

**T.C.**  
**ANAkkALE VALİLİĞİ**  
**ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK İL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**ANAkkALE İLİ-MERKEZ İLÇESİ**  
**PAFTA NO : H16C-09C-3D, H16C-09C-4A,**  
**H16C-09C4B, H16C-09C4C ve H16C-09C-4D**



**İMAR PLANINA ESAS**  
**JEOLojİK-JEOTEKNİK ETÜT RAPORU**  
**HAZIRLAYAN**  
**ANAkkALE BELEDİYESİ**  
**EYLÜL 2015**

## **İÇİNDEKİLER**

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. AMAÇ VE KAPSAM .....</b>                                                       | <b>5</b>  |
| <b>2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI VE ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ.....</b>                   | <b>6</b>  |
| 2.1. Mekansal Bilgiler – Coğrafi Konum.....                                          | 6         |
| 2.2. İklim Ve Bitki Örtüsü.....                                                      | 8         |
| 2.3. Sosyo – Ekonomik Bilgiler .....                                                 | 8         |
| 2.4. Arazi, Laboratuvar, Büro Çalışma Yöntemleri ve Ekipmanları.....                 | 11        |
| <b>3. İNCELEME ALANININ MEVCUT PLAN, YAPILAŞMA DURUMU VE DİĞER ÇALIŞMALAR</b>        | <b>13</b> |
| 3.1. Tüm Ölçeklerde Mevcut Plan Durumu ve Mevcut Yapılaşma.....                      | 13        |
| 3.2. Mevcut Plana Esas Yerbilimsel Etütler, Sakıncalı Alanlar – Afete Maruz Bölgeler | 13        |
| 3.3. Taşkın Sahaları, Sit Alanları, Koruma Bölgeleri.....                            | 13        |
| 3.4. Değişik Amaçlı Etütler ve Verileri.....                                         | 13        |
| <b>4. JEOMORFOLOJİ.....</b>                                                          | <b>14</b> |
| <b>5. JEOLJİ.....</b>                                                                | <b>18</b> |
| 5.1. Genel Jeoloji.....                                                              | 18        |
| 5.1.1. Stratigrafi .....                                                             | 20        |
| 5.1.1.1. Çanakkale Grubu.....                                                        | 21        |
| 5.1.1.1.1. Gazhanedere Formasyonu .....                                              | 22        |
| 5.1.1.1.2. Kirazlı Formasyonu .....                                                  | 23        |
| 5.1.1.1.3. Alçıtepe Formasyonu .....                                                 | 24        |
| 5.1.1.2. Alüvyonlar .....                                                            | 25        |
| 5.2. Yapısal Jeoloji .....                                                           | 25        |
| 5.3. İnceleme Alanı Mühendislik Jeolojisi .....                                      | 26        |
| <b>6. JEOTEKNİK AMAÇLI SONDAJ ÇALIŞMALAR VE ARAZİ DENEYLERİ.....</b>                 | <b>27</b> |
| 6.1. Sondajlar.....                                                                  | 27        |
| 6.1.1. Sığ Sondajlar.....                                                            | 27        |
| 6.2. Arazi Deneyleri .....                                                           | 28        |
| <b>7. JEOTEKNİK AMAÇLI LABORATUVAR DENEYLERİ.....</b>                                | <b>30</b> |
| 7.1. Zemin İndeks ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi.....                       | 30        |
| 7.2. Zeminlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi.....                             | 31        |
| <b>8. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR .....</b>                                                  | <b>32</b> |
| 8.1. Sismik Ölçümler .....                                                           | 32        |
| 8.1.1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY, 2007)    |           |
| Uyarınca Hesaplanan Zemin Sınıfları .....                                            | 38        |
| 8.2. Elektrik Öz direnç Ölçümleri.....                                               | 40        |
| <b>9. ZEMİN VE KAYA TÜRLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ .....</b>                       | <b>43</b> |
| 9.1. Zemin ve Türlerinin Sınıflandırılması.....                                      | 43        |
| 9.2. Mühendislik Zonları ve Zemin Profilleri.....                                    | 49        |
| 9.3. Zeminin Dinamik – Elastik Parametrelerinin İncelenmesi .....                    | 51        |
| 9.4. Şişme – Oturma ve Taşıma Gücü Analizleri ve Değerlendirme .....                 | 54        |
| 9.4.1. Zeminlerin Şişme Özellikleri.....                                             | 54        |
| 9.4.2. Zeminlerin Oturma Özellikleri.....                                            | 56        |
| 9.5. Yüzeysel Temeller İçin Taşıma Gücü .....                                        | 58        |
| 9.5.1. Orta sıkı-Sıkı Kum Tabakasına Oturacak Yapılar .....                          | 58        |
| 9.5.2. Katı-Çok Katı Kil Tabakasına Oturacak Yapılar .....                           | 59        |
| 9.5.3. Sert Kil Tabakasına Oturacak Yapılar .....                                    | 60        |
| <b>10. HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLER.....</b>                                              | <b>61</b> |

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 10.1. Yeraltı Suyu Durumu .....                                                               | 61        |
| 10.2. Yüzey Suları .....                                                                      | 61        |
| 10.3. İçme ve Kullanma Suları .....                                                           | 61        |
| <b>11. DOĞAL AFET TEHLİKESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ .....</b>                                    | <b>62</b> |
| 11.1. Deprem Durumu.....                                                                      | 62        |
| 11.1.1. Çalışma Alanı ve Çevresi Probobalistik Deprem Tehlike Analizi .....                   | 63        |
| 11.1.2. Çalışma alanı ve çevresi büyüklük (magnitüd) – frekans ilişkisi .....                 | 66        |
| 11.1.3. Poisson olasılık dağılımı ile deprem risk analizi .....                               | 68        |
| 11.2. İvme azalım ilişkileri kullanılarak en büyük yatay yer ivmesi (PGA) hesabı .....        | 71        |
| 11.3. Aktif Tektonik .....                                                                    | 76        |
| 11.4. Sıvılaşma Analizi ve Değerlendirme.....                                                 | 78        |
| 11.4.1. Zemin Büyütmesi (Ao) ve Zemin Hakim Titreşim Periyodu (To).....                       | 79        |
| <b>12. İNCELEME ALANININ YERLEŞİME UYGUNLUK DEĞERLENDİRMESİ .....</b>                         | <b>83</b> |
| 12.1. Önemli Alan 1.1 (ÖA-1.1): Sıvılaşma Tehlikesi Açısından Önemli Alanlar .....            | 84        |
| 12.2. Önemli Alan 2.1 (ÖA-2.1) : Önlem Alınabilecek Nitelikte Stabilite Sorunlu Alanlar ..... | 85        |
| <b>13. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>                                                             | <b>86</b> |
| <b>14. KAYNAKLAR .....</b>                                                                    | <b>89</b> |

## **TABLolar**

|                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 2.1.</b> : İnceleme alanının köşe koordinatları(1/1000) .....                                                                                                            | 7  |
| <b>Tablo 6.1.</b> : Jeoteknik Kuyularında Örnek Alınan Seviyeler .....                                                                                                            | 28 |
| <b>Tablo 6.2.</b> : Jeoteknik Kuyularda kesilen jeolojik birimler .....                                                                                                           | 29 |
| <b>Tablo 7.1.</b> : Zeminlere Ait İndeks ve Fiziksel Özellikler .....                                                                                                             | 30 |
| <b>Tablo 7.2.</b> : Zeminlere Ait Mekanik Özellikler .....                                                                                                                        | 31 |
| <b>Tablo 8.1.</b> : Sismik Ölçü Koordinatlar .....                                                                                                                                | 35 |
| <b>Tablo 8.2.</b> : Zemin grubu ,yerel zemin sınıfı, spektrum karakteristik periyotları ve zemin hakim titreşim periyodu .....                                                    | 38 |
| <b>Tablo 8.3.</b> : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik Zemin Grupları .....                                                                                | 39 |
| <b>Tablo 8.4.</b> : Yerel Zemin Sınıfları .....                                                                                                                                   | 39 |
| <b>Tablo 8.5.</b> : Ölçü Nokta Koordinatları .....                                                                                                                                | 40 |
| <b>Tablo 9.1.</b> : İnce daneli zeminlerin kıvamlılık indeksine göre sınıflandırılması (Means ve .....                                                                            | 45 |
| Parcher (1963) .....                                                                                                                                                              | 45 |
| <b>Tablo 9.2.</b> : İnceleme Alanındaki İnce Daneli Zeminlerin Kıvamlılık İndeksleri .....                                                                                        | 46 |
| <b>Tablo 9.3.</b> : Burmister (1951) Sınıflaması .....                                                                                                                            | 47 |
| <b>Tablo 9.4.</b> : Plastisite İndeksine Bağlı Plastisite Derecesi .....                                                                                                          | 47 |
| <b>Tablo 9.5.</b> : Zeminlerin Plastisite Dereceleri (Burmister 1951 ve Leonards 1962 sınıflaması) ..                                                                             | 47 |
| <b>Tablo 9.6.</b> : Kohezyonsuz zeminlerde SPT'ye göre relatif sıklık değeri (Terzaghi ve Peck) .....                                                                             | 48 |
| <b>Tablo 9.7.</b> : İnceleme Alanı Kohezyonsuz Zeminlerde SPT Deneyine Bağlı Sıklık Değerlendirmesi .....                                                                         | 48 |
| <b>Tablo 9.8.</b> : Dinamik – Elastik Mühendislik Parametreleri .....                                                                                                             | 52 |
| <b>Tablo 9.9.</b> : TS EN 1998-1 (Eurocode 8) yer sınıflaması .....                                                                                                               | 53 |
| <b>Tablo 9.11.</b> : Şişme potansiyeli tanımı (Holtz ve Gibbs 1956) .....                                                                                                         | 54 |
| <b>Tablo 9.12.</b> : Örselememiş Numuneler Üzerinde Yapılan Deney Sonuçlarına Göre Zeminlerin Şişme Tanımlamaları .....                                                           | 55 |
| <b>Tablo 9.13.</b> : Killerin Aktivite Durumu ve Kil Minerali İçeriği .....                                                                                                       | 55 |
| <b>Tablo 9.14.</b> : Konsolidasyon Oturma Miktarları .....                                                                                                                        | 56 |
| <b>Tablo 9.15.</b> : Ani Oturma Miktarları .....                                                                                                                                  | 57 |
| <b>Tablo 9.16.</b> : Toplam Oturma Miktarları .....                                                                                                                               | 57 |
| <b>Tablo 9.17.</b> : Orta Sıkı-Sıkı Kum Tabakasına Oturacak Muhtemel Temel Derinlikleri için Taşıma gücü ve Emniyetli Taşıma Gücü Değerleri .....                                 | 58 |
| <b>Tablo 9.18.</b> : Katı-Çok Katı Kil Tabakasına Oturacak Muhtemel Temel Derinlikleri için Taşıma gücü ve Emniyetli Taşıma Gücü Değerleri .....                                  | 59 |
| <b>Tablo 9.19.</b> : Sert Kil Tabakasına Oturacak Muhtemel Temel Derinlikleri için Taşıma gücü ve Emniyetli Taşıma Gücü Değerleri .....                                           | 60 |
| <b>Tablo 10.1.</b> : Yeraltı Suyu Ölçümleri .....                                                                                                                                 | 61 |
| <b>Tablo 11.1.</b> : Çalışma alanı ve sismik alt bölgeler için deprem tehlike parametreleri .....                                                                                 | 66 |
| <b>Tablo 11.2.</b> : Çalışma alanı için Poisson dağılımı yaklaşımı ile elde edilen sismik risk ve tekrarlanma periyodları .....                                                   | 69 |
| <b>Tablo 11.3.</b> : Fay sistemleri azalım ilişkileri .....                                                                                                                       | 72 |
| <b>Tablo 11.4.</b> : İnceleme alanı merkez olmak üzere 100 km yarıçaplı alan içindeki önemli faylar ve üretebilecekleri en büyük moment deprem büyüklükleri .....                 | 74 |
| <b>Tablo 11.5.</b> : İnceleme alanı ve yakın çevresine ait önemli fayların ürettiği en büyük moment deprem büyüklükleri ve inceleme alanında meydana gelecek ivme değerleri ..... | 75 |
| <b>Tablo 11.6.</b> : İnceleme alanı ve yakın çevresine ait önemli fayların ürettiği en büyük moment deprem büyüklükleri ve inceleme alanında meydana gelecek ivme değerleri ..... | 75 |

## **ŞEKİLLER**

|                                                                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 2.1. :</b> İnceleme alanına ait Google Earth görüntüsü.....                                                                                                                                                | 6  |
| <b>Şekil 4.1. :</b> Çalışma alanının morfolojik görünümü .....                                                                                                                                                      | 17 |
| <b>Şekil 5.1. :</b> Çanakkale Grubuna ait formasyonların stratigrafik konumu (Siyako, 2006) .....                                                                                                                   | 21 |
| <b>Şekil 6.1. :</b> Sondaj Çalışmalarına Ait Fotoğraf.....                                                                                                                                                          | 27 |
| <b>Şekil 8.1. :</b> Sismik Kırılma-MASW, Ölçü Yerleri .....                                                                                                                                                         | 33 |
| <b>Şekil 8.2. :</b> Sismik Ölçü Alımına Ait Fotoğraflar .....                                                                                                                                                       | 35 |
| <b>Şekil 8.3. :</b> SİS-2 Tomogramı .....                                                                                                                                                                           | 36 |
| <b>Şekil 8.4. :</b> Gevşek Zemin kalınlığı .....                                                                                                                                                                    | 37 |
| <b>Şekil 8.4. :</b> Elektrik Öz direnç Çalışmasına Ait Fotoğraflar .....                                                                                                                                            | 40 |
| <b>Şekil 8.5. :</b> DES Ölçü Noktaları Yerleri .....                                                                                                                                                                | 41 |
| <b>Şekil 9.1. :</b> İnceme Alanı Zemin Türleri.....                                                                                                                                                                 | 43 |
| <b>Şekil 9.2. :</b> Çok katı – Sert Kil Tabakasından Alınmış Karot Örnekleri (SK-5) .....                                                                                                                           | 44 |
| <b>Şekil 9.3. :</b> Çok katı – Sert Kil Tabakasından Alınmış Karot Örnekleri (SK-2) .....                                                                                                                           | 44 |
| <b>Şekil 9.4. :</b> Jeoteknik sondajların ve jeolojik kesitlerin yerleşim haritası .....                                                                                                                            | 49 |
| <b>Şekil 9.5. :</b> A-A' Jeolojik Kesiti .....                                                                                                                                                                      | 50 |
| <b>Şekil 11.1. :</b> Çanakkale ili deprem bölgeleri haritası (www.deprem.gov.tr den alınmıştır). .....                                                                                                              | 62 |
| <b>Şekil 11.2. :</b> İnceleme alanı ve dolaylarının Diri Fay haritası ) .....                                                                                                                                       | 63 |
| <b>Şekil 11.3. :</b> Çalışma alanında meydana gelen büyüklüğü $M \geq 3$ olan depremlerin episantr ve deprem derinliklerinin enlem ve boylama göre dağılımlarının basitleştirilmiş tektonik haritada gösterimi..... | 65 |
| <b>Şekil 11.4. :</b> Çalışma alanları deprem sayısı – büyüklük histogramları.....                                                                                                                                   | 67 |
| <b>Şekil 11.5. :</b> Büyüklük-frekans ilişkisi .....                                                                                                                                                                | 68 |
| <b>Şekil 11.6. :</b> Poisson dağılımı ile elde edilen büyüklük - sismik risk değerleri.....                                                                                                                         | 70 |
| <b>Şekil 11.7. :</b> İnceleme alanı ve yakın çevresine ait sismotektonik harita .....                                                                                                                               | 77 |
| <b>Şekil 11.8. :</b> İnceleme Alanı Zemin Hakim Titreşim Periyodu Haritası.....                                                                                                                                     | 80 |
| <b>Şekil 11.9. :</b> İnceleme Alanı Zemin Büyütmesi Haritası.....                                                                                                                                                   | 81 |
| <b>Şekil 11.10. :</b> İnceleme Alanı $V_{s30}$ Haritası.....                                                                                                                                                        | 82 |

## 1. AMAÇ VE KAPSAM

Bu rapor; Çanakkale İli, Merkez İlçesi, Cevatpaşa Mahallesi'nde bulunan 1/1000 ölçekli H16C-09C-3D, H16C-09C-4A, H16C-09C-4B, H16C-09C-4B ve H16C-09C-4D nolu hali hazır harita paftaları içerisinde bulunan 1047, 1048, 1049, 1050, 1051, 1052, 1053, 1054, 1055, 1056 VE 1057 adaların tamamı, 10 ada 2 parsel, 6 ada 3, 4, 6 ve 10 parseller, 1496, 1508, 1509 ve 1510 numaraları Karacaören parselleri ile 1482, 1483, 1488, 1489, 1497, 1503, 1504 ve 1507 numaralı Karacaören parsellerinin bir kısmını kapsayan alanda sınırları belirtilen yaklaşık 200.000 m<sup>2</sup>'lik alanın 1/1000 ölçekli imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt raporu ile yerleşime uygunluk durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında inceleme alanında olası afet tehlike risklerini ve zeminin mühendislik parametrelerini belirleyerek önlem projelerine yön vermek amacıyla gerekli arazi incelemeleri, sondaj çalışmaları, jeofizik ölçümler, laboratuvar verileri kullanılarak, yapılan jeolojik - jeoteknik değerlendirmeler sonucunda alanın yerleşime uygunluk değerlendirilmesi belirlenerek rapor tamamlanmıştır.

İnceleme alanının konut, ticaret ve ilköğretim tesis alanı ve park alanı olarak planlanması düşünülmektedir.

Bu rapor, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın (M.P.G.M.) 28.09.2011 tarih ve 102732 sayılı genelgesi gereğince, Format-3'e uygun olarak hazırlanmıştır.

## 2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI VE ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

### 2.1. Mekansal Bilgiler – Coğrafi Konum

Çalışma alanı, Çanakkale İli, Merkez İlçesi, Cevatpaşa Mahallesi sınırları içerisinde olup Çanakkale il merkezinde yer almaktadır. Çalışma alanı yaklaşık 200.000 m<sup>2</sup> dir. Bu çalışmada, 1/1000 ölçekli H16C-09C-3D, H16C-09C-4A, H16C-09C-4B, H16C-09C-4B ve H16C-09C-4D nolu hali hazır harita paftaları kullanılmıştır.



Şekil 2.1. : İnceleme alanına ait Google Earth görüntüsü

| Noktalar | Y          | X           |
|----------|------------|-------------|
| 1.Nokta  | 451544.344 | 4447458.971 |
| 2.Nokta  | 451728.247 | 4447215.074 |
| 3.Nokta  | 451983.326 | 4446880.344 |
| 4.Nokta  | 452186.199 | 4446629.186 |
| 5.Nokta  | 452251.819 | 4446545.828 |
| 6.Nokta  | 452229.733 | 4446540.910 |
| 7.Nokta  | 452224.591 | 4446540.032 |
| 8.Nokta  | 452214.304 | 4446537.590 |
| 9.Nokta  | 452207.151 | 4446536.593 |
| 10.Nokta | 451981.022 | 4446829.484 |
| 11.Nokta | 451819.608 | 4446973.742 |
| 12.Nokta | 451730.059 | 4447036.826 |
| 13.Nokta | 451709.180 | 4447046.472 |
| 14.Nokta | 451694.273 | 4447048.032 |
| 15.Nokta | 451663.113 | 4447039.488 |
| 16.Nokta | 451424.939 | 4447130.011 |
| 17.Nokta | 451419.011 | 4447126.944 |
| 18.Nokta | 451384.621 | 4446994.098 |
| 19.Nokta | 451378.532 | 4446987.986 |
| 20.Nokta | 451337.315 | 4446977.154 |
| 21.Nokta | 451276.143 | 4446960.770 |
| 22.Nokta | 451266.134 | 4446961.376 |
| 23.Nokta | 451189.890 | 4446989.851 |
| 24.Nokta | 451184.341 | 4446996.428 |
| 25.Nokta | 451183.183 | 4447035.630 |
| 26.Nokta | 451175.958 | 4447219.550 |
| 27.Nokta | 451172.746 | 4447224.014 |
| 28.Nokta | 451165.288 | 4447221.508 |
| 29.Nokta | 451165.485 | 4447222.223 |
| 30.Nokta | 451168.665 | 4447225.996 |
| 31.Nokta | 451174.212 | 4447232.576 |
| 32.Nokta | 451200.864 | 4447247.876 |
| 33.Nokta | 451268.805 | 4447263.853 |
| 34.Nokta | 451335.917 | 4447291.827 |
| 35.Nokta | 451512.852 | 4447435.883 |

**Tablo 2.1. : İnceleme alanının köşe koordinatları(1/1000)**

## 2.2. İklim Ve Bitki Örtüsü

Çanakkale İlinde Akdeniz ve Karadeniz iklimlerinin geçiş iklimi hüküm sürmektedir. Turizm sezonunda iklim ılıman olup, deniz suyu sıcaklığı Temmuz ve Ağustos aylarında maksimum seviyeye çıkmaktadır. Günlük hava sıcaklıkları sezonda maksimum 35°C ve minimum 25°C olmaktadır. Yağmurlar genelde Sonbaharda biraz fazla, İlkbaharda ise daha azdır. Kışın en belirgin özelliği kuzeyden gelen sert rüzgârlardır. Yaz ve Sonbaharda bölgeye Akdeniz İklimi hâkim olur.

Çanakkale il geneli topraklarının yarısından fazlası ormanlar ile kaplıdır. Ormanlar il topraklarının % 53,9'nu oluşturur. Ormanlık arazinin yarısından fazlasını kızılçam ve meşe kaplar. İlin kıyı ilçelerinde ve adalarda iklim hemen hemen aynıdır. Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş iklimin yaşandığı Çanakkale topraklarında iklim daha çok Akdeniz iklimine paralellik gösterir. İç bölgelerde deniz seviyesinden yükseklik artar ve bu nedenle kıyı bölgelere oranla aradaki sıcaklık ortalaması oldukça açılır. Yılın büyük bölümü hemen her ilçede rüzgârlı günler yaşanır.

Çanakkale'de önemli bir tatlı su kütlesi bulunmaz. Gelibolu Yarımadası'nda Tuzla Gölü, Biga ilçesi sınırlarında Hoyrat Gölü ve Ece Gölü ile diğer ilçelerde yer alan bazı ufak baraj gölleri ve göletler vardır.

Çanakkale ilinin coğrafi olarak aslında 4 farklı su kütlesi ile kıyısı bulunur. Bunlar, Marmara Denizi, Ege Denizi, Çanakkale Boğazı ve Saroz Körfezi'dir. Çanakkale merkezi yaklaşık 60 km uzunluğunda kıyı şeridinde sahiptir.

## 2.3. Sosyo – Ekonomik Bilgiler

Çanakkale'nin toplam nüfusu, 2011 Yılı sonu itibariyle 486.445'dir. Toplam nüfus büyüklüğüne göre iller sıralamasında 55. sırada yer almaktadır. Nüfus yoğunluğu % 49'dur. Merkez nüfusu yakın köyleriyle beraber 135.192'dir.

Çanakkale ili ekonomisinde en önemli unsur, tarımdır. Bununla beraber son yıllarda tarıma dayalı sanayi kolları gelişme göstermekte ve buna bağlı olarak ekonomide sanayinin payı artmaktadır. 2000 yılı Genel Nüfus Sayımı sonuçlarına göre istihdam edilen nüfusun (237.699), 133.140'ı (%56) tarım, 21.839'u (%9) sanayi, 8.470'i (%4) inşaat ve 73.563'ü (%31) hizmet sektöründe çalışmaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu verileriyle 2001 yılı cari fiyatlarla Gayri Safi Yurtiçi Hasıla illerin payına göre sıralamada Çanakkale ili 32. sırada, Kişi Başına Gayri Safi Yurtiçi Hasıla cari fiyatlarla iller sıralamasında ise 2.335 \$ dolar ile 19. sıradadır.

İl yüzölçümünün % 54'ünü ormanlar, % 34'ünü tarım yapılan arazi, % 5'ini çayır ve mera' lar, % 7'sini kültür dışı araziler kaplamaktadır. Tarım arazisinin % 81'i tarla arazisi, % 6'sı sebze, % 2'si meyve, % 2'si bağ, % 9'u zeytinliktir. İlin toplam tarım alanı 333.573 Ha. olup, 120.600 ha alanı sulanabilir arazidir. Toplam 50.511 ha (%42) alan sulanmakta olup, bu sulamanın 14.245 ha (%28) devlet tarafından gerçekleştirilmektedir.

Yetiştirilen tarım ürünleri arasında en önemli yeri oransal olarak sebze, ekim sahası olarak hububat almaktadır. 2003 yılı itibarıyla 376.153 ton Buğday, 456.220 ton Domates, 74.397 Ton Elma, 40.210 Ton Şeftali, 43.352 Ton Üzüm, 47.409 ton Zeytin, 33.462 ton Ayçiçeği üretimde ilk sıraları almıştır. Çanakkale köylüsünün önemli geçim kaynaklarının başında hayvancılık gelmekte olup, İl'de 115.853 adet Büyükbaş hayvan, 557.303 adet Küçükbaş hayvan vardır. Hayvansal ürünler olarak 1.842 ton et, 249.471 ton süt, 39 Milyon 787 bin adet yumurta, 785 ton Bal, 29.132 ton civarında deniz ürünleri üretimi gerçekleşmiştir.

İlde 25 ve daha fazla işçi çalıştıran 38 adet sanayi tesisinde 8.000 civarında işçi çalışmaktadır. İlde toprağa dayalı sanayide, Çan'da kurulu bulunan Seramik ve Kalebodur Fabrikaları, Ezine'de bulunan Çimento Fabrikası, Merkezde dondurulmuş gıda sebze ve su ürünlerini değerlendiren fabrikalar önemli gıda üretim birimleridir. Mevcut sanayi kuruluşlarında üretilen dondurulmuş ve kurutulmuş gıda, su ürünleri, bakliyat, çimento, maden cevheri, seramik ve karo fayans en çok ihraç edilen ürünlerdir. Biga ve Çanakkale Organize Sanayi Bölgesi'nde altyapı çalışmaları tamamlanmış olup yatırımcılara yönelik parsel tahsisi devam etmektedir. Ayrıca 7 adet küçük sanayi sitesinde toplam 886 işyeri faaliyet göstermektedir.

İldeki okur-yazar oranı (+6 yaş nüfus) 2011 Yılı TÜİK verilerine göre % 97,55'tir. İlde; 2011-2012 eğitim öğretim yılında; Okul öncesi eğitimde 19 bağımsız anaokulu ile ilk ve ortaöğretim okulları bünyesinde 344 anasınıfında 6.407 öğrenci ve 286 öğretmen ile eğitim-öğretime devam etmektedir. Derslik başına düşen öğrenci sayısı 19 olup okullaşma oranı 36-75 ay arası çocuklar için % 43,4'dür. İlköğretimde 175 ilköğretim okulunda 44.505 öğrenci ve 2.556 öğretmen ile eğitim ve öğretime devam edilmekte olup derslik başına düşen öğrenci sayısı 18,5, okullaşma oranı % 99,8'dir. Ortaöğretimde 77 lise ve dengi okulda 23.357 öğrenci ve 1.471 öğretmen ve öğretime devam edilmekte olup derslik başına düşen öğrenci sayısı 22,5,

okullaşma oranı %93.4'tür. İl merkezinde üç adet özel ilköğretim okulu, özel rehabilitasyon merkezi bulunmaktadır. Yükseköğretimde ise Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi bünyesinde; İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Tıp Fakültesi, Mühendislik Fakültesi, Denizcilik ve Deniz Teknolojisi Fakültesi, İlahiyat Fakültesi ve İletişim Fakültesi olmak üzere 10 fakülte, 6 yüksekokul ve 11 Meslek Yüksek Okulu ile 4 Enstitü, 25 Araştırma Merkezi ve 1 Uygulama ve Araştırma Hastanesi bulunmaktadır.

#### 2.4. Arazi, Laboratuvar, Büro Çalışma Yöntemleri ve Ekipmanları

Bu rapor kapsamındaki çalışmalar; arazi, laboratuvar ve büro olmak üzere 3 aşamada planlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

##### **Arazi Çalışmaları :**

Jeolojik Haritalama: İnceleme alanını içine alan, MTA tarafından hazırlanan, 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasından yararlanılarak, sondaj, jeofizik çalışmalar ve gözlemsel incelemeler sonucu, inceleme alanın 1/1000 ölçekli jeolojik haritası hazırlanmıştır.

Sondaj Çalışmaları: İnceleme alanında derinlikleri 12.00-20.00 m arasında değişen toplam derinliği 112 m olan 6 lokasyonda jeoteknik sondaj çalışması yapılmıştır.

Jeofizik Çalışmalar : Sondajlarda kesilen birimlere ait yer dinamik elastik parametrelerinin tayini, gevşek-sıkı zemin ayrımı, tabakaların yayılımı vb. özelliklerin belirlenebilmesi amacıyla 10 profil sismik ölçüm, korozyon, nemlilik, tabaka istiflerini oluşturan birimlerin ayrımlanması gibi amaçlar için elektrik yöntemlerden 3 noktada Düşey Elektrik Sondajı ölçüsü (DES) alınmıştır.

Arazi Deneyleri : Sondajlar sırasında her 1.5 metrede Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılarak zeminlerin penetrasyon direnci belirlenmiş, yumuşak kohezyonlu birimlerde mümkün olan seviyelerde şelbi (shelby) tüpü ile örselenmemiş numune alınmıştır. Zeminin dayanımının arttığı sıkı-sert birimlerde ilerleme karotiyerle sağlanmış ve örnekleme yapılmıştır.

##### **Laboratuvar Çalışmaları :**

Laboratuvarda numuneler üzerinde, atterberg limitleri, elek analizleri, hidrometre, tabii birim hacim ağırlık, su muhtevası, konsolidasyon, serbest basınç, kesme kutusu, üç eksenli basınç deneyi vb. laboratuvar deneyleri TSE standartlarına uygun normlarda gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları EK-6'de verilmiştir.

### **Büro Çalışmaları :**

Jeoloji Haritaları: Sahada yapılan jeoloji haritaları büro ortamında NETCAD programı yoluyla 1/5000 ve 1 /1000 ölçekli olarak hazırlanmıştır.

Eğim Haritaları: Hesaplama yöntemiyle hazırlanan eğim haritaları NETCAD programında çizilerek rapor ekinde 1/5000 ve 1/1000 ölçeklerde sunulmaktadır.

Jeolojik Enine Kesit: Haritalar üzerinde jeolojik ortamı temsil edecek istikametlerde RockWorks yazılımı kullanılarak kesitler alınmıştır.

Doğal Afet Tehlikesi: İnceleme alanı jeoloji - jeoteknik ve jeofizik çalışmalar yönünden incelenmiştir.

Yerleşime Uygunluk Haritaları: Jeolojik, jeoteknik, jeofizik çalışmalar yoluyla arazinin yerleşime uygunluğu değerlendirilerek yerleşime uygunluk haritaları NETCAD programı yoluyla 1/5000 ve 1/1000 ölçekli olarak hazırlanmıştır.

Yapılan arazi ve laboratuvar deneyleri sonucunda taşıma kapasitesi hesaplamaları, konsolidasyon ve oturma analizleri ile sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Açılan sondaj kuyularının yerlerini ve jeofizik ölçüm noktalarını gösteren 1/1000 ve 1/5000 ölçekli mühendislik jeolojisi, yerleşime uygunluk ve eğim haritaları eklerde verilmiştir.

İnceleme alanında saha çalışmaları Jeoloji Mühendisi Nahide YALÇINKAYA ve Jeofizik Mühendisi Ebru SOLMAZ tarafından, laboratuvar deneyleri GEOMP JEOTEKNİK ZEMİN VE LABORATUVAR HİZ.İNŞ.MİM.MÜH.SAN.TİC.LTD.ŞTİ. ve AKADEMİ JEOLJİ JEOTEKNİK ETÜD PROJE MÜH.MÜŞ.İNŞ.SAN.TİC.LTD.ŞTİ tarafından gerçekleştirilmiştir. Şekillerin çizilmesi, arazi ve laboratuvar deneylerinin derlenmesi, yorumlanması ve raporlanması Jeoloji Mühendisi Cem DEMİR ve Jeofizik Mühendisi Onur EYİSÜREN tarafından yapılmıştır.

### 3. İNCELEME ALANININ MEVCUT PLAN, YAPILAŞMA DURUMU VE DİĞER ÇALIŞMALAR

#### 3.1. Tüm Ölçeklerde Mevcut Plan Durumu ve Mevcut Yapılaşma

İnceleme alanı Çanakkale Belediyesi sınırları içinde bulunmakta olup, çalışma alanı 1/1000 ölçekli imar planında konut, ticaret, ilköğretim tesis alanı ve park alanında kalmaktadır.

1/5000 ölçekli Nazım İmar Planı , Çanakkale Belediye Meclisi tarafından onaylanmıştır. Çalışma alanında her hangi bir yapılaşma bulunmamakta olup, geriye kalan alan arsa niteliğindedir.

İnceleme alanı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü Balıkesir-Çanakkale Planlama Bölgesi 1/100000 ölçekli çevre düzeni planında H16 paftasında bulunmakta olup kentsel gelişme alanı olarak planlanmaktadır.

#### 3.2. Mevcut Plana Esas Yerbilimsel Etütler, Sakıncalı Alanlar – Afete Maruz Bölgeler

İnceleme alanında daha önce yapılmış herhangi bir yerbilimsel etüt bulunmamaktadır. İnceleme alanı için alınmış Afete Maruz Bölge Kararı bulunmamaktadır.

#### 3.3. Taşkın Sahaları, Sit Alanları, Koruma Bölgeleri

İnceleme alanında taşkın riski açısından alınmış herhangi bir karar yoktur. Sit alanı, koruma bölgeleri vb. alınmış herhangi bir karar da bulunmamaktadır.

#### 3.4. Değişik Amaçlı Etütler ve Verileri

İnceleme alanında içerisinde bulunduğu, MTA tarafından 2008 yılında 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Alan ve çevresine ait genel jeoloji çalışmalarında bu haritadan yararlanılmıştır.

#### 4. JEOMORFOLOJİ

Çanakkale İli'nin toprakları, genellikle dağ ve tepelerle kaplı alanların vadilerle yarılmasıyla oluşan engebeli bir yapı göstermektedir. İl'in en yüksek dağı, Balıkesir sınırında yer alan Kazdağı (1767 m) olup, diğer yükseltiler bu dağın çevresinde yer alır. Biga yöresinde Kuzey-Doğu ve Güney-Batı yönünde uzanan 500 – 1000 m arasındaki yükseltiler dalgalı bir görünüm oluşturur. Edremit Körfezinin kuzeyi bu dağ ve tepelerin en yükseklerinin bulunduğu yerdir. Bu yükseltiler arasında; Susuztepe (1507 m), Gürgen Dağı (1425 m), Kalafattepe (1417 m), Eğrimermertepe (1398 m), Kocaeğrek Tepe (1371 m), Hacıöldüren (1124 m) ve Kocakatran Dağları (1030 m) yer almaktadır.

Gelibolu Yarımadasının kuzey ve kuzeydoğusunda Kuru Dağı (726 m) ile Tekir Dağları'nın uzantıları yer almaktadır. Gelibolu Yarımadasında boğazdan Saroz Körfezine doğru basamak basamak bir yükselme görülür ve 400 m'ye yaklaşan tepeler dik yamaçlarla Saroz Körfezine doğru iner.

İl'de ovalık alanlar az yer kaplar (İl topraklarının % 14,8'i). Ovalara akarsu ağzlarında ve geniş tabanlı vadilerde rastlanır. Gelibolu Yarımadasının biçimi, büyük ovaların oluşmasını olanaksız kılmıştır. Ege Denizi ile Çanakkale Boğazı arasındaki tek büyük ovayı Kilye ve Piren Ovalarının birleşmesi (Eceabat Ovası) oluşturur. Bununla beraber Gelibolu Yarımadasının kuzeydoğusu doğrultusunda sırasıyla Yalova ve Kavak ovaları yer almakta olup, bu ovalar bölgede dar alanlar kaplamaktadır.

Anadolu yakasında ise Eski Menderes Çayının aktığı alanda Bayramiç ve Ezine ve Ovaları, ayrıca Kocabaş Çayının ağzında Biga ve Karabiga Ovaları ile İlin güneydoğusunda yer alan Agonya Ovası bulunur. İldeki yaylalar Kaz Dağları üzerinde akarsu başlarında, havzaları birbirinden ayıran küçüklü büyüklü gruplar şeklinde sıralanır. Yayla gruplarının bir bölümü Biga Yarımadasında, Kaz Dağlarının uzantıları olan düşük yükselti üzerindedir. Diğerleri ise Edremit Körfezinin kuzeyinde, Kaz Dağlarının doğu – batı uzantıları şeklinde ve Ayvacık'ta Menderes Havzası ile Edremit Körfezi arasındadır. Çalışma alanının 1/1.000 ve 1/5.000 ölçekli eğim haritaları Ek-3'de verilmiştir. Ayrıca rapor bütünlüğünü sağlamak amacıyla rapor içerisinde 1/16.000 ölçekli olarak Şekil 4.2'de eğim haritası verilmiştir.

Çanakkale, Trakya'da Edirne İlinin Enez ve Keşan, Tekirdağ'ın Malkara ve Şarköy İlçeleriyle, Anadolu'da Balıkesir İlinin Erdek, Gönen, Balya ve Edremit İlçeleriyle çevrilidir. Ege denizinde ise Çanakkale'nin ilçelerinden, Türkiye'nin en büyük adası olan Gökçeada ile üçüncü büyük adası olan Bozcaada Yunanistan karasuları ile komşudur.

İl; 25° 37' - 27° 45' doğu meridyenleri ile 39° 40' - 40° 45' kuzey paralelleri arasında 9736,9 km<sup>2</sup> 'lık bir alan kaplar. Anadolu Yarımadasının en batı noktası Bababurnu ile Türkiye'nin en batı noktası olan Gökçeada'daki Dabi Avlaka Burnu il sınırları içinde kalır. Çanakkale İli topraklarının büyük kısmı Marmara Bölgesinin Güney Marmara bölümüne, Edremit Körfezi kıyısındaki küçük bir alan ise Ege bölgesine girer. Çanakkale'nin 12 ilçesiyle birlikte 22 beldesi ve 568 köyü bulunmaktadır.

İlin ana jeomorfolojik birimleri ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

**Dağlık Alanlar :** Biga Yarımadasının GB'sında geniş yayılımı olan yüksek dağlık alan genellikle Neojen öncesi temel kaya toplulukları ve Neojen yaşlı volkanizmaya bağlı olarak şekillenmiştir. Ayvacık-Yenice-Biga arasında yer alan dağ silsilelerinin orografik uzanımları KD-GB yönündeki neotektonik dönem faylarıyla uyumlu olup, bunlar ile plato ve vadi tabanları arasındaki geçişler genellikle dik fay yamaçları ile sağlanmaktadır. Çanakkale'nin doğusunda bulunan yüksek dağ kütleleri ise neojen yaşlı volkanizma ürünlerine karşılık gelmektedir.

**Plato Alanlar:** Çanakkale yöresinde en yaygın olan jeomorfolojik ünite, çeşitli yükselti basamaklarında bulunabilen, farklı yaştaki aşınım yüzeyleri nedeniyle bazı kesimlerde basamaklı bir görünümü olan, yer yer yapısal denetimli platolardır. Genellikle Neojen yaşlı kaya toplulukları üzerinde gelişmiş olan platolar akarsularla derin şekilde yarılarak parçalanmışlardır. Alüvyon Ova ve Vadi Tabanları: Menderes çayı deltası ve Çanakkale Boğazı yöresi dışında kalan alüvyal ova ve vadi tabanları, genelde bölgenin tektonik denetimli ana orografik yapısına uygun olarak KD-GB yönünde uzanmaktadır. Yine kıyı ovaları ve deltaların dışında kalan alüvyon dolgu düzlükleri, genelde vadi tabanlarına karşılık gelmektedir. Tuzla çayı, Menderes çayı ve Biga çayı ağzlarında izlendiği gibi akarsuyun büyüklüğü ve drenaj havzaları ile oluşturdıkları delta ovaları karşılığında deltaların küçük boyutlu olduğu gözlenmiştir. Bu çelişkili morfoloji delta sedimantasyonuna karşılık gelen denizel kaide seviyesinin çok yakın jeolojik geçmişte kazanılmış olması ile ilişkilidir.

**Geçiş Zonu:** Ova ve vadi tabanları ile plato ve yüksek dağlık alan arasında, yer yer birikim, yer yer de aşınım süreçleri ile gelişmiş olan etek düzlükleri, söz konusu ana jeomorfolojik üniteler arasındaki geçiş zonunu oluşturmaktadır. Çanakkale İlinin de içinde yer aldığı Biga yarımadasının morfolojik yapısı neotektonik dönemde gelişmiş olan, genelde KD-GB uzanımlı faylarla kontrol edilmektedir. Ana orografik uzanımlar olan ovalar ve vadi tabanları ile bunlar arasında yükselen dağ silsileleri tektonik yapı ile uyumlu olarak KD-GB yönlüdür.

Çanakkale sınırları içinde Miyosen aşınım yüzeyi ve Pliyosen-Pleyistosen aşınım yüzeyi olmak üzere iki aşınım yüzeyi belirlenmiştir. Dağlık alanlar üzerinde parçalar halinde korunmuş olan Miyosen aşınım yüzeyi 400 – 800 metreler arasındaki yüksekliklerde bulunmakta ve bu yüzey tektonik deformasyonlar nedeniyle morfometrik dalgalanmalar göstermektedir. 50 – 400 metreler arasında yayılımı olan Pliyosen ve sonrası aşınım yüzeyleri genellikle Neojen yaşlı kaya toplulukları üzerinde gelişmiştir. Ayrıca, bazı küçük alanlarda fosil aşınım yüzeylerine de rastlanmıştır.

İlin GD bölümünde drenaj şebekesi bölgesel tektonik yapıya uygun olarak KD-GB uzanımlı ana akarsularla karakterize edilir. Fay zonları boyunca gelişmiş olan tektonik kökenli havza tabanları veya fay zonlarına sübsekant olarak yerleşmiş oval geniş tabanlı vadilerle tanınan drenaj şebekesi bazı kesimlerde epijenik birleştirme boğazları oluşturmuştur. Çanakkale çevresinde, özellikle boğaz yöresinde kıvrımlı yapı üzerinde rölyef terslenmesi ile karakterize edilmiş kafesli bir drenaj ağı gelişmiştir. Ana drenaj şebekesinin yerleşimi yapısal denetimli olmasına karşın ikincil drenaj ağının örgülenme düzeni jeomorfolojik-litolojik özellikler tarafından belirlenmiştir.

Jeomorfolojik oluşumlardan Biga ve Menderes Çayı gibi büyük vadi tabanları ve deltalar taşkın ovalarına karşılık gelmektedir. Taşkın ovaları vadi kenarlarında birikinti koni ve glasilerine geçerler. Alüvyon dolgulu dar vadi tabanları bazı kesimlerde tamamen taşkın yatağı karakteri göstermektedir. Çanakkale Boğazı yöresi ve büyük akarsu vadilerinde dönemsel şekiller gözlenmektedir. Biga ve Menderes Çayı gibi büyük akarsuların taşkın alanlarında izlenen menderes sekileri Holosen'de gelişmiştir. Alüvyon yelpazesi daha çok vadi veya havza kenarlarında gelişmiş olup, Edremit Körfezi kıyılarında ve Yenice Ovası kenarında büyük boyutlara ulaşmıştır. Ova ve vadi kenarlarında yumuşak litolojilerin yüzeylediği kesimlerde ise glasiler gelişmiştir.

**Kıyı ve Denizaltı Şekilleri:** Çanakkale Boğazı çevresinde 20-25, 15, 7-8 metre seviyelerinde olmak üzere üç denizel seki gurubu gözlenmektedir. Bölgede çok belirgin morfolojik diskordansın izlediği falezler şeklinde gelişmiş olan yüksek kıyı tipi çoğunluktadır. Bazı kesimlerde önlerinde geniş bir dalga aşınım düzlüğü bulunduran bu kıyılarda dalga aşındırma süreçleri egemen olup, duraysız kesimlerde tabaka kaymaları ve heyelan gibi kütle hareketleri gözlenmektedir. Delta ve vadi ağızlarına karşılık gelen alçak kıyılarda ise birikim süreçlerinin etkisiyle kumlu ve çakıllı plajlar gelişmiştir. Gelibolu ve Biga yarımadası açıklarında -90 metreler seviyesine kadar inen ve üzerinde Gökçeada ile Bozcaada'nın yükseldiği kıtasal şelf izlenmektedir. Pleyistosen sonlarındaki deniz yükselmesi ile deniz Güncel Aşınım (Erozyon) Süreçleri ve Kütle Hareketleri: Aşınım süreçleri, platolar ile dağlık sahalar üzerinde etkilidir. Bu alanlarda yarılmanın fazla olduğu, aşınımına karşı dayanımsız kaya türlerinin yüzeylettiği, eğimin fazla olduğu kesimlerde yamaç erozyonu etkilidir. Az eğimli platolar ile glasi yüzeylerinde ise yüzey sellenmesinin neden olduğu yüzeysel erozyon gözlenmektedir. Sık dantritik drenajın gelişmiş olduğu ve yumuşak litolojilerin yüzeylettiği yamaç zonlarında ise selcik erozyonu gelişmiştir. Çalışma alanının morfolojik görünümü Şekil 4.1'de verilmiştir. Çalışma alanının genel olarak topoğrafyası az eğimli (% 0-10) bir arazi yapısına sahiptir.



**Şekil 4.1. : Çalışma alanının morfolojik görünümü**

## 5. JEOLojİ

### 5.1. Genel Jeoloji

Biga Yarımadası'nın temelini Paleozoyik veya muhtemelen daha yaşlı metamorfik kayalar oluşturur (Kazdağ grubu). Metamorfik kayaç toplulukları üzerinde tektonik bir dokanakla, aktif kıta kenarı çökelleri ile temsil edilen değişik tektonastratigrafik birimlerden oluşan Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi bulunmaktadır. Jura'da daha çok durgunlaşan ortamda tabanda kumtaşları ile başlayıp kumlu, sleks yumrulu ve oolitli kireçtaşları ile devam eden ve son bulan bir istif çökelimini gerçekleştirmiştir.

Üst Kretase'de; bölgede geniş yayılıma sahip, başlıca spilit, grovak, pelajik şeyl, serpantinit ve radyolaritlerden oluşan, karmaşık ve düzensiz bir iç yapıya sahip olan Çetmi ofiyolitik melanji yerleşmiştir.

Biga yarımadasında çeşitli evrelerde etkin olan asidik magmatizmanın ürünleri çoğunlukla granit, granodiyorit ve diyorit bileşimlidir. Önceki yıllarda bölgede çalışan araştırmacılar (Öngen, 1978a ve b; Dayal,1984; Birkle ve Satır, 1995; Genç ve Yılmaz, 1995; Genç, 1998; Bozkurt, 2000) Kestanbol, Evciler, Karaköy ve Etili plütonlarını Tersiyer magmatizmasının ürünü ve Biga yarımadasında Alt Miyosen volkanizmasına bağlı olarak oluşan sığ sokulumlar olarak tanımlamışlardır. Plütonlar KD-GB uzun eksenli eliptik magmatik kütlelerdir ve bunlar ince taneli, benzer bileşimli volkanik kayaçlarla çevrelenmiştir (Karacık, 1995; Yılmaz, 1998).

Biga yarımadasının Tersiyer evrimi; Orta Eosen neritik kireçtaşı ve bu kireçtaşı üzerine uyumlu olarak çökelmiş olan, andezit ve andezitik tuf ara katkılı Üst Eosen türbiditleriyle başlar. Orta Eosen'de başlayan önemli bir transgresyon bütün Batı Anadolu'da etkin olmuş ve geniş bir bölgede Orta-Üst Eosen yaşta Soğucak Kireçtaşı çökelmiştir. Aşınma etkisinden korunmuş 20-30 m kalınlıkta ufak bantlar şeklinde izlenir. Lagüner fasiyeste çökelmiştir. Soğucak kireçtaşının çökeliminden sonra havzanın güney şelfi giderek derinleşmiş ve genellikle türbiditlerden oluşan Ceylan Formasyonu çökelmiştir. Biga'nın batısında 500 m kadar kalınlıkta olup, türbidit karakterli kumtaşları ile şeyl ve marnlardan oluşur.

Oligosen sonunda Biga Yarımadası'nda önemli bir yükselme ve aşınma evresi yaşanmıştır ki; bu evre sonucunda yarımada'nın güneyinde Orta Eosen-Oligosen istifi tümüyle aşınmıştır. Bu nedenle Miyosen istifi çok farklı litolojiler üzerinde yer alır. İç kesimlerde Erken-Orta

Miyosen'deki volkanizma ile eş zamanlı olarak karasal birimler çökelmiştir. Çan çevresinde bu karasal birimler bitümlü şeyl, silt taşı, kumtaşı, tuf ve kömürden oluşur. Çan Formasyonu adı verilen bu birim 250 m kalınlığa sahiptir ve Miyosen'in andezitik volkanitleri üzerinde yer alır.

Oligosen – Miyosen döneminde kalkalkalen magmatizması Biga yarımadasını etkilemiştir. Bunların dışında andezit, dasit, riyolit, ve asidik tüfler Biga yarımadasında geniş alanları kaplamıştır. Bu volkanik kayalar arasında yerel olarak linyit içeren gösel çökeller bulunur. Üst Miyosende volkanizma sona ermektedir.

Biga yarımadasında Pliyo-Kuvaterner döneminde çakıltası, kumtaşı ve şeylden oluşan flüviyal sedimanlar ile gösel karbonatlar çökelmiştir. Bayramiç Formasyonu olarak adlandırılan (Siyako ve diğ., 1989) flüviyal birimin en iyi görüldüğü yerlerden biri Karamenderes çayının kuzeyleridir. Gönen ve Manyas kuzeyinde de geniş yüzlekler veren Bayramiç Formasyonu, genellikle daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuzdur; yalnızca Çanakkale güneyinde Alçıtepe Formasyonu ile geçişli görülmektedir (Siyako ve diğ., 1989). Alçıtepe Formasyonu; Gazhandere ve Kirazlı Formasyonları ile yanal ve düşey geçişli, sığ denizel bir birim olup, kumtaşı, çakıltası, şeyl, marn ve bu birim için karakteristik olan oolitik kireçtaşlarından oluşur ve kalınlığı 200 metre kadardır.

Kara alanlarındaki kalınlığı 200 metre olan Bayramiç Formasyonu'nun Edremit körfezindeki kalınlığı, Edremit-1 kuyusundan ve sismik kesitlerden elde edilen bilgilere göre 1500 metreye kadar çıkmaktadır. Edremit körfezinde izlenen bu kalın Pliyo-Kuvaterner istif, Kazdağ silsilesinin Pliyo-Kuvaterner'de yükseldiğinin iyi bir kanıtıdır. Kazdağ silsilesinin Miyosen sonrası oluştuğunun bir başka kanıtı da, Miyosen yaşlı Küçükkuş Formasyonu'na ait mostraların Kazdağ'ının kuzey ve güney eteklerinde görülmeleri ve bugün Edremit körfezinin kuzeyinde 1776 metre yükseliğe çıkan Kazdağ metamorfizmlerinden gelmesi beklenen kaba klastik malzemenin Küçükkuş Formasyonu içerisinde gözlenmesidir. Bu gözlem Küçükkuş Formasyonu'nun çökeldiği havzanın ilksel olarak bugünkü Kazdağ silsilesinin üzerinde yer aldığını ve Kazdağ'ının yükselişinin Küçükkuş Formasyonu çökelişinden sonra olduğunu göstermektedir (Siyako ve diğ., 1989).

Siyako ve diğ. (1989)'ne göre Bayramiç Formasyonu ile yanal geçişli ve 40-50 metre kalınlıkta olan gösel karbonatlar, Biga yarımadasının en batı kesimlerinde Gülpınar çevresinde ve Karamenderes çayının güney kesimlerinde yüzeyler.

Biga yarımadasında genç fay zonları boyunca yükselmiş ve Taştepe bazaltı olarak adlanmış olan Pliyo-Kuvaterner yaşlı genç lavlar da bulunmaktadır.

Çanakkale boğazı ve çevresinde görülen Miyosen istifinin çok karakteristik bir özelliği volkanik seviyeler içermemesidir. Bu nedenle bu istifin Biga yarımadasında çok etkin olmuş Alt-Orta Miyosen volkanizmasından sonra çökelmiş olduğu düşünülmektedir.

#### **5.1.1. Stratigrafi**

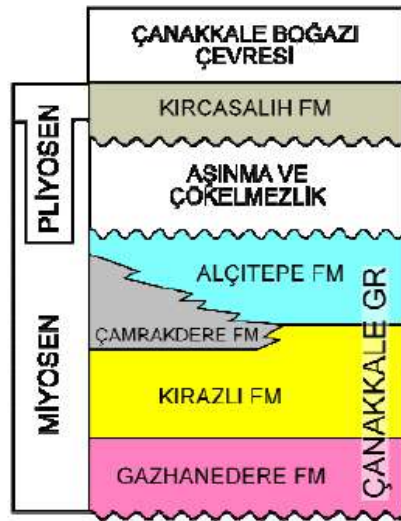
---

Çanakkale yerleşim biriminin üzerinde yer aldığı Çanakkale havzası, Orta Miyosen-Pliyosen döneminde çökelmiş olan kırıntılı formasyonlar ile güncel alüvyonlardan oluşmaktadır. Orta Miyosen-Pliyosen çökelleri “Çanakkale Grubu” adıyla (Siyako, 2006) tanımlanmıştır. Alüvyonlar ise, sondajlardan ve gözlem çukuru olarak açılan hendeklerden derlenen bilgilerle, ilk defa Çanakkale Belediyesinin Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesine hazırlattığı Çanakkale Merkez İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporunda üç ayrı litostratigrafi birimi olarak haritaya işlenmiştir.

#### 5.1.1.1. Çanakkale Grubu

Çanakkale Grubu ismi, güney Trakya'da, Çanakkale Boğazı'nın her iki yakasında, Gökçeada ve Bozcaada'da yaygın olarak yüzeylemeleri bulunan Miyosen-Pliyosen yaşlı sedimanter birimleri için kullanılmıştır (Siyako, 2006). Daha önceki araştırmacılar bu grubu oluşturan birimleri "Çanakkale Formasyonu" adıyla ve değişik üyelere ayırarak tanımlamışlardır (Şentürk ve Karaköse, 1987; Atabey ve diğ., 2004).

Çanakkale grubunu oluşturan formasyonlar, Çanakkale Boğazı'nın her iki yakasında da yaygınca yüzeylenmekte olup, alttan üste "Gazhanedere fm., Kirazlı fm., Çamrakdere fm., ve Alçıtepe fm.," olmak üzere 4 lito-stratigrafi biriminden oluşur (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. : Çanakkale Grubuna ait formasyonların stratigrafik konumu (Siyako, 2006)

#### 5.1.1.1.1. Gazhanedere Formasyonu

Genel olarak çakıltası kumtaşı ve kırmızımsı gri çamurtaşlarından oluşur. Çamurtaşı destekli olan çakıltıları gevşek çimentolanmalı olup, yer yer çamur konglomerası niteliğindedir. Birimi, “Gazhanedere formasyonu” adıyla ilk kez Saltık (1974) tanımlamıştır.

Çanakkale Boğazının doğu kenarı boyunca çok yaygın yüzeylemeleri bulunmasına rağmen inceleme alanı içerisinde çok sınırlı bir yüzeylemesi vardır. Birimin yaygın yüzeylemeleri Çınarlı ve Kirazlı Köyleri kuzeyindeki Gazhanedere çevresinde yer alır (Sümengen ve diğ., 1987). Birim içerisinde Atabey ve diğ. (2004) akarsu kanal dolguları, uzunlamasına ve enine bar çökellerine ait kumtaşı ve çakıltıları ile taşkın düzlüğü çökellerini oluşturan çamurtaşlarını tanımlamışlardır. Çakıltıları polijenik olup, serpantin, andezit, dasit, riyodasit, mikaşit, mermer, kuvarsit vb. kayaç kırıntıları oluşturur.

Gazhanedere formasyonunun inceleme alanı içerisindeki yüzeylemesi, Sarıcaali Köyü ile Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu yerleşkesi arasındaki alanda yer alır. Beldemiz sitesi ile eski çöplük arasındaki yamaç boyunca birimi açıklıkla görmek mümkündür. Bu alandaki yüzeylemesinde ve Terzioğlu yerleşkesi içerisinde geçen su kanalı boyunca alacalı renkli çamur destekli çakıltası, kumtaşı aradalanması şeklinde bir görünümü vardır. Birim içerisindeki çamurtaşlarının bileşiminde yer alan kil ve silt gibi ince taneli gereçlerin fazla bulunması nedeniyle suya doygun durumda iken ve yamaç eğiminin yüksek olduğu yerlerde heyelanlara neden olmaktadır. Gazhanedere formasyonunun alt dokanağı inceleme alanı içerisinde gözlenmez. Bölgede yapılmış olan önceki araştırmalara göre birim, Çanakalan Köyü, Dümrek Köyü ve Kızılcaören Köyü çevresinde Çamlıca metamorfite ve Denizgören ofiyoliti üzerine diskordan olarak bulunmaktadır. Belen Köyü çevresinde ise Ezine-Doyran volkanitleri üzerine açılı uyumsuz olarak gelir (Atabey ve diğ., 2004). Birimin üst dokanağı, yüzeyletiği alanlarda “Kirazlı formasyonu” ile dereceli geçişlidir (Siyako, 2006).

Gazhanedere formasyonu gerek fasiyes özellikleri gerekse çökme geometrisi açısından tipik olarak alüvyon yelpazesini yansıtmaktadır. Birimin havza kenarlarında kaba taneli havza içerisine doğru ince taneli litolojilere geçmesi alüvyon yelpazesi ortamını işaret etmektedir (Atabey ve diğ., 2004). İçerisinde bulunan uzunlamasına ve/veya enine bar çökelleri bu yelpazenin örgülü akarsu ortamında geliştiğini, belirsiz kalın tabakalı olması, çapraz katmanların bulunması, yer yer kamalanmalı tabakaların varlığı gibi birçok çökme yapısı da bu ortamın düzensiz ve yüksek taşkın düzlüğünü işaret eder.

#### 5.1.1.1.2. Kirazlı Formasyonu

Birim, kumtaşı, çakıllı kumtaşı ve silttaşlarından oluşur. Birimi Kirazlı formasyonu adıyla ilk olarak Saltık (1974) tanımlamıştır. Birimin yaygın yüzeylemelerinin Güzelyalı Köyü çevresinde bulunması nedeniyle Atabey ve diğ. (2004) “Güzelyalı üyesi” olarak isimlendirmişlerdir. Birimin inceleme alanı içerisinde yüzeylemesi yoktur. Ancak Çanakkale yerleşim alanı yakın çevresindeki yörelerde yaygınca yüzeylemeleri bulunması dolayısıyla, birimin özelliklerini tanıtmaya gereği duyulmuştur.

Kirazlı formasyonunun tipik kesiti Gazhanedereden Kirazlı Köyü’ne kadar olan kesimdir (Sümengen ve diğ., 1987). Birimin yaygın yüzeylemelerinin bulunduğu alanlar: Güzelyalı, İntepe arası ve Kumkale çevresine kadar uzanan kıyı şeridi boyunca; Kepez ile Sarıcaali Köyü arasında, ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi’nin önemli bir bölümünde; Umurbey Çayı’nın delta düzlüğü kesiminde; Lapseki ile Lapseki’nin güneyindeki Subaşı Köyü arasındadır.

Kirazlı formasyonu, en açık şekilde Çanakkale-İzmir karayolu boyunca Güzelyalı ile İntepe viyadüğü arasındaki yol yarmalarında görülür. Bu alanda birim, düzlemsel paralel tabakalanmalı, yer yer alt ve üst yüzeyler ondülasyonlu, düzlemsel ve tekne tipi çapraz tabakalanmalar gösteren sarımsı iri-orta tane boylu kumtaşlarından oluşur. Birim içerisinde pas rengi demir oksitli ayrışmalar çok yaygın olup, zaman zaman derinliği birkaç metreye ulaşan çakıltı kanal dolguları bulunmaktadır. Kirazlı formasyonu kıyı yakını ortamlarda (plaj) çökelmiş, gevşek tutturulmuş, sarımsı boz kumtaşlarının egemen olduğu bir birimdir. Kumtaşları içerisinde seyrek olarak silttaşı, kiltası arakatkıları ile kanal dolguları biçiminde çakıltı taşları gözlenir. Formasyonun kalınlığı yöreden yöreye değişiklikler göstermektedir. Kirazlı Köyü yakınındaki tip kesitinde yaklaşık 220 m’dir (Sümengen ve diğ., 1987). Şentürk ve Karaköse (1987), İntepe civarında 132 m, Bayrak Tepe’de 157 m ve Çamrakedere’de 204 m ölçmüşlerdir. Gelibolu Yarımadası’nda ise kalınlığın 500 m’ye kadar çıkabileceğini belirtmişlerdir.

Kirazlı formasyonu, altta Gazhanedere formasyonu ile üstte ise Çamrakedere ve Alçıtepe formasyonları ile geçişlidir (Siyako, 2006). Çalışma alanı sınırları içinde Kirazlı formasyonu, yüzlek vermemektedir.

#### 5.1.1.1.3. Alçıtepe Formasyonu

Birimi ilk olarak Sfondrini (1961) ve Duritt (1960), Kilitbahir ve Alçıtepe birimleri şeklinde adlandırmışlardır. Daha sonra Önem (1974) Alçıtepe üyesi, Siyako ve diğ., (1989) ise Alçıtepe formasyonu adıyla tanıtmışlardır. Alçıtepe formasyonu genel olarak kumtaşı, kıltaşı, kumlu ve killi kireçtaşı litolojilerinden oluşur. Bu litolojiler yanal ve düşey olarak birbirleriyle geçişlidirler.

Formasyonun yaygın yüzeylemeleri Çanakkale yakınlarındaki Bayrak Tepe, Boğazın her iki yakasındaki falezler, İntepe Beldesi'nin bulunduğu alan, Umurbey Beldesi güneyi, Gelibolu Yarımadası'nda Alçıtepe Köyü çevresi ve Kilitbahir ile Eceabat arasındaki sırtlardır. İnceleme alanı içerisinde Narababa Tepe civarındaki askeri alan içerisinde, Esenler Mahallesi'nin bulunduğu alanda ve Barbaros şehitliği çevresinde görülür.

Alçıtepe formasyonu, kumlu kireçtaşı, kumtaşı, kıltaşı, marn ve bol makro fosilli kireçtaşı ile oolitli kireçtaşlarının ardalanmasından oluşur (Siyako, 2006). Kireçtaşları içerisindeki gastropod ve pelecypod kavkıları bazı düzeylerin büyük bir kısmını oluşturur. Bu organizma yığılımlarının tanımlamaya elverişli olanlarından elde edilen yaş; Orta- Üst Panoniyen'dir (Şentürk ve Karaköse, 1987). Bu yaş, Çanakkale güneyinde çalışmış olan Taner (1982) tarafından belirlenen Akçagiliyen, Romaniyen-Parskoviyen yaşlarından farklılık arz etmektedir (Şentürk ve Karaköse, 1987). Bol fauna içerikli kireçtaşları, daha çok ostrakod, pelecypod ve gastropod fosillerini içermektedir.

Alçıtepe formasyonu, kıyı ve kıyı ötesi kırıntılıları ile karbonatlarından oluşan, karışık, kırıntılı-karbonat kıyı çizgisi ortamında çökelmiştir (Şentürk ve Karaköse, 1987). Alta akarsularla beslenen lagüner çökeller ile üstte ise çalkantılı kıyı yüzü ve kıyı ötesi çökellerden oluşan oolitik kireçtaşları kapsamı birimin sadece kıyı ötesinde değil, kırıntılı kıyı çizgisinde bir alanda çökeldiğini göstermektedir. Kimi seviyelerde kırıntılı çökeller ile karbonatlı çökellerin tekrarlanmış olması, kıyı çizgisinin oynak (hareketli) olduğunu göstermektedir (Şentürk ve Karaköse, 1987).

#### 5.1.1.2. Alüvyonlar

İnceleme alanı içerisinde çok yaygın olarak tutturulmamış sedimanlardan oluşan alüvyonlar yer alır. Bu alüvyonların gerek dağılımı gerekse oluşumları Sarıçay'ın etkisi altında gerçekleşmiştir. Sarıçay, yüksek kodlardan taşıdığı sedimanları, hem eski yatağı boyunca hem de yeni yatağı boyunca olmak üzere, öncelikli olarak ova nitelikli düşük kodlu alanlarda biriktirmiştir. Bu sedimanlar oluşum biçimlerine ve kendilerini oluşturan litoloji türlerinin konumlarına göre üç ayrı birim şeklinde tanımlanmıştır. Bunlar; a) Kum, killi kum, yer yer çakıl kanallı kum birimi; b) Kum, siltli kum (yer yer kil mercekli) birimi; c) Blok, çakıl ve kum (güncel dere yatağı ve taşkın alanı tortulları) birimi.

#### 5.2. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanı, Türkiye'nin kuzeybatısında olup, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı uzantısının etkisi altındadır. Türkiye'de Neotektonik dönem Kuzey Anadolu Fayı'nın oluşması ve Anadolu levhasının batıya doğru hareketi ile başlamıştır (Ketin, 1968; Mc Kenzie, 1978; Şengör, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981).

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı uzantılarının oluşturduğu düşey ve yanal hareketler Kuzey Batı Anadolu'da önemli yerleşim birimlerini etkileyen depremler oluşturmaktadır. Düşey hareketler özellikle Gönen-Yenice, Biga-Çan, Bayramiç-Ezine depresyonlarının oluşumunu sağlamıştır. İnceleme alanı ve yakın çevresinde ise bu hareketler kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı çöküntüler oluşturmıştır.

Marmara Denizi ve Güney Marmara bölgesinde fayların gidişi genellikle doğu-batı olmakla birlikte Biga Yarımadası içinde ve Kuzey Ege'de kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanım göstermektedir (Herece, 1990; Okay, 1990). İnceleme alanı yakın çevresinde İnova-Sarıköy, Yenice-Gönen, Biga-Çan, Bayramiç-Ezine, Gülpınar-Kestanbol, Saroz-Gaziköy fayları önemli yer tutar. Bu ana çizgisellik yönlerinin dışında irili ufaklı birçok fay bulunmaktadır. Çanakkale Boğazı'nın oluşumu bahsinde de değinildiği gibi Boğaz'ın oluşumunu sağlayan (veya oluşumunda etkili olan) yaklaşık kuzey-güney yönlü, yüzeyde izi gözlenmese de, fayların olduğu belirtilmektedir (Duritt, 1960; Erol, 1992).

İnceleme alanı içinde, yüzeyde çizgiselliği belirgin olarak gözlenen, bir fay bulunmamaktadır. Ancak yukarıda da ifade edildiği gibi inceleme alanının yakın çevresinde yer alan aktif fayların üreteceği depremlerden inceleme alanı şiddetli bir şekilde etkilenecektir.

### 5.3. İnceleme Alanı Mühendislik Jeolojisi

---

İnceleme alanında Miyosen yaşlı Alçıtepe formasyonu ve Kuvaterner yaşlı Alüvyon birimler gözlenmektedir. Alçıtepe formasyonu, daha önce bölgede yapılmış olan birçok çalışmada tanımlanmış olup, ana litolojisini düzgün tabakalanmalı kumtaşı, kiltası ve killi kireçtaşları (marn) oluşturmaktadır. Birim inceleme alanı içerisinde Esenler Mahallesi çevresinde gözlenmektedir.

Alüvyon birim; inceleme alanı içerisinde Karacaören bölgesine yakın kesimlerde gözlenmiş olup bu tutturulmamış sedimanlar genel olarak killi kum, çakıl içerikli kil-kum karışımı ve yer yer killerden oluşmaktadır.

## 6. JEOTEKNİK AMAÇLI SONDAJ ÇALIŞMALARI VE ARAZİ DENEYLERİ

### 6.1. Sondajlar

Çalışma alanında zeminde 1 adet 12 m'lik 5 adet 20 m'lik sondaj kuyusu açılmıştır. Toplam sondaj metrajı 112 m'dir.

#### 6.1.1. Sığ Sondajlar

Çalışma alanında yapılan jeoteknik sondajlar (sığ sondajlar) zeminlerin litolojik özelliklerini, düşey doğrultudaki değişimlerini ve yeraltı suyu durumu ile mühendislik parametreleri gibi bilgileri belirleme amacına yönelik yapılmıştır. Sondajlar TS-1901'e göre yapılmış olup D500 ve DMK-500 marka rotary sondaj makinesi kullanılmıştır.



Şekil 6.1. : Sondaj Çalışmalarına Ait Fotoğraf

## 6.2. Arazi Deneyleri

Standart Penetrasyon deneyinde % 60 enerji elde edilebilen otomatik düşürmeli halka tipi şahmerdan kullanılmıştır. Kuyu içerisinden SPT deneyleri sırasında alınan örselenmiş örnekler 2" dış çaplı ve 13/8" iç çaplı yarık numune alıcı ile alınmıştır. Alınan numuneler doğal özelliklerini kaybetmemesi için iç içe geçmiş iki ayrı naylon torba içine konmuş, etiketlenmiş ve ağızları hava almayacak şekilde sıkıca bağlanmıştır. Örselenmemiş numuneler (UD) kuyu içerisinden, 500 mm uzunluğunda, 76 mm çapında ince çeperli tüpler (shelby tüpü) kullanılarak hidrolik baskı ile alınmıştır. Örnek alındıktan sonra tüpün iki tarafı kapatılarak örneklerin hava almaması sağlanmıştır. SPT deneyinin yapılmasının mümkün olmadığı sert-sıkı seviyelerde ilerleme karotiyerle sağlanmıştır.

| Kuyu No | Derinlik    | SPT | UD | Karot | Kuyu No | Derinlik    | SPT | UD | Karot |
|---------|-------------|-----|----|-------|---------|-------------|-----|----|-------|
| SK-1    | 1.50-1.95   | X   |    |       | SK-4    | 1.00-1.50   |     | X  |       |
| SK-1    | 3.00-3.50   |     | X  |       | SK-4    | 3.45-3.80   |     | X  |       |
| SK-1    | 4.50-4.95   | X   |    |       | SK-4    | 6.00-6.45   | X   |    |       |
| SK-1    | 7.50-7.95   | X   |    |       | SK-4    | 10.50-12.00 |     |    | X     |
| SK-1    | 10.50-10.95 | X   |    |       | SK-4    | 16.50-18.00 |     |    | X     |
| SK-1    | 13.50-13.95 | X   |    |       | SK-5    | 1.50-1.95   | X   |    |       |
| SK-1    | 15.00-15.45 | X   |    |       | SK-5    | 6.00-6.45   | X   |    |       |
| SK-1    | 18.00-18.45 | X   |    |       | SK-5    | 9.00-9.45   | X   |    |       |
| SK-2    | 3.00-3.45   | X   |    |       | SK-5    | 15.00-15.45 | X   |    |       |
| SK-2    | 4.50-4.95   | X   |    |       | SK-6    | 1.50-1.95   | X   |    |       |
| SK-2    | 9.00-10.50  |     |    | X     | SK-6    | 2.50-2.95   |     | X  |       |
| SK-3    | 1.50-1.95   | X   |    |       | SK-6    | 6.00-6.45   | X   |    |       |
| SK-3    | 3.00-3.45   | X   |    |       | SK-6    | 9.00-9.45   | X   |    |       |
| SK-3    | 4.95-5.45   |     | X  |       | SK-6    | 10.50-12.00 |     |    | X     |
| SK-3    | 7.50-9.00   |     |    | X     | SK-6    | 13.50-15.00 |     |    | X     |
| SK-3    | 12.50-15.00 |     |    | X     | SK-6    | 16.50-18.00 |     |    | X     |

**Tablo 6.1. :** Jeoteknik Kuyularında Örnek Alınan Seviyeler

| Sodaj No | Koordinat |        | Derinlik    | Litoloji          | USCS | Formasyon |
|----------|-----------|--------|-------------|-------------------|------|-----------|
|          | X         | Y      |             |                   |      |           |
| SK-1     | 4447495   | 450483 | 00.00-20.00 | Kil               | CL   | Alçitepe  |
| SK-2     | 4447410   | 450619 | 00.00-08.00 | Kil               | CL   | Alçitepe  |
|          |           |        | 08.00-09.00 | Killi Çakıl       | GC   | Alçitepe  |
|          |           |        | 09.00-20.00 | Kil               | CL   | Alçitepe  |
|          |           |        |             |                   |      |           |
| SK-3     | 4447313   | 450770 | 00.00-20.00 | Kil               | CL   | Alçitepe  |
| SK-4     | 4447325   | 450522 | 00.00-20.00 | Kil               | CL   | Alçitepe  |
| SK-5     | 4447236   | 450666 | 00.00-01.50 | Killi Çakıl       | GC   | Alçitepe  |
|          |           |        | 01.50-20.00 | Kil               | CL   | Alçitepe  |
| SK-6     | 4447240   | 450558 | 00.00-04.50 | Kil               | CL   | Alçitepe  |
|          |           |        | 04.50-05.00 | Killi Kum         | SC   | Alçitepe  |
|          |           |        | 05.00-20.00 | Kil               | CL   | Alçitepe  |
| SK-7     | 4447248   | 450475 | 00.00-04.00 | Kil               | CL   | Alçitepe  |
|          |           |        | 04.00-08.50 | Çakıllı Killi Kum | SC   | Alçitepe  |
|          |           |        | 08.50-20.00 | Kil               | CL   | Alçitepe  |
| SK-8     | 4447137   | 450431 | 00.00-06.00 | Kil               | CL   | Alçitepe  |
|          |           |        | 06.00-12.00 | Çakıllı Killi Kum | SC   | Alçitepe  |

**Tablo 6.2. : Jeoteknik Kuyularda kesilen jeolojik birimler**

## 7. JEOTEKNİK AMAÇLI LABORATUVAR DENEYLERİ

Jeoteknik sondaj kuyularından alınan örnekler üzerinde zemin ve kaya mekaniği deneyleri GEOMP JEOTEKNİK ZEMİN VE LABORATUVAR HİZ.İNŞ.MİM.MÜH.SAN.TİC.LTD.ŞTİ. ve AKADEMİ JEOLOJİ JEOTEKNİK ETÜD PROJE MÜH.MÜŞ.İNŞ.SAN.TİC.LTD.ŞTİ laboratuvarlarında yapılmıştır. Laboratuvar deneylerinde kullanılan örnek sayısı 32' dir.

### 7.1. Zemin İndeks ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

| Numune        |       |          | Doğal Su Muhtevası (%) | Elek Analizi |         |              | Hidrometre (%) | Atterberg Limitleri |       |       | USCS  |
|---------------|-------|----------|------------------------|--------------|---------|--------------|----------------|---------------------|-------|-------|-------|
| Sondaj Kuyusu | Tipi  | Derinlik |                        | Çakıl (%)    | Kum (%) | Kil+Silt (%) |                | LL (%)              | PL(%) | PI(%) |       |
| SK-1          | SPT   | 1.50     | 21.72                  | 41           | 23      | 36           | 0.54           | 36                  | 21    | 15    | GC    |
|               | UD    | 3.00     | 24.40                  | 1            | 25      | 74           | 37.60          | 63                  | 26    | 36    | CH    |
|               | SPT   | 4.50     | 13.95                  | 44           | 38      | 18           | -              | 30                  | 18    | 13    | GC    |
|               | SPT   | 7.50     | 18.81                  | 75           | 17      | 8            | -              | 30                  | 18    | 12    | GW-GM |
|               | SPT   | 10.50    | 24.45                  | 0            | 55      | 45           |                | 36                  | 21    | 15    | SC    |
|               | SPT   | 13.50    | 30.60                  | 0            | 46      | 54           | 0.34           | 36                  | 21    | 15    | CL    |
|               | SPT   | 15.00    | 32.61                  | 0            | 31      | 69           | 0.38           | 36                  | 23    | 13    | CL    |
|               | SPT   | 18.00    | 29.04                  | 0            | 4       | 96           | 20.04          | 36                  | 23    | 14    | CL    |
| SK-2          | SPT   | 3.00     | 24.27                  | 2            | 39      | 59           |                | 48                  | 21    | 27    | CL    |
|               | SPT   | 4.50     | 19.03                  | 36           | 56      | 7            |                | NP                  |       |       | SW-SM |
|               | KAROT | 9.00     | 13.86                  | 57           | 33      | 10           |                | 28                  | 16    | 11    | GW-GM |
| SK-3          | SPT   | 1.50     | 20.15                  | 18           | 39      | 43           |                | 36                  | 21    | 16    | SC    |
|               | SPT   | 3.00     | 14.38                  | 35           | 49      | 15           |                | 31                  | 18    | 13    | SC    |
|               | UD    | 4.95     | 39.70                  | 7            | 40      | 53           | 25.90          | 46                  | 22    | 23    | CL    |
|               | KAROT | 7.50     | 24.78                  | 0            | 3       | 97           | 26.50          | 38                  | 21    | 17    | CL    |
|               | KAROT | 12.50    | 17.32                  | 0            | 3       | 97           | 31.57          | 38                  | 21    | 18    | CL    |
| SK-4          | UD    | 1.00     | 24.60                  | 0            | 9       | 91           | 47.63          | 72                  | 27    | 45    | CH    |
|               | UD    | 3.45     | 30.60                  | 0            | 37      | 63           | 32.12          | 37                  | 19    | 17    | CL    |
|               | SPT   | 6.00     | 28.78                  | 0            | 28      | 72           | 7.02           | 38                  | 19    | 19    | CL    |
|               | KAROT | 10.50    | 27.55                  | 13           | 11      | 76           | 23.75          | 51                  | 26    | 25    | CH    |
|               | KAROT | 16.50    | 29.35                  | 0            | 8       | 92           | 28.90          | 52                  | 27    | 25    | CH    |
| SK-5          | SPT   | 1.50     | 13.20                  | 22           | 58      | 20           |                | NP                  |       |       | SM    |
|               | SPT   | 6.00     | 36.37                  | 5            | 17      | 79           | 6.75           | 38                  | 21    | 17    | CL    |
|               | SPT   | 9.00     | 26.73                  | 0            | 20      | 80           | 4.66           | 39                  | 21    | 17    | CL    |
|               | SPT   | 15.00    | 30.14                  | 0            | 4       | 96           | 32.16          | 52                  | 24    | 29    | CH    |
| SK-6          | SPT   | 1.50     | 23.87                  | 17           | 33      | 51           | 6.29           | 36                  | 21    | 15    | CL    |
|               | UD    | 2.50     | 21.20                  | 1            | 26      | 73           | 31.00          | 62                  | 27    | 35    | CH    |
|               | SPT   | 6.00     | 18.82                  | 8            | 47      | 44           | 1.58           | 36                  | 21    | 15    | SC    |
|               | SPT   | 9.00     | 23.14                  | 2            | 31      | 66           | 20.41          | 36                  | 21    | 15    | CL    |
|               | KAROT | 10.50    | 8.87                   | 41           | 34      | 24           |                | 30                  | 18    | 12    | GC    |
|               | KAROT | 13.50    | 20.22                  | 0            | 36      | 64           | 13.88          | 36                  | 21    | 15    | CL    |
|               | KAROT | 16.50    | 11.38                  | 29           | 49      | 22           |                | 30                  | 18    | 12    | SC    |

**Tablo 7.1. : Zeminlere Ait İndeks ve Fiziksel Özellikler**

## 7.2. Zeminlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

| Numune           |       |          | Doğal Birim<br>Hacim Ağırlık<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) | Özgül Ağırlık<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) | Konsolidasyon | Dayanım Deneyleri                          |                            |   |                            |
|------------------|-------|----------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------|--------------------------------------------|----------------------------|---|----------------------------|
| Sondaj<br>Kuyusu | Tipi  | Derinlik |                                                       |                                        |               | Serbest<br>Basınç<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Direkt Kesme               |   | Üç Eksenli Basınç          |
|                  |       |          |                                                       |                                        | Φ             |                                            | c<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Φ | c<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
| SK-1             | SPT   | 1.50     | 1.774                                                 | 2.426                                  |               |                                            |                            |   |                            |
|                  | UD    | 3.00     | 1.869                                                 | 2.690                                  | 1.45          |                                            |                            | 9 | 0.73                       |
|                  | SPT   | 4.50     |                                                       |                                        |               |                                            |                            |   |                            |
|                  | SPT   | 7.50     |                                                       |                                        |               |                                            |                            |   |                            |
|                  | SPT   | 10.50    | 1.759                                                 |                                        |               | 20.5                                       | 0.163                      |   |                            |
|                  | SPT   | 13.50    |                                                       | 2.341                                  |               |                                            |                            |   |                            |
|                  | SPT   | 15.00    | 1.835                                                 | 2.257                                  |               |                                            |                            |   |                            |
| SK-2             | SPT   | 18.00    | 1.738                                                 | 2.241                                  |               |                                            |                            |   |                            |
|                  | SPT   | 3.00     | 1.937                                                 | 2.278                                  |               | 7.6                                        | 0.394                      |   |                            |
|                  | SPT   | 4.50     | 1.865                                                 |                                        |               | 33.4                                       | 0.071                      |   |                            |
| SK-3             | KAROT | 9.00     | 1.766                                                 |                                        |               |                                            |                            |   |                            |
|                  | SPT   | 1.50     | 1.783                                                 |                                        |               | 22.6                                       | 0.159                      |   |                            |
|                  | SPT   | 3.00     | 1.731                                                 |                                        |               | 25.5                                       | 0.099                      |   |                            |
|                  | UD    | 4.95     | -                                                     |                                        | -             |                                            |                            | - | -                          |
|                  | KAROT | 7.50     | 2.005                                                 | 2.376                                  |               | 7.06                                       |                            |   |                            |
| SK-4             | KAROT | 12.50    | 1.977                                                 | 2.261                                  |               | 3.86                                       |                            |   |                            |
|                  | UD    | 1.00     | 1.937                                                 | 2.690                                  | 1.67          |                                            |                            | 9 | 0.6                        |
|                  | UD    | 3.45     | 1.844                                                 | 2.670                                  | 0.74          |                                            |                            | 4 | 0.4                        |
|                  | SPT   | 6.00     | 1.744                                                 | 2.524                                  |               | 7.7                                        | 0.372                      |   |                            |
|                  | KAROT | 10.50    | 1.845                                                 | 2.419                                  |               | 9.72                                       |                            |   |                            |
| SK-5             | KAROT | 16.50    | 1.915                                                 | 2.289                                  |               | 3.23                                       |                            |   |                            |
|                  | SPT   | 1.50     | 1.744                                                 |                                        |               | 21.5                                       | 0.088                      |   |                            |
|                  | SPT   | 6.00     | 1.879                                                 | 2.653                                  |               | 8                                          | 0.385                      |   |                            |
|                  | SPT   | 9.00     | 1.758                                                 | 2.577                                  |               | 7.3                                        | 0.391                      |   |                            |
| SK-6             | SPT   | 15.00    | 1.955                                                 | 2.268                                  |               | 3.43                                       |                            |   |                            |
|                  | SPT   | 1.50     |                                                       | 2.248                                  |               |                                            |                            |   |                            |
|                  | UD    | 2.50     | 1.858                                                 | 2.700                                  | 1.58          |                                            |                            | 9 | 0.69                       |
|                  | SPT   | 6.00     | 1.742                                                 | 2.324                                  |               |                                            |                            |   |                            |
|                  | SPT   | 9.00     | 1.812                                                 | 2.317                                  |               |                                            |                            |   |                            |
|                  | KAROT | 10.50    | 1.697                                                 |                                        |               |                                            |                            |   |                            |
|                  | KAROT | 13.50    | 2.073                                                 | 2.264                                  |               | 5.74                                       |                            |   |                            |
|                  | KAROT | 16.50    |                                                       |                                        |               |                                            |                            |   |                            |

**Tablo 7.2. : Zeminlere Ait Mekanik Özellikler**

## 8. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Jeofizik çalışmalar kapsamında sahada iki yöntem uygulaması yapılmıştır. Bu yöntemler, sismik kırılma ve yüzey dalgası analizi (MASW) ve Düşey Elektrik Sondajı (DES) ölçüleridir. 10 profil sismik ölçüm, 3 noktada DES ölçüsü alınmıştır. Yapılan ölçümlere ait tüm dokümanlar (ölçülen değerler, değerlendirmeler, oluşturulan kesitler vb) Ek-7’de verilmiştir. Çalışma genelinde yeraltı katmanları, yerin titreşim özellikleri, gevşek-sıkı katman ayırmaması, taşıma gücü hesabına temel oluşturan Vs hız değişim değeri, yeraltı tabaka eğimleri, yer esneklik parametreleri gibi bilgilere ulaşılması hedeflenmiştir. Tüm yöntemlerin uygulanma doğrultu ve yerini gösteren kroki Şekil’de 8.1’de verilmiştir. Uygulanan jeofizik yöntemlerin ortaklaştığı bölümlerde elde edilen sonuçların uyumluluğu yapılan değerlendirme ve varılan sonucu olumlu olarak etkilemiştir.

### 8.1. Sismik Ölçümler

Deprem tehlikelerine karşı alınabilecek önlemlerin belirlenmesinde temelde iki esas unsur ön plana çıkmaktadır. İlki dinamik ve statik yüklere karşı zemin davranışının elastik özelliklerine bağlı karakteri, diğeri ise yer-yapı iletişimine bağlı yapısal unsurların risk analizlerinin yapılmasıdır. Sismik kırılma ilk varış tomografisinden ve yüzey dalgası analizinden elde edilen kayma dalgası hız değeri, tabaka kalınlıkları ve türetilen fiziksel/geoteknik parametreler ( $V_p$ ,  $V_s$ ,  $H$ ,  $T_o$ ,  $G_{max}$ , yoğunluk, elastisite modülü, Poisson oranı, bulk modülü) elde edilmiştir. Saha da yayılım gösteren jeolojik birimleri elastik parametrelerin belirlenmesi amacıyla 10 adet sismik kırılma tomografisi ölçümü ve bu profillerden 7’si üzerinde Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW) ölçüsü alınmıştır.

**Sismik Kırılma Yöntemi;** Farklı hızlara ait tabaka sınırlarından kırılarak gelen cisim dalgalarının ilk geliş zamanlarının okunması ile P ve S dalga hızları hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada 15-20 m araştırma derinliği esas alınarak, jeofon aralığı 3-6 m arasında seçilmiştir. Sismik kırılma ölçülerinde; jeolojik birim ile bu birime ait ayrılmış zonların sınırının belirlenmesi, gevşek ve sıkı zeminin ayrımının göreceli olarak yapılması, tabakaların yayılım biçiminin gözlenmesi, alansal anlamda yüzeyde ve derinde ki hız değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

**MASW Yöntemi;** Çok kanallı sismograflarla yapılan yüzey dalgası (Rayleigh) kayıtlarının çok kanallı spektral analizi yapılarak sismik kayma dalgası (S) hızı bulunabilmektedir. Son yıllarda gelişen ve yaygınlaşan bu yöntem;

- Özellikle yer altı su seviyesinin yüksek olduğu alüvyon sahalarda,
- Dolgu ile oluşturulan sahalarda,
- Yüzeyi ince beton veya asfalt kaplı sahalarda,
- Düşük hızlı ara seviyelerin yer aldığı ortamlarda başarılı sonuçlar verebilmektedir.
- Ayrıca MASW ölçülerinin penetrasyon derinliği serim boyunun  $\geq 1/2$  katından daha fazladır.



**Şekil 8.1. : Sismik Kırılma-MASW, Ölçü Yerleri**





**Şekil 8.2. : Sismik Ölçü Alımına Ait Fotoğraflar**

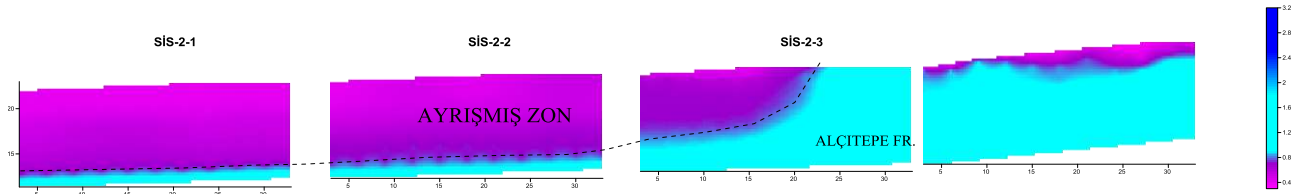
Proje kapsamında gerçekleştirilen sismik kırılma profillerine ait koordinat bilgileri Tablo 8.1.'de verilmiştir.

| Profil No      |           | Koordinatlar |        | Profil No    |           | Koordinatlar |        |
|----------------|-----------|--------------|--------|--------------|-----------|--------------|--------|
|                |           | X            | Y      |              |           | X            | Y      |
| <b>SİS-1</b>   | Başlangıç | 4447245      | 451657 | <b>SİS-3</b> | Başlangıç | 4447222      | 451394 |
|                | Bitiş     | 4447193      | 645698 |              | Bitiş     | 4447162      | 451395 |
| <b>SİS-2-1</b> | Başlangıç | 4447336      | 451538 | <b>SİS-4</b> | Başlangıç | 4447164      | 451239 |
|                | Bitiş     | 4447321      | 451499 |              | Bitiş     | 4447115      | 451273 |
| <b>SİS-2-2</b> | Başlangıç | 4447318      | 451490 | <b>SİS-5</b> | Başlangıç | 4447042      | 451331 |
|                | Bitiş     | 4447306      | 451455 |              | Bitiş     | 4447025      | 451281 |
| <b>SİS-2-3</b> | Başlangıç | 4447303      | 451443 | <b>SİS-6</b> | Başlangıç | 4447427      | 451513 |
|                | Bitiş     | 4447291      | 451406 |              | Bitiş     | 4447390      | 451471 |
| <b>SİS-2-4</b> | Başlangıç | 4447281      | 451399 | <b>SİS-7</b> | Başlangıç | 4446843      | 451977 |
|                | Bitiş     | 4447266      | 451363 |              | Bitiş     | 4446797      | 452018 |

**Tablo 8.1. : Sismik Ölçü Koordinatlar**

Sahada yapılan sondajlarda gözlemlenen birimlerin ölçülebilen  $V_p$  ve  $V_s$  hızları, birimlerin dinamik-elastik özellikleri ve sismik hızlardan elde edilen sonuçlar şöyledir:

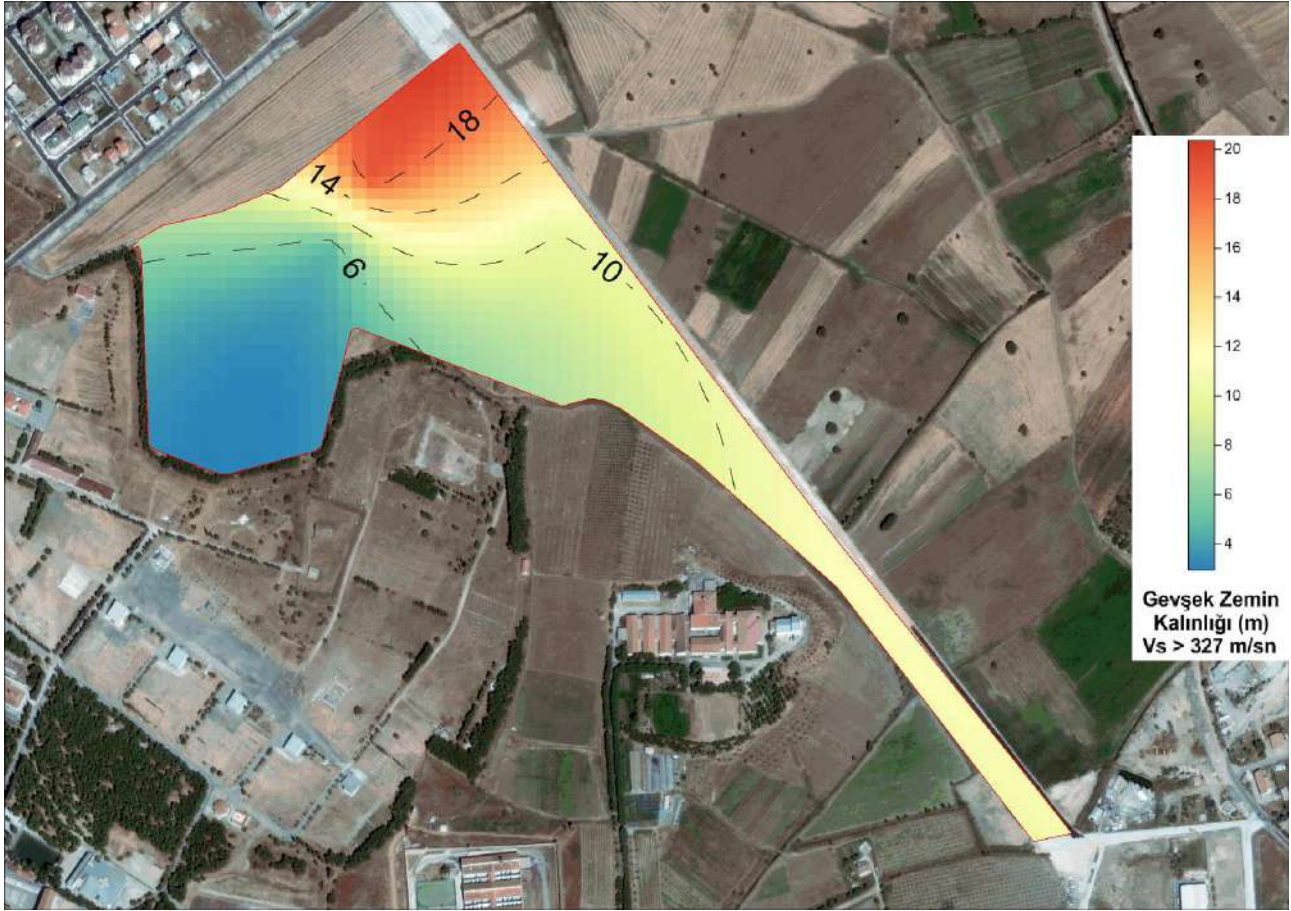
- Alçitepe Formasyonunun ayrıışmış zonuna ait katı Kil Tabakasının,  $V_p=420-800$  m/sn  $V_s=180-278$  m/sn arasındadır. Ayrıışmış zonu oluşturan bu birimler orta sıkı kum – çakıl ve katı kil litolojilerinden oluşmaktadır.
- Sondajlarda Çok Katı-Sert şeklinde tanımlanan Alçitepe Formasyonunda yer alan Kil Tabakasının  $V_p$  hızları 800-2000 m/sn arasında ve  $V_s$  hızları 327-693 m/sn arasındadır.
- Özellikle  $V_s$  hızlarının geniş bir aralıkta görülmesi saha da tanımlanan Çok Katı - Sert Killerin dayanımının sahanın kuzeyinde düşük, yükseltinin arttığı güneş kısmında yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca “ayrıışmış zon” olarak tanımlanan tabakanın kalınlığında kuzeyde 20 m’yi aşarken, güneyde 4-5 m civarında olduğu görülmektedir.
- Ayrıışmış zon olarak tanımlanan birimlerin saha içerisinde yayılımını daha net bir şekilde görebilmek amacıyla birbirini takip eden şekilde ve eğim yönünde, SİS-2-1, SİS-2-2, SİS-2-3 ve SİS-2-4 ölçüsü alınmıştır. Şekil 8.3’de verilen bu ölçümde ayrıışmış zonun ve Alçitepe Formasyonunun saha da yayılımı başarılı bir şekilde gözlenmiştir.



Şekil 8.3. : SİS-2 Tomogramı

- Sismik hızlardan hesaplanan diğer bir parametre olan  $T_0$  değeri inceleme alanında 0.41 ile 0.74 arasında değişmektedir. Zemin hakim titreşim periyodu değerlerine göre inceleme alanı yerel zemin sınıf Z2, Z3 ve Z4’tür.
- Profiller üzerinde alınan MASW ölçümleri ile  $V_s$  hızları hesaplanmıştır. MASW ölçümlerinde etki derinliği profil boyunun yarısına kadar ulaşabilmektedir. Böylece uzun açılımlarda daha derinden bilgi alınabilmektedir.  $V_s$  hızı  $V_p$  hızına göre tabaka ayırmalarında daha hassastır. Bu nedenle MASW ölçülerinden elde edilen  $V_s$  hızlarına göre inceleme alanında göreceli olarak gevşek – sağlam zemin ayırmaları yapılmıştır.

Vs hızları ~250 m/sn'ye kadar olan birimler ve hızları 327 <Vs< 693 m/sn arasında olan birimler haritalanmıştır. Oluşturulan harita Şekil 8.4.'te verilmiştir.



Şekil 8.4. : Gevşek Zemin kalınlığı

### 8.1.1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY, 2007) Uyarınca Hesaplanan Zemin Sınıfları

Çalışma alanında çok kanallı yüzey dalgası analizi yöntemi (MASW) ile elde edilen Vs hızları esas alınarak Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik Uyarınca zemin grubu ve yerel zemin sınıflaması yapılmış tablo 8.2.' de verilmiştir.

| Ölçü No                   | sis-1 | sis-2 | sis-3 | sis-4 | sis-5 | sis-6 | sis-7 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Zemin Grubu</b>        | C     | C     | C     | B     | C     | C     | C     |
| <b>Yerel Zemin Sınıfı</b> | Z3    | Z3    | Z3    | Z2    | Z3    | Z4    | Z4    |
| <b>Ta</b>                 | 0.15  | 0.15  | 0.15  | 0.15  | 0.15  | 0.2   | 0.2   |
| <b>Tb</b>                 | 0.6   | 0.6   | 0.6   | 0.4   | 0.6   | 0.9   | 0.9   |
| <b>To</b>                 | 0.56  | 0.58  | 0.49  | 0.41  | 0.49  | 0.74  | 0.68  |

**Tablo 8.2. :** Zemin grubu ,yerel zemin sınıfı, spektrum karakteristik periyotları ve zemin hakim titreşim periyodu

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

**Tablo 8.3. : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik Zemin Grupları**

| Yerel Zemin Sınıfı | Tablo 6.1'e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı ( $h_1$ )                         |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Z1                 | (A) grubu zeminler<br>$h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler                                     |
| Z2                 | $h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler<br>$h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler                   |
| Z3                 | $15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler<br>$h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler |
| Z4                 | $h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler<br>$h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler                      |

**Tablo 8.4. : Yerel Zemin Sınıfları**

Çalışma alanında yapılan sondajlarda SPT değerlerine göre tanımlanan orta sıkı kum ve katı kil birimler "C2-C-3" grubu sıkı kum ve çok katı-sert killer "B2-B3" grubu zemin tanıma uymaktadır. Yerel zemin sınıfı ise C grubu zeminler için Z3, B grubu zeminler için Z2'dir.

## 8.2. Elektrik Özdirenç Ölçümleri

İnceleme alanını oluşturan jeolojik birimlerin minerolojik ve litolojik özelliklerinden faydalanarak elektrik özdirenç değerlerini belirlemek ve farklı özdirençlere sahip birimlerin kalınlık ve derinliklerini bularak jeoelektrik yapı kesitini ortaya çıkartmak mümkündür. Bu amaçla tabakaların düşey yöndeki özdirenç değişimlerine daha duyarlı olan Schlumberger dizilimi kullanılarak 3 noktada düşey elektrik elektrik sondajı (DES) ölçüsü alınmıştır. Ölçü koordinatları Tablo 8.1.'de verilmiştir.

Ölçümler 12 voltluk aküden beslenerek 400 volt çıkış gerilimi oluşturabilen cihaz ile yapılmıştır.

Ölçü uzunlukları "AB/2" 60-90 m arasında değişmektedir. Ölçü yerleri şekil 8.2' de verilmektedir.



Şekil 8.4. : Elektrik Özdirenç Çalışmasına Ait Fotoğraflar

| DES   | Y      | X       | AB/2 (m) |
|-------|--------|---------|----------|
| DES 1 | 451619 | 4447284 | 90       |
| DES 2 | 451464 | 4447268 | 70       |
| DES 3 | 451301 | 4447174 | 60       |

Tablo 8.5. : Ölçü Nokta Koordinatları



**Şekil 8.5. : DES Ölçü Noktaları Yerleri**

Elde edilen öz direnç eğrileri İpi2Win programı ile değerlendirilmiş, her ölçüm noktasında ki tabakalı yapının, gerçek öz direnç değerleri ve tabaka kalınlıkları bulunmuştur. Oluşturulan bu kesitlere göre;

- DES 1 ölçüsünün ters çözüm tekniği ve İpi2win programıyla değerlendirilmesi sonucunda ölçünün alındığı noktadan derine doğru istiflenen 4 farklı tabaka elde edilmiştir. 0-1 metre arasında elde edilen diğer tabakalara göre daha yüksek öz direnç yapısına sahip tabaka; yüzeyde bulunan bitkisel toprak ya da havalandırılmış alüvyon ile eşleştirilmiştir. Bu tabakanın altında yer altı suyu bakımından zengin, jeoloji ve sondaj verilerinde karşılaşılan çakıllı, kumlu bir birimin bulunduğu düşünülmektedir. Bu tabakanın altından çakıl oranının azaldığı, litostatik basınç ile daha konsolide, ince taneli kumlu, killi bir birimin bulunduğu kabul edilmiştir. En alta ise kum oranının azaldığı ancak kum bantlarının bulunabileceği killi, siltli bir birimin bulunduğu düşünülmektedir.

- DES 2 ölçüsünde genel olarak yine 4 tabaka elde edilmiştir. Buna ek olarak son tabakanın içinde DES 1’de de belirtildiği gibi kil veya silt oranının yüksek olduğu düşük öz dirençli 3-4 metre kalınlığında bant şeklinde bir tabaka belirlenmiştir. Yüzeyde 1-2 metre kalınlığında bitkisel toprak ve bu tabakanın altında 4-5 metre kalınlığında çakıllı, kumlu bir birim bulunduğu düşünülmektedir. Daha sonra 10-12 metre kalınlığında killi, kumlu bir birim ve bu birimin altında da killi, siltli bir birim bulunmaktadır.
- DES 3’de yüzeyde yine 1-2 metre kalınlığında bitkisel toprak bulunmaktadır. Bu tabakanın altında diğer ölçülerde olduğundan daha düşük öz dirençli killi, çakıllı, kumlu bir birim bulunmaktadır. Bu tabakanın yer altı suyuna doygun olduğu düşünülmektedir. Bu tabakanın da altında killi, kumlu bir birim bulunmaktadır. Yer altı suyunun zayıf olduğu düşünülen bu tabaka yaklaşık 10-12 metre kalınlığındadır. En alt ise diğer ölçülerde bahsedilen kil, silt ve kum bantlarının daha sık bulunduğu düşünülen bir tabaka bulunmaktadır. Bu durum DES 3’ün ters çözüm sonuçları incelediğinde fark edilecektir.
- Ölçülen bu öz direnç değerleri arazinin “çok korozif-korozif” bir yapıda olduğunu göstermektedir.

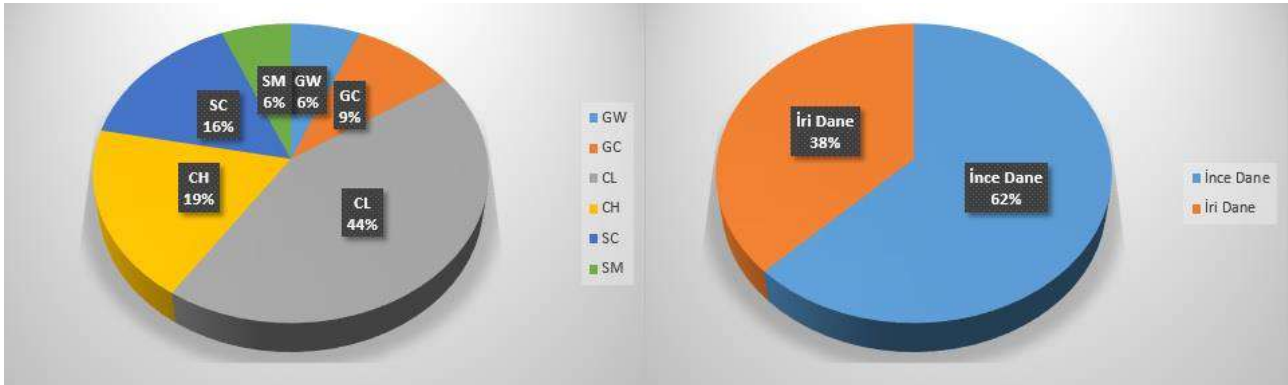
## 9. ZEMİN VE KAYA TÜRLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

### 9.1. Zemin ve Türlerinin Sınıflandırılması

İnceleme alanında yapılan sondajlar ve arazi deneylerinde kalınlığı 4 m'den 20 m'ye kadar değişen ayrıışmış bir zon (Rezidüel) ve bu ayrıışmış zonun altında Alçıtepe formasyonuna ait birimler tanımlanmıştır.

Ayrıışmış zonun altında genç yaşlı, pekleşmemiş kaya klasındaki birimlere rastlanmaktadır. Grimsi mavi renli, yeryer çakıl ara bantlı ve az miktarda kumlu sert kil tabakası saha genelinde yayılım göstermektedir. Arazinin güneyinden kuzeyine doğru eğimle birlikte bu sert kil tabakasının eğim yönünde derine daldığı görülmektedir. Arazi kotunun yüksek olduğu kesimlerde sert ki tabakasının yüzeyden itibaren başlangıç derinliği 4-5 iken, arazinin kuzeyin de bu tabakanın başlangıç derinliği 20 m'den sonradır.

Yapılan sondajlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş zemin örneklerinin laboratuvar sonuçları çalışma alanındaki zeminlerin % 62'si ince daneli; % 38'i ise iri daneli olduğunu göstermektedir.



Şekil 9.1. : İnceme Alanı Zemin Türleri



Şekil 9.2. : Çok katı – Sert Kil Tabakasından Alınmış Karot Örnekleri (SK-5)



Şekil 9.3. : Çok katı – Sert Kil Tabakasından Alınmış Karot Örnekleri (SK-2)

### İnce Daneli Zeminler

Çalışma alanından alınan 32 örnekten 20'si birleşik zemin sınıflamasına göre ince daneli zeminlerden oluşmaktadır. Bu 20 örnekler 'CL' ve 'CH' simgeleridir.

| Kıvamlılık İndeksi<br>Ic | Tanımlama            |
|--------------------------|----------------------|
| < 0                      | Akışkan (çamur)      |
| 0 - 0.25                 | Çok yumuşak          |
| 0.25 - 0.50              | Yumuşak              |
| 0.50 - 0.75              | Yarı sert (sıkı)     |
| 0.75 - 1.00              | Sert                 |
| > 1.00                   | Yarı katı (çok sert) |

**Tablo 9.1. :** İnce daneli zeminlerin kıvamlılık indeksine göre sınıflandırılması (Means ve Parcher (1963))

Kıvamlılık İndeksi  $I_c = (LL - w) / PI$  formülü ile hesaplanır.

LL: Likit Limit w: Doğal su muhtevası Sondaj kuyularından alınan örneklerin hesaplanan kıvamlılık indeksleri Tablo 9.2.'de verilmiştir.

| Sondaj No | Numune | Derinlik | $I_c$ | Tanımlama   |
|-----------|--------|----------|-------|-------------|
| SK-1      | SPT    | 3.00     | 1.07  | Yarı katı   |
|           | SPT    | 13.50    | 0.36  | Yumuşak     |
|           | SPT    | 15.00    | 0.26  | Yumuşak     |
|           | SPT    | 18.00    | 0.50  | Yumuşak     |
| SK-2      | SPT    | 3.00     | 0.88  | Sert        |
| SK-3      | UD     | 4.95     | 0.27  | Yumuşak     |
|           | KAROT  | 7.50     | 0.78  | Sert        |
|           | KAROT  | 12.50    | 1.15  | Yarı katı   |
| SK-4      | UD     | 1.00     | 1.05  | Yarı katı   |
|           | UD     | 3.45     | 0.38  | Yumuşak     |
|           | SPT    | 6.00     | 0.49  | Yumuşak     |
|           | KAROT  | 10.50    | 0.94  | Sert        |
|           | KAROT  | 16.50    | 0.91  | Sert        |
| SK-5      | SPT    | 6.00     | 0.10  | Çok yumuşak |
|           | SPT    | 9.00     | 0.72  | Yarı sert   |
|           | SPT    | 15.00    | 0.75  | Sert        |
| SK-6      | SPT    | 1.50     | 0.81  | Sert        |
|           | UD     | 2.50     | 1.17  | Yarı katı   |
|           | SPT    | 9.00     | 0.86  | Sert        |
|           | KAROT  | 13.50    | 1.05  | Yarı sert   |

**Tablo 9.2. :** İnceleme Alanındaki İnce Daneli Zeminlerin Kıvamlılık İndeksleri

İnce daneli 20 zemin örneği üzerine yapılan deney sonuçlarına göre Burmister, 1951 Sınıflaması ve Leonards 1962 sınıflaması kullanılarak birimlerin plastiklik dereceleri incelenmiştir. Burmister sınıflamasına göre ince daneli birimlerin zemin örneklerine ait değerleri Tablo 9.5.'de verilmiştir.

| Plastisite İndeksi PI (%) | Yuvarlatıldığın En Küçük Çap (mm) | Plastisite Derecesi                 | Tanımlama   |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 0                         | -                                 | Plastik Değil                       | SİLT        |
| 1-5                       | 6                                 | Önemsiz Derecede Plastisiteye Sahip | KİLLİ SİLT  |
| 5-10                      | 3                                 | Düşük Plastisiteli                  | SİLT VE KİL |
| 10-20                     | 1.5                               | Orta Plastisiteli                   | KİL VE SİLT |
| 20-40                     | 0.8                               | Yüksek Plastisiteli                 | SİLTİLİ KİL |
| >40                       | 0.4                               | Çok Yüksek Plastisiteli             | KİL         |

**Tablo 9.3. : Burmister (1951) Sınıflaması**

| Plastisite İndeksi PI (%) | Plastisite Derecesi   |
|---------------------------|-----------------------|
| 0-5                       | Plastik Değil         |
| 5-15                      | Orta Derecede Plastik |
| 15-40                     | Plastik               |
| >40                       | Çok Plastik           |

**Tablo 9.4. : Plastisite İndeksine Bağlı Plastisite Derecesi**

| Numune        |       |          | Atterberg Limitleri |       |       | Plastisite Derecesi          |                             |
|---------------|-------|----------|---------------------|-------|-------|------------------------------|-----------------------------|
| Sondaj Kuyusu | Tipi  | Derinlik | LL (%)              | PL(%) | PI(%) | Burmister (1951) Sınıflaması | Leonards (1962) Sınıflaması |
| SK-1          | UD    | 3.00     | 63                  | 26    | 36    | Yüksek Plastisiteli          | Plastik                     |
|               | SPT   | 13.50    | 36                  | 21    | 15    | Orta Plastisiteli            | Orta Plastik                |
|               | SPT   | 15.00    | 36                  | 23    | 13    | Orta Plastisiteli            | Orta Plastik                |
|               | SPT   | 18.00    | 36                  | 23    | 14    | Orta Plastisiteli            | Orta Plastik                |
| SK-2          | SPT   | 3.00     | 48                  | 21    | 27    | Yüksek Plastisiteli          | Plastik                     |
| SK-3          | UD    | 4.95     | 46                  | 22    | 23    | Yüksek Plastisiteli          | Plastik                     |
|               | KAROT | 7.50     | 38                  | 21    | 17    | Orta Plastisiteli            | Plastik                     |
|               | KAROT | 12.50    | 38                  | 21    | 18    | Orta Plastisiteli            | Plastik                     |
| SK-4          | UD    | 1.00     | 72                  | 27    | 45    | Çok Yüksek Plastisiteli      | Çok Plastik                 |
|               | UD    | 3.45     | 37                  | 19    | 17    | Orta Plastisiteli            | Plastik                     |
|               | SPT   | 6.00     | 38                  | 19    | 19    | Orta Plastisiteli            | Plastik                     |
|               | KAROT | 10.50    | 51                  | 26    | 25    | Yüksek Plastisiteli          | Plastik                     |
|               | KAROT | 16.50    | 52                  | 27    | 25    | Yüksek Plastisiteli          | Plastik                     |
| SK-5          | SPT   | 6.00     | 38                  | 21    | 17    | Orta Plastisiteli            | Plastik                     |
|               | SPT   | 9.00     | 39                  | 21    | 17    | Orta Plastisiteli            | Plastik                     |
|               | SPT   | 15.00    | 52                  | 24    | 29    | Yüksek Plastisiteli          | Plastik                     |
| SK-6          | SPT   | 1.50     | 36                  | 21    | 15    | Orta Plastisiteli            | Orta Plastik                |
|               | UD    | 2.50     | 62                  | 27    | 35    | Yüksek Plastisiteli          | Plastik                     |
|               | SPT   | 9.00     | 36                  | 21    | 15    | Orta Plastisiteli            | Orta Plastik                |
|               | KAROT | 13.50    | 36                  | 21    | 15    | Orta Plastisiteli            | Orta Plastik                |

**Tablo 9.5. : Zeminlerin Plastisite Dereceği (Burmister 1951 ve Leonards 1962 sınıflaması)**

## İri Daneli Zeminler

Birleşik zemin sınıflamasına göre, iri daneli zeminlerden alınan 12 örnekten 3'ü 'GC' simgeli killi çakıl (SK-1 ve SK-6'da), 5'i 'SC' simgeli killi kum (SK-1, SK-3 ve SK-6'da), 2'si 'GW-GM' simgeli çakıl ve az silt ve az kum (SK-1 ve SK-2), 1'i 'SM' simgeli siltli kum (SK-5) ve 1'i 'SW-SM' simgeli kum ve az silt ve az çakıl (SK-2) birimlerinden oluşmaktadır.

| N30 Darbe Sayısı | Sıklık     |
|------------------|------------|
| <4               | Çok Gevşek |
| 4-10             | Gevşek     |
| 10-30            | Orta Sıkı  |
| 30-50            | Sıkı       |
| >50              | Çok Sıkı   |

**Tablo 9.6. :** Kohezyonsuz zeminlerde SPT'ye göre relatif sıklık değeri (Terzaghi ve Peck)

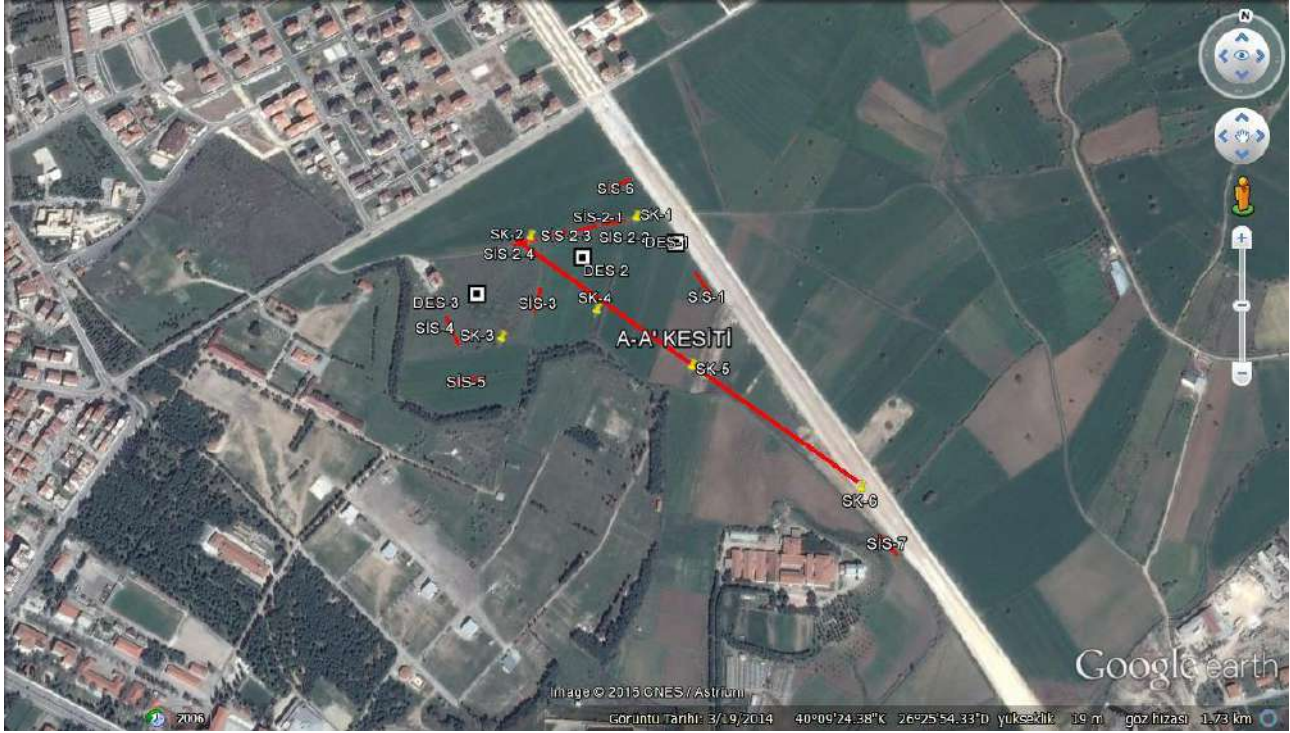
Terzaghi ve Peck tarafından hazırlanan sınıflandırmaya göre iri daneli zeminlerdeki SPT deneyi bağlı sıklık değerlendirmesi Tablo 9.7.'de verilmiştir.

| Sondaj No | Seviye      | SPT |    |    |                 | Sıklık    |
|-----------|-------------|-----|----|----|-----------------|-----------|
|           |             | 15  | 30 | 45 | N <sub>30</sub> |           |
| SK-1      | 1.50-1.95   | 14  | 10 | 7  | 17              | Orta Sıkı |
|           | 4.50-4.95   | 11  | 25 | R  | R               | Çok Sıkı  |
|           | 7.50-7.95   | 12  | 7  | 11 | 18              | Orta Sıkı |
|           | 10.50-10.95 | 5   | 7  | 10 | 17              | Orta Sıkı |
| SK-2      | 4.50-4.95   | 7   | 18 | R  | R               | Çok Sıkı  |
| SK-3      | 1.50-1.95   | 8   | 10 | 12 | 22              | Orta Sıkı |
|           | 3.00-3.45   | 24  | 32 | 36 | 68              | Çok Sıkı  |
| SK-5      | 1.50-1.95   | 15  | 21 | 21 | 42              | Sıkı      |
| SK-6      | 6.00-6.45   | 6   | 12 | 14 | 26              | Orta Sıkı |

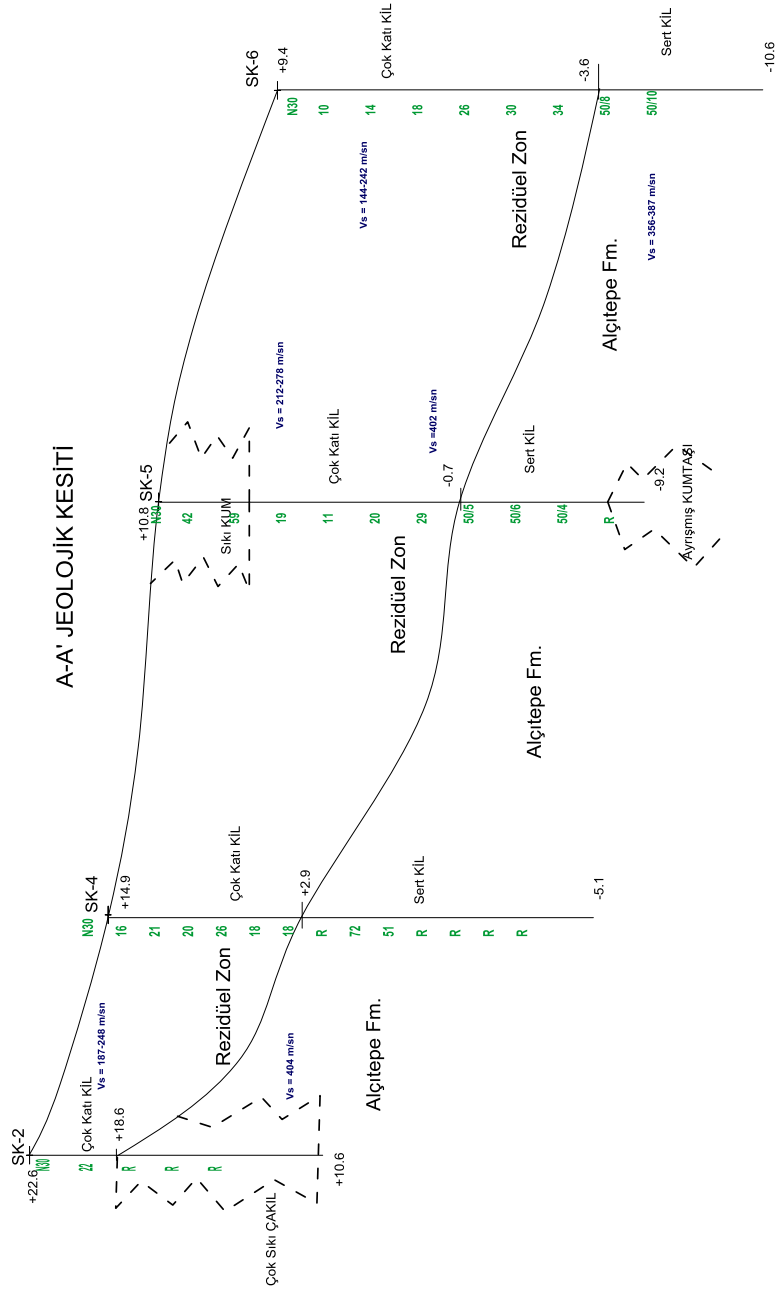
**Tablo 9.7. :** İnceleme Alanı Kohezyonsuz Zeminlerde SPT Deneyine Bağlı Sıklık Değerlendirmesi

## 9.2. Mühendislik Zonları ve Zemin Profilleri

İnceleme alanının zemin profili incelendiğinde sahanın Alçıtepe Formasyonu ve Alüvyon birimlerinden oluştuğu belirlenmiştir.



Şekil 9.4. : Jeoteknik sondajların ve jeolojik kesitlerin yerleşim haritası



ÖLÇEKSİZDİR

**Şekil 9.5. : A-A' Jeolojik Kesiti**

### 9.3. Zeminin Dinamik – Elastik Parametrelerinin İncelenmesi

Deprem mühendisliği problemlerinin çözümünde dinamik zemin özelliklerinin ölçülmesi son derece önemli bir işlemdir (Kramer, 1996). Elastik dalgaların (deprem dalgası vb.) yayılmasını etkileyen dinamik zemin özellikleri ve diğer düşük deformasyon kavramları rijitlik, sönümleme, poisson oranı, yoğunluk ve diğer dinamik parametrelerdir (Kramer, 1996). Sismik hızlar zeminin yoğunluğuna ve elastisite parametrelerine (Grant ve West, 1965), elastik parametreler ise kayaçların ve zeminlerin litolojisine bağlıdır. Hesaplanan  $V_p$  ve  $V_s$  hızlarına göre yerin dinamik-esneklik özelliklerini ortaya koymak amacıyla belirlenen her bir tabaka için yoğunluk ( $d$ ), maksimum kayma modülü ( $G_{max}$ ), young modülü ( $E_d$ ), poisson oranı ( $u$ ), bulk modülü ( $k$ ), serbest basınç dayanımı ( $q_u$ ) ve  $V_{s30}$  (m/sn) değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan mühendislik parametreleri Tablo 9.8.'de verilmiştir.

Sismik ölçü sonuçları değerlendirildiğinde inceleme alanının da kotun düşük olduğu kuzey kısmında  $V_p$  ve  $V_s$  hızlarının göreceli olarak daha düşük olduğu görülmektedir. Bu kesimde ayrılmış, pekleşmemiş malzemenin kalınlığının daha fazla olduğu ve eğim yukarı yönde azalarak 4-5 m seviyesine kadar inceldiği görülmektedir. Ayrılmış zon Alçıtepe formasyonu üzerinde çanak şeklinde yayılım göstermektedir. Bu yapı SİS-2 sismik tomografin da görülmektedir.

| 116 Jandarma Arkası         |                           |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
|-----------------------------|---------------------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| SİS-1                       |                           |            |          | SİS-2    |          |          |          | SİS-3    |          |          |          | SİS-4    |          |          |          |  |
| Parametre Adı ve Birimi     |                           | 1.tabaka   | 2.tabaka | 3.tabaka | 1.tabaka | 2.tabaka | 3.tabaka | 1.tabaka | 2.tabaka | 3.tabaka | 4.tabaka | 5.tabaka | 1.tabaka | 2.tabaka | 3.tabaka |  |
| Sıkışma Dalgası Hız(Vp)     |                           | (m/sn)     | 450      | 550      | 800      | 420      | 540      | 800      | 550      | 1100     | 2000     |          | 550      | 1300     | 1700     |  |
| Kayma Dalgası Hızı (Vs)     |                           | (m/sn)     | 212      | 278      | 402      | 190      | 248      | 404      | 186      | 327      | 562      |          | 194      | 366      | 693      |  |
| Tabaka Kalınlığı (h)        |                           | (m)        | 4        | 6.1      | -        | 4        | 6.1      | -        | 4.7      | 7.7      |          |          | 4.4      | 11.2     | -        |  |
| Hız Oranı                   |                           | (Vp/Vs)    | 2.1      | 2.0      | 2.0      | 2.2      | 2.2      | 2.0      | 3.0      | 3.4      | 3.6      |          | 2.8      | 3.6      | 2.5      |  |
| Poisson Oranı (u)           |                           | (birimsiz) | 0.36     | 0.33     | 0.33     | 0.37     | 0.37     | 0.33     | 0.44     | 0.45     | 0.46     |          | 0.43     | 0.46     | 0.40     |  |
| Yoğunluk (d)                |                           | (kg/cm2)   | 1.43     | 1.50     | 1.65     | 1.40     | 1.49     | 1.65     | 1.50     | 1.79     | 2.07     |          | 1.50     | 1.86     | 1.99     |  |
| Kayma Modülü (G)            |                           | (kg/cm2)   | 642      | 1160     | 2664     | 507      | 919      | 2691     | 519      | 1909     | 6548     |          | 565      | 2494     | 9560     |  |
| Elastisite Modülü E         |                           | (kg/cm2)   | 1742     | 3083     | 7093     | 1390     | 2512     | 7152     | 1491     | 5542     | 19082    |          | 1615     | 7266     | 26774    |  |
| Bulk Modülü (k)             |                           | (kg/cm2)   | 2036     | 2994     | 6999     | 1800     | 3132     | 6964     | 3849     | 19057    | 74193    |          | 3788     | 28134    | 44781    |  |
| Zemin Hakim Titr. Per. (To) |                           | (sn)       | 0.56     |          |          |          | 0.58     |          |          |          | 0.49     |          |          |          | 0.41     |  |
| Vs(30) Kayma Dalgası Hızı   |                           | (m/sn)     | 332      |          |          |          | 316      |          |          |          | 344      |          |          |          | 405      |  |
| MASW'den Vs(30) Hızı        |                           | (m/sn)     | 332      |          |          |          | 316      |          |          |          | 344      |          |          |          | 405      |  |
| Büyütme                     | Midorikawa, (1987)        | birimsiz   | 2.1      |          |          |          | 2.2      |          |          |          | 2.0      |          |          |          | 1.9      |  |
|                             | Borchardt ve diğ., (1991) | birimsiz   | 2.1      |          |          |          | 2.2      |          |          |          | 2.0      |          |          |          | 1.7      |  |
| 116 Jandarma Arkası         |                           |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| Parametre Adı ve Birimi     |                           | 1.tabaka   | 2.tabaka | 3.tabaka | 4.tabaka | 5.tabaka | 1.tabaka | 2.tabaka | 3.tabaka | 2.tabaka | 3.tabaka | 3.tabaka |          |          |          |  |
| Sıkışma Dalgası Hız(Vp)     |                           | (m/sn)     | 530      | 900      | 1300     | 2000     |          | 470      | 900      | 900      | 1400     | 1400     |          |          |          |  |
| Kayma Dalgası Hızı (Vs)     |                           | (m/sn)     | 186      | 255      | 376      | 563      |          | 180      | 250      | 337      | 242      | 366      |          |          |          |  |
| Tabaka Kalınlığı (h)        |                           | (m)        | 3.0      | 8.5      | 6.5      | -        |          | 9.3      | 11.1     |          | 5.6      |          |          |          |          |  |
| Hız Oranı                   |                           | (Vp/Vs)    | 2.8      | 3.5      | 3.5      | 3.6      |          | 2.6      | 3.6      | 2.7      | 5.8      | 3.8      |          |          |          |  |
| Poisson Oranı (u)           |                           | (birimsiz) | 0.43     | 0.46     | 0.45     | 0.46     |          | 0.41     | 0.46     | 0.42     | 0.48     | 0.46     |          |          |          |  |
| Yoğunluk (d)                |                           | (kg/cm2)   | 1.49     | 1.70     | 1.86     | 2.07     |          | 1.44     | 1.70     | 1.70     | 1.90     | 1.90     |          |          |          |  |
| Kayma Modülü (G)            |                           | (kg/cm2)   | 515      | 1104     | 2632     | 6571     |          | 468      | 1061     | 1928     | 1111     | 2540     |          |          |          |  |
| Elastisite Modülü E         |                           | (kg/cm2)   | 1471     | 3216     | 7655     | 19148    |          | 1323     | 3095     | 5471     | 3297     | 7434     |          |          |          |  |
| Bulk Modülü (k)             |                           | (kg/cm2)   | 3492     | 12281    | 27949    | 74162    |          | 2565     | 12338    | 11182    | 35686    | 33779    |          |          |          |  |
| Zemin Hakim Titr. Per. (To) |                           | (sn)       | 0.49     |          |          |          |          |          |          |          | 0.68     |          |          |          |          |  |
| Vs(30) Kayma Dalgası Hızı   |                           | (m/sn)     | 341      |          |          |          |          |          |          |          | 263      |          |          |          |          |  |
| MASW'den Vs(30) Hızı        |                           | (m/sn)     | 341      |          |          |          |          |          |          |          | 263      |          |          |          |          |  |
| Borchardt ve diğ., (1991)   |                           | birimsiz   | 2.1      |          |          |          |          |          |          |          | 2.7      |          |          |          |          |  |

Tablo 9.8. : Dinamik – Elastik Mühendislik Parametreleri

30 m derinlik için ortalama kayma dalga hızı değerleri ( $V_{s30}$ );  $241 \text{ m/sn} \leq V_{s30} \leq 405 \text{ m/sn}$  aralığında değerler almaktadır.

| Zemin Sınıfı | Tanım                                                                                              | Hız (m/sn)           |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| A            | Kaya ya da diğer benzeri formasyonlar                                                              | $V_s > 800$          |
| B            | Çok sıkı kum çakıl ya da çok sert killer                                                           | $360 < V_s \leq 800$ |
| C            | Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil                                                      | $180 < V_s \leq 360$ |
| D            | Gevşekten-Orta sıkıya kadar kohezyonsuz zeminler veya Yumuşaktan – serte kadar kohezyonlu zeminler | $180 < V_s$          |

**Tablo 9.9. :** TS EN 1998-1 (Eurocode 8) yer sınıflaması

#### 9.4. Şişme – Oturma ve Taşıma Gücü Analizleri ve Değerlendirme

##### 9.4.1. Zeminlerin Şişme Özellikleri

Şişme basıncının miktarı zemin içindeki kil minerallerine, zemin yapı ve dokusuna, katyon değeri, tuz konsantrasyonu, çimentolanma ve organik madde varlığı gibi birçok fizikokimyasal faktöre bağlıdır. Şişme, zemin çökeline genellikle üst kesimlerinde meydana gelmektedir. Bu nedenle şişme daha çok hafif yapılara, yol kaplamalarına ve kanal astarlarına zarar vermektedir. Şişme basıncı 40-50 m kalınlığındaki dolgunun sağladığı basınca eşdeğer olan 1000 kPa'a varan büyüklüklere çıkabilmektedir. 100-200 kPa gibi orta derecedeki şişme basınçları 5-6 m kalınlığındaki dolguları etkileyebileceğinden, temel zeminde şişmeye karşı önlemler alınmalıdır. Ortalama bir binanın temele ileteceği basınç her bir kat başına yaklaşık olarak 15-20 kPa'dır. Bir zeminde zarar verici anlamda bir şişmenin meydana gelmesi üç şarta bağlıdır:

- (1) Zeminde montmorillonitin varlığı,
- (2) Zeminin doğal su içeriğinin PL civarında olması ve
- (3) Bir su kaynağının bulunması (Gromko 1974).

Çalışma alanında yer alan Alçıtepe Formasyonuna ait ayrılmış birimlerde ve alüvyon zeminde toplam 4 adet örselenmemiş numune üzerinde hesaplanan şişme yüzdesi değerleri aşağıdaki tabloda verilmiş ve Holtz ve Gibbs (1956) tarafından hazırlanmış olan şişme potansiyeli tanımına göre sınıflandırılmıştır.

| Serbest Şişme (%) | Tanımlama  |
|-------------------|------------|
| 0 – 1.5           | Düşük      |
| 1.5 – 5           | Orta       |
| 5 – 25            | Yüksek     |
| >25               | Çok Yüksek |

**Tablo 9.11. :** Şişme potansiyeli tanımı (Holtz ve Gibbs 1956)

| Sondaj No | Derinlik | Şişme Yüzdesi (%) | Tanım |
|-----------|----------|-------------------|-------|
| SK-1      | 3.00     | 1.45              | Düşük |
| SK-4      | 1.00     | 1.67              | Orta  |
| SK-4      | 3.45     | 0.74              | Düşük |
| SK-6      | 2.50     | 1.58              | Orta  |

**Tablo 9.12. : Örselememiş Numuneler Üzerinde Yapılan Deney Sonuçlarına Göre Zeminlerin Şişme Tanımlamaları**

Sondaj çalışmalarıyla killi seviyelerden alınan örselememiş (Shelby) ve örselemiş (SPT) örnekler üzerinde yapılan laboratuvar analizlerinden ve Skempton (1953) tarafından önerilen ince taneli zeminlerin plastisite indeksinin (PI) kil yüzdesine oranının zeminin aktivite sayısı (A) olarak tanımlanması ve gene Skempton (1953) tarafından önerilen aktivite sayısına göre kilin sınıflandırılması ve kil mineral türünün belirlenmesini gösteren sınıflandırma (Tablo 9.13) kullanılarak kil içeren örneklerin aktivite değerlerine göre sınıflandırılması yapılmıştır.

| Sondaj No | Numune Tipi | Derinlik | PI (%) | Kil (%) | A    | Sınıflama         | Kil Minerali   |
|-----------|-------------|----------|--------|---------|------|-------------------|----------------|
| SK-1      | UD          | 3.00     | 36     | 37.6    | 1.1  | Normal Kil        | İllit          |
| SK-3      | SPT         | 4.95     | 23     | 25.90   | 1.1  | Normal Kil        | İllit          |
| SK-4      | UD          | 1.00     | 45     | 47.63   | 1.05 | Normal Kil        | İllit          |
| SK-4      | UD          | 3.45     | 17     | 32.12   | 0.62 | Aktif Olmayan Kil | Kaolinit       |
| SK-6      | UD          | 2.50     | 35     | 31.00   | 1.34 | Aktif Kil         | Montmorillonit |

**Tablo 9.13. : Killerin Aktivite Durumu ve Kil Minerali İçeriği**

Şişme yüzdesi ve aktivite sayısı sonuçlarına göre inceleme alanı içinde yer alan killi zeminlerin şişme derecelerinin ve aktivite durumlarının "Aktif Olmayan Kil (Kaolinit)", "Normal Kil (İllit) ve Aktif Kil (Montmorillonit )" olarak tanımlayabiliriz.

#### 9.4.2. Zeminlerin Oturma Özellikleri

İnceleme alanı kohezyonlu ve kohezyonsuz birimlerden oluştuğundan ve bu birimlerde konsolidasyon oturması ve ani oturma oluşabileceği düşüncesiyle örselenmemiş numuneler üzerinde belirli yüklere karşılık hacimsel sıkışma katsayısı ( $m_v$ )'nı hesaplayabilmek amacıyla konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Ani oturma ve konsolidasyon oturması hesaplanırken yapılaşmanın 6 kat olabileceği düşüncesi ile yapı yükü 80 kPa, temel alt kotu 3.00 m bina temel en ve boyları 10m olarak alınmıştır. Hesaplamalarda kullanılan veriler oturma oluşabilecek tabakaları temsilen ortalama değerler olarak kullanılmıştır. Bu hesaplamalar temsili yüklerle yapılmış olup örneklerin belirli noktalardan alınması nedeniyle elde edilen sonuçlar genel amaçlı olacağı bilinmeli parsel bazında yapılacak zemin etütlerinde ayrıntılı olarak incelenmelidir.

Oluşabilecek Konsolidasyon Oturması;

$$\Delta H = H \cdot m_v \cdot \Delta p$$

formülü ile hesaplanabilir. Burada;

$\Delta H$ : Konsolidasyon Oturması

H: Sıkışabilir tabaka kalınlığı

$m_v$ : Hacimsel Sıkışma Katsayısı

$\Delta p$ : Gerilme Artışıdır.

| Lokasyon | H (m) | $m_v$ (cm <sup>2</sup> /kg) | Yük Artışı<br>kgf/cm <sup>2</sup> | Oturma<br>(cm) |
|----------|-------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------|
| SK-1     | 5     | 0.02                        | 0.26                              | 2.6            |
| SK-2     | 1     | 0.02                        | 0.26                              | 0.52           |
| SK-3     | -     | -                           | -                                 | -              |
| SK-4     | 9     | 0.02                        | 0.26                              | 4.68           |
| SK-5     | 4.5   | 0.02                        | 0.26                              | 2.34           |
| SK-6     | 6     | 0.02                        | 0.26                              | 3.12           |

**Tablo 9.14. :** Konsolidasyon Oturması Miktarları

Oluşabilecek Ani Oturma;

$$S_i = (q - \delta' D_f) * (B / E_u) * I_1 * I_2$$

| Lokasyon | H (m) | $E_u$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | Yük Artışı<br>kgf/cm <sup>2</sup> | Oturma<br>(cm) |
|----------|-------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------|
| SK-1     | 7     | 10000                       | 0.26                              | 0.77           |
| SK-2     | 2     | 10000                       | 0.26                              | 0.25           |
| SK-3     | 4.5   | 8000                        | 0.26                              | 0.68           |
| SK-4     | -     | -                           | -                                 | -              |
| SK-5     | 1     | 5000                        | 0.26                              | 0.57           |
| SK-6     | -     | -                           | -                                 | -              |

**Tablo 9.15. :** Ani Oturma Miktarları

| Lokasyon | Toplam<br>Oturma (cm) |
|----------|-----------------------|
| SK-1     | 3.37                  |
| SK-2     | 0.77                  |
| SK-3     | 0.68                  |
| SK-4     | 4.68                  |
| SK-5     | 2.91                  |
| SK-6     | 3.12                  |

**Tablo 9.16. :** Toplam Oturma Miktarları

Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde hesaplanmış olan konsolidasyon ve ani oturma değerleri hesaplandığında yapı yüküne bağlı olarak belli miktarlarda oturma gerçekleştiği görülmektedir. Ancak bu oturma değerleri gerek radye gerek münferit temeller için izin verilebilir sınırların altında kalmaktadır. Zemin etüdü aşamasında inşası yapılacak yapının ve zeminin özelliklerine göre gerekli hesapmalar yapılmalıdır.

## 9.5. Yüzeysel Temeller İçin Taşıma Gücü

Sondaj loglarında muhtemel bina temellerinin oturacağı zeminler Alçıtepe formasyonunun rezidüel zonu ve alüvyon birimlere denk gelmektedir. Sondajlarda bu birimler orta sıkı-sıkı kum ve katı-çok katı kil tabakalarına denk gelmektedir. Ayrıca derin temelli yapılar yapılması durumunda bu yapılarda Alçıtepe formasyonuna oturacaktır.

### 9.5.1. Orta sıkı-Sıkı Kum Tabakasına Oturacak Yapılar

Laboratuar verilerine bakıldığında bu temel seviyesine ait birimin kohezyon, içsel sürtünme ve birim hacim ağırlıklarının yaklaşık olarak aynı değerlerde oldukları görülmektedir. Bu yüzden ortalama değerler kullanılmıştır. Laboratuar deney sonuçlarına göre kohezyon  $0,1 \text{ kg/cm}^2$ , içsel sürtünme açısı  $23^\circ$  ve birim hacim ağırlık  $1,7 \text{ gr/cm}^3$  olarak belirlenmiş olup, kum tabakasının ortalama spt  $N_{30}$  değeri sondaj loglarından en düşük değer olarak 22 seçilmiştir. 4 farklı temel seviyesi için binalara ait bilgiler temel için genişlik 10 metre olarak hesaplamalar yapılmıştır.

Parry 1977 taşıma gücü teorisine göre taşıma gücü hesabı yapıldığı takdirde;

$$q = 0.24 * N * ((D_f + 0.73 * B) / (D_f + 0.75 B))$$

| Temel Derinliği<br>(m) | Taşıma Gücü<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Zemin Emniyet Gerilmesi<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1,50                   | 5.16                                 | 1.72                                             |
| 2,00                   | 5.17                                 | 1.72                                             |
| 2,50                   | 5.18                                 | 1.72                                             |
| 3,00                   | 5.18                                 | 1.73                                             |

**Tablo 9.17. :** Orta Sıkı-Sıkı Kum Tabakasına Oturacak Muhtemel Temel Derinlikleri için Taşıma gücü ve Emniyetli Taşıma Gücü Değerleri

### 9.5.2. Katı-Çok Katı Kil Tabakasına Oturacak Yapılar

Laboratuvar verilerine bakıldığında bu temel seviyesine ait birimin kohezyon, içsel sürtünme ve birim hacim ağırlıklarının yaklaşık olarak aynı değerlerde oldukları görülmektedir. Bu yüzden ortalama değerler kullanılmıştır. Laboratuvar deney sonuçlarına göre kohezyon 0,45 kg/cm<sup>2</sup> , içsel sürtünme açısı 7° ve birim hacim ağırlık 1,8 gr/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiş olup, kil tabakasının içsel sürtünme açısı 0° olarak hesaplarda kullanılmıştır. 4 farklı temel seviyesi için binalara ait bilgiler temel için genişlik 10 metre olarak hesaplamalar yapılmıştır.

Terzaghi ve Peck 1943 taşıma gücü teorisine göre taşıma gücü hesabı yapıldığı taktirde;

$$q = K1 * c * Nc + y * Df * Nq + K2 * y * B * Ny$$

| Temel Derinliği<br>(m) | Taşıma Gücü<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Zemin Emniyet Gerilmesi<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1,50                   | 2.83                                 | 0.94                                             |
| 2,00                   | 2.92                                 | 0.97                                             |
| 2,50                   | 3.01                                 | 1.00                                             |
| 3,00                   | 3.10                                 | 1.03                                             |

**Tablo 9.18. :** Katı-Çok Katı Kil Tabakasına Oturacak Muhtemel Temel Derinlikleri için Taşıma gücü ve Emniyetli Taşıma Gücü Değerleri

### 9.5.3. Sert Kil Tabakasına Oturacak Yapılar

Laboratuar verilerine bakıldığında bu birimin kohezyon, içsel sürtünme ve birim hacim ağırlıklarının ortalama değerleri kullanılmıştır. Laboratuar deney sonuçlarına göre serbest basınç deneyinden serbest basınç değeri 4 kg/cm<sup>2</sup> ve kohezyon 2 kg/cm<sup>2</sup> ve birim hacim ağırlık 1,9 gr/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiş olup, kil tabakasının içsel sürtünme açısı 0° olarak hesaplarda kullanılmıştır. 4 farklı temel seviyesi için binalara ait bilgiler temel için genişlik 10 metre olarak hesaplamalar yapılmıştır.

Terzaghi ve Peck 1943 taşıma gücü teorisine göre taşıma gücü hesabı yapıldığı takdirde;

$$q = K1 * c * Nc + \gamma * Df * Nq + K2 * \gamma * B * Ny$$

| Temel Derinliği<br>(m) | Taşıma Gücü<br>(kg/cm2) | Zemin Emniyet Gerilmesi<br>(kg/cm2) |
|------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 1,50                   | 11.68                   | 3.89                                |
| 2,00                   | 11.78                   | 3.92                                |
| 2,50                   | 11.87                   | 3.95                                |
| 3,00                   | 11.97                   | 3.99                                |

**Tablo 9.19. :** Sert Kil Tabakasına Oturacak Muhtemel Temel Derinlikleri için Taşıma gücü ve Emniyetli Taşıma Gücü Değerleri

Temel şekilleri hesaplamasında aşağıdaki tablo kullanılmıştır.

| Temel<br>Şekli | Şerit<br>L > 5B | Dikdörtgen<br>L > B | Kare<br>L = B | Daire<br>B = D |
|----------------|-----------------|---------------------|---------------|----------------|
| K1             | 1               | 1 + (0,2*B/L)       | 1,3           | 1,3            |
| K2             | 0.5             | 0,5 - (0,1*B/L)     | 0,4           | 0,3            |

**Tablo 9.20 :** Taşıma Gücü Temel Katsayısı Hesap Tablosu

## 10. HİDROJEOLÖJİK ÖZELLİKLER

### 10.1. Yeraltı Suyu Durumu

Açılmış olan zemin sondaj kuyularından 5 tanesinde 3.00 m ile 5.00 m seviyeleri arasında yeraltı suyuna rastlanılmıştır. Alçitepe formasyonu içerisinde SK-3 sondaj kuyusunda yeraltı suyuna rastlanılmamıştır.

| Sondaj No | X       | Y      | YASS (m) |
|-----------|---------|--------|----------|
| 1         | 4447323 | 451531 | 4.00     |
| 2         | 4447268 | 451366 | 4.70     |
| 3         | 4447090 | 451343 | 6.5      |
| 4         | 4447151 | 451494 | 3.60     |
| 5         | 4447076 | 451714 | 3.30     |
| 6         | 4446899 | 451933 | 3.30     |

**Tablo 10.1. : Yeraltı Suyu Ölçümleri**

### 10.2. Yüzey Suları

İnceleme alanı içerisinde sürekli akış gösteren dere bulunmamaktadır.

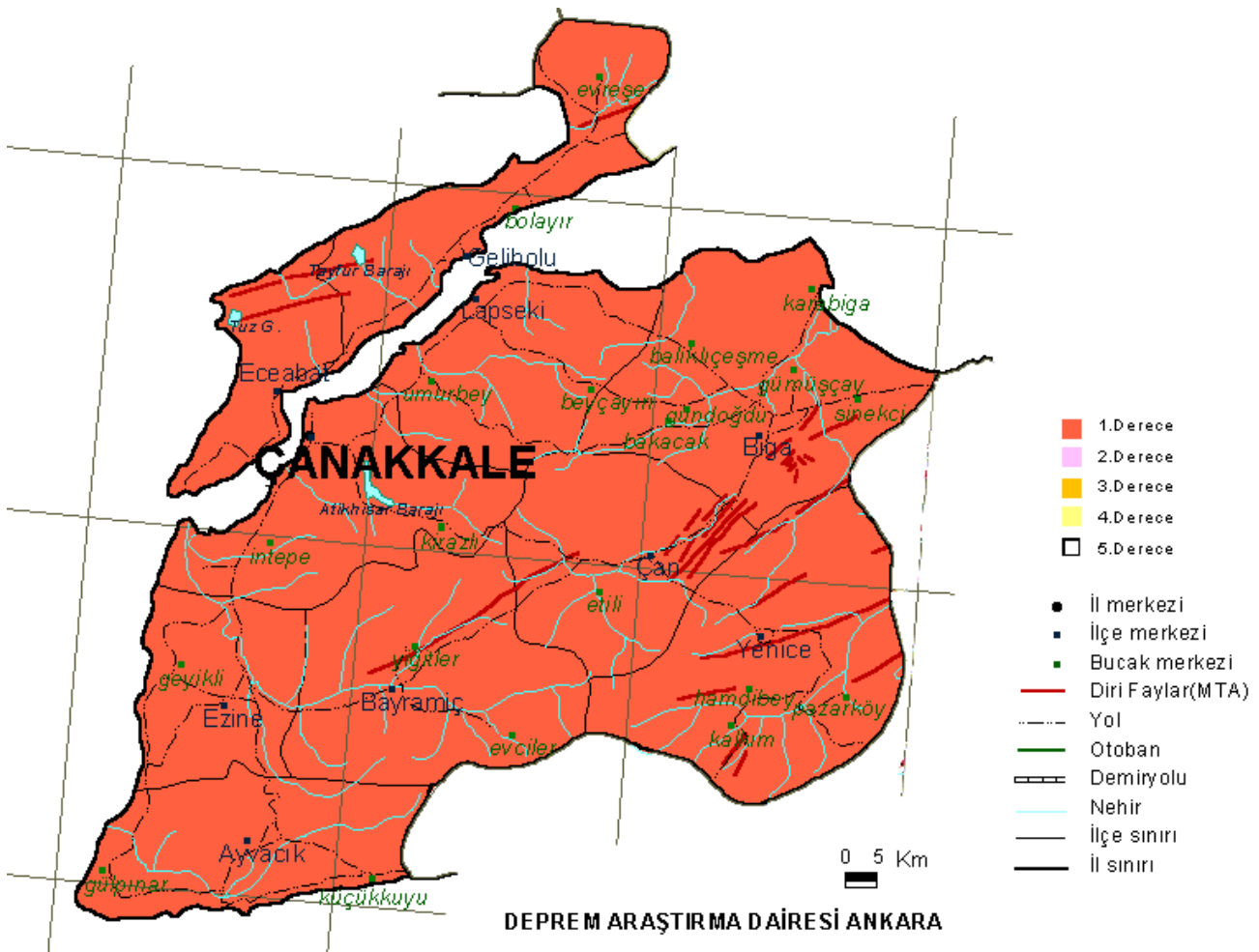
### 10.3. İçme ve Kullanma Suları

Şehrin içme ve kullanma suyu ihtiyacı Çanakkale'nin 3 km doğusunda, Kurşunlu Köyü'ne 3 km uzaklıktaki Atikhisar Barajı'ndan karşılanmaktadır. Baraj aynı zamanda taşkın koruma ve sulama amaçlı olarak görev yapmaktadır. Barajın göl hacmi 9.22 hm<sup>3</sup>'tür. Barajın mansap kısmı Sarıçay olup, aşırı yağışlarda Sarıçay vasıtasıyla deşarj yapılabilmektedir.

## 11.DOĞAL AFET TEHLİKESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### 11.1. Deprem Durumu

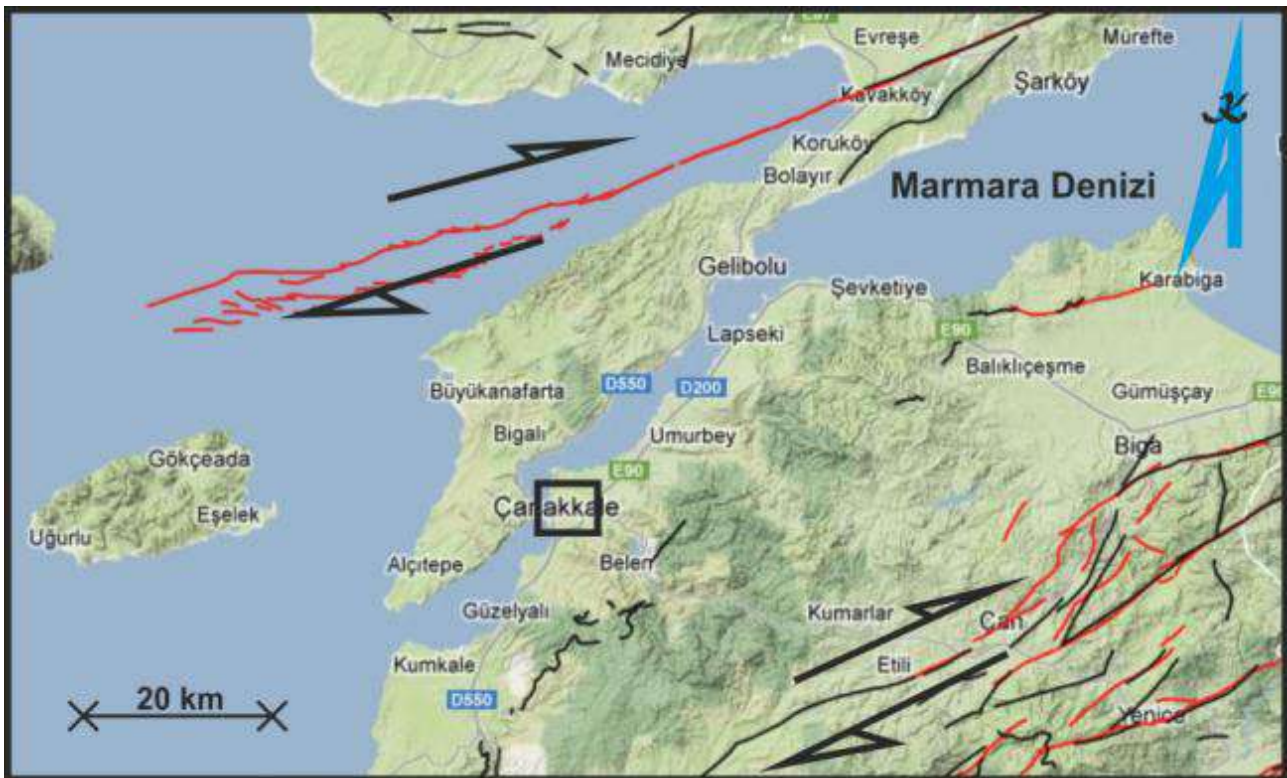
Mülga Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan ve Bakanlar Kurulu'nun 18.04.1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe girmiş olan Türkiye Deprem Bölgeleri haritasında inceleme alanı **1. Derece Deprem Bölgesi'**nde yer almaktadır (Şekil 11.1). Yürürlükteki deprem yönetmeliğine göre 1. Derece deprem bölgesi için alınması önerilen ivme  $\geq 0.4$  g'dir. Bölgenin depremselliğini yaratan faylar aktif tektonik bahsinde ele alınmıştır.



Şekil 11.1. : Çanakkale ili deprem bölgeleri haritası (www.deprem.gov.tr den alınmıştır).

### 11.1.1. Çalışma Alanı ve Çevresi Probobalistik Deprem Tehlike Analizi

İnceleme alanı, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun en batı ucunu oluşturan Ganos Fayına ve doğu ucunu oluşturan Yenine-Gönen fayına yakın konumda yer almaktadır. Aktif tektonik bahsinde detaylı olarak tanıtılacağı gibi inceleme alanını etkileyebilecek en önemli aktif fay Gaziköy-Gölcük-Kavakköy hattı boyunca uzanan Ganos fayıdır ve Güney Marmara'da en etkin fay sistemlerinden biri olan GB-KD uzanımlı Yenice Gönen faylarıdır. Bu fayların inceleme alanına olan uzaklıkları yaklaşık 50 km dir (Şekil 11.2).

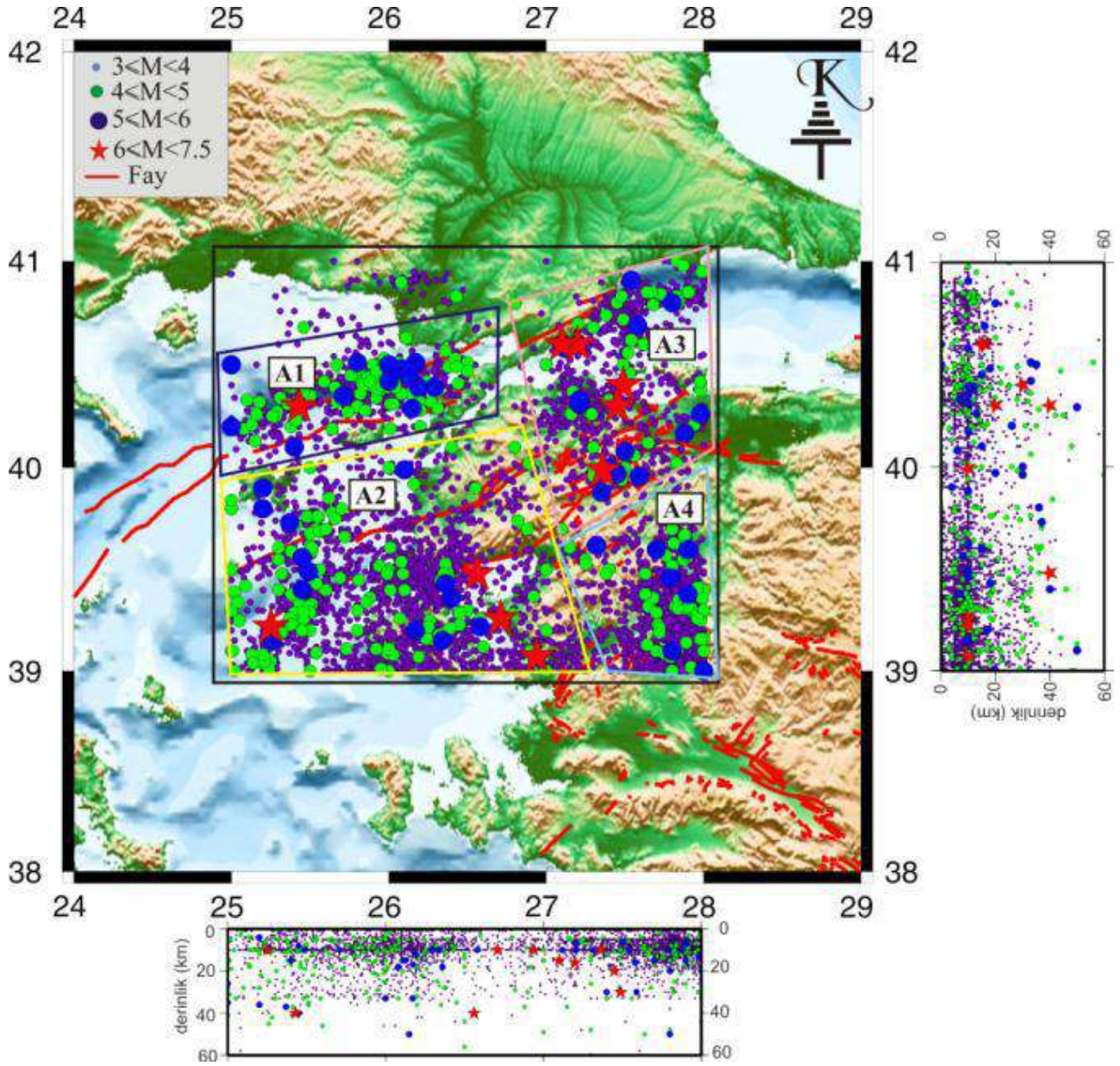


**Şekil 11.2. :** İnceleme alanı ve dolaylarının Diri Fay haritası )

Çanakkale ili ve çevresi için yapılan deprem tehlikesi çalışmasında, inceleme bölgemizde meydana gelmiş depremlerin episantr dağılımları ve faylanmalar dikkate alınarak 4 sismik alt bölge oluşturulmuştur. 1903- 2012 yılları arasında meydana gelen büyüklüğü  $M \geq 3$  olan deprem verileri kullanılarak, bağıntısından a ve b katsayıları hesaplanmıştır. Depremlerinin gelecekte olma olasılıkları ve tekrarlanma periyodları Poisson istatistiksel dağılım modelleriyle elde edilmiştir. Büyük ve yıkıcı depremlerin oluşabileceği bölgelerin belirlenmesi için a, b ve a/b değerlerinin dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çanakkale ve çevresini kapsayan inceleme alanı için a değeri 5.85, b değeri ise 0.80 olarak hesaplanmıştır.

Sismik alt bölgelere göre yapılan incelemede deprem oluşma riskinin en fazla olduğu bölge Gelibolu-Tekirdağ-Batı Marmara Denizi içine alan kesimdir. Bu alanda, 100 yıl içinde büyüklüğü 7.3 olan bir depremin oluşma riski Poisson dağılımına göre %46 hesaplanmıştır.

39° -41° K enlemleri ve 25° -28° D boylamları, Çanakkale ili ve çevresi için çalışma alanının sınırlarını oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan deprem katalog bilgisi Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi' nden temin edilmiştir. Çalışma alanı içerisinde meydana gelmiş depremlerin episantr dağılımları ve faylanmalar dikkate alınarak 4 sismik alt bölge oluşturulmuştur. 1903- 2012 yılları arasında çalışma alanında meydana gelmiş büyüklüğü  $M \geq 3$  olan 5812 adet depremin dağılımları ve seçilen sismik alt bölgeler Şekil 11.3'de verilmiştir.



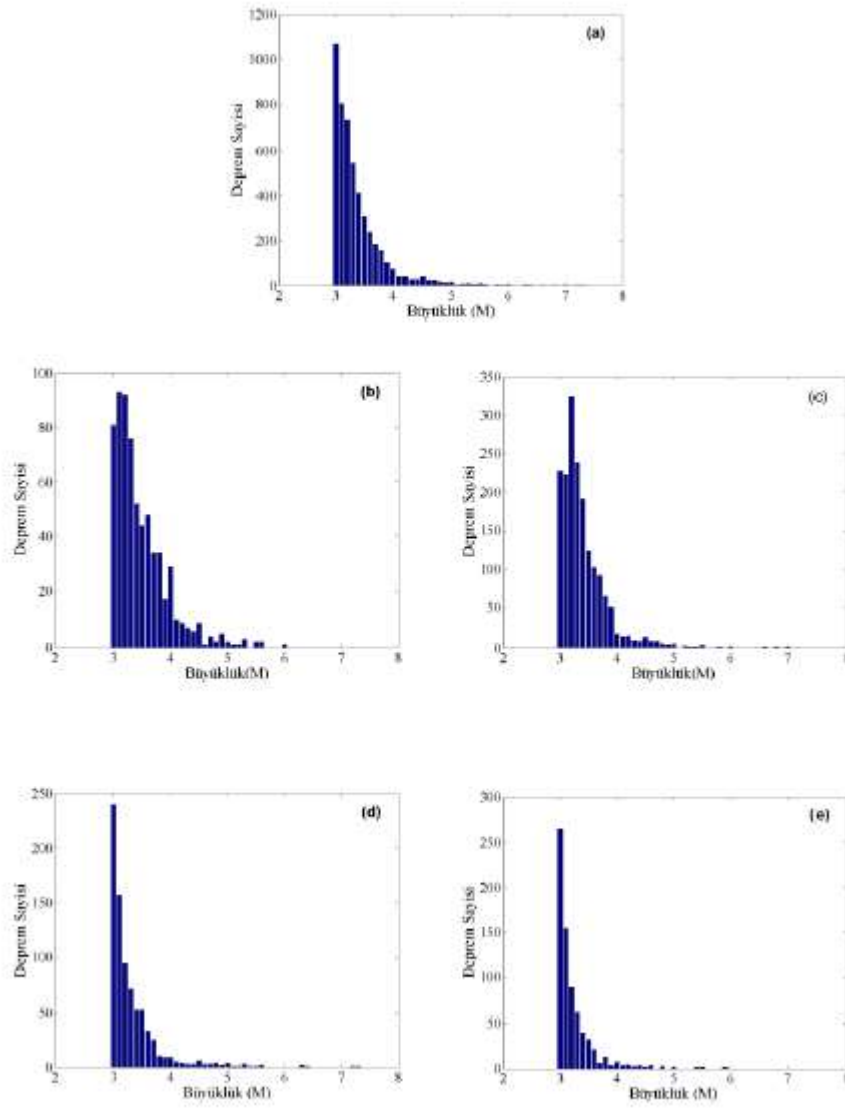
**Şekil 11.3. :** Çalışma alanında meydana gelen büyüklüğü  $M \geq 3$  olan depremlerin episantır ve deprem derinliklerinin enlem ve boylama göre dağılımlarının basitleştirilmiş tektonik haritada gösterimi.

### 11.1.2. Çalışma alanı ve çevresi büyüklük (magnitüd) – frekans ilişkisi

Çalışma alanı ve sismik alt bölgeler için hesaplanan deprem tehlike parametreleri Çizelge 11.1’ de verilmiştir. En yüksek b değeri Alan 4’ te ( $b = 1.0821$ ) en düşük b değeri ise Alan 3’ te ( $b = 0.5941$ ) hesaplanmıştır. Aynı zamanda Alan 3’ te en yüksek  $a/b$  değeri (7.2119) elde edilmiştir. Bu bölgelerde meydana gelen deprem büyüklüklerine bakıldığında Alan 4’ te meydana gelen en büyük depremin 5.9 olduğu, Alan 3’ te ise büyüklüğü 6.3, 6.4, 7.2 ve 7.3 olan depremler görülmektedir. Şekil 11.4’de deprem sayısı – büyüklük grafikleri her sismik alt bölge ve tüm alan için hesaplanmıştır. Buna göre bölgede orta ve daha düşük büyüklükteki deprem aktivitesi baskındır. Gerilmelerin sürekliliği açısından bu dağılım önem göstermektedir.

| Deprem Tehlike Parametreleri | a      | b      | a'     | a <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> ' | a/b    |
|------------------------------|--------|--------|--------|----------------|------------------|--------|
| Çalışma Alanı                | 5.8526 | 0.7972 | 5.5883 | 3.8392         | 3.5755           | 7.3414 |
| Alan 1                       | 5.7732 | 0.9532 | 5.4318 | 3.7604         | 3.419            | 6.0567 |

**Tablo 11.1. :** Çalışma alanı ve sismik alt bölgeler için deprem tehlike parametreleri

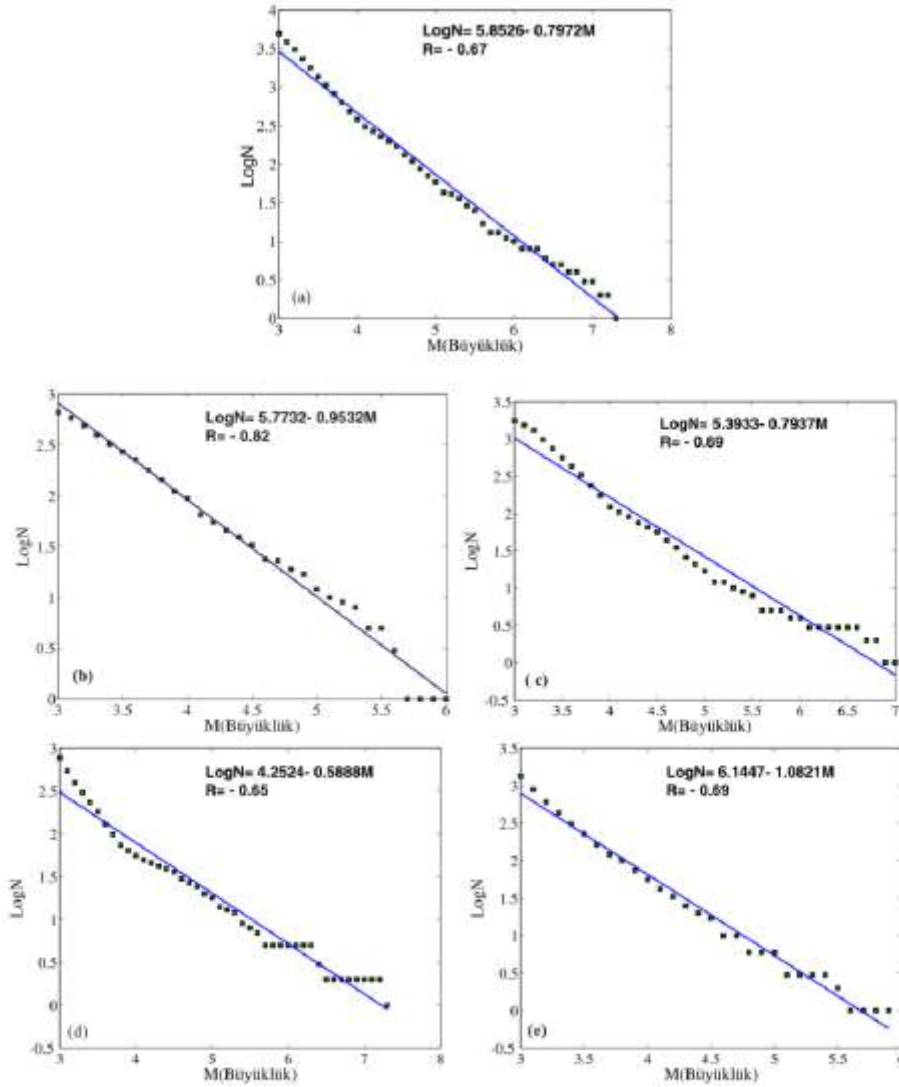


**Şekil 11.4. :** Çalışma alanları deprem sayısı – büyüklük histogramları

(a) Çalışma alanı, (b) Alan 1, (c) Alan 2, (d) Alan 3, (e) Alan 4

### 11.1.3. Poisson olasılık dağılımı ile deprem risk analizi

Şekil 11.5'de Gutenberg-Richter ilişkisel bağıntısına göre tehlike parametreleri olan a ve b değerlerinin hesaplanmasında kullanılan Büyüklük-LogN grafikleri yine her sismik alt bölge ve tüm alan için verilmiştir.



Şekil 11.5. : Büyüklük-frekans ilişkisi

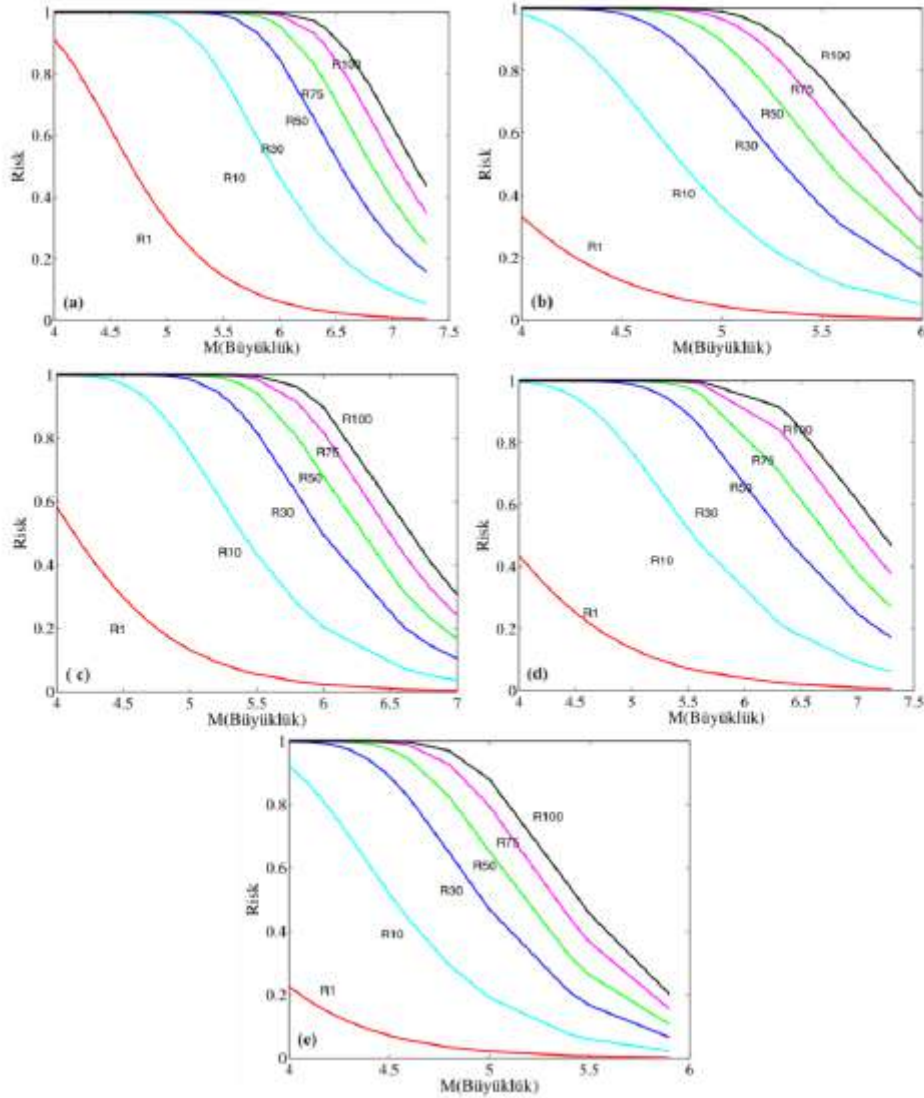
a) Çalışma alanı, b) Alan 1, c) Alan 2, d) Alan 3, e) Alan 4

Buna göre a ve b değerleri de dikkate alınarak olasılık ve geri dönüş periyodları hesaplanmıştır. Çalışma alanında 30 yıl içerisinde büyüklüğü 6.0 olan bir depremin olma olasılığı % 84, tekrarlanma periyodu ise 16 yıl olarak hesaplanmıştır. 100 yıl içerisinde büyüklüğü 7.0 olan bir depremin olma olasılığı % 63, tekrarlanma periyodu ise 101 yıl olarak elde edilmiştir (Çizelge 11.2)

| M   | n(M)   | R <sub>1</sub> | R <sub>10</sub> | R <sub>30</sub> | R <sub>50</sub> | R <sub>75</sub> | R <sub>100</sub> | T <sub>r</sub> |
|-----|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------|
| 5.0 | 0.3890 | 0.32           | 0.98            | 1.00            | 1.00            | 1.00            | 1.00             | 2.6            |
| 5.1 | 0.3238 | 0.28           | 0.96            | 1.00            | 1.00            | 1.00            | 1.00             | 3              |
| 5.3 | 0.2243 | 0.20           | 0.89            | 1.00            | 1.00            | 1.00            | 1.00             | 4.5            |
| 5.4 | 0.1867 | 0.17           | 0.85            | 1.00            | 1.00            | 1.00            | 1.00             | 5              |
| 5.5 | 0.1554 | 0.14           | 0.79            | 0.99            | 1.00            | 1.00            | 1.00             | 6              |
| 5.6 | 0.1293 | 0.12           | 0.73            | 0.98            | 1.00            | 1.00            | 1.00             | 8              |
| 5.8 | 0.0896 | 0.09           | 0.59            | 0.93            | 0.99            | 1.00            | 1.00             | 11             |
| 5.9 | 0.0746 | 0.07           | 0.53            | 0.89            | 0.98            | 1.00            | 1.00             | 13             |
| 6.0 | 0.0621 | 0.06           | 0.46            | 0.84            | 0.96            | 0.99            | 1.00             | 16             |
| 6.3 | 0.0358 | 0.04           | 0.30            | 0.66            | 0.83            | 0.93            | 0.97             | 28             |
| 6.4 | 0.0298 | 0.03           | 0.26            | 0.59            | 0.77            | 0.89            | 0.95             | 33             |
| 6.6 | 0.0206 | 0.02           | 0.19            | 0.46            | 0.64            | 0.79            | 0.87             | 48             |
| 6.8 | 0.0143 | 0.01           | 0.13            | 0.35            | 0.51            | 0.66            | 0.76             | 70             |
| 7.0 | 0.0099 | 0.009          | 0.09            | 0.26            | 0.39            | 0.52            | 0.63             | 101            |
| 7.2 | 0.0069 | 0.007          | 0.07            | 0.19            | 0.29            | 0.40            | 0.50             | 146            |
| 7.3 | 0.0057 | 0.006          | 0.06            | 0.16            | 0.25            | 0.35            | 0.43             | 175            |

**Tablo 11.2. :** Çalışma alanı için Poisson dağılımı yaklaşımı ile elde edilen sismik risk ve tekrarlanma periyodları

Alan 1' de büyüklüğü 6.0 olan bir depremin 100 yıl içerisinde olma olasılığı % 39, tekrarlanma periyodu 200 yıl olarak elde edilmiştir. Alan 2' de 100 yıl içerisinde büyüklüğü 7.0 olan bir depremin olma olasılığı % 31, tekrarlanma periyodu 273 yıl olarak hesaplanmıştır. Alan 3' te büyüklüğü 7.2 olan bir depremin 100 yıl içerisinde olma olasılığı % 51, tekrarlanma periyodu 138 yıl olarak bulunmuştur. Alan 4' te 100 yıl içerisinde büyüklüğü 5.9 olan bir depremin olma olasılığı % 20, tekrarlanma periyodu ise 445 yıl olarak hesaplanmıştır (Şekil 11.6).



Şekil 11.6. : Poisson dağılımı ile elde edilen büyüklük - sismik risk değerleri

a) Çalışma alanı, b) Alan 1, c) Alan 2, d) Alan 3, e) Alan 4

## **11.2. İvme azalım ilişkileri kullanılarak en büyük yatay yer ivmesi (PGA) hesabı**

Bir depremin bir bölgede yaratacağı kuvvetli yer hareketinin genliği maksimum yatay yer ivmesi ile ifade edilir. Yer ivmesinin büyüklüğü depremin büyüklüğü, odak derinliği, fayın türü, atım miktarı, fayın uzunluğu, fayın uzaklığı, kaynak ile bölge arasındaki kaya türü, morfoloji gibi faktörlerle denetlenir. Olası yer ivmesinin belirlenmesi amacı ile ölçülen ivme değerlerinden hareketle çok sayıda azalım formülü geliştirilmiştir. Bu azalım ilişkileri ışığında inceleme alanına 50 km uzaktaki Kuzey Anadolu Fayının üzerinde oluşabilecek 7.4 büyüklüğündeki deprem için inceleme alanında alüvyon ortam üzerinde oluşabilecek deprem ivmeleri hesaplanmıştır. Çeşitli ivme - uzaklık azalım ilişkileri farklı araştırmacıların bulduğu ampirik bağıntılardan faydalanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda aşağıdaki bağıntılar kullanılmıştır.

$$A1=(1230*\exp(0.8*M)*((R+20)^{-2}))/981 \text{ Esteva (1970)}$$

$$A2=(274*\exp(0.8*M)*((R)^{-1.64}))/981 \text{ Davenport (1972)}$$

$$A3=(1300*\exp(0.67*M)*((R+25)^{-1.6}))/981 \text{ Donovan (1973a)}$$

$$A4=(1230*\exp(0.58*M)*((R+25)^{-1.32}))/981 \text{ Donovan (1973b)}$$

$$A5=(472.3*\exp(0.64*M)*((R+25)^{-1.301}))/981 \text{ McGuire (1974)}$$

$$A6=(69*\exp(0.92*M)*((R)^{-1.30}))/981 \text{ Orphal ve Lahoud (1974)}$$

$$A7=(5000*\exp(0.80*M)*((R+40)^{-2}))/981 \text{ Shah ve diğ. (1973)}$$

$$A8=(10^{(3.09+0.347*M-2*\log_{10}(R+25))})/980 \text{ Oliviear (1974)}$$

$$A9=(10^{(2.308+0.411*M-1.637*\log_{10}(R+30))})/980 \text{ Katayama ve diğ. (1975)}$$

$$A10=(10^{(2.041+0.347*M-1.6*\log_{10}(D))})/980 \text{ Esteva ve Vellaverde (1973)}$$

$$A11=(10^{(-1.02+0.249*M-\log_{10}(R_{Boore})-0.00255*R+0.26*P)})/1 \text{ Joyner ve Boore (1981)}$$

$$A12=0.0159*\exp(0.86*M)*(R+0.0606*\exp(0.7*M))^{-1.09} \text{ Campell (1981a)}$$

$$A13=0.0185*\exp(1.28*M)*(R+0.147*\exp(0.732*M))^{-1.75} \text{ Campell (1981a)}$$

$$A14=(1230*\exp(0.8*M)*((R+13)^{-2}))/981 \text{ Newmark ve Rosenblueth (1971)}$$

$$A15=20*(10^{((0.61*M-((1.66+(3.6/R))*\log_{10}(R))-0.631-(1.83/R))))}/980; \text{ Kanai (1966)}$$

$$A16=(2000*\exp(0.8*M)*((R+20)^{-2}))/981; \text{ Esteva ve Rosenblueth (1964)}$$

$$A17=(10^{(0.41*M-0.0034*R-\log_{10}(R+0.032*10^{(0.41*M)}))+1.30}))/980; \text{ Fukishima ve diğ. (1988)}$$

$$A18=10^{(((0.62)+(0.177*M)-(0.892*\log_{10}((R+(\exp(0.284*M))))))+0.132-0.0008)} \text{ Abrahamson ve Litehiser (1989)}$$

Çalışma alanına 50 km uzaklıkta fay sistemlerinin oluşturacağı değişik araştırmacıların önerdiği azalım ilişkilerine göre hesaplanan en büyük yatay yer ivme değerleri incelendiğinde de oluşabilecek ortalama en büyük ivme değerinin yine  $\sim 0.17$  g olduğu görülmektedir.

| Referans No | PGA-PHA<br>(cm/s <sup>2</sup> ) | Referans                       |
|-------------|---------------------------------|--------------------------------|
| A1          | 0.0927                          | Esteva (1970)                  |
| A2          | 0.1648                          | Davenport (1972)               |
| A3          | 0.1846                          | Donovan (1973a)                |
| A4          | 0.3017                          | Donovan (1973b)                |
| A5          | 0.1961                          | McGuire (1974)                 |
| A6          | 0.3838                          | Orphal vee Lahoud (1974)       |
| A7          | 0.2293                          | Shah ve diğ. (1973)            |
| A8          | 0.0804                          | Oliviear (1974)                |
| A9          | 0.1714                          | Katayama ve diğ. (1975)        |
| A10         | 0.0793                          | Esteva ve Vellaverde (1973)    |
| A11         | 0.1774                          | Joyner ve Boore (1981)         |
| A12         | 0.1031                          | Campell (1981a)                |
| A13         | 0.1029                          | Campell (1981a)                |
| A14         | 0.1140                          | Newmark ve Rosenblueth (1971)  |
| A15         | 0.1592                          | Kanai (1966)                   |
| A16         | 0.1507                          | Esteva ve Roseblueth (1964)    |
| A17         | 0.1726                          | Fukushima ve diğ. (1988)       |
| A18         | 0.1739                          | Abrahamson ve Litehiser (1989) |
| <i>Ort</i>  | 0.17                            |                                |

**Tablo 11.3. :** Fay sistemleri azalım ilişkileri

Depremelerin neden oldukları yer hareketi genellikle yer değiştirme, hız ve ivme ile karakterize edilir. Depremlerin zeminlerde neden oldukları dinamik kuvvetlerle doğrudan ilişkisi olması nedeniyle, jeoteknik uygulamalarda ivme kullanılmaktadır. Jeoteknik çözümlemelerde tekrarlı yer hareketinin ölçüsü zeminde etkiyen en büyük yatay ivme ( $a_{max}$ ) olup, bu kavram "en büyük yatay yer ivmesi-PGHA" olarak da anılır. Pek çok depremde yatay yöndeki ivme düşey yöndeki ivmeden daha büyük olduğu için, bu tür durumlarda en büyük yatay yer ivmesi "en büyük yer ivmesi-PGA" haline dönüşür. PGA, herhangi bir depremde ivme ölçerler tarafından kaydedilen en büyük ivmenin dalga boyudur (Ulusay, 2010).

Jeoteknik mühendisliği uygulamalarında en büyük yer ivmesi ( $a_{max}$ ) tayini en güç parametrelerden biridir. Depremlerin tahmini mümkün olmadığından,  $a_{max}$ 'ın değeri de daha önce meydana gelmiş depremler ve faylarla ilgili çalışmalar esas alınarak yapılır. İvme tahmininde en çok kullanılan yöntem ise, azalım ilişkileridir. Genel olarak azalım ilişkileri; deprem büyüklüğüne, sismik kaynağa olan uzaklığa, kaynak mekanizmasına ve yerel zemin koşullarına bağlı olarak kuvvetli yer hareketinin yer değiştirme, hız ve ivme gibi farklı parametrelerinin medyan ve standart sapmalarını veren görgül ilişkilerdir (Ulusay, 2010).

Türkiye verisini esas alan ivme azalım ilişkileri, İnönü vd. (1996), Aydın (2001), Gülkan ve Kalkan (2002) ve Ulusay vd. (2004) tarafından önerilmiş olup bu çalışmada Ulusay vd. (2004) tarafından önerilmiş olan ivme azalım ilişkisi kullanılmıştır.

Çanakkale il merkezinin 100 km yarıçapı içinde üç önemli fay hattı tanımlanmıştır. KD-GB doğrultulu Saros-Gaziköy Fayı, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı hattını oluşturmakta olup inceleme alanının yaklaşık 40 km kuzeybatısından geçmektedir. Saros-Gaziköy Fay hattı üzerinde 1912 yılında yüzey dalgası büyüklüğü ( $M_s$ ) 7.3 olan deprem meydana gelmiştir. İnceleme alanına yaklaşık 70 km güneydoğusundan geçen Yenice-Gönen Fayı 1953 yılında yüzey dalgası büyüklüğü ( $M_s$ ) 7.2 olan deprem üretmiştir. Ayrıca inceleme alanının yaklaşık 70 km güneyinden KD-GB doğrultulu Edremit fayı geçmektedir. Bu fay zonunda 1944 yılında yüzey dalgası büyüklüğü ( $M_s$ ) 6.8 olan bir deprem üretmiştir.

Bu çalışmada fay boyu-magnitüd ilişkisinden yararlanılarak elde edilen senaryo deprem büyüklüğü kullanılmıştır. Fay uzunlukları bilgisi için Emre (2010), Emre vd. (2011a ve b) ve Emre ve Doğan (2010) tarafından güncellenen 1/250000 ölçekli yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Çanakkale (NK 35-10b), Balıkesir (NJ 35-3), Bandırma (NK 35-11b) ve Ayvalık (NJ 35-2) Paftalarından yararlanılmıştır. Potansiyel moment büyüklüğünü belirlemek amacıyla

Wells ve Coppersmith (1994) tarafından üretilen eşitlik (Eşitlik. 11.1) kullanılmıştır. Bu eşitlikte fayların yüzey kırığı uzunlukları (SRL) kullanılarak bir fayın üretebileceği en büyük deprem üretme potansiyeli moment büyüklüğü ( $M_w$ ) cinsinden belirlenebilmektedir.

$$M_w = 5.08 + 1.16 * \log (SRL)$$

Wells ve Coppersmith (1994) tarafından üretilen eşitlik kullanılarak çalışma alanın 100 km yarıçapı içinde kalan üç önemli fay hattının moment büyüklüğü ( $M_w$ ) cinsinden üretebileceği en büyük deprem üretme potansiyeli Çizelge 11.4’ de verilmiştir.

| Fayın İsmi         | SRL (km) | $M_w$ |
|--------------------|----------|-------|
| Saros-Gaziköy Fayı | 125      | 7,5   |
| Yenice-Gönen Fayı  | 70       | 7,2   |
| Edremit Fayı       | 70       | 7,2   |

**Tablo 11.4. :** İnceleme alanı merkez olmak üzere 100 km yarıçaplı alan içindeki önemli faylar ve üretebilecekleri en büyük moment deprem büyüklükleri

İnceleme alanının yaklaşık 100 km yakın çevresindeki ve Çizelge 11.4’de verilen fayların uzunluklarına bağlı olarak öngörülen en büyük deprem üretme potansiyelleri ile etüt sahasına olan uzaklıkları da dikkate alınarak, Ulusay vd. (2004) tarafından Türkiye deprem verileri dikkate alınarak önerilen azalım ilişkisiyle (Eq. 9.2) inceleme alanı için en büyük yer ivmesi ( $a_{max}$ ) hesaplanmıştır.

$$a_{max} = 2.18 e^{0.0218 (33.3 M_w - R_e + 7.5427 S_A + 18.9262 S_B)}$$

Burada,  $S_A = 0$ ,  $S_B = 0$  (kaya),  $S_A = 1$ ,  $S_B = 0$  (toprak zemin),  $S_A = 0$ ,  $S_B = 1$  (gevşek zemin)’dir.

Burada,  $S_A = 0$ ,  $S_B = 0$  (kaya),  $S_A = 1$ ,  $S_B = 0$  (toprak zemin),  $S_A = 0$ ,  $S_B = 1$  (gevşek zemin)’dir. Saros-Gaziköy Fayı, Yenice-Gönen Fayı ve Edremit Fayı için Ulusay vd. (2004)’nin ivme azalım ilişkisi kullanıldığında Çanakkale merkezinde oluşacak en büyük yer ivmesi (PGA) değeri (Çizelge 11.5) verilmiştir. İnceleme alanının geneli alüvyon zemin olması nedeniyle  $S_A=0$  ve  $S_B=1$  (gevşek zemin) alınırken, inceleme alanının her bir faya olan en yakın dik uzaklıkları ise  $R_e$  olarak dikkate alınmıştır.

| Fayın ismi            | Mw  | Re (km) | SA | SB | PGA (gal) |
|-----------------------|-----|---------|----|----|-----------|
| Saros-Gaziköy<br>Fayı | 7,5 | 40      | 0  | 1  | 318,73    |
| Yenice-Gönen<br>Fayı  | 7,2 | 70      | 0  | 1  | 133,30    |
| Edremit Fayı          | 7,2 | 70      | 0  | 1  | 133,30    |

**Tablo 11.5. :** İnceleme alanı ve yakın çevresine ait önemli fayların ürettiği en büyük moment deprem büyüklükleri ve inceleme alanında meydana gelecek ivme değerleri

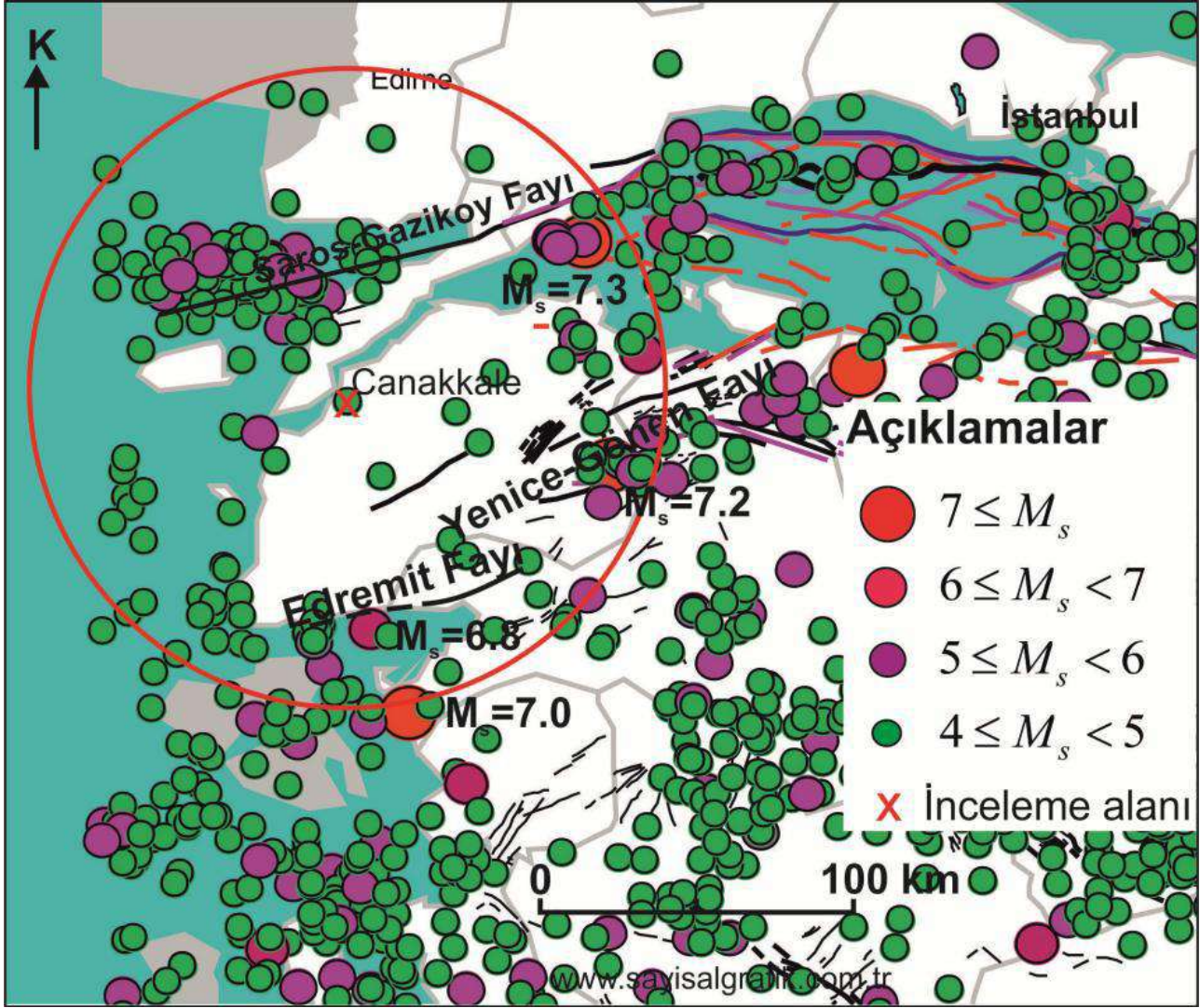
Yukarıda verilen Çizelge 11.5'e göre inceleme alanı olan Çanakkale kentinde Saros-Gaziköy Fayı'nın etkin olduğu düşünülerek ikinci bir senaryo olarak bu fay hattında moment büyüklüğü 7,0 (Mw) olan bir depremin olması sonucunda Çanakkale şehir merkezinde oluşacak en büyük yer ivmesi (PGA) değeri (Çizelge 11.6) verilmiştir.

| Fayın ismi            | Mw  | Re (km) | SA | SB | PGA (gal) |
|-----------------------|-----|---------|----|----|-----------|
| Saros-Gaziköy<br>Fayı | 7,0 | 40      | 0  | 1  | 221,72    |

**Tablo 11.6. :** İnceleme alanı ve yakın çevresine ait önemli fayların ürettiği en büyük moment deprem büyüklükleri ve inceleme alanında meydana gelecek ivme değerleri

### 11.3. Aktif Tektonik

Kuzey Anadolu Fay zonu, deprem üretkenliği açısından dünyadaki bilinen en önemli fay sistemlerinden birisidir. Çanakkale ve çevresinde genel olarak bu kuşağının uzantıları görülmektedir. Gelibolu ve Biga yarımadalarındaki Saroz-Gaziköy fayı, Etili fayı, Çan-Biga fay kuşağı, Sarıköy fayı ve Yenice-Gönen fayı meydana getirdikleri depremler nedeni ile diri oldukları bilinen aktif faylanma bölgeleridir. Sağ yanal doğrultu atımlı olan Saroz-Gaziköy fayı 1912 tarihinde 7.3 büyüklüğünde Mürefte-Şarköy depremine neden olmuştur. 1935 tarihinde 6.3 büyüklüğünde depremin yaşandığı Çan-Biga fay kuşağı, kuzeydoğu-güneybatı yönelimli birçok fay segmentinden oluşmaktadır. Tarihte 1953 Yenice-Gönen depremi olarak bilinen 7.2 büyüklüğünde bir depreme neden olan Yenice-Gönen fayının yüzeyde izlenebilen uzunluğu yaklaşık 50 kilometre civarındadır. İnceleme alanı merkez olmak üzere 100 km yarıçaplı alan ve yakın çevresindeki 1900 yılından günümüze kadar uzanan dönemde Kandilli kayıtlarındaki depremler Şekil 11.7'de görülmektedir.



**Şekil 11.7. :** İnceleme alanı ve yakın çevresine ait sismotektonik harita

(Faylara ilişkin harita Emre ve Doğan 2010'dan, deprem büyüklükleri ve lokasyonları ise <http://www.sayisalgrafik.com.tr/deprem/> sitesinden alınmıştır).

#### 11.4. Sıvılaşma Analizi ve Değerlendirme

Sıvılaşma, diğer zemin türlerine (kil, silt, çakıl) oranla genellikle kumlu zeminlerde çok daha kolay gelişebilen bir davranış türü olmakla birlikte, 1995 Hyogo-ken Nanbu (Japonya) depreminde küçük çakıllı ve zeminlerde de gözlenmiştir (Shibata vd., 1996). Bu depremde killi zeminlerde meydana gelen sıvılaşma, kilin muhtemelen deprem sırasında yumuşayarak sıvılaşan kumla birlikte yükselip yüzeye çıktığı şeklinde açıklanmaktadır (Shibata vd., 1996). Ancak, sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi için kullanılan ve arazi deneylerini esas alan mevcut analiz yöntemleri, killerde ve küçük çakıllarda gözlenen sıvılaşmanın tahmin edilmesinde yetersiz kalmaktadır. Kohezyonlu zeminler (killer ve plastik siltler) makaslandıkları ve yoğrulduklarında, önemli düzeyde dayanım kaybına uğrayabilirler. Plastik olmayan siltlerin sıvılaşmasıyla ilgili olarak laboratuvar ve arazide yapılan gözlemler, ince taneli zeminlerin sıvılaşmaya karşı olan duyarlılıklarının sadece tane boyunda değil, plastisite özelliklerinden de etkilendiğini göstermiştir (Ishihara, 1984, 1985). Ishihara (1993), kohezyonsuz ve plastik olmayan iri siltlerin sıvılaşmaya karşı oldukça duyarlı olduklarını, buna karşın plaka şekilli daha ince siltlerin ise genellikle sıvılaşmaya karşı yeterli düzeyde kohezyona sahip olduklarını belirtmektedir. Killer sıvılaşmaya karşı duyarlı olmamakla birlikte, duyarlı (hassas) killer sıvılaşan zeminlere benzer şekilde “birim deformasyon yumuşaması” adı verilen bir davranış sergileyebilirler. Kohezyonlu zeminlerin sıvılaşp sıvılaşmayacaklarının değerlendirilmesi amacıyla tane boyu, su içeriği ve likit limit gibi zemin özelliklerini dikkate alan bir ölçüt (kriter) önerilmiş olup, bu ölçüt “Çin Ölçütü” olarak adlandırılmıştır. (Wang, 1979). Bu ölçüte göre ince taneli kohezyonlu zeminlerin potansiyel olarak sıvılaşabilirliği aşağıdaki koşulların sağlanmasıyla ilgilidir.

$0.005 \text{ mm'den ince tane yüzdesi} < \%15$

$\text{Likit limit (LL)} < \%35$

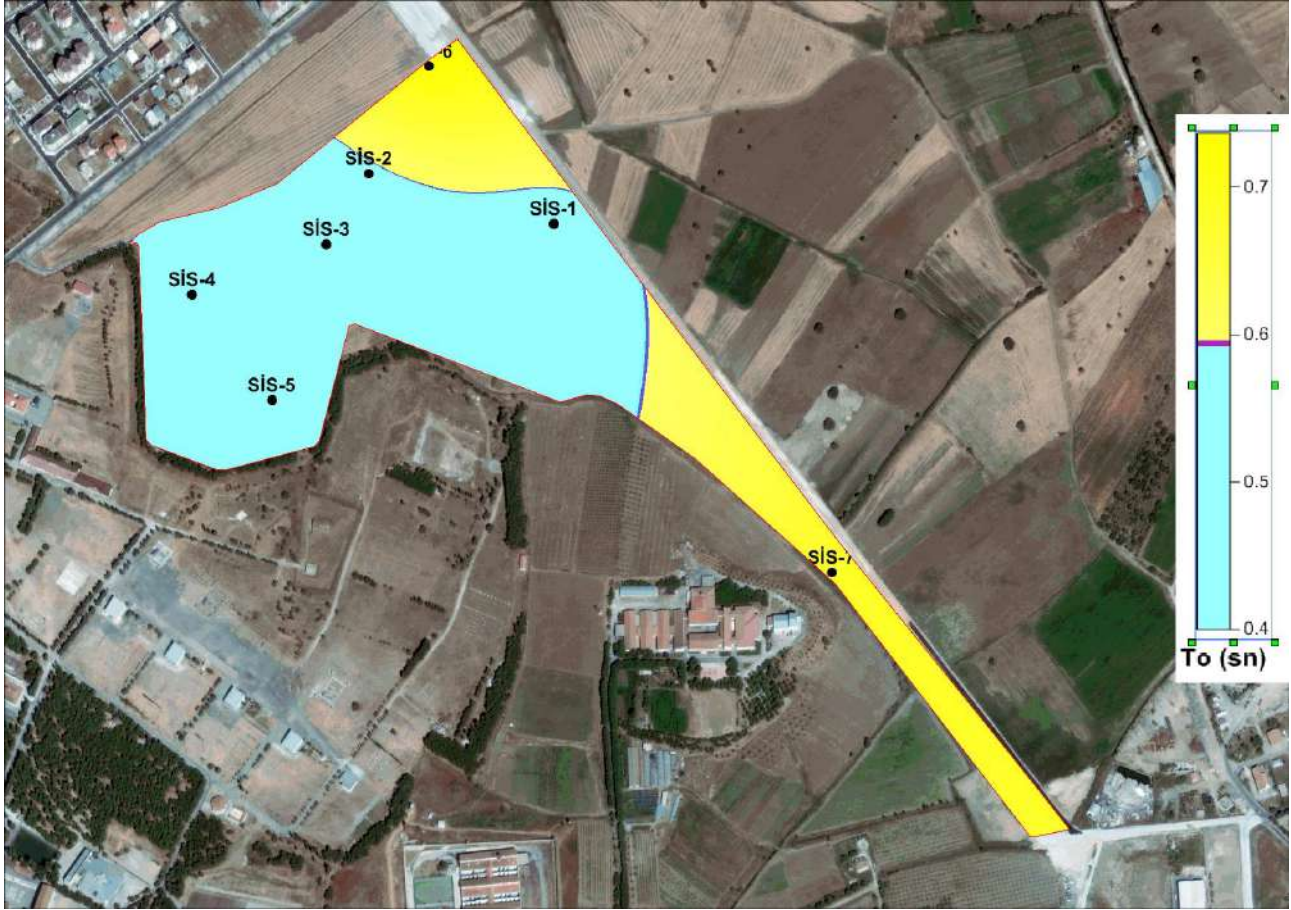
$\text{Doğal su içeriği (w)} > 0,9 \text{ LL}$

Çalışma alanında yapılan sondajlardan sırasıyla SK-1, SK-2, SK-4 ve SK-6 nolu kuyularda yeraltı suyunun rastlanılmış olmasına rağmen sondajlarda kesilen birimlerin kil ve çakıl birimleri olmasından dolayı kuramsal olarak sıvılaşma potansiyelinden bahsedilemez. SK-3 ve SK-5 nolu sondaj kuyularında ise yeraltı su seviyesi kohezyonsuz birimlerin altında bulunmasından dolayı yine bir sıvılaşma potansiyeli bulunmamaktadır.

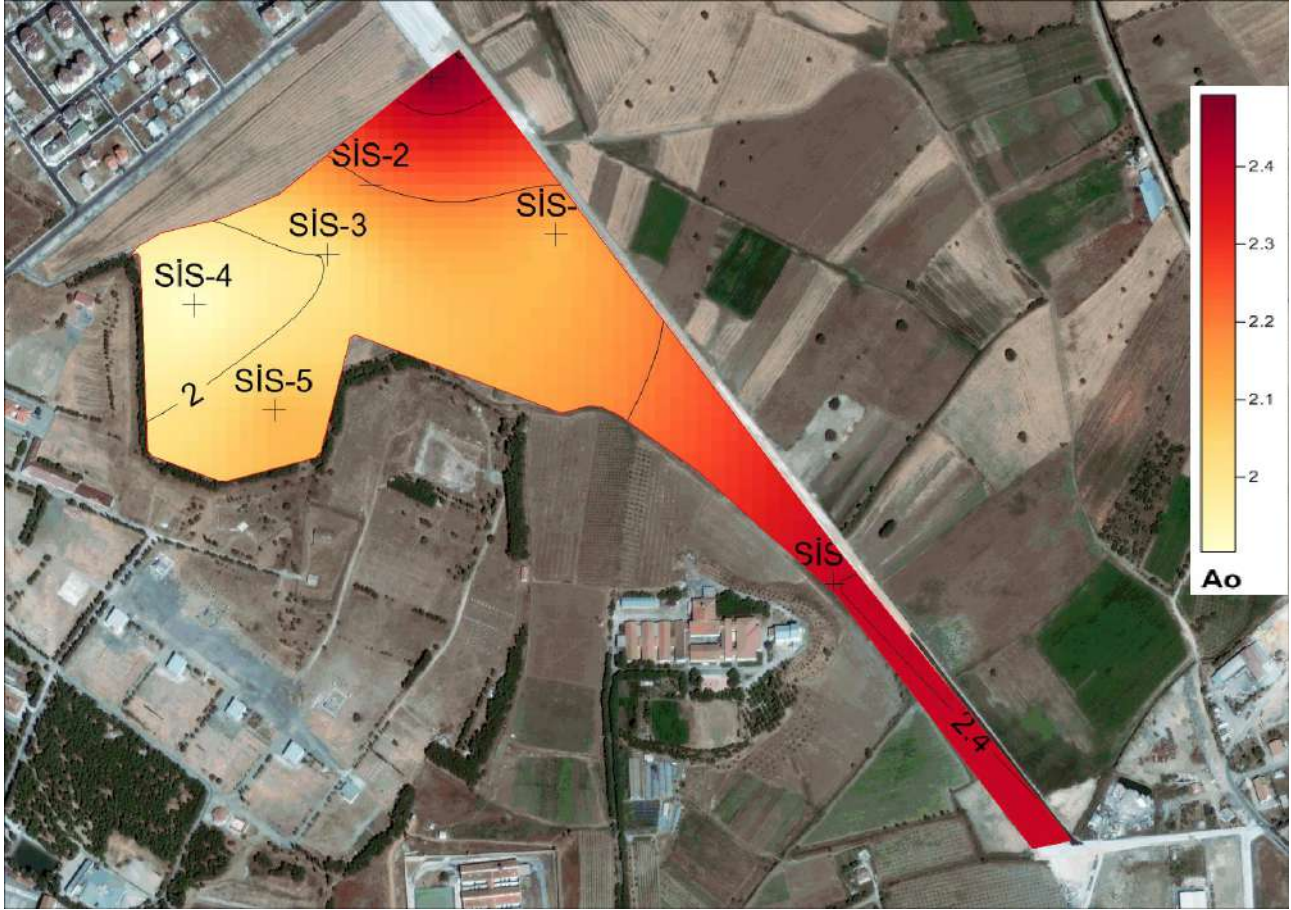
#### **11.4.1. Zemin Büyütmesi (Ao) ve Zemin Hakim Titreşim Periyodu (To)**

Makaslama hızı, depremler sırasında zemin tabakalarının meydana getireceği büyütme hesaplanmasında kullanılan zeminlerin en önemli dinamik özelliğidir. Zeminlerin katılığı hakkında doğrudan bilgi verdiği için zemin davranışının belirlenmesi için yapılan büyütme analizlerinde de doğrudan kullanılır. Hesaplanan bu büyütme değerinin yerel zemin koşullarının büyütme etkisinin hasar üzerindeki sonuçlarının deprem öncesi incelenmesinde doğrudan kullanılabilmesinin mümkün olabileceği söylenebilir. Çalışma kapsamında MASW ölçümlerinin değerlendirilmesi sonucu elde edilen S-dalga hızlarında ilgili bağıntıdan zemin hakim titreşim periyodu ve büyütme değerleri haritası çıkarılmıştır. (Şekil 123123123) Proje alanında kayma dalgası hızları (Vs) kullanılarak Midorikawa (1987) tarafından önerilen bağıntı yardımıyla göreceli yer büyütme değerleri (AkM), yer hakim titreşim periyodu değerleri (T0) ise Kanai (1983) tarafından verilen bağıntı kullanılarak hesaplanmıştır.

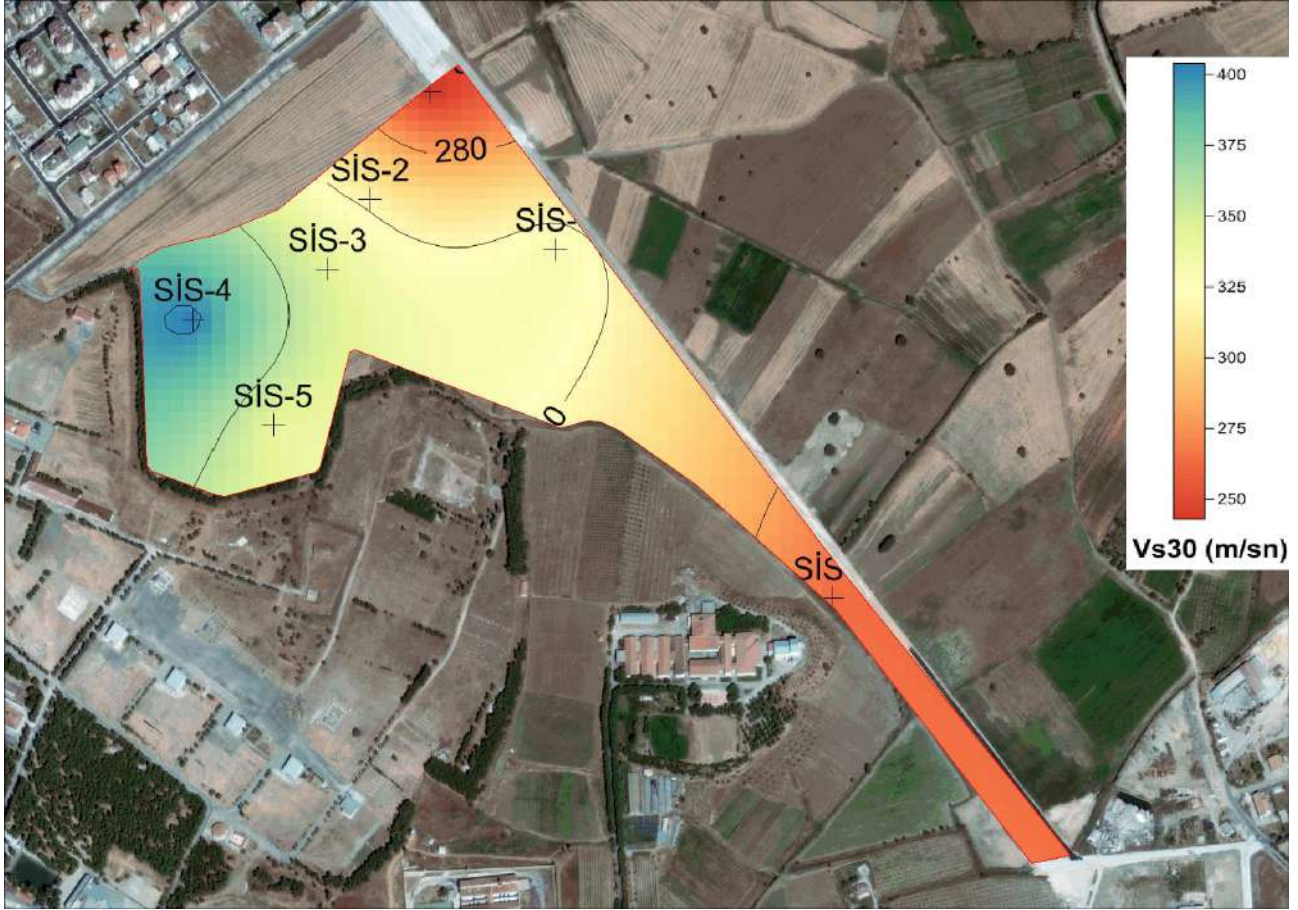
Bilindiği gibi depremlerde yapının oturduğu zeminin titreşmesi yada diğer bir deyişle sallanması durumunda mühendislik yapısı da salınımına uğramaktadır. Bir deprem durumunda mühendislik yapısı ile oturduğu zeminin periyodunun birbirine yakın olması halinde, rezonans nedeniyle, hasar beklenenden fazla olmaktadır. Deprem yapıda oluşturduğu zorlamaların (başka deyişle yerden yapıya aktarılan enerjinin) büyüklüğü, o noktadaki şiddetin büyüklüğü ile, “yapı doğal periyodu” nun “yerin baskın periyodu”na yakınlığına bağlıdır. Bu nedenle, yapı “doğal” periyotlarının yerin “baskın” periyodundan uzak kılınması, başka bir deyişle “yapı-yer uyumu”, bir mühendislik hedefi olan “güvenlik ve ekonominin bir araya getirilmesi”nde çok önemli bir anahtardır. Bunun sağlanması ise, gerek yapının gerekse yerin dinamik özelliklerinin daha iyi bilinmesini ve bunlar üzerinde daha büyük bir duyarlılıkla durulmasını gerektirmektedir (Aytun, 2001).



Şekil 11.8. : İnceleme Alanı Zemin Hakim Titreşim Periyodu Haritası



Şekil 11.9. : İnceleme Alanı Zemin Büyütmesi Haritası



Şekil 11.10. : İnceleme Alanı  $V_{s30}$  Haritası

## 12.İNCELEME ALANININ YERLEŞİME UYGUNLUK DEĞERLENDİRMESİ

İnceleme alanı Çanakkale Grubu, Alçıtepe Formasyonuna ait birimlerden ve alüvyondan oluşmaktadır. İnceleme alanını oluşturan birimler genelde %0-10 topoğrafik eğime sahiptir.

Yapılan sondajlarda yeraltı su seviyesi inceleme alanının kuzeyinde ortalama 3-5 m arasında değişmektedir.

İnceleme alanının genel olarak kohezyonlu birimlerden oluşmakta olup yapılan değerlendirmeler sonucunda sıvılaşma potansiyelinin olmadığı görülmüştür.

Deprem sırasında zeminlerin davranışını etkileyen parametrelerden zemin büyütme ve hakim titreşim periyotları belirlenmiştir. İnceleme alanındaki birimler, 1.7-2.9 arasında deprem büyütme değerlerine sahiptir. Zemin hakim titreşim periyodu 0.41-0.74 sn arasında değişmektedir.

Çalışma alanı içerisindeki kil birimler genel olarak “düşük-orta şişme derecesi” ne sahiptir. Yapılan oturma hesaplarına göre killi zeminlerdeki konsolidasyon oturmasının miktarının müsaade edilen sınırlar içinde olduğu belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda izin verilebilir taşıma gücü değerleri incelendiğinde, taşıma gücü sorunu beklenmemektedir. Yapılan hesaplamalar nihai olmayıp tahmini yükler ve temel boyutlarına göre yapılmıştır.

Sondajlar ve sismik ölçülerde tanımlanan kalınlığı yaklaşık 5-6 m’de değişen Alçıtepe Formasyonun ayrışmış kısmı olarak tanımlanan birimlerde yapılan kazılarda stabilite sorunları ile karşılaşılabilceği düşünülmektedir. Kazılarda açığa çıkan şevler açıkta bırakılmadan istinat yapıları ile desteklenmeli, yapı temelleri tek tip birime oturtulmalıdır.

Yapılan arazi gözlemleri sondajlar, jeofizik ölçümler, laboratuvar verileri ve afet riskleri ile birlikte yapılan jeolojik-jeoteknik değerlendirme sonucunda inceleme alanı yerleşime uygunluk durumu “Önemli Alan 1.1 (ÖA-1.1): Sıvılaşma Tehlikesi Açısından Önemli Alanlar” ve “Önemli Alan 2.1. (ÖA-2.1.) Önlem Alınabilecek Nitelikte Stabilite Sorunlu Alanlar” tanımlamaları içerisinde değerlendirilmiştir.

### **12.1. Önemli Alan 1.1 (ÖA-1.1): Sıvılaşma Tehlikesi Açısından Önemli Alanlar**

Önemli alan 1.1 kategorisi değerlendirilirken, bölgedeki zeminlerin; sıvılaşma potansiyeli, zemin deprem büyütme faktörleri ve hakim titreşim periyotları birlikte değerlendirilmiştir. Bu üç kriter açısından tehlikeli alanlar, deprem tehlikesi açısından önemli alanlar olarak kabul edilmiş, ve inceleme alanındaki alüvyon alanlar yerleşime uygunluk haritasında Ö.A. 1.1 simgesi ile gösterilmiştir. (Ek-9)

Bu alanlarda yapılaşma öncesi, parsel bazında “Temel ve Zemin Etütleri”nde, şişme, oturma, taşıma gücü ve sıvılaşma problemleri ayrıntılı olarak irdelenmeli, gerek görülmesi halinde, gerekli zemin iyileştirme yöntemleri uygulanmalıdır.

Bu alanlarda;

- Rapor içerisindeki özellikle sıvılaşma olmak üzere, şişme, oturma, taşıma gücü ile ilgili hesaplama ve yorumlar inceleme alanının genel özelliklerini yansıtmaktadır. Her türlü alt ve üst yapıda, parsel bazı zemin etütlerinde ayrıntılı olarak tüm bu hesaplamalar gerçek temel türü, boyutu ve derinlikleri için tekrar yapılmalı ve çıkan sonuçlara göre projeler üretilmelidir. Tespit edilecek zemin sorunlarına yönelik gerekli önlemler alınarak, gerekirse zemin iyileştirme yöntemleri uygulanarak, yapılaşmaya gidilmelidir.
- Yüzey suları, atık sular ve yeraltı sularının yapı temellerine ulaşmasını engelleyecek drenaj sistemleri uygulanmalıdır.
- Temel derin kazılarında civardaki yol, altyapı ve binaların statik güvenliği sağlanmalıdır.
- Derin kazılarda oluşacak şevler açıkta bırakılmamalı, uygun projelendirilmiş istinat yapılarıyla desteklenmelidir. Heterojen yapıli alüvyon birimlerde farklı oturmalara karşı yapısal önlemler alınmalıdır.

## 12.2. Önemli Alan 2.1 (ÖA-2.1) : Önlem Alınabilecek Nitelikte Stabilité Sorunlu Alanlar

İnceleme alanının genelinde topoğrafik eğim ortalama %0-10 arasında değişim göstermektedir. Bu alanların, morfolojik özellikleri, jeolojisi litolojik-yapısal-tektonik özellikleri, yeraltı suyu durumu, kaya-zeminlerin mühendislik özellikleri, kaya-zeminlerin temel olma özellikleri, dinamik ve elastik özellikler esas alınarak, yerleşime uygunluk yönünden Önemli Alan-2.1 (ÖA-2.1) olarak değerlendirilmiştir. Alan sınırlarının belirlenmesinde sondajlardan elde edilen örneklerin fiziksel özelliklerinin değişimi gözlemsel olarak belirlenmiştir. Arazide yapılan SPT deneyleri ve karot numuneleri üzerinde gerçekleştirilen fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesine yönelik laboratuvar deneyleri kullanılarak ve dinamik-elastik özellikler şeklinde tanımlanan sismik hız ölçüleri yardımı ile hesaplanan hakim periyod, Vs30, zemin büyütmesi, gevşek/yumuşak zemin kalınlığı, parametreleri bir bütün olarak alınmış, haritalanmış ve birlikte yorumlanmıştır.

Bu değerler incelendiğinde inceleme sahasında hakim periyodların 0,4-0,6 sn arasında olduğu, karot numuneleri üzerinde yapılan serbest basınç deneyine göre dayanımların 3,2-9,7 kg/cm<sup>2</sup> arasında değiştiği, 30 m'ye kadar olan Vs hızlarının ağırlıklı ortalamasının bu alan için nispeten daha yüksek olduğu, göreceli olarak daha yüksek dayanımlı birimlerin bulunduğu hem sondajlarla hem de sismik hız ölçüleri ile belirlenmiştir.

Önemli Alan-2.1 (ÖA-2.1) olarak değerlendirilen alanlarda halihazırda kütle hareketi gözlenmemekle birlikte, yapılaşma esnasında temel kazıları, zemine aktarılan ilave yapı yükleri ve yüzey drenaj koşullarının değişmesi gibi nedenlerle mevcut yamacın stabilitesi azalabilir. Bu durumun kütsel bir stabilité sorununa neden olmaması için parsel bazında ayrıntılı zemin etütleri ile planlanan temel kazısının etkileyebileceği üst yamaç da dâhil olmak üzere şev stabilitesi analizleri yapılmalı ve güvenlik katsayısının statik ve dinamik koşullarda yeterli olduğu gösterilmelidir. Güvenlik katsayısının yeterli olmadığı durumlarda stabilitéyi artırıcı önlemler, projesi yapılmak kaydıyla uygulanmalıdır. Her türlü kazılarda açığa çıkan şevler açıkta bırakılmadan istinat yapıları ile desteklenmeli, yapı temelleri tek tip birime oturtulmalıdır.

### 13. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Bu rapor Çanakkale Belediyesi sınırları içerisinde kalan toplam 200.000 m<sup>2</sup> olan mevcut alanın imar planı çalışmalarında kullanılmak üzere imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt raporu ile yerleşime uygunluk durumunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
2. İnceleme alanı içerisinde 6 adet jeoteknik sondaj, 10 profil üzerinde sismik kırılma ilk varış tomografisi, 7 profil üzerinde yüzey dalgası analizi (MASW), 3 noktada düşey elektrik sondajı (DES) çalışmaları gerçekleştirilmiştir.
3. İnceleme alanı genelde topoğrafik olarak az eğimli (%0-10) bir yapıya sahiptir.
4. İnceleme alanı Orta Miyosen-Pliyosen yaşlı Çanakkale Grubundan oluşmaktadır. Bu grubun içerisinde tanımlanan Alçıtepe formasyonu ve bu formasyona ait ayrıışmış zeminler ve alüvyon çökeller gözlenmiştir.
5. 30 m derinlik için ortalama kayma dalgası hızları, ulaşılan araştırma derinliği itibariyle (Vs30); 241-405 m/sn arasında değişmektedir.  
İnceleme alanında yer hakim titreşim periyotları; “ $0.41 \leq T_0 \leq 0.74$  sn”, aralığında değişmektedir. Hesaplanan yer hakim titreşim periyodu değerleri, proje alanında yer alan birimlerin salınım durumları ile ilgili genel öngörüm amacını taşımaktadır.
6. Göreceli yer büyütme faktörleri ise Borchardt ve diğ. (1991) ilişkisine göre “ $1.7 \leq A_{kM} \leq 2.9$ ” aralığında değişmektedir. Bu açıdan büyütmeden kaynaklanabilecek jeoteknik sorunlara dikkat edilmeli, yapı boyut ve temel analizleri buna göre gerçekleştirilerek, depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine bağlı kalınmalıdır.

7. İnceleme alanında yapılan sondajlarda bölgeyi temsil edecek şekilde seçilen örneklerin üzerinde zeminlerin dane boyu dağılımını belirlemek üzere 32 adet elek analizi yapılmıştır. Bu deney sonucunda inceleme alanındaki zeminlerin %68'i ince daneli, %32'si iri daneli olduğu belirlenmiştir. Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre örneklerin %44'ü CL, %19'u CH, %16'sı SC, %9'u GC, %6'sı GW ve %6'sı SM'dir.
8. Alçıtepe formasyonuna ait birimler genç, pekleşmemiş kaya, sert zemin özelliği taşımaktadır. Karot örnekleri üzerinde yapılan serbest basınç deney sonuçlarına göre 0.32-0,97 MPa arasında değişmektedir. Bu dayanım değerleri, ISRM (1979)'ye göre "çok düşük" dayanım değerleri arasında tanımlandığı görülmüştür.
9. İnceleme alanının geneli için zemin grubu B-2, B-3 ve C-2, C-3, yerel zemin sınıfı Z<sub>2</sub> ve Z<sub>3</sub> olarak belirlenmiştir.
10. Açılmış olan 6 sondaj kuyusunda 3 ile 5 m arasında yeraltı suyuna rastlanmıştır. İnceleme alanı içerisinde sürekli akış gösteren dere bulunmamaktadır.
11. Bakanlar Kurulu'nun 18.04.1996 gün ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe giren Türkiye Deprem bölgeleri haritasına göre Çanakkale İli 1. Derece Deprem Bölgeleri üzerinde yer almaktadır ve etkin yer ivmesi  $A_0 \geq 0,40$  alınması gerekmektedir. Bölgede tarihsel ve aletsel dönemdeki kayıtlardan 6.0-7.3 büyüklüğünde depremlerin olduğu görülmektedir. Bu depremlerin 30-60 yıllık aralıklarla tekrarlanma olasılıkları yüksek olduğu ve bölgedeki birçok fay için bu sürenin dolmuş olması önemli bir tehlike unsuru olarak görülmektedir.

12. İnceleme alanının kuzey kesiminde ki bir bölümü alüvyon birimlerden ve buradan itibaren güneye doğru Akıtepe formasyonuna ait birimlerden oluşmaktadır.

13. Yerleşime uygunluk değerlendirmesi yapılırken alüvyon birimlerden oluşan alanlar Ö.A.-1.1 (ÖA-1.1) düşük dayanımlı yeşilimsi-mavimsi-gri renkli, sarımsı kahve renkli ayrıışmış kil taşları-sert killer, ve yer yer ayrıışmış kumtaşlarından oluşan Akıtepe Formasyonu, bu formasyona ait ayrıışmış birimler; morfolojik özellikleri, jeolojisi litolojik-yapısal-tektonik özellikleri, yeraltı suyu durumu, kaya-zeminlerin mühendislik özellikleri, kaya-zeminlerin temel olma özellikleri, dinamik ve elastik özellikler esas alınarak Önemli Alan-2.1 (ÖA-2.1) olarak değerlendirilmiştir.

Rapor içerisindeki hesaplama ve yorumlar sadece esas alınan temel türü ve boyutları için geçerli olduğu dikkate alınmalıdır. Dolayısı ile yapılan jeoteknik hesaplamalarda verilen bu değerler inceleme alanının genel özelliklerini yansıtmaktadır. Her türlü alt ve üst yapıda mutlaka parsel bazı zemin etütlerinde ayrıntılı olarak tüm bu hesaplamalar gerçek temel türü, boyutu ve derinlikleri için tekrar yapılmalı ve çıkan sonuçlara göre projeler üretilmelidir. Rapor içerisindeki veriler temel tasarımına esas olarak kullanılmamalıdır.

14. Çalışma alanında yapılacak yapılaşmalarda "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" esaslarına titizlikle uyulması gereklidir.

15. Bu rapor, imar planı yapımında planlamaya yönelik hazırlanmış olup; **zemin etüt raporu yerine kullanılamaz.** Yapılaşma esnasında ilgili yönetmelik ve genelge hükümlerine göre ve bu rapordaki uyarılar da dikkate alınarak parsel bazında zemin etüdü istenmelidir. Parsel bazında yapılacak olan zemin etütlerinde Mülga Bayındırlık ve İskân Bakanlığı' nın 10 Ağustos 2005 tarihli ve 815 sayılı genelgesi gereği "Zemin ve Temel Etüdü Raporu Genel Formatı"na uyulmalıdır.

Onur EYİSÜREN  
Jeofizik Müh.

Cem DEMİR  
Jeolojik Müh.

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>İLİ</b>                    | ÇANAKKALE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>İLÇE</b>                   | MERKEZ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>BELDE</b>                  | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>KÖY/MAH</b>                | CEVATPAŞA MAHALLESİ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>MEVKİİ</b>                 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>PAFTA</b>                  | H16C-09C-3D, H16C-09C-4A, H16C-09C-4B, H16C-09C-4C ve H16C-09C-4D                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>ADA-PARSEL</b>             | 1047, 1048, 1049, 1050, 1051, 1052, 1053, 1054, 1055, 1056 ve 1057 adaların tamamı, 10 ada 2 parsel, 6 ada 3, 4, 6 ve 10 parseller, 1496, 1508, 1509 ve 1510 Karacaören parselleri ile 1482, 1483, 1488, 1489, 1497, 1503, 1504 ve 1507 Karacaören parsellerinin bir kısmı.                                                                                                                                                                                              |
| <b>PLAN/RAPOR TÜRÜ-ÖLÇEĞİ</b> | Çanakkale İli, Merkez İlçesi, Cevatpaşa Mahallesi, H16C-09C-3D, H16C-09C-4A, H16C-09C-4B, H16C-09C-4C ve H16C-09C-4D paftalar, 1047, 1048, 1049, 1050, 1051, 1052, 1053, 1054, 1055, 1056 ve 1057 adaların tamamı, 10 ada 2 parsel, 6 ada 3, 4, 6 ve 10 parseller, 1496, 1508, 1509 ve 1510 Karacaören parselleri ile 1482, 1483, 1488, 1489, 1497, 1503, 1504 ve 1507 Karacaören parsellerinin bir kısmına ait İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu -1/1000 |

Rapor içeriğindeki sondaj, laboratuvar, analiz vb. veri ve bilgilerin teknik sorumluluğu müellif mühendis/firmada olmak üzere 28.09.2011 tarih ve 102732 sayılı genelge gereğince, büro ve arazi incelemesi sonucunda uygun bulunmuştur.

#### KOMİSYON



Ö. Sinem KABASAKAL  
Jeoloji Yüksek Mühendisi  
Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü



Tijen ÖNECİ  
Jeoloji Mühendisi  
Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü

08.12/2015

08.12/2015



Mustafa POYRAZLI  
İnşaat Mühendisi  
Çevre ve Şehircilik İl Md. Yrd.

28.09.2011 gün ve 102732 sayılı  
Genelge gereğince onanmıştır.

#### ONAY



Engin ÖZTÜRK  
Çevre ve Şehircilik İl Müdürü

#### 14.KAYNAKLAR

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 6 Mart 2007

Bina Ve Bina Türü Yapılar İçin Zemin Ve Temel Etüdü Raporu Genel Formatı, Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, 2005

MTA Bölgesel Jeoloji Haritaları

TC Ulaştırma Bakanlığı DİH Genel Müdürlüğü Geoteknik Tasarım Esasları, 2007

Geoteknik Bilgisi I Zeminler Ve Mekaniği, Akin Önalp

Geoteknik Bilgisi III Bina Temelleri, Akin Önalp

Mühendislik Jeolojisi İlkeler Ve Temel Kavramlar, Işık Yılmaz

Yapılaşma Jeofiziği, Prof. Dr. Övgün Ahmet Ercan

Zeminlerin Geoteknik Ve Jeofizik Analizi, doç. Dr. Ferhat Özçep

Kıran (Afet) Bölgelerinde Yeraraştırma Yöntemleri, Prof. Dr. Övgün Ahmet Ercan

Zemin Mekaniği Ve Temeller, Deniz Genç

Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, Prof. Dr. Reşat Ulusay

Uygulamalı Jeofizik, Prof. Dr. Ali Keleşli

Zeminlerin Statik Ve Dinamik Analizi, Tmmob Jeofizik Mühendisleri Odası, Eğitim Yayınları no: 6, Ferhat Özçep