-6 | 9.00-9.45 | 33 | 18 | | | SPT-6 | 9.00-9.45 | 26 | 15 | | |
| | SPT-7 | 10.50-10.95 | 29 | 14 | | | SPT-7 | 10.50-10.95 | 36 | 17 | | | SPT-7 | 10.50-10.95 | 31 | 15 | | |
| | SPT-8 | 12.00-12.45 | 32 | 15 | | | SPT-8 | 12.00-12.45 | 40 | 19 | | | SPT-8 | 12.00-12.45 | 32 | 10,5 | | |
| | | | | | | | | | | | | | SPT-9 | 13.50-13.95 | 40 | 19 | | |
| | | | | | | | | | | | | | SPT-10 | 15.00-15.45 | 36 | 17 | | |

Sapanca Gölü Güney kesiminde yapılacak olan çalışmalar ve yapılar için zemin değerlendirilmesi amaçlı incelenmiştir. Bu alan için Tablo 6.21'de SPT verileri, Şekil

6.7’de de inceleme alanındaki konumu Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web uygulaması ile gösterilmiştir.

Bu bölgede dolgu tabakasının devamında temel araştırma sondajının sonuna kadar orta sıkı-sıkı kum, çakıl, çok katı kil ve yer yer şist birimleri yer almaktadır.



Şekil 6.7. Sapanca Gölü güney lokasyonunun AFAD haritası üzerindeki görünümü

Bulunan serbest basınç dayanım değerlerine Tablo 6.3 ve Tablo 6.4’de verilen düzeltilmemiş SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre zeminde belirlenen sıklık sonucuna göre orta sıkı-sıkı ve kıvam durumuna göre ise katı- çok katı-sert olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanında yapılmış sondajlarda belirlenen SPT verileriyle SPT-N₃₀ değerleri hesaplanmıştır. SPT-N₃₀ sonuçlarıyla AFAD verileri kullanılarak yerel zemin sınıflaması bulunmuştur. Bulunan zemin sınıflamasında Sapanca Bölgesi yerel zemin sınıfı ZD olarak belirlenmiştir.

Tablo 6.22 ve Tablo 6.23’te gösterilen yerel zemin sınıfları AFAD standartlarına uygun olarak harita spektral ivme katsayıları (S_S , S_1), yerel zemin etki katsayıları (F_S , F_1), tasarım spektral ivme katsayıları (S_{DS} , S_{D1}), yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_A , T_B), düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (T_{AD} , T_{BD}) değerleri hesaplanmıştır. Tablo 6.24’de çıkan değerler gösterilmiştir.

Bu değerler ile belirlenen yerel zemin sınıfı üzerinde yapılacak olan mühendislik yapıları inşasında ve yapı zemin ilişkisi için gerekli olan parametrelerdir.

Tablo 6.22. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

| Yerel Zemin Sınıfı | Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki katsayısı F_s | | | | | |
|--------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| | $S_s \leq 0,25$ | $S_s = 0,50$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,00$ | $S_s = 1,25$ | $S_s \geq 1,50$ |
| ZA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| ZB | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| ZC | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| ZD | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| ZE | 2,4 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,8 |
| ZF | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır. | | | | | |

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_s = 1,653$ için $F_s = 1,000$

Tablo 6.23. Bir saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

| Yerel Zemin Sınıfı | 1,0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki katsayısı F_1 | | | | | |
|--------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| | $S_1 \leq 0,10$ | $S_1 = 0,20$ | $S_1 = 0,30$ | $S_1 = 0,40$ | $S_1 = 0,50$ | $S_1 \geq 0,60$ |
| ZA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| ZB | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| ZC | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,4 |
| ZD | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,7 |
| ZE | 4,2 | 3,3 | 2,8 | 2,4 | 2,2 | 2,0 |
| ZF | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır. | | | | | |

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

Tasarım spektral ivme katsayıları;

$$S_{DS} = S_s * F_s = 1,653 * 1,000 = 1,653$$

$$S_{D1} = S_1 * F_1 = 0,454 * 1,846 = 0,838$$

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

S_{D1} = 1,0 saniyedeki periyot için spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

Tablo 6.24. Sapanca Gölü güney bölgesi için AFAD verileri

| Yerel Zemin Sınıfı | ZD | |
|--|------------------|------------------|
| En büyük yer ivmesi (PGA) | 0,675 | |
| En büyük yer hız ivmesi (PGV) | 56,887 | |
| Harita Spektral İvme Katsayı | $S_S = 1,653$ | $S_1 = 0,454$ |
| Yerel Zemin Etki Katsayısı | $F_S = 1,000$ | $F_1 = 1,846$ |
| Tasarım Spektral İvme Katsayıları | $S_{DS} = 1.653$ | $S_{D1} = 0.838$ |
| Yatay Yönde Elastik Tasarım İvme Spektrum Köşe Periyotları (s) | $T_A = 0,101$ | $T_B = 0,507$ |
| Düsey Yönde Elastik Tasarım İvme Spektrum Köşe Periyotları (s) | $T_{AD} = 0,034$ | $T_{BD} = 0,169$ |

6.4. Suadiye-Sapanca Gölü Arası YASS Dağılımı

İnceleme alanında açılan sondaj kuyularında çıkan yer altı su seviyesindeki değişim Şekil 6.8’te gösterilmektedir. İzmit’in Güneydoğusuna doğru Suadiye bölgesi için yer altı su seviyesi 6-6,5 metrelerde başlarken orta kesimde bulunan Balaban ve Derbent bölgesinde 6,5-7 m aralığında görülürken Sapanca ve civarına doğru tekrar 5-7,5 metrelere çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6.8. Suadiye-Sapanca arası alanın yeraltı su seviyesi dağılımının DEM haritası üzerindeki görünümü

6.5. Şişme Analizi

İnceleme alanında zeminlerin ince taneli zemin ve kil birimlerinin olmasından dolayı zeminler şişme özelliğine göre değerlendirilmiştir. Deney sonuçlarına göre elde edilen kil içerikleri, plastisite indis değerleri ve likit limit değerlerine bakılarak Tablo 6.25'te verilen şişen zeminler sınıflamasına göre yorumlanmıştır.

Tablo 6.25. Şişen zeminlerin sınıflaması (O'Neill ve Poormoayed, 1980)

| Likit Limit (LL) | Plastisite İndisi (PI) | Şişme Potansiyeli | Şişme Potansiyeli Sınıflaması |
|------------------|------------------------|-------------------|-------------------------------|
| <50 | <25 | <0,50 | Düşük |
| 50-60 | 25-35 | 0,50-1,50 | Orta |
| >60 | >35 | >1,50 | Yüksek |

İnceleme alanında elde edilen sondaj verilerinden alınan örselenmiş ve örselenmemiş (UD) numuneler üzerinde laboratuvarda yapılan Atterberg limitleri deneylerinde ortalama zemin değerleri Balaban bölgesinde $PI=19-20$ olup bu değer şişen zeminler sınıflamasına göre düşük şişme, Suadiye bölgesinde $PI=15-35$ olup orta şişme, Derbent bölgesinde $PI=11-20$ olup düşük şişme ve Sapanca bölgesinde $PI=5-10$ olup düşük şişme potansiyeline karşılık gelmektedir. Bu nedenle inceleme alanında etkin şişme özelliği gösteren kil birimlerine rastlanmamıştır.

6.6. Mühendislik Jeolojisi Değerlendirmesi

Tez kapsamına yapılan çalışmalarda sondaj, arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen ölçümler değerlendirilmiş ve incelenen Kartepe ve Sapanca Gölü güney kesimi için mühendislik jeolojisi değerlendirilmesi bu kısımda yapılmıştır (Tablo 6.26)-Tablo (6.30). Mühendislik jeolojisi değerlendirme haritaları ArcGIS 10.3 versiyonu ile hazırlanmıştır. Mühendislik jeolojisi değerlendirme parametrelerine göre bölgelerin sorunlu, az sorunlu ve sorunsuz bölge olduğu belirlenmiştir.

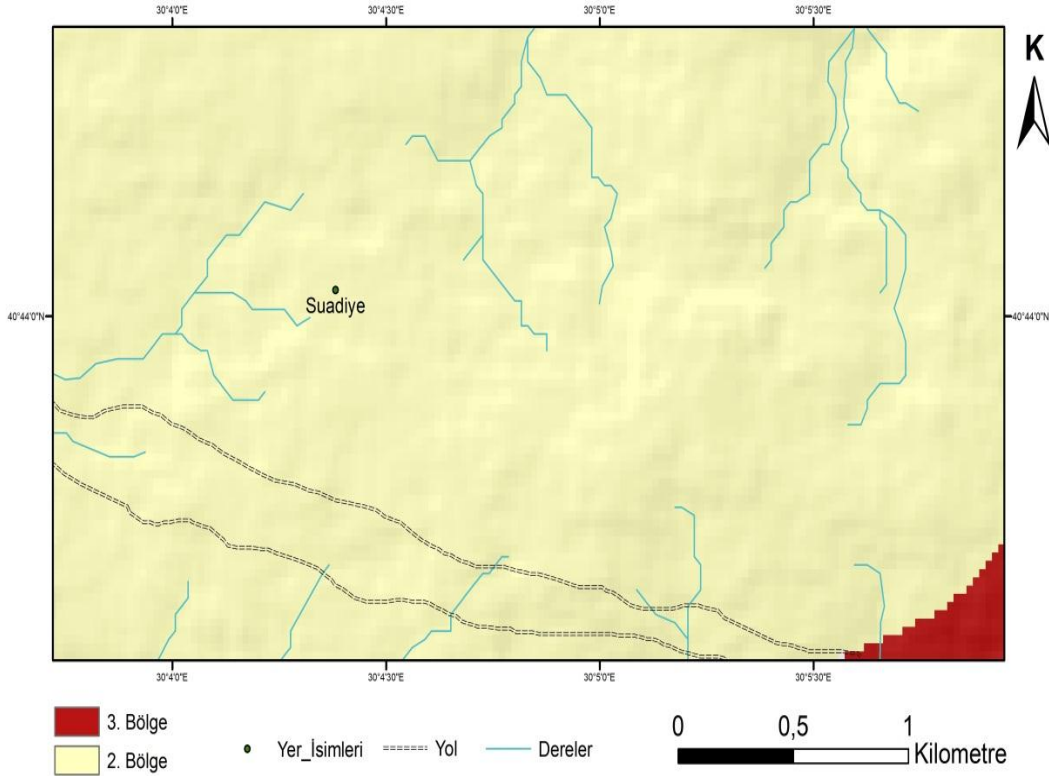


Tablo 6.26. Mühendislik jeolojisi değerlendirme haritalarında bölge dağılımı ilişkisi

| Bölge numarası | Bölgelerin renk dağılımı | Yapısal karakter | Eğim (°) | Ortalama YASS (m) | Taşıma gücü (t/m ²) | SPT-N ₃₀ (Darbe sayısı) |
|----------------|--------------------------|------------------|----------|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. Bölge | Yeşil | Sorunsuz | 0-10 | 7,5 | 30 | 10-40 |
| 2. Bölge | Açık sarı | Az sorunlu | 10-20 | 6 | 16 | 0-20 |
| 3. Bölge | Kırmızı | Sorunlu | 20-30 | 6,5 | 20 | 0-30 |
| 4. Bölge | Acık mavi | Aşırı sorunlu | 30-40 | 5 | 10,1 | 0-10 |

6.6.1. Suadiye Bölgesinin Mühendislik Jeolojisi Değerlendirmesi

Suadiye bölgesinin mühendislik jeolojisi değerlendirme amacıyla topoğrafik eğim ($^{\circ}$), yeraltı su seviyesi (m) , SPT- N_{30} ve taşıma gücü (t/m^2) parametrelerinin özellikleri incelenmiştir. Suadiye bölgesi değerlendirme haritası Şekil 6.9’da gösterilmektedir. Şekil 6.9’a göre Suadiye yerleşim alanı 2. bölge olarak belirlenmiştir. Suadiye yerleşim alanının mühendislik jeolojisi değerlendirme parametreleri Tablo 6.27’ de verilmektedir. Tablo 6.27’de elde edilen parametreler şöyledir; mühendislik jeolojisi açısından değerlendirildiğinde eğim açısı $10-20^{\circ}$ arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiş olup az sorunlu bölge sınıfında olduğu belirlenmiştir. SPT- N_{30} değeri darbe sayısı 0-20 arası olan zeminleri kapsamaktadır. Yeraltı su seviyesi derinliği ortalama 6 m derinliğindedir. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama $16\text{ ton}/m^2$ taşıma gücüne sahip bir bölge olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle yeraltı su seviyesinin yapılaşma açısından sorun yaratacağı düşünülmemiştir. Ancak çok katlı yapı yapılması durumunda gerekli önlemlerin tekrar gözden geçirilmesi önerilmektedir.



Şekil 6.9. Suadiye bölgesinin mühendislik jeolojisi değerlendirme haritası

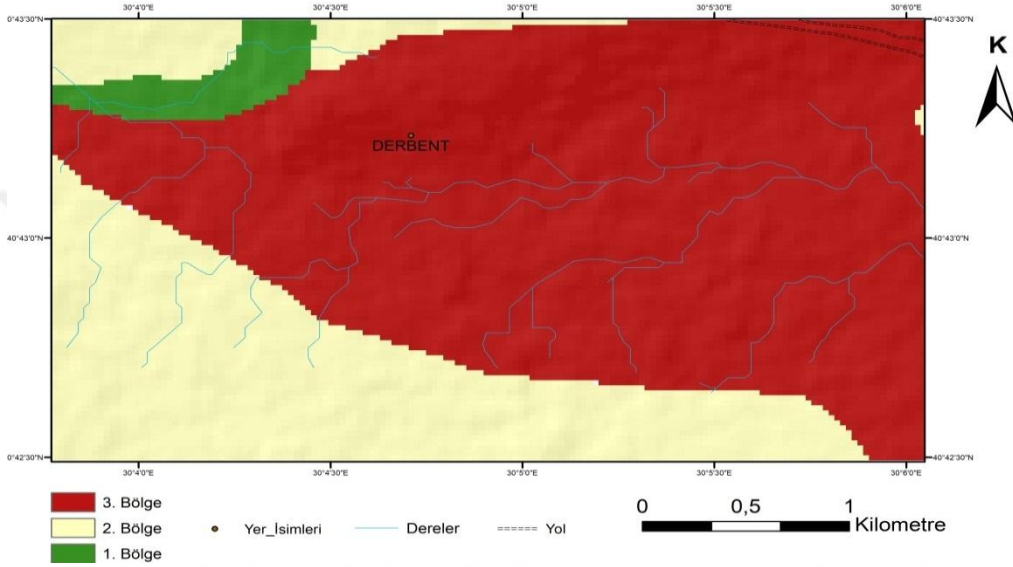
Tablo 6.27. Suadiye bölgesi mühendislik jeolojisi değerlendirme parametreleri

| Lokasyon | Mühendislik jeolojisi Parametreleri | Değerlendirme |
|----------|-------------------------------------|--------------------|
| Suadiye | Bölge no ve renk | 2.Bölge- Açık sarı |
| | Yapısal karakter | Az sorunlu |
| | Eğim (⁰) | 10-20 |
| | Yeraltı su Seviyesi(m) | 6 |
| | Taşıma gücü (t/m ²) | 16 |
| | SPT-N ₃₀ (Darbe sayısı) | 0-20 |

6.6.2. Derbent Bölgesinin Mühendislik Jeolojisi Değerlendirmesi

Derbent bölgesinin mühendislik jeolojisi değerlendirilmesi amacıyla topoğrafik eğim (⁰), yeraltı su seviyesi (m) , SPT-N₃₀ ve taşıma gücü (t/m²) parametrelerinin özellikleri incelenmiştir. Derbent bölgesi değerlendirme haritası Şekil 6.10'da gösterilmektedir. Şekil 6.10'da 1. bölge, 2. bölge ve 3. bölge bulunmaktadır. Şekil 6.10'a göre Derbent yerleşim alanı 3. bölge olarak belirlenmiştir. Derbent bölgesi mühendislik jeolojisi değerlendirme parametreleri Tablo 6.28'de verilmektedir. Tablo 6.28'de elde edilen parametreler şöyledir; 1. Bölge için mühendislik jeolojisi değerlendirme parametreleri eğim açısı 0-10° arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiş olup sorunsuz bölge sınıfındadır. SPT-N₃₀ değeri darbe sayısı 10-40 arası olan zeminleri kapsamaktadır. Yeraltı su seviyesi derinliği ortalama 7,5 m derinliğindedir. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama 30 ton/m² taşıma gücüne sahip bir bölgeyi belirtmektedir. 2. Bölge için mühendislik jeolojisi değerlendirme parametreleri eğim açısı 10-20° arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiş olup az sorunlu bölge sınıfındadır. SPT-N₃₀ değeri darbe sayısı 0-20 arası olan zeminleri kapsamaktadır. Yeraltı su seviyesi derinliği ortalama 6 m derinliğindedir. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama 16 ton/ m² taşıma gücüne sahip bir bölgeyi belirtmektedir. Derbent yerleşim alanı 3. bölgede bulunmaktadır. Mühendislik jeolojisi açısından değerlendirildiğinde eğim açısı 20-30° arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiştir. SPT-N₃₀ değeri darbe sayısı 0-30 arası olan zeminleri kapsamaktadır. Yeraltı su seviyesi derinliği ortalama 6,5 m derinliğindedir. Bu nedenle yeraltı su

seviyesinin yapılaşma açısından sorun yaratacağı düşünülmemiştir. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama 20 ton/m² taşıma gücüne sahip bir bölgede olduğu belirlenmiştir. 3.bölgenin SPT-N₃₀ darbe sayısının az ve Kuzey Anadolu Fayı (KAF) yakınında olması ayrıca zeminin kumlu ve suya doygun olmasından dolayı sivilaşma riski taşıdığı için sorunlu bölge sınıfındadır. Ancak çok katlı yapı yapılması durumunda gerekli önlemlerin tekrar gözden geçirilmesi önerilmektedir.



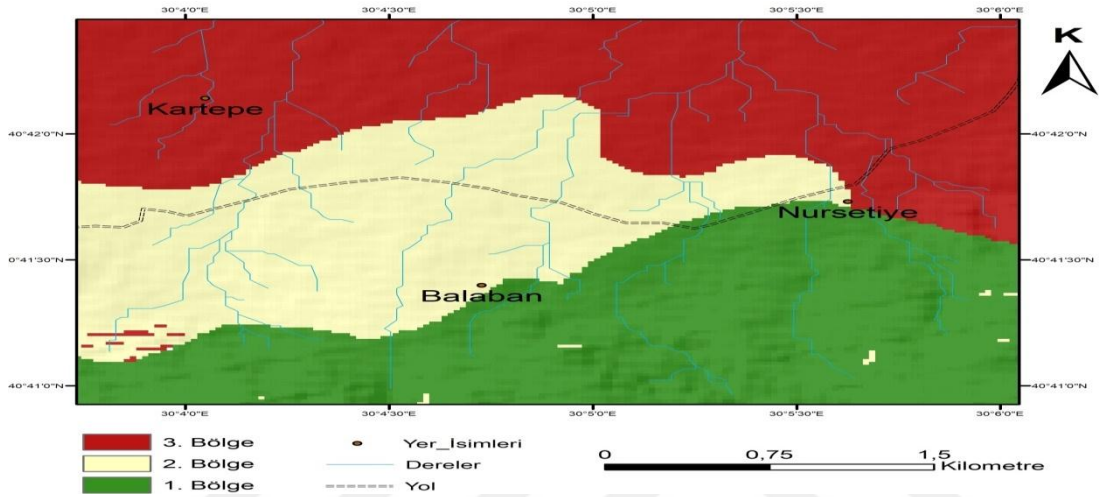
Şekil 6.10. Derbent bölgesinin mühendislik jeolojisi değerlendirme haritası

Tablo 6.28. Derbent bölgesi mühendislik jeolojisi değerlendirme parametreleri

| Lokasyon | Mühendislik jeolojisi Parametreleri | Değerlendirme | | |
|----------|-------------------------------------|---------------|------------|---------|
| | | 1.bölge | 2.bölge | 3.bölge |
| Derbent | Bölge no | 1.bölge | 2.bölge | 3.bölge |
| | Renk | Kırmızı | Açık sarı | Yeşil |
| | Yapısal karakter | Sorunsuz | Az sorunlu | Sorunlu |
| | Eğim (°) | 0-10 | 10-20 | 20-30 |
| | Yeraltı su Seviyesi (m) | 7,5 | 6 | 6,5 |
| | Taşıma gücü (t/m ²) | 30 | 16 | 20 |
| | SPT-N ₃₀ (Darbe sayısı) | 10-40 | 0-20 | 0-30 |

6.6.3. Balaban Bölgesinin Mühendislik Jeolojisi Değerlendirmesi

Balaban bölgesinin mühendislik jeolojisi değerlendirme amacıyla topoğrafik eğim ($^{\circ}$), yeraltı su seviyesi (m) , SPT-N₃₀ ve taşıma gücü (t/m^2) parametrelerinin özellikleri incelenmiştir. Balaban bölgesi değerlendirme haritası Şekil 6.11’de gösterilmektedir. Şekil 6.11’de 1. bölge, 2. bölge ve 3. bölge bulunmaktadır. Şekil 6.11’e göre Balaban yerleşim alanı 1. bölge olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.11. Balaban bölgesinin mühendislik jeolojisi değerlendirme haritası

Balaban bölgesi mühendislik jeolojisi değerlendirme parametreleri Tablo 6.29’da verilmektedir. Tablo 6.29’da elde edilen parametreler şöyledir; 3. bölge için mühendislik jeolojisi değerlendirme parametreleri eğim açısı 20-30° arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiştir. SPT-N₃₀ değeri darbe sayısı 10-30 arası olan zeminleri kapsamaktadır. Yeraltı su seviyesi derinliği ortalama 6,5 m derinliğindedir. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama 20 ton/ m² taşıma gücüne sahip bir bölgeyi belirtmektedir. 3.bölgenin SPT-N₃₀ darbe sayısının az ve Kuzey Anadolu Fayı (KAF) yakınında olması ayrıca zeminin kumlu ve suya doygun olmasından dolayı sıvılaşma riski taşıdığı için sorunlu bölge sınıfındadır. 2. bölge için mühendislik jeolojisi değerlendirme parametreleri eğim açısı 10-20° arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiş olup az sorunlu bölge sınıfındadır. SPT-N₃₀ değeri darbe sayısı 0-20 arası olan zeminleri kapsamaktadır. Yeraltı su seviyesi derinliği ortalama 6 m derinliğindedir. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama 16 ton/ m² taşıma gücüne sahip bir bölgeyi belirtmektedir. Balaban yerleşim alanı 1. bölgede

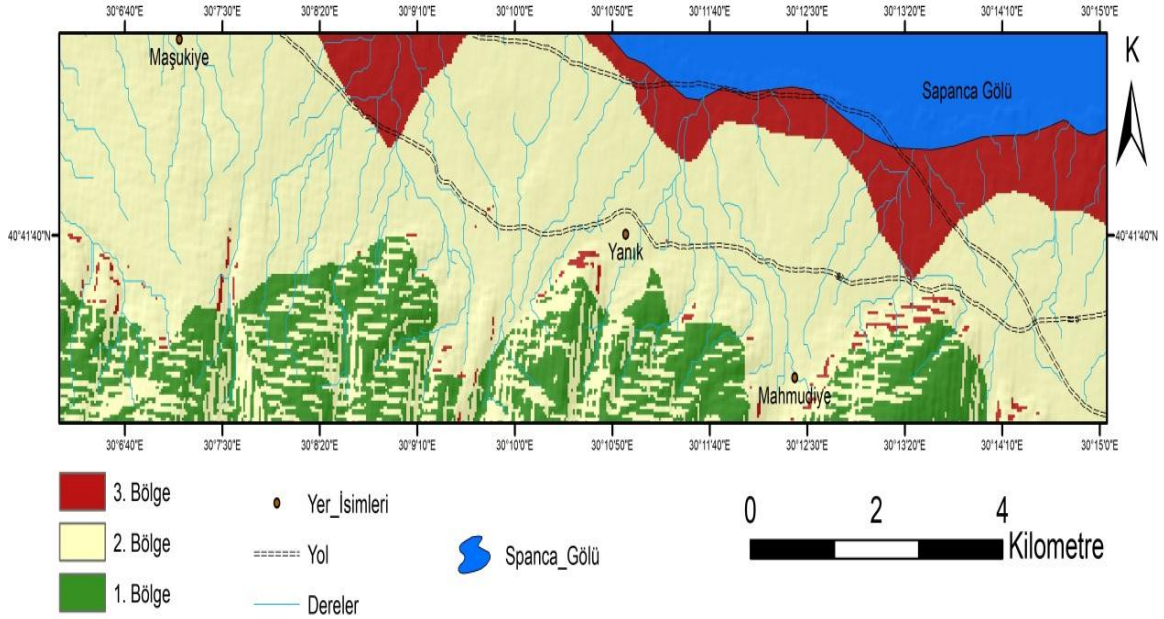
bulunmaktadır. Mühendislik jeolojisi açısından değerlendirildiğinde eğim açısı 0-10° arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiş olup sorunsuz bölge sınıfındadır. SPT-N₃₀ değeri darbe sayısı 10-40 arası olan zeminleri kapsamaktadır. Yeraltı su seviyesi derinliği ortalama 7,5 m derinliğindedir. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama 30 ton/ m² taşıma gücüne sahip bir bölgede olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle yeraltı su seviyesinin yapılaşma açısından sorun yaratacağı düşünülmemiştir. Ancak çok katlı yapı yapılması durumunda gerekli önlemlerin tekrar gözden geçirilmesi önerilmektedir.

Tablo 6.29. Balaban bölgesi mühendislik jeolojisi değerlendirme parametreleri

| Lokasyon | Mühendislik jeolojisi Parametreleri | Değerlendirme | | |
|----------|-------------------------------------|---------------|------------|---------|
| | | 1.bölge | 2.bölge | 3.bölge |
| Balaban | Bölge no | 1.bölge | 2.bölge | 3.bölge |
| | Renk | Kırmızı | Açık sarı | Yeşil |
| | Yapısal karakter | Sorunsuz | Az sorunlu | Sorunlu |
| | Eğim (°) | 0-10 | 10-20 | 20-30 |
| | Yeraltı su Seviyesi (m) | 7,5 | 6 | 6,5 |
| | Taşıma gücü (t/m ²) | 30 | 16 | 20 |
| | SPT-N ₃₀ (Darbe sayısı) | 10-40 | 0-20 | 0-30 |

6.6.4. Sapanca Gölü Güney Bölgesinin Mühendislik Jeolojisi Değerlendirmesi

Sapanca Gölü güney bölgesinin mühendislik jeolojisi değerlendirilmesi amacıyla topoğrafik eğim (°), yeraltı su seviyesi (m), SPT-N₃₀ ve taşıma gücü (t/m²) parametrelerinin özellikleri incelenmiştir. Sapanca Gölü güney bölgesi değerlendirme haritası Şekil 6.12’de gösterilmektedir. Sapanca gölü güney bölgesi Şekil 6.12’ye göre 1. bölge, 2. bölge ve 3. bölgeyi kapsamaktadır. Mühendislik jeolojisi özellikleri bulunan Tablo 6.30’da verilmiştir. Tablo 6.30’da elde edilen parametreler şöyledir; 1.bölge için mühendislik jeolojisi değerlendirme parametreleri ve eğim açısı 0-10° arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiş olup sorunsuz bölge sınıfındadır. SPT-N₃₀ değeri darbe sayısı 10-40 arası olan zeminleri kapsamaktadır.



Şekil 6.12. Sapanca Gölü güneyinin mühendislik jeolojisi değerlendirme haritası

Yeraltı su seviyesi derinliği ortalama 7,5 m derinliğindedir. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama 30 ton/ m² taşıma gücüne sahip bir bölgeyi belirtmektedir. 2. Bölge için mühendislik jeolojisi değerlendirme parametreleri eğim açısı 10-20° arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiş olup az sorunlu bölge sınıfındadır. SPT-N₃₀ değeri darbe sayısı 0-20 arası olan zeminleri kapsamaktadır. Yeraltı su seviyesi derinliği ortalama 6 m derinliğindedir. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama 16 ton/m² taşıma gücüne sahip bir bölgeyi belirtmektedir. 3. bölge için mühendislik jeolojisi açısından değerlendirildiğinde eğim açısı 20-30° arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiştir. SPT-N₃₀ değeri darbe sayısı 0-30 arası olan zeminleri kapsamaktadır. Yeraltı su seviyesi derinliği ortalama 6,5 m derinliğindedir. Bu nedenle yeraltı su seviyesinin yapılaşma açısından sorun yaratacağı düşünülmemiştir. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama 20 ton/m² taşıma gücüne sahip bir bölgede olduğu belirlenmiştir. 3.bölgenin SPT-N₃₀ darbe sayısının az ve Kuzey Anadolu Fayı (KAF) yakınında olması ayrıca zeminin kumlu ve suya doygun olmasından dolayı sıvılaşma riski taşıdığı için sorunlu bölge sınıfındadır. Ancak çok katlı yapı yapılması durumunda gerekli önlemlerin tekrar gözden geçirilmesi önerilmektedir.

Tablo 6.30. Sapanca Gölü güney bölgesi mühendislik jeolojisi değerlendirme parametreleri

| Lokasyon | Mühendislik jeolojisi Parametreleri | Değerlendirme | | |
|---------------------|-------------------------------------|---------------|------------|---------|
| | | 1.bölge | 2.bölge | 3.bölge |
| Sapanca Gölü güneyi | Bölge no | 1.bölge | 2.bölge | 3.bölge |
| | Renk | Kırmızı | Açık sarı | Yeşil |
| | Yapısal karakter | Sorunsuz | Az sorunlu | Sorunlu |
| | Eğim (⁰) | 0-10 | 10-20 | 20-30 |
| | Yeraltı su Seviyesi (m) | 7,5 | 6 | 6,5 |
| | Taşıma gücü (t/m ²) | 30 | 16 | 20 |
| | SPT-N ₃₀ (Darbe sayısı) | 10-40 | 0-20 | 0-30 |

İncelenen tüm bölgeler bir arada genel olarak mühendislik jeolojisi açısından değerlendirildiğinde aşırı sorunlu bir bölgenin bulunmadığı ancak sorunsuz, az sorunlu ve sorunlu bölgelerin olduğu belirlenmiştir.

7. ARAŞTIRMA BULGULARI

Tez çalışmasında İzmit Havzasının güneydoğu kesimi olan Kartepe Bölgesi ile Sapanca Gölü Güney kesimi arasındaki birimlerin mühendislik jeolojisi ve jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bölgede yapılmış sondaj ve arazi deney (SPT) verileri kullanılmıştır. Jeofizik ölçümler ile birimlerin jeodinamik özellikleri belirlenmiştir. Daha önce yapılan jeoteknik çalışmalardan elde edilen verilerden yararlanılmıştır.

Suadiye-Sapanca arası bölgede oldukça yalın bir jeoloji modeli sergilenmektedir. Sapanca-İzmit yolunun kabaca güneyindeki dik ve yüksek topoğrafyayı oluşturan metamorfik kaya toplulukları ve bunların üzerinde düzlük alanları meydana getiren karbonatlı kırıntılılar ve güncel çökeller oluşturmaktadır. Çalışma bölgelerinden olan Kartepe Bölgesi ve doğu kesimlerinde eğim 0-20 derece arasında değişmektedir. Bu değerler diğer inceleme alanı olan Sapanca Gölü ve çevresinde ise 15-20 derece olarak değişmektedir.

Suadiye- Sapanca arasında belirlen 4 bölgede zemin özelliğindeki birimlerin sıklık değerlendirilmesi SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerleri kullanılarak gevşek-orta sıkı-sıkı ve kıvam özelliğine göre ise katı-çok katı olarak belirlenmiştir. Balaban bölgesinde SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre belirlenen zemin biriminin sıklık özellikleri orta sıkı-sıkı ve kıvam durumuna göre ise katı-çok katı olarak görülmektedir. Suadiye bölgesinde SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre belirlenen zemin biriminin sıklık özellikleri gevşek- orta sıkı ve kıvam durumuna göre ise katı-çok katı olarak görülmektedir. Derbent bölgesinde SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre belirlenen zemin biriminin sıklık özellikleri orta sıkı-sıkı ve kıvam durumuna göre ise katı-çok katı olarak görülmektedir. Sapanca bölgesinde SPT-N, SPT-N₃₀ ve düzeltilmiş SPT-N₆₀ değerlerine göre belirlenen zemin biriminin sıklık özellikleri orta sıkı-sıkı ve kıvam durumuna göre ise katı-çok katı olarak görülmektedir.

Bu bölgede açılan sondaj kuyularında yeraltı suyu seviyesinin (YASS) belirlenmesi için çalışmalar yapılmıştır. Buna bağlı olarak Suadiye-Sapanca Bölgesi arası sondaj kuyularında yapılan ölçümlerde yeraltı suyu seviyesinin genelde 5-7,5 metre arası

değişim göstermektedir. Sondaj kuyularında yapılan ölçümler sonucu yeraltı suyu seviyesi Suadiye bölgesinde 6 metre, Balaban bölgesinde 7.5 metre, Derbent bölgesinde 6 metre ve Sapanca bölgesinde 6-7,5 metre olduğu belirlenmiştir.

İnceleme alanı olan Sapanca Gölü ve yakın çevresi, tektonik hareketler sonucu oluşan ve tektonik bir havzada bulunurken, sahanın güneyinde Samanlı Dağları'nın en yüksek kütlesi olan Kartepe, kuzeyde ise Kocaeli platosuna bağlı olan alçak plato sahası, doğu ve batıda ise İzmit-Sapanca depresyonunda meydana gelmiş alüvyal sahalar ve Sapanca gölü yer almaktadır. Bu sebeple farklı jeolojik formasyonlar ve litolojik birimler inceleme alanı ve çevresinde gözlemlenmektedir. İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu arasında Sapanca Gölü ve tektonik depresyonu bulunmaktadır. Ayrıca Sapanca Gölü oluşumuna büyük katkı sağlayan Kuzey Anadolu Fay hattı bu alandan geçmektedir.

Suadiye- Sapanca arası bölgede genellikle katı-çok katı, gri renkli karbonat çamurlu kabuklu alt seviyeleri sert kıvamlı siltli kil (CL) ve zayıf kayaların hakim olduğu görülmektedir. Bu bölgede dolgu zemin altında çakıllı killi kum (SC), siltli kum(SM) ve ince kum (SP) birimlerinin düşük plastisiteli kil (CL) arasına girdiği görülmektedir.

Suadiye–Sapanca arası bölgede açılan sondaj kuyularında yapılan SPT-N₃₀ değerlerine göre çıkan zeminde Suadiye ve civarı için serbest basınç dayanım (q_u) 2,00-4,00 kg/cm² ve SPT-N₃₀ değerleri 0-15 ila 15-40 arasında değişen az çakıllı, kumlu siltli kil, siltli kum birimleridir. Sapanca ve civarında belirlenen zemin için serbest basınç dayanımı (q_u) 3,5-7.0 kg/cm² ve SPT-N₃₀ değerleri 10-40 arasında değişen orta sıkı-sıkı kum, çakıl, çok katı kil ve şist birimleridir.

Suadiye Bölgesi sondaj verileri ve Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web uygulaması ile mühendislik parametrelerinden yerel zemin sınıfı ZD, en büyük yer ivmesi (PGA)-0,724, en büyük yer hız ivmesi (PGV)- 56.353, harita spektral ivme katsayısı-S_S= 1,773-S₁= 0,481, yerel zemin etki katsayısı-F_S= 1,000- F₁= 1,819, tasarım spektral ivme katsayıları-S_{DS}= 1,668- S_{D1}= 0,875, yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s) T_A= 0,099- T_B= 0,493, düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s)- T_{AD}= 0,033- T_{BD}= 0,164 olarak belirlenmiştir.

Balaban Bölgesi sondaj verileri ve Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web uygulaması ile mühendislik parametrelerinden yerel zemin sınıfı ZD, en büyük yer ivmesi (PGA)-0,696, en büyük yer hız ivmesi (PGV)- 51,607, harita spektral ivme katsayı- $S_S= 1,707$ - $S_1= 0,465$, yerel zemin etki katsayısı- $F_S= 1,000$ - $F_1= 1,835$, tasarım spektral ivme katsayıları- $S_{DS}= 1,707$ - $S_{D1}= 0,853$, yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s) $T_A= 0,100$ - $T_B= 0,500$, düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s)- $T_{AD}= 0,033$ - $T_{BD}= 0,167$ olarak belirlenmiştir.

Derbent Bölgesi sondaj verileri ve Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web uygulaması ile mühendislik parametrelerinden yerel zemin sınıfı ZD, en büyük yer ivmesi (PGA)-0,697, en büyük yer hız ivmesi (PGV)- 57,739, harita spektral ivme katsayı- $S_S= 1,708$ - $S_1= 0,466$, yerel zemin etki katsayısı- $F_S= 1,000$ - $F_1= 1,834$, tasarım spektral ivme katsayıları- $S_{DS}= 1,708$ - $S_{D1}= 0,855$, yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s) $T_A= 0,100$ - $T_B= 0,500$, düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s)- $T_{AD}= 0,033$ - $T_{BD}= 0,167$ olarak belirlenmiştir.

Sapanca Bölgesi sondaj verileri ve Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web uygulaması ile mühendislik parametrelerinden yerel zemin sınıfı ZD, en büyük yer ivmesi (PGA)-0,675, en büyük yer hız ivmesi (PGV)- 56,887, harita spektral ivme katsayı- $S_S= 1,653$ - $S_1= 0,454$, yerel zemin etki katsayısı- $F_S= 1,000$ - $F_1= 1,846$, tasarım spektral ivme katsayıları- $S_{DS}= 1,653$ - $S_{D1}= 0,838$, yatay yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s) $T_A= 0,101$ - $T_B= 0,507$, düşey yönde elastik tasarımı ivme spektrum köşe periyotları (s)- $T_{AD}= 0,034$ - $T_{BD}= 0,169$ olarak belirlenmiştir.

Suadiye bölgesinin mühendislik jeolojisi açısından değerlendirildiğinde Örencik Formasyonu ($T_{plö}$) ile yüzeylenen ve eğim açısı 10-20° arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiş olup az sorunlu bölge sınıfındadır. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama 16 ton/m² taşıma gücüne sahip bir bölge olduğu belirlenmiştir. Derbent bölgesinin mühendislik jeolojisi açısından değerlendirildiğinde alüvyon (Q_{al}) ile yüzeylenen ve eğim açısı 20-30° arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiş olup sorunlu bölge sınıfındadır. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama 20 ton/m² taşıma gücüne sahip bir bölgede olduğu belirlenmiştir.

Balaban bölgesinin mühendislik jeolojisi açısından değerlendirildiğinde Sultaniye Metamorfikleri (PT_{RS}) ile yüzeylenen ve eğim açısı 0-10° arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiş olup sorunsuz bölge sınıfındadır. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama 30 ton/m² taşıma gücüne sahip bir bölgede olduğu belirlenmiştir.

Sapanca Gölü Güney bölgesinin mühendislik jeolojisi haritası değerlendirildiğinde geniş bir alan alüvyon yelpazesine hakim olup sorunlu ve az sorunlu bölge sınıfındadır. Mühendislik jeolojisi özelliklerine bakıldığında elde edilen parametreler şöyledir; yeraltı su seviyesi derinliği ortalama 6-7,5 m derinliğinde ve eğim açısı 20°-40° arası değişen eğimli alanları kapsadığı belirlenmiştir. Taşıma gücü açısından değerlendirildiğinde ise ortalama 16-20 ton/m² taşıma gücüne sahip bir bölgede olduğu belirlenmiştir.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında İzmit Havzasının Güneydoğu kesimi ile Sapanca Gölü arası mühendislik jeolojisi incelenmiştir. Alanın jeoloji ve jeoteknik incelenmesinde jeolojik, jeomorfolojik, jeoteknik ve mühendislik jeolojisi verileri toplanmıştır. CBS programları ile haritaların çizilmesi sağlanmıştır.

İnceleme alanı olan Sapanca Gölü ve yakın çevresi, tektonik hareketler sonucu oluşan ve tektonik bir havzada bulunurken, sahanın güneyinde Samanlı Dağları'nın en yüksek kütlesi olan Kartepe, kuzeyde ise Kocaeli platosuna bağlı olan alçak plato sahası, doğu ve batıda ise İzmit-Sapanca depresyonunda meydana gelmiş alüvyal sahalar ve Sapanca gölü yer almaktadır. Bu sebeple farklı jeolojik formasyonlar ve litolojik birimler inceleme alanı ve çevresinde gözlemlenmektedir. İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu arasında Sapanca Gölü ve tektonik depresyonu bulunmaktadır. Ayrıca oluşumuna büyük katkı sağlayan Kuzey Anadolu Fay hattı da bu alandan geçmektedir.

İnceleme alanı Kuzey Anadolu Fayına (KAF) yaklaşık 1-3 km uzaklıkta yer almakta olup 18.03.2018 tarih ve 30364 sayılı resmi gazetede yayımlanan ve 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Deprem Yönetmeliği deprem tehlike haritasına göre yüksek tehlikeli deprem bölgesinde kalmaktadır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne uyulmalıdır.

Suadiye-Sapanca bölgesi arasında yapılan sondaj çalışmalarından alınan SPT değerleri ve bu değerler sonucu belirlenen zeminlere göre profiller çıkartılarak yeraltı su seviyeleri belirlenmiştir. İnceleme alanında YASS değişimi 5-7,5 metre arasında değiştiği tespit edilmiştir.

İnceleme alanında yapılan sondaj çalışmalarından alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde laboratuvarında yapılan Atterberg limitleri deneylerinde plastisite indisi değerlerinin düşük olmasından dolayı bölgede etkin şişme özelliği gösteren kil birimlerine rastlanmamıştır.

Suadiye-Sapanca arası bölgede yapılan sondaj çalışmalarından alınan SPT-N₃₀ verileri belirlenmiştir. Bu bölgelerde yapılan çalışmalar ışığında mühendislik jeolojisi özellikleri (kıvam, şişme, sıklık, zemin sınıfı vb.) bulunmuştur. Buna göre İzmit'in

güneydoğusuna doğru yani Balaban, Suadiye ve Derbent bölgelerinde yapay dolgu veya bitkisel tabakanın Sapanca bölgesine göre daha çok ve kalın olduğu görülmüştür. Kartepe bölgesinde dolgu tabakanın altında genelde sarımsı, kahve renkli, üst seviyelerde çok katı alt seviyelerde sert kıvamlı çakıllı, siltli kil birimleri bulunurken, Sapanca bölgesine doğru çok katı kil, orta sıkı, çakıl, siltli kil ve şist birimleri yer almaktadır. SPT değerlerinin çok yüksek olmaması, zemin tür ve değerlerine göre inceleme alanının büyük çoğunluğu ZD sınıfı olarak belirlenmiştir. Bu durum SPT-N₃₀ değeri darbe sayısı 6-40 arası olan zeminleri belirtmektedir.

Suadiye-Sapanca bölgesi arasında riskli bulunan bölgeler dışında alanda yapılan jeolojik, jeoteknik ve jeofizik çalışmalar sonucunda elde edilen tüm bu veriler değerlendirildiğinde önlemlerin ve parametrelerin dikkate alınması kaydıyla mühendislik jeolojisi değerlendirme açısından yapılaşmaya uygundur.

KAYNAKLAR

- AFAD. (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)*. AFAD, <https://tdth.afad.gov.tr/> (Ziyaret tarihi: 5 Mayıs 2021).
- AFAD. (2018). *Türkiye Deprem Tehlike Haritası İnteraktif Web Uygulaması*. AFAD, <https://tdth.afad.gov.tr/> (Ziyaret tarihi: 5 Mayıs 2021).
- Akkaya, İ., Özvan, A., Akın, M., Akın M., Övün., U. (2017). Kayma Dalgası Hızı (V_s) Kullanılarak Erciş (Van) Yerleşim Alanının Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 55-68.
- Aksoy, M. (2002). İzmit-Sapanca Arasının Genç Tektonik ve Paleosismolojik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, İstanbul, 129453.
- Azougay, A., Rezgi, H., Oujidi, M. (2020). The Use of a Geographic Information System to Study Geotechnical Problems in Urban Areas. *E3S Web Of Conferences*, Salé, Morocco, 12 February 2020.
- Bahadır, M. (2013). Işıklı Gölü Havzasında Doğal Ortam Koşulları ve Arazi Kullanımına Yansıması. *Coğrafya Dergisi*, 0(26), 1-20.
- Bastawesy, M.E., White, K., Nasr, A. (2009), Integration of Remote Sensing and GIS for Modelling Flash Floods in Wadi Hudain Catchment. *Hydrological Processes*, 23(9), 1359-1368.
- Bayazıt, Y., Bakış, R. (2015). Seydisuyu Çayının Havza Taşkın Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Oluşturulması. *VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi*, Şanlıurfa, Türkiye, 8-10 Ekim 2015.
- Chang, N., Parvathinathan, G., Breden, J.B. (2008). Hızla Büyüyen Bir Kentsel Bölgede Depolama Sahası Yerleşimi İçin GIS'i Bulanık Çok Kriterli Karar Verme ile Birleştirmek. *Çevre Yönetimi Dergisi*, 87(1), 139-153.
- Coruk, Ö., Tolay, N., Kocaeli-Büyük Derbent (Hikmetiye) Beldesi Yerleşim Amaçlı Jeoloji ve Jeoteknik Raporu (2000). *JMS Jeoloji-Mühendislik Sondaj*, 33-35.
- Coruk, Ö., Karakaş, A. (2007). İzmit ve Yakın Dolayının Jeolojisi ve Mühendislik Jeolojisi, *TMMOB Kocaeli Kent Sempozyumu*, Kocaeli, Türkiye, 4 Haziran 2007.
- Çavuş, N. (2002). İzmit Civarının Jeolojisi ve Coğrafi Bilgi Sistemi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, İstanbul, 129454.

- Ceylan, M. (1999). Sapanca Gölü Havzasının Yağış Özellikleri ve Rölyef. *Türk Coğrafya Dergisi*, 0(34), 643-659.
- Ceylan, M. (1990). Sapanca Gölü'nün Hidrolojik Etüdü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 10769.
- Doğan, B. (1998). Yuvacık (İzmit)-Sapanca (Adapazarı) Arası Bölgenin Jeolojisi ve Tektonik Özellikleri. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 78211.
- El May, M., Dlala, M., Bedday, A. (2011). Engineering Geological and Geotechnical Survey for Risk Assessment. *Central European Journal of Geosciences*, 3(3), 260-270.
- Erinç, S. (1949). Sapanca Gölünün Derinlik Haritası ve Morfometrisi. *Türk Coğ. Dergisi*, 11-12, 139-140.
- Erinç, S. (1973). Türkiye: İnsan ve Ortam. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 18-19, 1-33.
- Gürbüz, A., Gürer, Ö.F. (2008). Anthropogenic Affects on Lake Sedimentation Process: a Case Study from Lake Sapanca, NW Turkey. *Environ Geology*, 6(2), 299-307.
- Hoşgören, M. (1994). Türkiye'nin Gölleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 0(29), 19-51.
- İnandık, H. (1952-1953). Adapazarı Ovası ve Çevresi'nin Jeomorfolojik Etüdü. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 2(3-4), 107-138.
- Kaçmaz, M. (2010). Sapanca Gölü Havzası'nda Arazi Kullanımı ve Mekânsal Değişim. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 264459.
- Kaya, O., Wiedmann, J., and Kozur, H. (1986). Preliminary Report on the Stratigraphy, Age and Structure of the So-called Late-Paleozoic and/or Triassic Melange or Suture Zone Complex of Northwestern and Western Turkey. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Enstitüsü Yayın Organı*, 13(1), 1-16.
- Lahn, E., (1948), Türkiye Göllerinin Jeolojisi ve Jeomorfolojisi Hakkında Bir Etüd, *MTA*, Seri.B-2, 2.
- National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP) (2003). Recommended Provisions for Seismic Regulations of New Buildings: Part I, Provisions, *Federal Emergency Management Agency (FEMA)*, 222A, 22-50.
- Pehlivan, Ş., Bilginer, E., Aksay, A. (2002). Adapazarı - G26 Paftası, MTA 1:100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, *MTA*, 33, 28.
- Terzaghi, K., Peck, R.B. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.

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

Timur, E., Aksoy, A., 1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları-Adapazarı G24 Paftası, MTA, No.31, 2002.

Uzun, M. (2016). Sapanca Gölü Kıyıları ve Yakın Çevresinde Jeomorfolojik Birimlerle Mekan-Kıyı Kullanımı İlişkisinin İncelenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 0(33), 465-492.



KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

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



ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Diyarbakır'da tamamladı. 2010 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden 2015 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. 2016 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı ve halen bu bölümde öğrenimine devam etmektedir.

