

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAKARYA İLİ SAPANCA İLÇESİ MAHMUDIYE
KÖYÜNDE ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN JEOLOJİK VE
JEOFİZİK YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halil İbrahim AR

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gündüz HORASAN

Kasım 2021

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAKARYA İLİ SAPANCA İLÇESİ MAHMUDIYE
KÖYÜNDE ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN JEOLOJİK VE
JEOFİZİK YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halil İbrahim AR

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 22.11.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Halil İbrahim AR

22.11.2021

TEŞEKKÜR

Öncelikle hayatımın her alanında her zaman arkamda olan aileme ve yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Gündüz HORASAN’a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ VE İNCELEME ALANININ TANILMASI	1
1.1. Tüm Ölçeklerde Mevcut Plan Durumu ve Mevcut Yapılaşma	2
1.2. Mevcut Plana Esas Sakıncalı Alanlar	3

BÖLÜM 2.

JEOMORFOLOJİ VE JEOLojİ	5
2.1. Genel Jeoloji	7
2.1.1. Çakraz formasyonu (PTrç)	10
2.1.2. Akveren formasyonu (KTa).....	10
2.1.3. Sultaniye metamorfikleri (PTRs)	12
2.1.4. Akçay metamorfikleri (Ka)	14
2.1.5. Yığılca formasyonu (Tey)	15
2.1.6. Çaycuma formasyonu (Teç)	16
2.1.7. Örencik formasyonu (Tplö).....	17
2.1.8. Eski alüvyon yelpazesi (Qıay).....	18
2.1.9. Alüvyon yelpazesi (Qay).....	18
2.1.10. Alüvyon (Qal).....	18

2.2. Yapısal Jeoloji	18
BÖLÜM 3.	
YÖNTEMLER VE BULGULAR.....	21
3.1. Jeofizik Çalışmalar ve Yöntemler	21
3.1.1. Sismik kırılma yöntemi	22
3.1.1.1. Zemin dinamik ve elastik prametreleri	24
3.1.1.2. Sismik-1 verileri.....	24
3.1.1.3. Sismik-2 verileri.....	28
3.1.1.4. Sismik-3 verileri.....	31
3.1.1.5. Sismik-4 verileri.....	34
3.1.1.6. Sismik-5 verileri.....	37
3.1.1.7. Sismik-6 verileri.....	40
3.1.1.8. Elastite modülü (E , kg/cm^2)	42
3.1.1.9. Kayma (Shear) modülü (μ , kg/cm^2).....	43
3.1.1.10. Bulk (sıkışmazlık) modülü (K kg/cm^2)	44
3.1.1.11. Poison oranı (σ).....	44
3.1.1.12. Yoğunluk (gr/cm^3)	45
3.1.1.13. Sismik hız oranı (VP/VS)	46
3.1.2. Mikrotremör.....	49
3.1.3. Özdirenç (elektrik) yöntemi.....	58
3.1.3.1. Toprağın elektriksel özellikleri	58
3.1.3.2. Toprağın nem içeriği	59
3.1.3.3. Geçirgenlik (permeability)	59
3.1.3.4. İyon içeriği	59
3.1.3.5. Isı.....	59
3.1.3.6. Ölçümleri etkileyen faktörler	60
3.1.3.7. Değme gerilimleri	60
3.1.3.8. Değme direnci	60
3.1.3.9. Elektrot uçlaşması	60
3.1.3.10. Doğal Akımlar.....	61
3.1.3.11. Yapay akımlar	61

3.1.3.12. Ölçülen büyüklük ve görünür öz direnç kavramı.....	61
3.1.3.12.1. Dizilim çeşitleri.....	62
3.1.3.13. Schlumberger elektrot dizilimi.....	63
3.1.3.14. Yatay üç tabakalı ortamların yorumu.....	65
3.1.3.15. Elektrik haritalama veya profil (yanal arama)	65
3.1.3.16. Jeoloji ve öz direnç arasındaki ilişki	65
3.1.3.17. DES-7 eğrisi ile SK-6 kuyusunun kıyaslanması	68
3.1.3.18. DES-1 eğrisi ve yorumu.....	70
3.1.3.19. DES-2 eğrisi ve yorumu.....	71
3.1.3.20. DES-3 eğrisi ve yorumu.....	72
3.1.3.21. DES-4 eğrisi ve yorumu.....	73
3.1.3.22. DES-5 eğrisi ve yorumu.....	74
3.1.3.23. DES-6 eğrisi ve yorumu.....	75
3.1.3.24. DES-8 eğrisi ve yorumu.....	76
3.2. Jeoteknik Amaçlı Sondaj Çalışmaları, Araştırma Çukurları ve Arazi	
Deneyleri	77
3.2.1. Araştırma çukuru çalışmaları.....	78
3.2.2. Sondaj kuyusu çalışmaları	78
3.2.3. Arazi deneyleri	83
3.2.3.1. Standart penetrasyon deneyi (SPT).....	83
3.2.3.2. Kaya kalitesi (RQD), toplam karot verimi (TKV).....	85
3.2.3.3. Zeminin indeks-fiziksel özelliklerinin belirlenmesi.....	86
3.2.3.4. Kaya mekaniği deneyi.....	88
3.3. Mühendislik zonları belirlenmesi	89
3.3.1. Kütle hareketleri	90
 BÖLÜM 4.	
SONUÇ VE ÖNERİLER	94
 KAYNAKLAR	98
ÖZGEÇMİŞ	101

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

μ	: Kayma (Shear) modülü
AÇ	: Araştırma çukuru noktası
AJE	: Ayrıntılı jeoteknik gerektiren alanlar
Ao	: Maksimum Genlik
d	: Yoğunluk
DES	: Düşey elektrik sondajı
E	: Elastite modülü
Fo	: Zemin hakim frekansı
h	: Kalınlık
K	: Bulk (sıkışmazlık)
MT	: Mikrotremör
SİS	: Sismik
SK	: Sondaj noktası
Ta-Tb	: Yapı periyotları amplifikasyon aralığı
To	: Zemin hakim titreşim periyodu
σ	: Poison oranı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Yerbulduru Haritası	2
Şekil 1.2. İnceleme Alanı 1/ 100 000 Çevre Düzeni Planı.....	3
Şekil 1.3. İnceleme Alanı Yerleşime Uygunluk Haritası (05.06.2008 Tarihli Mülga Sakarya Bayındırlık İl Müdürlüğü tarafından onaylanan Sapanca Mahmudiye imar planı) (Ölçeksizdir).....	4
Şekil 2.1. Genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit (Erol Timur ve Ahmet Aksay MTA1/100000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları Adapazarı G-24 paftası)	6
Şekil 2.2. Eğimli NetCAD haritası.....	7
Şekil 2.3. Eğimli Google Earth Görüntüsü (Ölçeksizdir)	7
Şekil 2.4. 1/25000 ölçekli Jeoloji Haritası (MTA 1/250000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları)	8
Şekil 2.5. Jeoloji Haritası (Erol Timur ve Ahmet Aksay MTA1/100000 ölçekli Türkiye jeoloji)	9
Şekil 2.6. Tektonik kuşakları	19
Şekil 3.1. Jeofizik Ölçülerin Sismik, Rezistivite ve Mikrotremör Sahadaki Konumu	21
Şekil 3.2. Sismik kırılma yönteminde kullanılan kaynak ve jeofonların yerleşimi (Ercan, 1998)	23
Şekil 3.3. Sismik-1 arazi serimi	24
Şekil 3.4. Sismik-1 düz ve ters atış kırılma verileri	26
Şekil 3.5. Sismik-1 hız-zaman grafiği ve yer altı kesiti	27
Şekil 3.6. Sismik-2 arazi serimi	28
Şekil 3.7. Sismik-2 düz ve ters atış kırılma verileri	29
Şekil 3.8. Sismik-2 hız-zaman grafiği ve yer altı kesiti	30
Şekil 3.9. Sismik-3 arazi serimi	31

Şekil 3.10. Sismik-3 düz ve ters atış kırılma verileri	32
Şekil 3.11. Sismik-3 hız-zaman grafiği ve yer altı kesiti	33
Şekil 3.12. Sismik-4 arazi serimi	34
Şekil 3.13. Sismik-4 düz ve ters atış kırılma verileri	35
Şekil 3.14. Sismik-4 hız-zaman grafiği ve yer altı kesiti	36
Şekil 3.15. Sismik-5 arazi serimi	37
Şekil 3.16. Sismik-5 düz ve ters atış kırılma verileri	38
Şekil 3.17. Sismik-5 hız-zaman grafiği ve yer altı kesiti	39
Şekil 3.18. Sismik-6 arazi serimi	40
Şekil 3.19. Sismik-6 düz ve ters atış kırılma verileri	41
Şekil 3.20. Sismik-6 hız-zaman grafiği ve yer altı kesiti	42
Şekil 3.21. Mikrotremör ölçümlerinde kullanılan cihazın görüntüsü ve özellikleri	49
Şekil 3.22. Mikrotremör ölçümlerine ait fotoğraflar.....	50
Şekil 3.23. Tipik bir sedimanter havza yapısı Nakamura	52
Şekil 3.24. Mt-1 ölçü noktasından elde edilen veriler	54
Şekil 3.25. Mt-2 ölçü noktasından elde edilen veriler	55
Şekil 3.26. Mt-3 ölçü noktasından elde edilen veriler	56
Şekil 3.27. DES Uygulaması.....	64
Şekil 3.28. DES ölçümü sonucu elde edilen görünür özdirenç eğrisi.....	64
Şekil 3.29. SK-6 kuyusu ile DES-7 noktası konumu	68
Şekil 3.30. DES-7'den Elde Edilen Eğri.....	69
Şekil 3.31. DES-1 Noktası	70
Şekil 3.32. DES-1'den Elde Edilen Eğri.....	70
Şekil 3.33. DES-2 Noktası	71
Şekil 3.34. DES-2'den Elde Edilen Eğri.....	71
Şekil 3.35. DES-3 Noktası	72
Şekil 3.36. DES-3'den Elde Edilen Eğri.....	72
Şekil 3.37. DES-4 Noktası	73
Şekil 3.38. DES-4'den Elde Edilen Eğri.....	73
Şekil 3.39. DES-5 Noktası	74
Şekil 3.40. DES-5'ten Elde Edilen Eğri.....	74
Şekil 3.41. DES-6 Noktası	75

Şekil 3.42. DES-6'dan Elde Edilen Eğri.....	75
Şekil 3.43. DES-8 Noktası	76
Şekil 3.44. DES-8'den Elde Edilen Eğri.....	76
Şekil 3.45. Sondaj Çalışmaları ve Araştırma Çukuru Çalışmalarının Arazideki Konumları.....	77
Şekil 3.46. SK-1'e ait Karot Sandığı.....	79
Şekil 3.47. SK-2'e ait Karot Sandığı.....	80
Şekil 3.48. SK-4'e ait Karot Sandığı.....	81
Şekil 3.49. SK-5'e ait Karot Sandığı.....	81
Şekil 3.50. SK-6'e ait Karot Sandığı.....	82
Şekil 3.51. SK-7'e ait Karot Sandığı.....	83
Şekil 3.52. Jeolojik Kesit-1	89
Şekil 3.53. Jeolojik Kesit-2	90
Şekil 3.54. Kesit-1 ve kesit 2 ye ait topografik görüntü	91
Şekil 3.55. Kesit-1(şev stabilite analizi)	92
Şekil 3.56. Kesit-2 (şev stabilite analizi)	93

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Sismik Ölçülerinin Koordinatları	22
Tablo 3.2. Rezistivite Ölçüsü Koordinatları	22
Tablo 3.3. Mikrotremör Ölçüsü Koordinatları.....	22
Tablo 3.4. Sismik serimlerin koordinatları ve hız değerleri.....	23
Tablo 3.5. Sismik-1 seriminden elde edilen 1. ve 2. tabaka için zemin dinamik elastik parametreleri	25
Tablo 3.6. Sismik-2 seriminden elde edilen 1. ve 2. tabaka için zemin dinamik elastik parametreleri	28
Tablo 3.7. Sismik-3 seriminden elde edilen 1. ve 2. tabaka için zemin dinamik elastik parametreleri	31
Tablo 3.8. Sismik-4 seriminden elde edilen 1.ve 2. tabaka için zemin dinamik elastik parametreleri	34
Tablo 3.9. Sismik-5 seriminden elde edilen 1. ve 2. tabaka için zeminin dinamik elastik parametreleri	37
Tablo 3.10. Sismik-6 seriminden elde edilen 1.ve 2. tabaka için zeminin dinamik elastik parametreleri	40
Tablo 3.11. Elastisite modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı.	43
Tablo 3.12. Kayma modülü değ. göre zemin yada kayaçların dayanımı	43
Tablo 3.13. Bulk modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı	44
Tablo 3.14. Poisson sınıflaması ve zemin Özelliği karşılaştırması.....	45
Tablo 3.15. Zemin birimlerinin yoğunluk sınıflaması	45
Tablo 3.16. Zemin birimlerinin sıkılık sınıflaması (Keçeli, 1990)	46
Tablo 3.17. Çalışma alanındaki sismik serimler için Max. Vs dalga hızına göre zemin özelliği	46
Tablo 3.18. Vs ‘ e göre zemin sınıflaması	47

Tablo 3.19. NEHRP Hükümlerinde ve UniformBuildingCode‘da Vs’e göre zemin sınıflaması	47
Tablo 3.20. Kohezyonlu zeminlerin Vs hızlarına göre sınıf.....	47
Tablo 3.21. Kohezyonsuz zeminlerin Vs hızlarına göre sınıf.....	48
Tablo 3.22. Mikrotremör ölçümlerinden elde edilen değerler	57
Tablo 3.23. Yerel Zemin sınıfı Ansal ve diğ.,(2001)	57
Tablo 3.24. Spektral büyütmelemlere göre mikrobölgeleme ölçütleri Ansal ve diğ., (2001)	58
Tablo 3.25. Bilinen bazı kayaçların, toprak materyalleri ve kimyasalların özdirenç değerleri.....	67
Tablo 3.26. Bazı kayaçların elektrik özdirenç değerleri	67
Tablo 3.27. Su ve jeolojik malzemelerin özdirenç ve yorumları	67
Tablo 3.28. Kayaçlardaki su içeriğine bağlı olarak elektrik özdirenç değışimi...	68
Tablo 3.29. Bazı sular ve elektrik özdirençleri	68
Tablo 3.30. Sondaj Çalışmaları ve Araştırma Çukuru Çalışmalarının Arazideki Konumları.....	78
Tablo 3.31. SK-1 Sondajı Kuyusu Bilgisi.....	78
Tablo 3.32. SK-1 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon	79
Tablo 3.33. SK-2 Sondajı Kuyusu Bilgisi.....	79
Tablo 3.34. SK-2 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon	79
Tablo 3.35. SK-3 Sondaj Kuyusu Bilgisi.....	80
Tablo 3.36. SK-3 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon	80
Tablo 3.37. SK-4 Sondaj Kuyusu Bilgisi.....	80
Tablo 3.38. SK-4 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon	80
Tablo 3.39. SK-5 Sondaj Kuyusu Bilgisi.....	81
Tablo 3.40. SK-5 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon	81
Tablo 3.41. SK-6 Sondaj Kuyusu Bilgisi.....	82
Tablo 3.42. SK-6 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon	82
Tablo 3.43. SK-7 Sondaj Kuyusu Bilgisi.....	82
Tablo 3.44. SK-7 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon	82
Tablo 3.45. Farklı Sondaj Kuyuları için Standart Penetrasyon Testi Sonuçları	83
Tablo 3.46. Sondaj Kuyusuna Göre TKV ve RQD Değerleri.....	85

Tablo 3.47. SK-1 Sondaj numunelerine ait Laboratuvar deneyleri	86
Tablo 3.48. SK-2 Sondaj numunelerine ait Laboratuvar deneyleri	86
Tablo 3.49. SK-4 Sondaj numunelerine ait Laboratuvar deneyleri	87
Tablo 3.50. SK-5 Sondaj numunelerine ait Laboratuvar deneyleri	87
Tablo 3.51. SK-6 Sondaj numunelerine ait Laboratuvar deneyleri	87
Tablo 3.52. SK-7 Sondaj numunelerine ait Laboratuvar deneyleri	88
Tablo 3.53. Şist birimlerinin nokta yükleme deneyini gösteren laboratuvar sonuçları	88



ÖZET

Anahtar kelimeler: sakarya, sapanca, imar planın, jeoloji, jeofizik, jeoteknik

Sakarya ili, Sapanca İlçesi, Mahmudiye Mahallesi'nde 17631 m²'lik alanın yerleşime uygunluk durumunun yeniden değerlendirilmesi amacıyla jeolojik ve jeofizik araştırmalar yapılmıştır. İnceleme alanında 7 noktada toplam derinliği 65 m olan mekanik temel sondaj, 8 noktada araştırma çukuru çalışması yapılmıştır. Sondaj kuyuların içinde 1,5 m de bir Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) gerçekleştirilmiştir. Jeofizik yöntemlerden dinamik parametreleri belirlemek amacıyla serim uzunluğu 24 m olan 6 adet sismik kırılma, 8 adet Schlumberger elektrot diziliimli Düşey Elektrik sondajı (DES) ve 3 adet mikrotremör çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde üstte kalınlığı 0.30-6.00 m olarak değişen Permo-Triyas yaşlı Sultaniye Metamorfitlelerinin Rezidüel zon ürünü olan ayrıışmış şistler ve bu birimlerin altında Sultaniye metamorfitlelerine ait parçalı kırıklı şist birimleri gözlenmektedir. İnceleme alanındaki bu şistler kahverengi- gri, sarımsı gri, yeşilimsi gri, koyu gri renklerinde olduğu gözlenmiştir. Sismik kırılma çalışmaları neticesinde yeraltında iki tabaka belirlenmiş ve bu tabakalara ait VP-VS hızları, $V_{p1}=451-746\text{m/s}$, $V_{s1}=181-451\text{m/s}$, $V_{p2}=1231-1707\text{m/s}$, $V_{s2}=523-785\text{m/s}$; aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler doğrultusunda zemin sınıfı ve grubu hesaplanmış olup 1.tabaka genellikle Z3-C ve 2.tabaka Z2-B olarak belirlenmiştir. Alınan mikrotremör ölçümlerinde hesaplanan hakim periyot aralığındaki spektral büyütme (zemin büyütme) değerleri ise en küçük 1,80 ve en yüksek 1,86 değerinde olduğu belirlenmiştir. Bu verilere göre inceleme alanının spektral büyütme göre tehlike düzeyi A (Düşük) sınıfına girmektedir. Schlumberger elektrot diziliimli Düşey Elektrik Sondajı (DES) verilerine göre çalışma alanını öz direnç değerleri 114-913 ohm.m arasında olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanında kırık/fay gibi jeolojik özellikler gözlenmemiştir.

DETERMINATION OF SOIL FEATURES BY GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL METHODS IN SAKARYA PROVINCE SAPANCA DISTRICT MAHMUDIYE VILLAGE

SUMMARY

Keywords: sakarya, sapanca, development plan, geology, geophysics, geotechnics

Geological and geophysical investigations have been carried out in Sakarya province, Sapanca Mahmudiye District, to reevaluate the suitability for settlement of 17631 m² old settlement area. In the study area, seven mechanical foundation drilling with a total depth of 65 m and 8 research pits were used for the study. A Standard Penetration Test (SPT) was carried out at each 1,5 m inside the boreholes. In order to determine dynamical parameters from geophysical methods 6 seismic refractions with a laying length of 24 m, 8 Schlumberger electrode array Vertical Electrical Soundings (VES) and 3 microtremors were investigated. As a result, a decomposed schist units of 0.30-6.00 m thickness which is the residual zone product of the Permo-Triassic Sultaniye Metamorphites and fractured schist units belonging to the Sultaniye metamorphites are observed below these units. These schists were observed to be brown-gray, yellowish gray, greenish gray and dark gray. As a result of seismic refraction studies, two underground layers are determined with VP-VS velocities as $V_{p1}=451-746\text{m/s}$, $V_{s1}=181-451\text{m/s}$, $V_{p2}=1231-1707\text{m/s}$, $V_{s2}=523-785\text{m/s}$ With these values the soil groups are calculated as the 1st layer types are Z3-C and the 2nd layer is Z2-B. The spectral magnification (ground amplification) in the dominant period interval calculated in the microtremors taken are lowest 1.80 and the highest 1.86. According to these results the hazard level of the area with respect to spectral amplification is classified as A (Low). The Schlumberger electrode array Vertical Electrical Sounding (VES) values were found to be between 114-913 ohm.m. Geological features such as fractures / faults were not observed in the study area.

BÖLÜM 1. GİRİŞ VE İNCELEME ALANININ TANILMASI

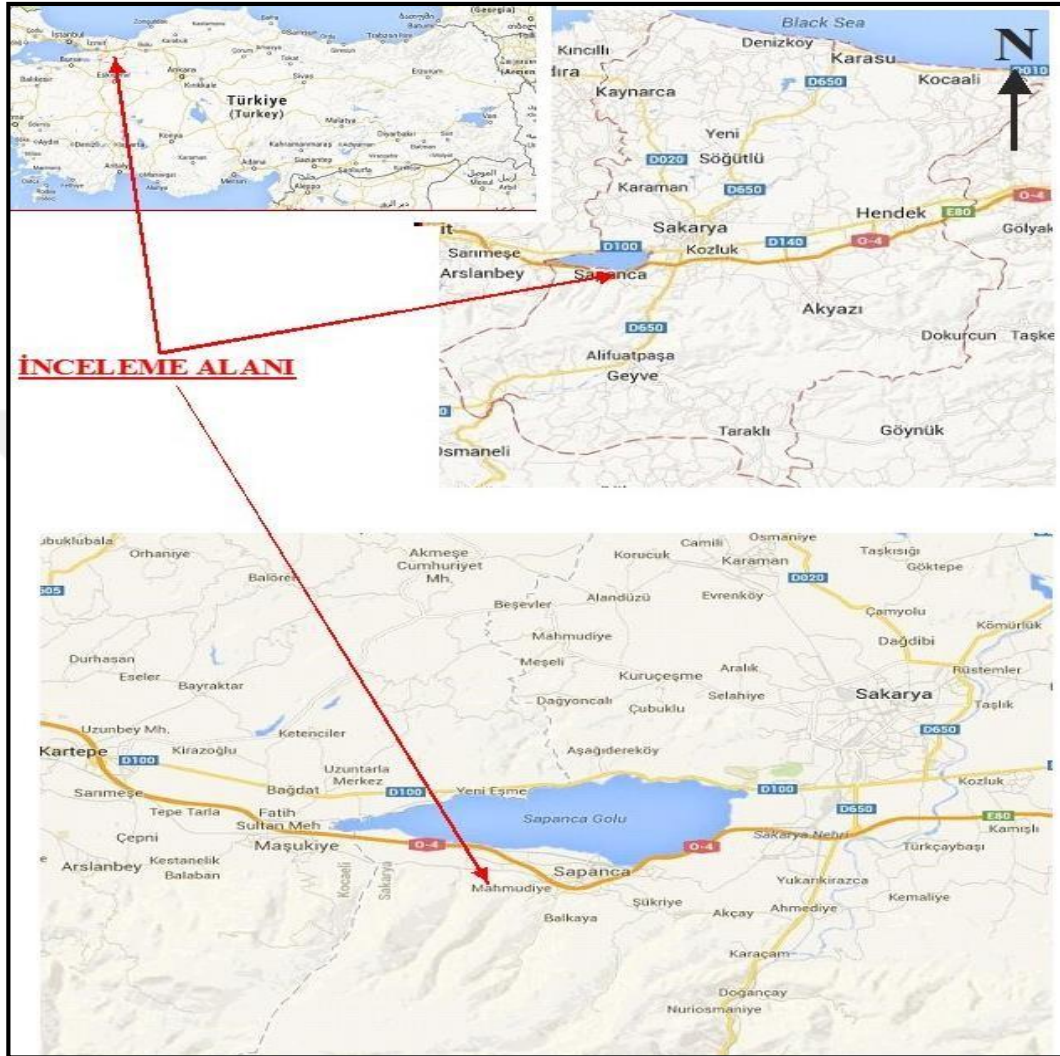
Bu çalışmada Sakarya ili Sapanca İlçesi, Mahmudiye Mahallesi'nde yer alan toplamda 17631 m²'lik alanın imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüdünün yapılarak, yerleşime uygunluk durumunun yeniden değerlendirilmesi amaçlanmıştır (Şekil 1.1.).

Bu çalışma kapsamında inceleme alanında yer alan zeminlerin cinsini, tabaka kalınlığını, dokunak ilişkilerini, jeolojik ve jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. İnceleme alanında toplam derinliği 65,00 m olan 7 adet sondaj çalışması; sondaj sırasında her 1,50 m'de bir SPT; 8 adet araştırma çukuru; Jeofizik yöntemlerden dinamik parametreleri belirlemek amacıyla 6 adet sismik kırılma, 8 adet rezistivite ve 3 adet mikrotremör çalışmaları yapılmıştır.

Sapanca Belediyesi'nin güneybatısında, Belediye binasına yaklaşık 5 km uzaklıkta bulunan çalışma alanına ulaşım, Sapanca merkezinden asfalt yol ile sağlanmaktadır. Adapazarı merkezinin güneybatısında bulunan çalışma alanının batısında Yanık Köyü, doğusunda Mahmudiye Köyü, kuzeyinde Sapanca Gölü yer almaktadır. İnceleme alanı çevresinde konut amaçlı yapılaşmalar mevcut olup, inceleme alanında yapılaşma bulunmamaktadır.

Sapanca ilçesi Marmara Bölgesi'nin kuzeydoğusunda yer almaktadır. İlçenin kuzeyinde Sapanca Gölü ile Serdivan ilçesi, doğusunda Arifiye ilçesi, güneyinde Geyve ilçesi, güneydoğusunda Pamukova ilçesi yer almaktadır. Coğrafi olarak güneyde Samanlı Dağları ile Sapanca Gölü arasında bulunmaktadır. İlçenin denizden yüksekliği 30 m ve yüzölçümü 119 km²'dir. Sapanca Gölü'nün 39 km kıyı uzunluğu mevcuttur. İlçedeki kıyı uzunluğu 16 km'dir. İlçe Adapazarı'na 17 km mesafededir.

TEM Otoyolu ilçe içerisinde ve D-100 Karayolu da ilçenin kuzeyinden geçmektedir.

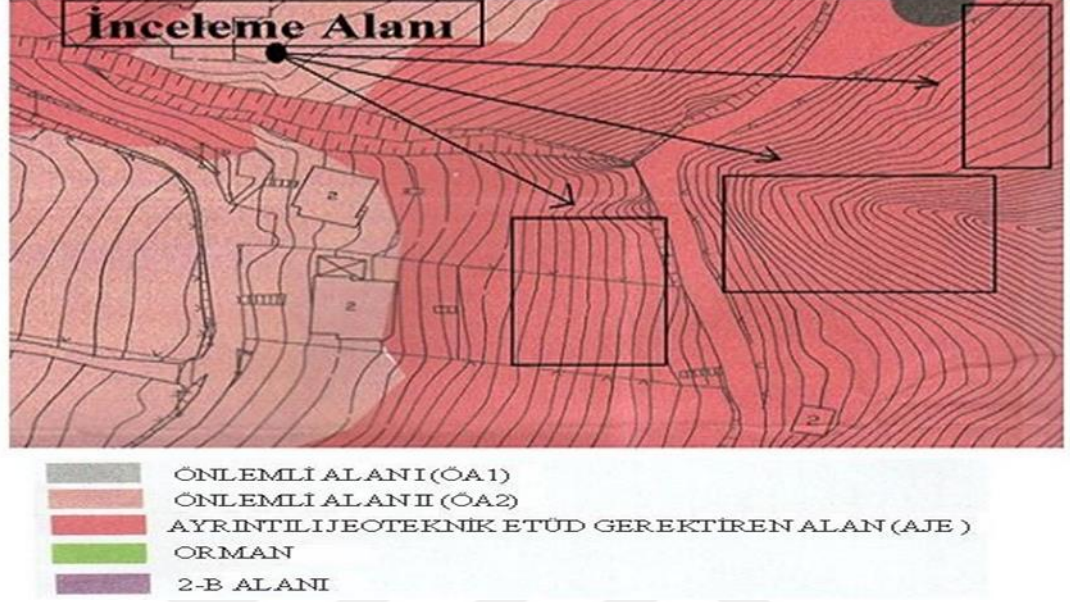


Şekil 1.1. Yerbulduru Haritası

1.1. Tüm Ölçeklerde Mevcut Plan Durumu ve Mevcut Yapılaşma

İnceleme alanında 07.01.2010 tarihli Sakarya İli 1/100.000 Çevre Düzeni Planı, 10.10.2012 tarih 12/396 sayılı kararı ile Sakarya Büyükşehir Belediyesi 1/25.000 ölçekli Nazım İmar Planı bulunmaktadır.

jeolojik- jeofizik-jeoteknik etüt esnasında üzerinde durulması gereken konular vurgulanmalıdır.

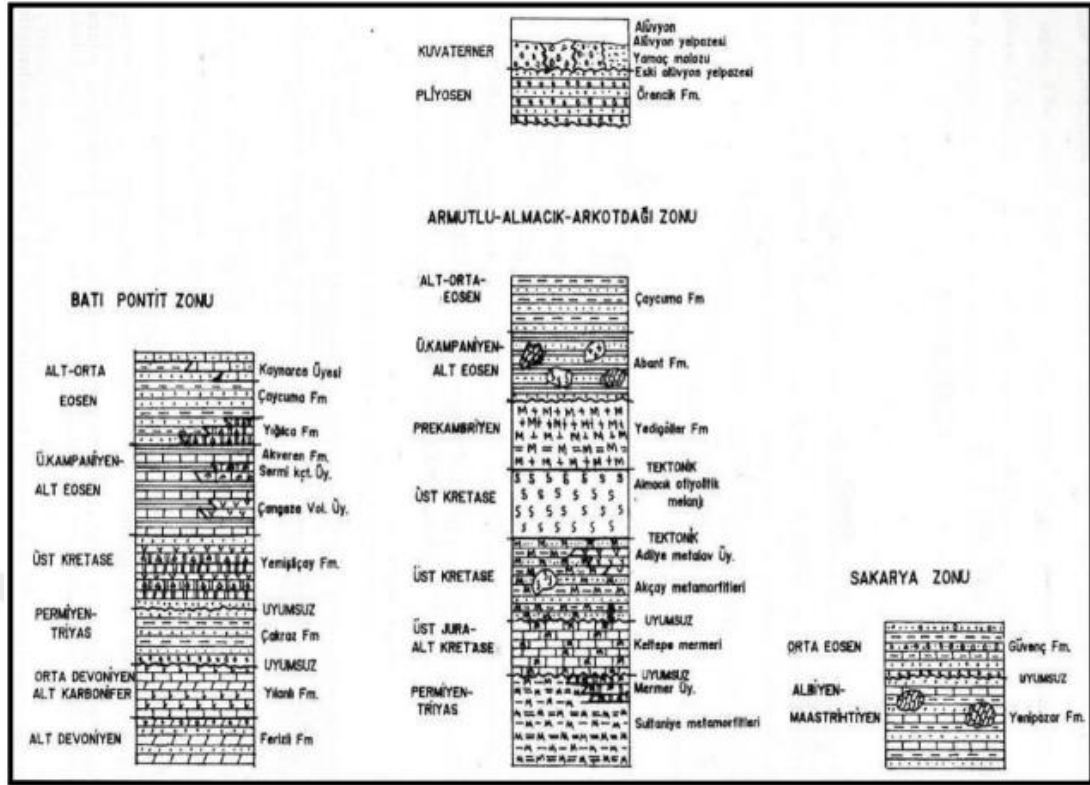


Şekil 1.3. İnceleme Alanı Yerleşime Uygunluk Haritası (05.06.2008 Tarihli Mülga Sakarya Bayındırlık İl Müdürlüğü tarafından onaylanan Sapanca Mahmudiye imar planı) (Ölçeksizdir)

BÖLÜM 2. JEOMORFOLOJİ VE JEOLojİ

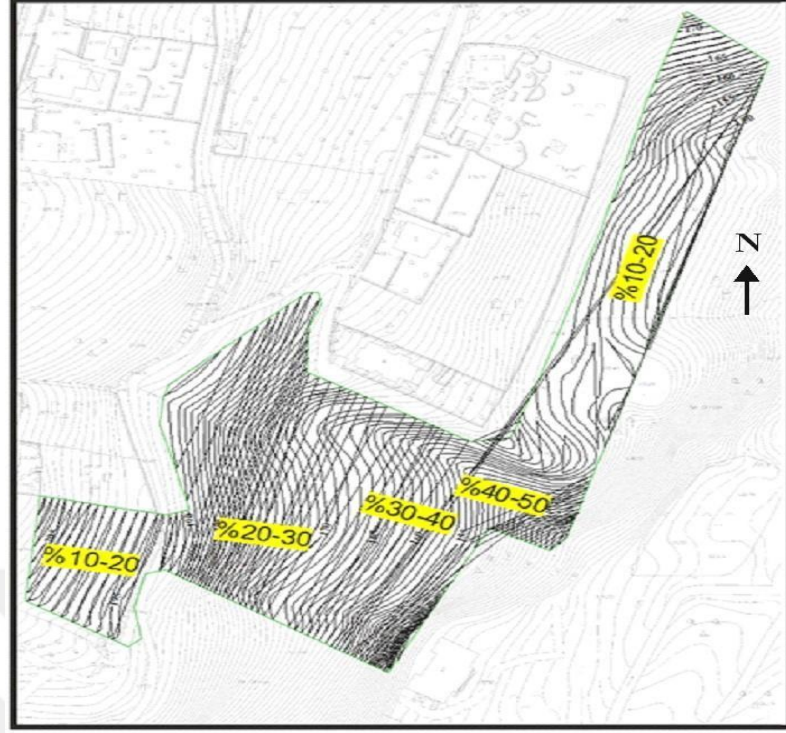
Bölgede ki birimler kuzeyden güneye olmak üzere Batı Pontid zonu, Armutlu-Almacık Arkotdağ zonu ve Sakarya zonu olmak üzere üç zon halinde bulunur. Birbiriyle tektonik ilişkili ve yaklaşık doğu-batı uzanımlı olan bu zonlardan Batı Pontid zonu altta Paleozoyik yaşlı kırıntılı ve karbonatlar; bunlar üzerinde açısız uyumsuzlukla yer alan Permo-Triyas yaşlı karasal kırıntılılar ve tümünü açısız uyumsuz olarak örten Geç Kampaniyen-Orta Eosen yaşlı karbonat, kırıntılı ve volkanitlerle -Arkotdağ zonu, altta birbiriyle temsil edilir. Armutlu-Almacık tektonik ilişkili olan Permo-Triyas ve Geç Kretase yaşlı metakırıntılı, metavolkanit ve mermer ile Geç Kretase yaşlı metaofiyolit topluluğundan oluşur. Bunlar üzerinde açısız uyumsuz olarak Geç Kampaniyen- Erken Eosen yaşlı kırıntılı ve volkanitler yer alır (Ulusay, 2001).

Sakarya zonu altta Alt-Orta Jura yaşlı volkanoklastikler, bunlarla uyumlu olan Kalloviyen- Apsiyen yaşlı pelajik kireçtaşları ve bu kireçtaşlarıyla yanal ve altta olmak üzere dikey geçişli olan Kalloviyen-Hotriviye yaşlı platform karbonatlarıyla temsil edilir. Üstte geçişli olarak Albiyen-Geç Paleosen yaşlı bloklu fliş ve açısız uyumsuz olarak Orta Eosen yaşlı kırıntılı ve Nummulites'li karbonatlardan oluşur.



Şekil 2.1. Genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit (Erol Timur ve Ahmet Aksay MTA1/100000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları Adapazarı G-24 paftası)

Çalışma alanı Permo Triyas yaşlı Sultaniye Metamorfiklerinden oluşmuştur. Çalışma alanının da rakım en yüksek 283 m en düşük 243 m'dir. Çalışma alanında eğim kuzey, kuzeydoğu, kuzey ve kuzey batı ve güney- güneybatı yönündedir. Çalışma alanının eğimi %10-20, %20-30, %30-40 ve %40-50 arasında değişmektedir (Şekil 2.2., Şekil 2.3.).



Şekil 2.2. Eğimli NetCAD haritası

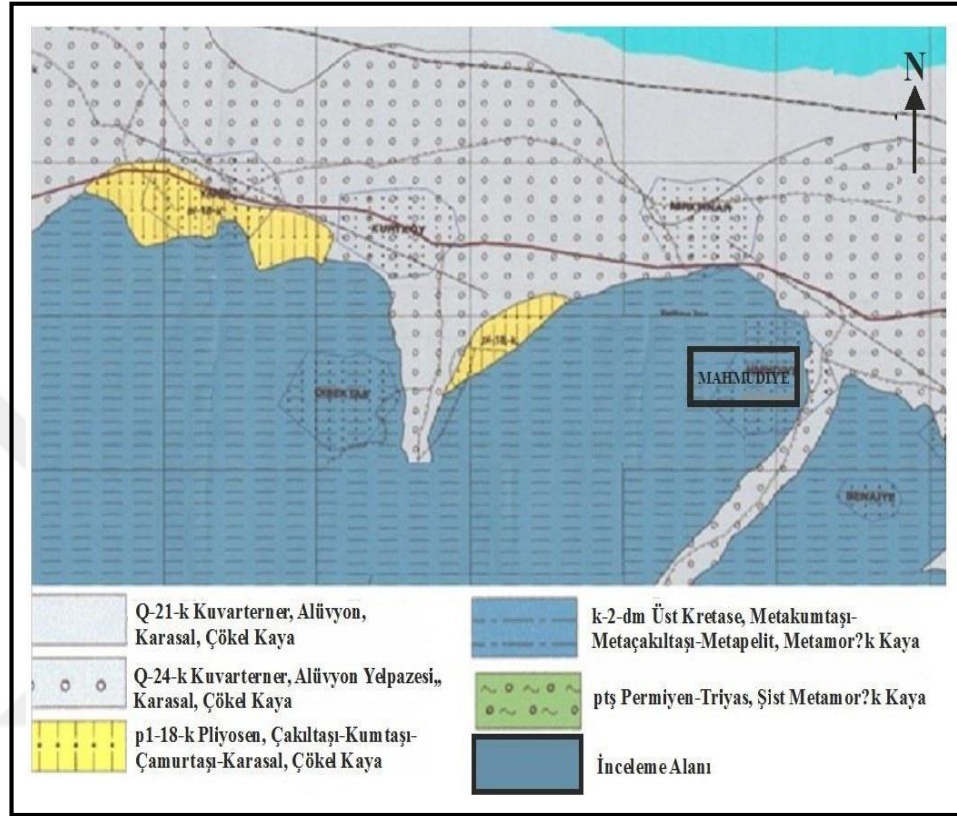


Şekil 2.3. Eğimli Google Earth Görüntüsü (Ölçeksizdir)

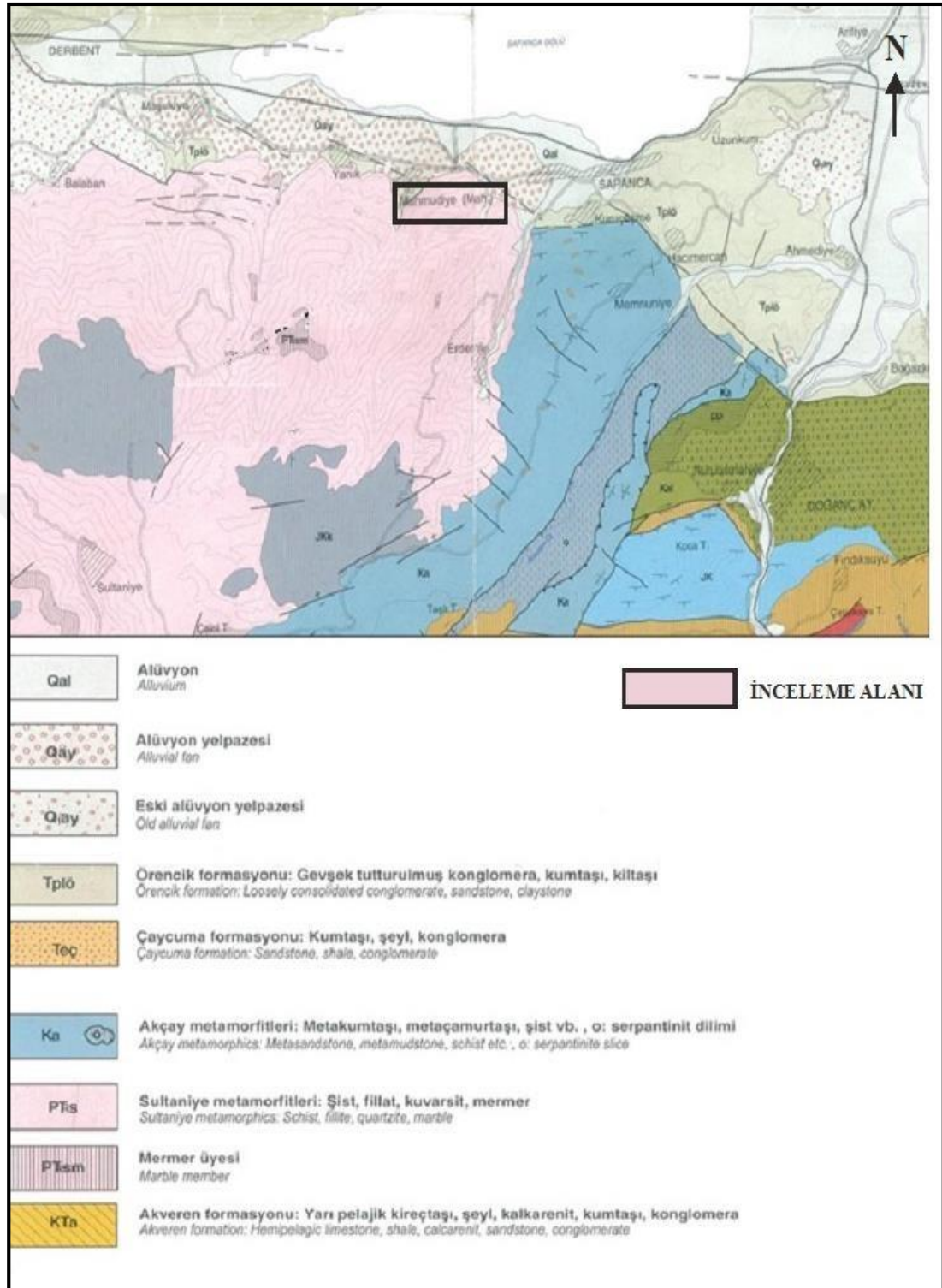
2.1. Genel Jeoloji

İnceleme alanı Sakarya ilinin Güney batısında yer almaktadır. İnceleme alanı ve yakın çevresinin genel jeolojisinin anlatılmasında 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Adapazarı G24 paftası (Şekil 2.4.) ve 1/25000 ölçekli Adapazarı G24-b4 haritalarından faydalanılmıştır (Şekil 2.5.). Bölgedeki formasyonlar şu şekilde sıralanmıştır; Çakraz Formasyonu (PTRç) Akveren Formasyonu (KTa), Mermer

Üyesi (PTrsm), Sultaniye Metamorfikleri (PTRs), Akçay Metamorfikleri (Ka), Yığılca Formasyonu (Tey), Çaycuma Formasyonu (Teç), Örencik Formasyonu (Tplö), Eski Alüvyon Yelpazesi (Q1ay) Alüvyon Yelpazesi (Qay), Alüvyon (Qal).



Şekil 2.4. 1/25000 ölçekli Jeoloji Haritası (MTA 1/250000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları)



Şekil 2.5. Jeoloji Haritası (Erol Timur ve Ahmet Aksay MTA1/100000 ölçekli Türkiye jeoloji)

2.1.1. Çakraz formasyonu (PTrç)

Amasra ilçesi (Bartın) doğusunda Karadeniz kıyısındaki Çakraz Köyü ve civarında tipik yüz eylemleri olan kırmızı renkli karasal çamurtaşı, şeyl, kumtaşı ve konglomeralar Akyol ve diğ. (1974) tarafından Çakraz kumtaşı olarak adlandırılmıştır. Yergök ve diğ. (1987) Çakraz Formasyonu adı altında incelemişlerdir.

Birim kırmızı-mor renkli konglomera, kumtaşı, silttaşı ve şeylden oluşmaktadır. Konglomeralar kötü boylanmalı olup, çok tür bileşenlidir. Çakıllar arasında bol kuvars kumu, demir oksitleri, daha yaşlı birimlerden türeme kırıntıları ve demirli kil matriksi bulunur (Kipman, 1974). Kumtaşları ince-orta tabakalı, yer yer çakılcıklı, kötü boylanmalı ve derecelenmelidir. Silttaşları kırmızımsı kahve renkli, çapraz lamineştir. Sivri ve keskin köşeli kuvars, az miktarda feldispat, serisit, klorit, demir oksit ve hidroksitleri ile demirli kil matriksten oluşur. Arkozdan subarkoza değişim gösterir(Kipman, 1974).

Formasyon altta Paleozoyik çökelleri üzerinde açılı uyumsuz olarak yer alır. Üstte ise Geç Kretase-Eosen yaşlı ve daha genç çökeller tarafından aşıl uyumsuz olarak örtülür. Çamdağ alanında görünür kalınlığı 1000-1500 m dolayındadır.

Birimin Çamdağ alanındaki yaşı palinojik verilere dayanılarak (Alişan ve Derman, 1995) Geç Permiyen olarak belirlenmiştir. Kipman (1974), birimin yaşını Triyas olarak kabul etmiştir. Bu verilere göre, pafta alanındaki birimin yaşı Permo-Triyas olarak kabul edilmiştir.

2.1.2. Akveren formasyonu (KTa)

İlk defa Ketin ve Gümüş (1963) tarafından Sinop-Ayancık dolayında adlandırılmış olan birim, altta kumlu karbonatlar, üstte killi kireçtaşları, Rudistli kireçtaşı, çamurtaşı, marn ve volkanitler kapsar. Volkanitler Çangaza volkanit üyesi, üst

düzeylerdeki resifal kireçtaşları ise Sermi kireçtaşı üyesi adı ile incelenmiştir. Akveren formasyonu, inceleme alanının kuzey yarısında geniş yüzeylenimler sunar.

Akveren formasyonu, krem, bej, açık gri, pembe renkli, ince-orta- kalın tabakalı kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşları çok değişik fasiyeslerden oluşur. Çökeltme ortamının derinliğindeki ve çökeltme ortamındaki değişimlere bağlı olarak fasiyeslerde değişmektedir. Sığ kesimlerde ince-orta tabakalı, kırıntılı kireçtaşları, derin kesimlerde mikritik, killi ve kalkarenitik kireçtaşları gözlenmektedir. Türbiditik kesimlerde en çok kalkarenit-marn ardalanması gözlenmektedir. Volkanitlere yakın kesimlerde pembe renkli mikritik kireçtaşları ve rudistli kireçtaşları gözlenmektedir. Bazı kesimlerde kireçtaşları çört içermektedir. Formasyon yer yer kalın marn seviyeleri içerir. Marnlar yeşil renkli, baklava dilinimli ve şeyi görünümlüdür. Birimin üst seviyelerine doğru formasyon içi çakıltaşları çökelmiştir. Çakıllar çakılcık boyutundan blok boyutuna kadar değişik boyutta olup, orta-iyi yuvarlanmıştır. Çakıllar kireçtaşı ve çörtlerden oluşmaktadır ve kırıntılı kireçtaşı matriksi içerisinde yer almaktadır.

Sermî Kireçtaşı Üyesi (KTas): Resifal kireçtaşlarından oluşan birime ilk defa Kaya (1982) tarafından Senur kireçtaşı adı verilmiştir. Bu çalışmada Sermi kireçtaşı üyesi olarak incelenmiştir. Beyaz, kalın katmanlı, masif görünümlü değişik kireçtaşı türlerinden oluşan birim, resif yapan fosiller ve bunlara ait kırıntılarca zengin bir birimdir. Akveren formasyonunun diğer litolojileri ile alt ve üst dokanağı geçişlidir.

Çangaza Volkanit Üyesi (KTaç): Akveren formasyonunun volkanitleri için ilk defa Yergök ve diğ. (1987) Çangaza bazalt üyesi adını kullanmışlardır. Bu çalışmada ise aynı volkanitler için Çangaza volkanit üyesi adı kullanılmıştır. Akveren formasyonunun alt seviyelerinde ara katkılar olarak gözlenen andezit ve bazalttan oluşan Çangaza volkanit üyesi, gri ve yeşilimsi siyah renklidir. Yer yer yastık yapılı lavlardan oluşan birim içinde kırıntılı kireçtaşları ara katkı olarak görülür. Birim Akveren formasyonu içerisinde çok farklı şekilde taban ilişkisi gösterir. Üst ilişkisi ise Akveren formasyonunun Paleosen yaşlı çökelleri ile sınırlandırılmıştır. Kalınlığı 10-100 m. arasında değişir. Birimin yaşı stratigrafik konumuna göre

Maastrichtiyendir. Üye Saner ve diğ. (1978)'nin Çömlekçi andezit üyesi ve Bayramoğlu lav üyesi ile denestirilebilir.

Akveren formasyonunun kalınlığı 500-750 m arasında değişir. Akveren formasyonu, Yılanlı formasyonu ve Çakraz formasyonu üzerinde açısal uyumsuzlukla yer almasına karşın, Yemişliçay formasyonu üzerinde dereceli geçişli olarak bulunur. Formasyon üste doğru dereceli olarak aycuma formasyonuna geçer.

2.1.3. Sultaniye metamorfitleri (PTRs)

Permo-Triyas yaşlı, şist, fillat, kuvarşşist, kuvarsit, mermer, kalkşist gibi metasedimanter kayalar bu çalışmada, Sultaniye metamorfitleri olarak adlandırılmıştır. Birimin st kesiminde yer alan mermerler Mermer yesi olarak ayırtlanmıştır. Sultaniye metamorfitleri Armutlu yarımadası doğusunda Mesruriye-Suadiye-Ulviye-Balkaya arasında ve Almacık Dağı batısında DokurcunKaradere arasında yaygın olarak yüzeylenir. Birim Karakaya formasyonu, ınarcık kireçtaşı ve Hasanlar formasyonu (Bingöl ve diğ., 1973), Kalabak formasyonu ve Karakaya kompleksi birimleri (Okay ve diğ., 1990), şist-mermer birimi (Göncüoğlu ve diğ., 1986) ile denestirilebilir.

Birim, gri, beyazımsı gri, yeşilimsi gri, koyu gri renklerde düşük derecede metamorfizma geçirmiş sedimanter, volkanik ve volkanoklastik kökenli kayaları temsil eden şist, mermer, fillat, kuvarsit gibi metasedimanter kayalardan oluşur. Armutlu yarımadasının en doğu kesiminde (Adapazarı güneybatısı) şistlerde, kuvars+serisit, oligoklas+serisit, kuvars+kalsit+muskovit şeklinde mineral parajenezleri izlenir. şistler içerisindeki mineraller ksenoblastik şekilli olup, genellikle lepidoblastik dokudadır. Almacık dağı batı kesimindeki (Adapazarı güneydoğusu) şistlerin parajenezleri ise, albit+klorit+kalsit, klorit+kuvars, biyotit+epidot+tremolit şeklinde dir. Her iki yörede şistlerle ara katkılı olan mermerlerin kalkşist kesimlerinin mineral parajenezleri, kalsit+kuvars+muskovit, kalsit+biyotit+kuvarstır. Mermerler içerisinde kalsit ksenoblastik şekillidir ve polisentetik ikizlenme gösterir. Ayrıca birim içerisinde, serisit+kuvars+biyotit

parajenezinde fillatlar ile kuvarsit ve kuvarsça zengin şistlerin yaygın olduğu kesimler de bulunur.

Mermer Üyesi (PTrsm): Sultaniye metamorfitlelerinin üst kesimlerinde gözlenen mermerler, Mermer üyesi olarak ayırtlanmıştır. Birimin tabanını şistlerle ardalanmış ve onlarla tedrici geçişi temsil eden pembe ve mor renkli metaçamurtaşları oluşturur. Metaçamurtaşlı bölümün üzerinde yaklaşık 30 m. kalınlıkta, yine pembe ve mor renkli karbonatlı metaçamurtaşları izlenir. Bu bölümde seyrek sarı renkli metatüf ve gri-beyaz renkli, çört ara bantları kapsayan devamsız rekristalize kireçtaşı mercekleri gözlenir. İstifin en üst bölümünde ise, görünür kalınlığı 100 m'yi aşan, alt kesiminde seyrek ince taneli mermer ara katkılı, orta kalın tabakalı, beyaz mermerler ve rekristalize kireçtaşı yer alır. Birimin alt dokanağı Sultaniye metamorfitlelerinin metadetritikleri ile geçişlidir. Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Keltepe mermeri birimi açısız uyumsuzlukla örter. Önder ve Göncüoğlu (1989), birimin pembe ve mor renkli çamurtaşları içerisinde Üst Triyas yaşlı konodontların varlığına değinmişlerdir. Bu veri dışında bölgede herhangi bir yaş bulgusu yoktur. Bölgesel korelasyona dayanarak birime Permiyen-Triyas yaşı önerilmiştir. Erencil ve diğ. (1991)'nin tanımladığı Alıçayla kireçtaşı burada tanımlanan Mermer üyesi ile denetirilebilir.

Sultaniye metamorfitlelerinin alt dokanağı izlenememektedir. Adapazarı güneybatısında (Sapanca gölü güneyi), birim üzerine Jura-Alt Kretase yaşlı Keltepe mermeri açısız uyumsuzlukla gelir. Sultaniye metamorfitleleri içerisinde yaş verebilecek bir bulgu elde edilememiştir. Metakırıntılı kayalar içerisindeki karbonat ara seviyelerinde fosil izlerine rastlanmış olmasına rağmen, yoğun rekristalizasyon nedeniyle tanımlanamamıştır. Sakarya kıtasının istifleriyle denetirmek suretiyle birime Permiyen-Triyas yaşı verilmiştir.

Sultaniye metamorfitlelerini oluşturan kaya türleri göz önünde bulundurulduğunda birimin, yoğun kırıntılı çökeliminin ve volkanik faaliyetin bir arada geliştiği bir ortamda oluştuğu söylenebilir. Kırıntılı çökelimine zaman zaman karbonat çökelimi de eşlik etmiştir.

2.1.4. Akçay metamorfikleri (Ka)

Üst Kretase yaşlı, metakumtaşı, metakonglomera gibi metapelitlerden oluşan kaya türleri Akçay metamorfikleri olarak adlandırılmıştır. Birim içindeki meta bazaltlar Adliye metalav üyesi olarak ayırtlanmıştır.

Akçay metamorfikleri metakumtaşı, metaçamurtaşı, kuvarsit, kuvarslı şist, metakonglomera, metatüf, metabazalt, rekristalize kireçtaşı mermer vb. kaya türleri ile temsil edilir. Gri, yeşilimsi gri, kahverengi, kırmızı renklerdeki metakumtaşı, metaçamurtaşı ve metaçakıltaşları içerisinde laminalanma ve derecelenme gibi birincil sedimenter yapılar yaygın olarak gözlenmektedir. Yeşil ve gri renklerdeki kuvarsit ve kuvarslı şistler oligoklas+kuvars, serisit+kuvars, oligoklas+serisit parajenezlerine sahip olup, milonitik özelliktedir. Şistler ise kalsit+kuvars+serisit, tremolit+oligoklas+serisit, biyotit+oligoklas+kuvars, epidot+kuvars, epidot+oligoklas parajenezleri gösterir. Rekristalize kireçtaşı ve mermerler ince-kalın tabakalı, masif görünümlü ve koyu gri renklidir. Birimde ince ve kalın düzeyler halinde yer alan olistostromal konglomeralarda, metaserpantinit, andezit ve çört blokları izlenir. Formasyon içerisindeki serpantinit dilimleri (o) ayrı haritalanmıştır. Ayrıca yer yer grimsi yeşil ve alterasyon rengi kahverengi olan tüfler, üst düzeylere doğru mor ve yeşil renkli bazaltik tüfler ve kırmızı renkli çamurtaşı ve radyolarit gibi çökel ara katkıları kapsar.

Adliye Metalav Üyesi (Kaa): Akçay metamorfiklerinin üst kesiminde gözlenen metavolkanitler Adliye metalav üyesi adı ile ayırtlanmıştır. Gemlik formasyonu (Kaya ve Kozur, 1987), Akçay grubu (Yılmaz ve diğ., 1981), Ofiyolitik olistostromlar ve Kocakır formasyonu (Göncüoğlu ve diğ., 1986) Akçay metamorfikleri ile denestirilebilir. Birim (Yılmaz ve diğ. 1981) tarafından Adliye metalavı adı ile tanımlanmıştır. Birim, az oranda çökel kayalar içeren metavolkanit ve volkanoklastik kayalardan oluşur. Mor ve yeşil renkli, altere kesimlerde ise sarı, kahverengi renklerde olup ilksel dokusu yer yer korunmuştur. Birimin alt düzeyi genellikle tuf kökenli, üst kesimler ise bazaltik lav kökenli, düşük dereceli metamorfik kayalardan oluşur.

Adliye metalav üyesi, Akçay metamorfitletini oluřturan řistlerle yanal ve dūřey yōnde ilksel iliřkili olup, ūstte birimi řistler ūrtmektedir. Gōncūođlu ve diđ. (1986)'nin tanımladıkları metavolkanit birim, Adliye metalav üyesi ile deneřtirilebilir.

Akçay metamorfitletlerinin alt dokanak iliřkisi Sultaniye metamorfitletleri ve Keltepe mermeri ile uyumsuzdur. Ūstte ise Adliye metalav üyesi ile ilksel iliřkilidir. Formasyona yař verebilecek bir bulgu yoktur. Kaya ve Kozur (1987)'un Gemlik civarında yaptıkları çalıřmada benzer birimler içindeki tabakalı çōrtlerde tespit ettikleri radyolarya fosillerinden Ūst Jura yařını elde etmiřler ve birimin yařını Ūst Jura-Alt Kretase olarak benimsemiřlerdir. Bu çalıřmada Sakarya kıtasındaki benzer istiflerle deneřtirmek suretiyle ve yař elde edilen çōrtlerin, metamorfitletleri içinde blok olduđunun tespit edilmesi nedeniyle Akçay metamorfitletlerine Ūst Kretase yařı verilmiřtir.

2.1.5. Yığılca formasyonu (Tey)

Andezit, bazalt, tūf, aglomera ve volkanojenik kumtaşından oluşan birim, ilk defa Kaya (1982) tarafından Yığılca formasyonu adı altında incelenmiştir.

Koyu gri, kahverengimsi gri, kırmızı ve açık yeřil renklerdeki birimde aglomera ve tūf dūzeyleri kalın katmanlı, masif gōrūnūmlūdūr. Yer yer yeniden iřlenme dolayısıyla geliřen volkanojenik kumtařlarında taneler kōtū boylanmalı ve katmanlar orta kalınlıktadır. Ayrıca bunların arasında çōk seyrek olarak gōrūlen ince katmanlı marn dūzeyleri Nummulites fosili içerir. Lavların egemen olduđu kesimlerde yaygın kaya tūrū andezittir.

Yıđılca formasyonu yanalda ve dūřeyde Çaycuma formasyonunun birimlerine geçiř gōsterir. 100-150 m kalınlıđındadır. Nummulites fosillerine gōre birimin yařı Alt-Orta Eosen olarak dūřūnūlmūřtur.

Mevcut volkanik kayalardan aşınan ve taşınan malzemeler ve yer yer volkanik aktivitenin olduğu zamanlarda havzaya patlamalarla ulaşan malzemeler zamanla bu istifi meydana getirmişlerdir.

2.1.6. Çaycuma formasyonu (Teç)

Kumtaşı, silttaşı, kiltası ar dalanmasından oluşan birime ilk defa Tokay (1954) tarafından Çaycuma formasyonu adı verilmiştir. Formasyonun üst kesiminde yer alan kumtaşı ve marn ara seviyeli kireçtaşları ise Kaynarca üyesi adı ile incelenmiştir.

Çaycuma formasyonu, kumtaşı, silttaşı, kiltası ar dalanmasıyla temsil edilir. Kumtaşları sarı, bozumsu sarı renkli, orta-kalın ve masif tabakalı, ince-orta taneli olup, yer yer çakılcıktır. Karbonat çimentoyla orta-gevşek tutturulmuştur. Birimde mika pulları ve kuvars taneleri çok bol gözlenmektedir. Kiltaları yeşilimsi gri renkli ve ince-orta tabakalıdır. Bazı kesimlerde paralel laminalı ve şeyi görünümündedir.

Akveren formasyonu ile geçişli olduğu kesimlerde ince-orta tabakalı kumtaşı-kiltası ar dalanması şeklindedir. Burada kumtaşları üste doğru derecelenip paralel laminalı kireçtaşlarına geçer. Kumtaşları türbiditik olup, tabaka alt yapıları gözlenir. Bazı yerlerde ise, Akveren formasyonunun üzerinde sarı renkli, gevşek tutturulmuş masif kumtaşları doğrudan yer alır. Buradaki kumtaşları içyapı göstermezler.

Kaynarca Üyesi (Teç): Kireçtaşı, marn ve kumtaşlarıyla temsil edilen birimin tipik yüzeylenimleri Kaynarca ilçesi dolayında gözlenir. Adlama ilk kez bu çalışmada yapılmıştır. Birim inceleme alanının orta kısmında yüzeylenir. Kaynarca üyesi, kireçtaşı, marn ve kumtaşlarıyla temsil edilir. Kireçtaşları bozumsu, pembemsi gri renkli, orta-kalın tabakalı, bol Nummulites fosilli, kırıntılı, çok sert ve dayanımlıdır. Kireçtaşları genelde birimin tabanında yoğunlaşmaktadır ve yaklaşık olarak 30-40 m. kalınlıktan sonra kumtaşlarına geçmektedir.

Kumtaşları kirli yeşilimsi gri renkli, ince-orta-kalın tabakalı, ince taneli ve karbonat çimentoludur. İçerisinde çamur parçacıkları ve tabaka üst düzeyinde kömürleşmiş

bitki kırıntıları gözlenmektedir. Çoğu kumtaşı tabakaları paralel laminalıdır. Üye içerisindeki marnlar, yeşilimsi gri renkli, orta-kalın tabakalı, bol eklemli ve midye kabuğu şeklinde kırılmalıdır. Marnlar kireçtaşları ile ardalanmalıdır. Üye, Çaycuma formasyonunun üst kesiminde uyumlu olarak yer alır. Üst dokanağı aşınmalı olup, alüvyonlar tarafından örtülmektedir. Yaklaşık olarak 100 m kalınlığa sahiptir.

Çaycuma formasyonu, tabanda Akveren formasyonu ile geçişlidir. Üstte ise Pliyosen yaşlı Örencik formasyonu uyumsuz olarak gelir. Ayrıca Yılanlı formasyonu ve Çakraz formasyonu üzerinde açısız uyumsuz olarak yer alır. Birimin kalınlığı 1200 m. civarındadır.

Birim içinden saptanan *Morozoveia eaque* fosiline göre Çaycuma formasyonunun yaşı Alt-Orta Eosen'dir. Cide yakın çevresinde Akyol ve diğ. (1974)'nin tanımladığı Cide formasyonuna karşılık gelir. Ayrıca Akartuna (1952) aynı bölgede yaptığı çalışmada bu birimi Alacalı fliş olarak haritalamıştır. Çaycuma formasyonu derin deniz-şelf ortamında çökelmiştir.

2.1.7. Örencik formasyonu (Tplö)

Bölgenin en genç çökellerini oluşturan karasal konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ardalanması ilk olarak Aydın ve diğ. (1987) tarafından adlandırılmıştır. Benzer kaya türleri Kipman (1974) tarafından Kırmacı dere formasyonu olarak tanımlanmıştır. Safranbolu ve Karabük civarındaki sırtlarda korunmuş olarak gözlenen birimin bu kesimlerde tip kesitleri izlenir. İnceleme alanında Adapazarı'nın güneyinde geniş yüzeylenimler sunar. Örencik formasyonu, kırmızı, sarımsı kırmızı, kahve renkli konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ardalanması ile temsil edilir.

Birim genelde çok az tutturulmuş olup, orta-kalın tabakalanma gösterir. Yer yer tabakalanması belirsizdir. Konglomeralar, aşınmalı tabanlı, kötü boyulanmalı olup çakılları yuvarlak-az yuvarlaktır.

Üste doğru kumtaşlarına ve çamur taşlarına derecelenme gösterir. Kumtaşlarında sarımsı kırmızı renk hâkim olup, ince-orta-kaba tanelidirler. Kumtaşı tabakalarında paralel ve çapraz laminalar sıkça gözlenir. Örencik formasyonu kendinden yaşlı tüm birimler üzerinde açısal uyumsuz olarak yer alır. Formasyon 50-100 m arasında bir kalınlığa sahiptir. Formasyon içerisinde fosil tespit edilememiştir. Bu nedenle stratigrafik konumuna dayanarak Pliyosen yaşı verilmiştir. Örencik formasyonunun kaya türü özellikleri akarsu ortamını karakterize eder.

2.1.8. Eski alüvyon yelpazesi (Qıay)

Çakıl, kum, çamur birikintilerinden oluşur. Yatak değiştiren akarsuların yakınlarında ve/ veya az uzağında tatlı eğimli tepecikler halinde görülürler.

2.1.9. Alüvyon yelpazesi (Qay)

Akarsu kenarları ve ovalarda görülen çakıl, kum, çamur birikintileridir.

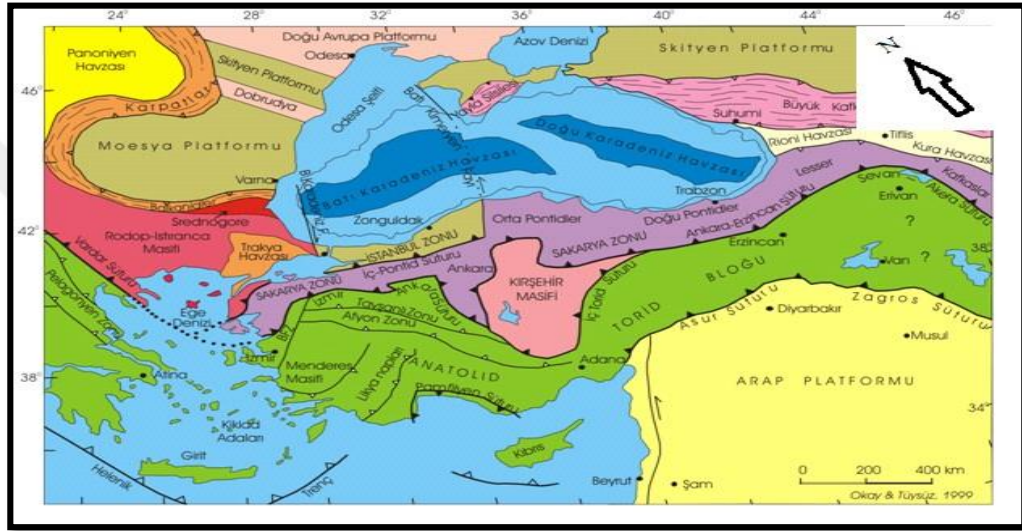
2.1.10. Alüvyon (Qal)

Akarsu yataklarında, eski çukurluklar üzerine gelişmiş düz alanlardaki çakıl, kum, çamur çökelleridir.

2.2. Yapısal Jeoloji

Batı ve Orta Anadolu'nun paleo coğrafyasının iskeletini; en kuzeyde İstanbul Zonu, ortada Sakarya Zonu, güneyde Menderes Masifi, batıda Istranca Masifi, doğuda Kırşehir Masifi teşkil eder. Bu tektonik birlikler Neotetis'in kapanması sonucu birbirlerine yaklaşmışlardır. Bu kapanma Eosen-Oligosen dönemini kapsar. Özellikle Sakarya Zonu ile İstanbul Zonu olarak bilinen bu zonlar intra-pontid suture zonu adı verilen bu kapanma kuşağı boyunca birbirlerine girmişlerdir. Adı geçen suture zonu sonraki dönemde (KAFZ) Kuzey Anadolu Fay Zonu'nu meydana getirmiştir (Şengör ve Yılmaz 1981; Okay ve Tansel 1992).

Özetle Marmara Bölgesi'nin jeolojik iskeleti Eosen-Oligosen sırasında İntrapontid okyanusunun kapanmasıyla kurulmuştur. Bu sırada oluşan yaygın bir kıtasal volkanizma yörede geniş alanlar kaplayan; doğuda Yığılca ve Armutlu Yarımadası'nda Sarısu volkanitleri olarak adlandırılan birimlerin oluşmasını sağlamıştır. Eosen-Oligosen döneminden sonra Paleotektonik dönem sona ermiş ve Neotektonik dönem başlamıştır. (Şengör ve, Yılmaz 1981). Bu yeni dönemin en belirgin ürünü KAF Zonu'dur (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. Tektonik kuşakları (Okay ve Tüysüz, 1999)

Arabistan ve Avrasya levhaları arasındaki kuzey – güney doğrultulu yaklaşım sebebiyle, Arabistan levhasının kuzeye doğru hareketi devam etmiştir. Bu hareket sonucunda Avrasya levhasının güney kesimi daralıp yükselerek Doğu Anadolu Platosunu oluşturmuştur. Bu süreç yaklaşık 10 milyon yıl devam ederek Kızıl Deniz'in açılmasına sebep olmuştur. Kızıl Deniz'in açılması ile Arabistan levhasının kuzeye olan hareketi hızlanmış ve etkiye daha fazla dayanamayan Avrasya levhasının güneyinde iki büyük kırık kuşağı gelişmiştir. Bunlar yanal atılımlı ve sol yönlü Doğu Anadolu Fay Kuşağı ve yine yanal atılımlı fakat sağ yönlü Kuzey Anadolu Fay Kuşağı (KAF)'dır. Günümüzden yaklaşık 4 milyon yıl önce meydana gelen bu iki kırık kuşağı ile Anadolu Levhacığı oluşmuştur. Bu levhacık 4 milyon yıldan beri batı- güneybatı yönünde yılda 1-3 cm'lik bir hızla hareket etmektedir. Toplam atım (yer değiştirme) 40 km'ye yaklaşmıştır. Adapazarı güneyinden geçen Kuzey Anadolu Fay Kuşağı, doğuda Varto civarından başlar, batıya doğru Karlıova,

Erzincan, Lâdik, Ilgaz, Gerede, Bolu ve Mudurnu Suyu vadisi boyunca Dokurcun'a kadar tek hat halinde uzanır. Dokurcundan sonra iki ana kola ayrılan bu kuşak güneyde Geyve güneyi, Pamukova, İzmit, Gemlik, Bursa, Manyas, Yenice, Gönen üzerinden Ege Denizi'ne; kuzeyde ise Arifiye, Sapanca, İzmit körfezi, Marmara Denizi ve Tekirdağ üzerinden Saros Körfezi'ne (Ege Denizi) ulaşır.

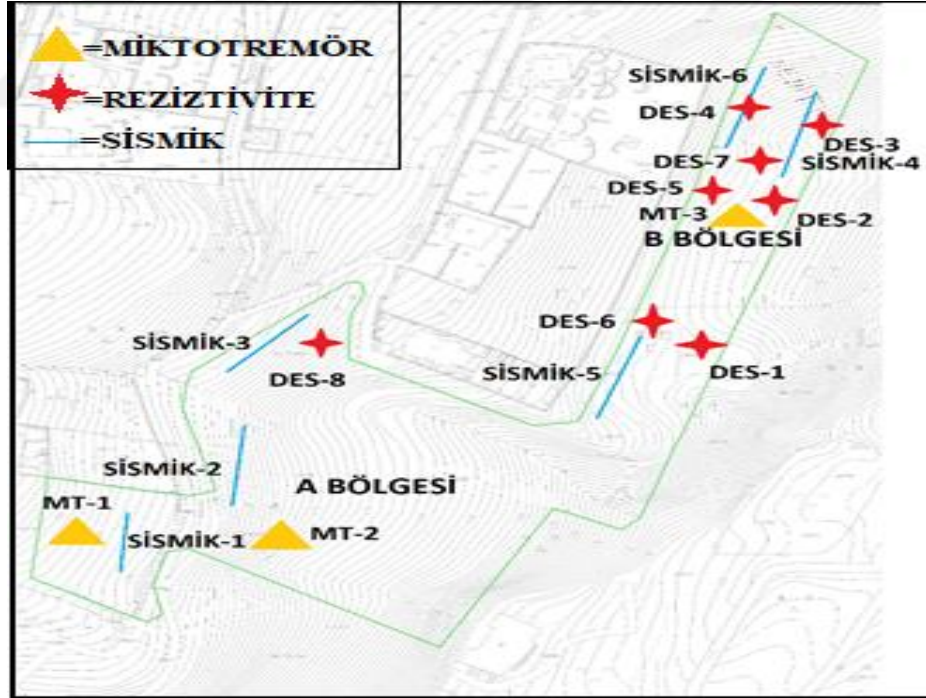
Çalışma alanında gözlenen en genç tektonik aktivite ise, iki kol halinde izlenen Kuzey Anadolu Fayı'dır. Bu kollardan birincisi Adapazarı'nın güneyinde yer alan ve Sapanca Gölü'nü ortalayarak devam eden doğu-batı doğrultulu, sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzey koludur.



BÖLÜM 3. YÖNTEMLER VE BULGULAR

3.1. Jeofizik Çalışmalar ve Yöntemler

Sakarya İli, Sapanca İlçesi, sınırları içerisinde kalan çalışma alanı imar planına esas Jeolojik-Jeofizik-Jeoteknik çalışması kapsamında, hali hazır haritalar üzerinde belirlenen noktalarda, Sismik Kırılma, Mikrotremör ve Rezistivite ölçümleri yapılmıştır. Çalışma alanı A ve B olmak üzere iki bölgeye ayrılmıştır. A bölgesinin doğu kısmında engebeli arazi şartlarından dolayı jeofizik etütler yapılamamıştır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Jeofizik Ölçülerin Sismik, Rezistivite ve Mikrotremör Sahadaki Konumu

Birinci derece deprem kuşağında yer alan çalışma alanında farklı özellikli zeminlerin dinamik-elastik mühendislik parametrelerini, tabaka kalınlıklarını, deprem yönetmeliklerine göre zemin sınıflarını, taşıma gücü değerlerini belirlemek amacıyla

çalışmalar yapılmıştır. Jeofizik çalışmalar kapsamında 6 noktada Sismik Kırılma, 3 noktada Mikrotremör ve 8 noktada Rezistivite ölçümleri yapılmıştır (Tablo 3.1., 3.2,3.3.). Bu ölçümlere bağlı olarak tabakalanma, yer altı hız yapısı, zeminlerin dinamik-elastik mühendislik parametreleri, taşıma gücü, zemin sınıfları, zemin hâkim titreşim periyotları, zemin büyötmeleri ve zemin içerisindeki yanal ve düşey süreksizlikler belirlenmiştir.

Tablo 3.1. Sismik Ölçülerinin Koordinatları

SİSMİK	İLK KOORDİNATLAR		SON KOORDİNATLAR	
	X	Y	Y	X
SİS- 1	519317	4505047	519323	4050701
SİS-2	519350	4505067	519347	4505091
SİS-3	519352	4505140	519371	4505155
SİS-4	519511	4505184	519519	4505206
SİS-5	519473	4505133	519480	4505156
SİS-6	519495	4505201	519501	4505225

Tablo 3.2. Rezistivite Ölçüsü Koordinatları

DES	KOORDİNATLAR	
	Y	X
DES- 1	519488	4505111
DES-2	519494	4505130
DES-3	519500	4505149
DES-4	519481	4505159
DES-5	519474	4505140
DES-6	519467	4505121
DES-7	519504	4505190
DES-8	519385	4505153

Tablo 3.3. Mikrotremör Ölçüsü Koordinatları

MİKROTREÖR	KOORDİNATLAR	
	Y	X
MT- 1	519315	4505060
MT-2	519366	4505066
MT-3	519502	4505187

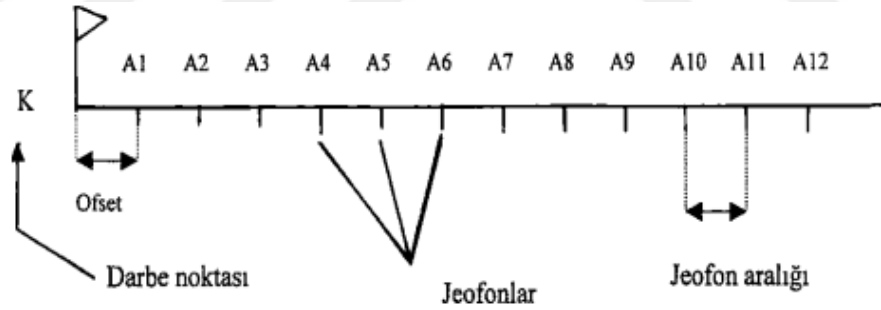
3.1.1. Sismik kırılma yöntemi

Sismik yöntemler yer altındaki jeolojik tabakaların durumlarını saptamada elastik dalgaların, yer içerisinde yayılması ile ilgili fizik prensiplerine dayanır. Uygulamalı sismikte, dalgaları üreten bir enerji kaynağı, yeryüzüne bir düzen içinde yerleştirilmiş bir seri alıcıya ve bu alıcılara gelen dalgaları kaydeden ölçüm aletine

gerek vardır. Bu düzen içinde temel prensip, enerji kaynağından yayılan ve alıcılara gelen dalgaların zamana karşı amplitüdlerinin kaydedilmesidir. Sismik yöntemler, kaynaktan yayılan sismik dalgaların takip ettiği ışın yollarına göre Sismik Yansıma (Reflection), Sismik Kırılma (Refraction) olmak üzere iki genel bölüme ayrılır.

Bunlardan Sismik Kırılma Yöntemi yeraltının iki veya üç boyutlu, ayrıntılı yapısal ve stratigrafik kesitinin elde edilmesinde kullanılır (Şekil 3.2.).

Sismik Kırılma Yöntemi, veri toplama ve değerlendirme açısından oldukça pratik, hızlı ve ekonomik bir yöntemdir. Diğer önemli bir özelliği ise dalga yayılım hızının derinlikle arttığı tabakalı ortamlarda, tabakaların hızlarının ve derinliklerinin yeterli bir doğrulukla bulunmasını sağlar. Sismik Kırılma Yöntemi, yeraltı suyu araştırmalarında, mühendislik amaçlı zemin etütlerinde, özellikle deprem tehlikesinin beklendiği yörede sismik tehlike araştırmalarında yatay ve düşey yönde her bir katman için sismik hızların belirlenmesi ve gerçek tabaka kalınlıkları ve bunların dinamik özelliklerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 3.2. Sismik kırılma yönteminde kullanılan kaynak ve jeofonların yerleşimi (Ercan, 1998)

Tablo 3.4. Sismik serimlerin koordinatları ve hız değerleri

Serin No	Tabaka Sayısı	Tabaka Kalınlığı	VP1	VS1	VP2	VS2	Litoloji	Formasyon
SİSMİK-1	2	4,1	601	181	1513	797	ŞİŞT	SULTANİYE MATAMORFİTLERİ
SİSMİK-2	2	4,2	498	202	1707	776	ŞİŞT	SULTANİYE MATAMORFİTLERİ
SİSMİK-3	2	4,2	746	267	1629	785	ŞİŞT	SULTANİYE MATAMORFİTLERİ
SİSMİK-4	2	3,6	587	199	1431	648	ŞİŞT	SULTANİYE MATAMORFİTLERİ
SİSMİK-5	2	3,6	451	151	1231	523	ŞİŞT	SULTANİYE MATAMORFİTLERİ
SİSMİK-6	2	3,6	538	187	1374	697	ŞİŞT	SULTANİYE MATAMORFİTLERİ

3.1.1.1. Zemin dinamik ve elastik prametreleri

Statik yükler altında zeminin taşıma gücü, şişme ve oturma potansiyeli gibi özellikleri önema arz ederken, zeminin dinamik yükler altındaki davranışı açısından da Elastisite (young) modülü, Kayma modülü, Bulk modülü, Sismik hız oranı ve Poisson oranı önem taşımaktadır. Bunlar yerin tekrarlı yükler altında esneme özelliklerini yansıtan değerlerdir.

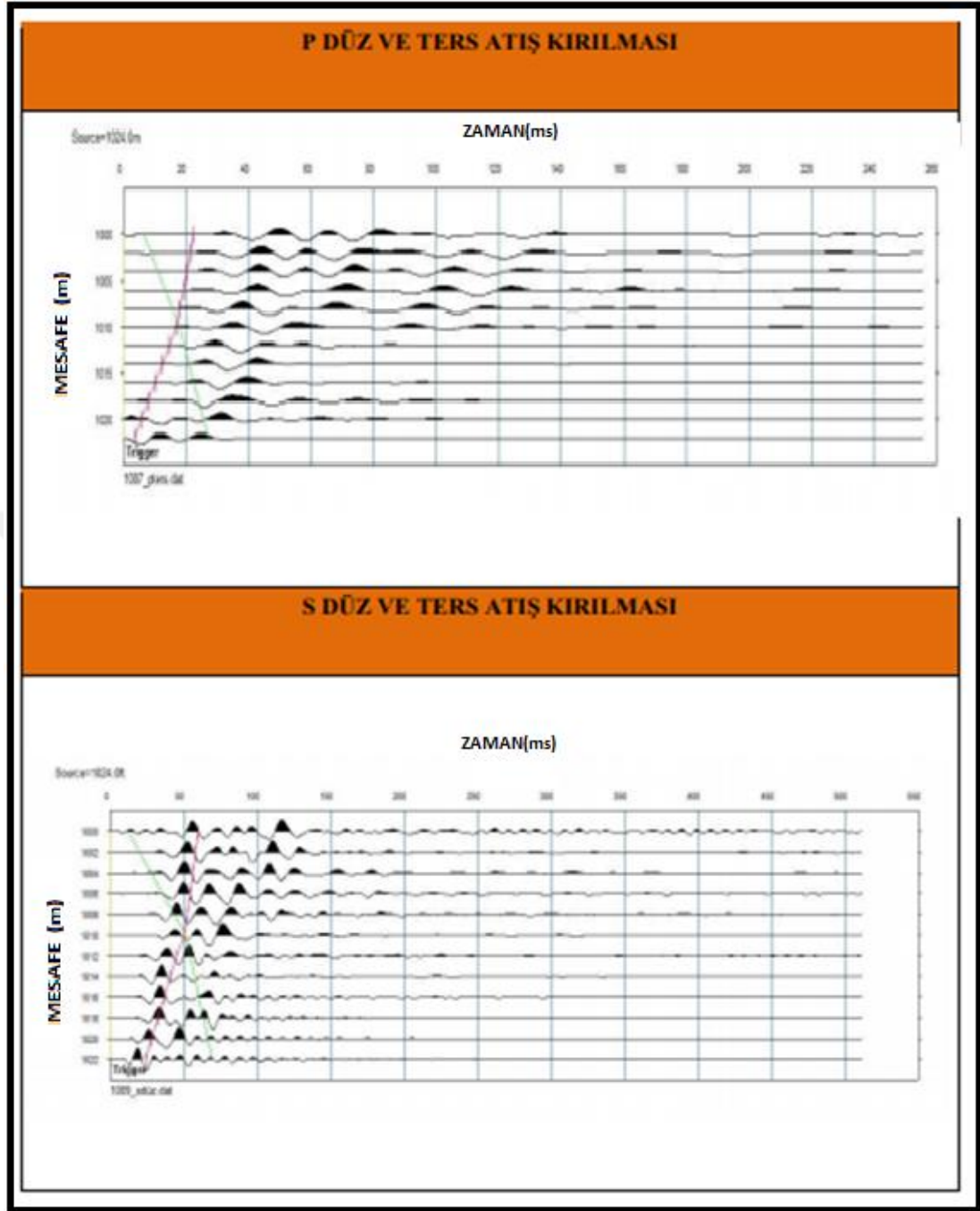
3.1.1.2. Sismik-1 verileri



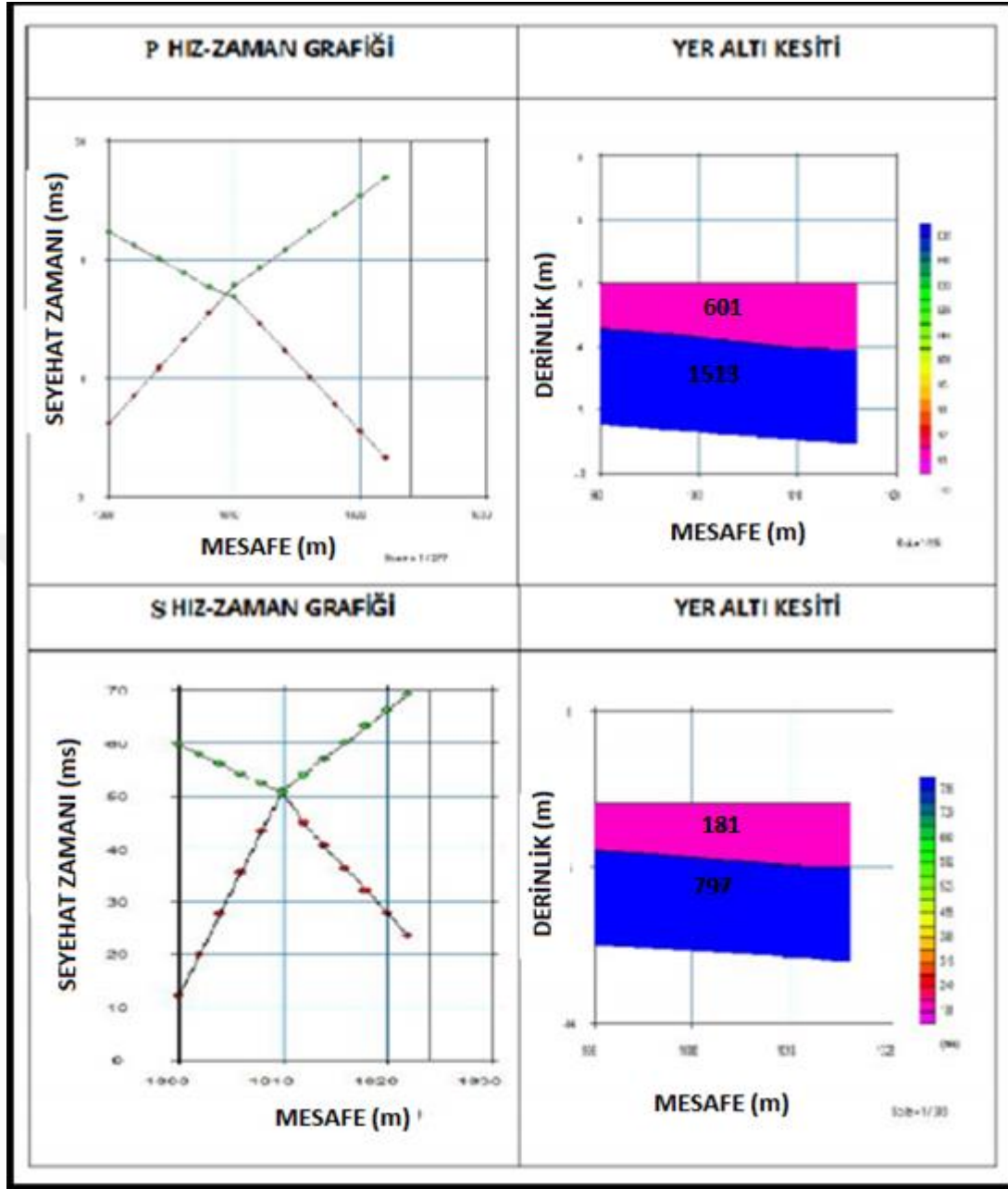
Şekil 3.3. Sismik-1 arazi serimi

Tablo 3.5. Sismik-İseriminden elde edilen 1. ve 2. tabaka için zemin dinamik elastik parametreleri

PARAMETRELER	BİRİM	BAĞINTI	1.TABAKA	2.TABAKA
Hız (VP)	(m/sn)	$V_{p1,2}$	601	1513
Hız (VS)	(m/sn)	$V_{s1,2}$	181	797
Hız Oranı (V_p/V_s)	(birimsiz)	$V_{p1,2}/V_{s1,2}$	3.32	1.90
Yoğunluk	(gr/cm ³)	$d=0,31*(V_{p1,2})^{0,25}$	1.53	1.93
Elastisite Modülü	(kg/cm ³)	$E_d=G1*[(3V_{p2}^2-4V_{s2}^2)/(V_{p2}^2-V_{s2}^2)]$	1458	32126
Poisson Oranı	(birimsiz)	$\sigma=(V_{p2}^2-2V_{s2}^2)/2(V_{p2}^2-V_{s2}^2)$	0.45	0.31
Kayma Modülü	(kg/cm ²)	$G=(d*V_{s2}^2)/100$	502.84	12281
Bulk Modülü	(kg/cm ²)	$K=d*(V_{p2}^2-4/3V_{s2}^2)/100$	4873	27883
Kalınlık (h)	(m)	$h=(t_i.10-3/2)*(V_{p1}.V_{p2}/)$	4.09	-



Şekil 3.4. Sismik-1 düz ve ters atış kırılma verileri



Şekil 3.5. Sismik-1 hız-zaman grafiği ve yer altı kesiti

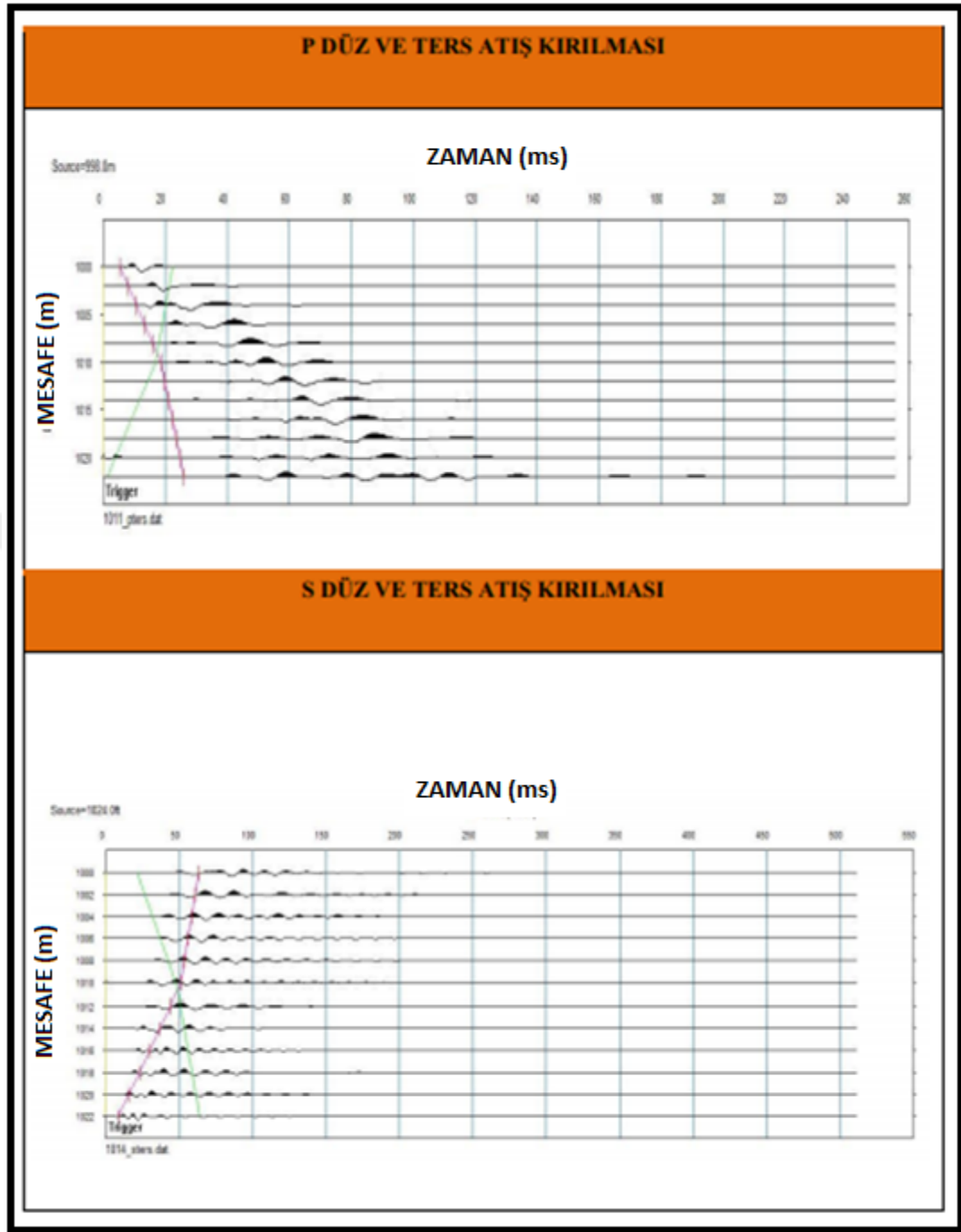
3.1.1.3. Sismik-2 verileri



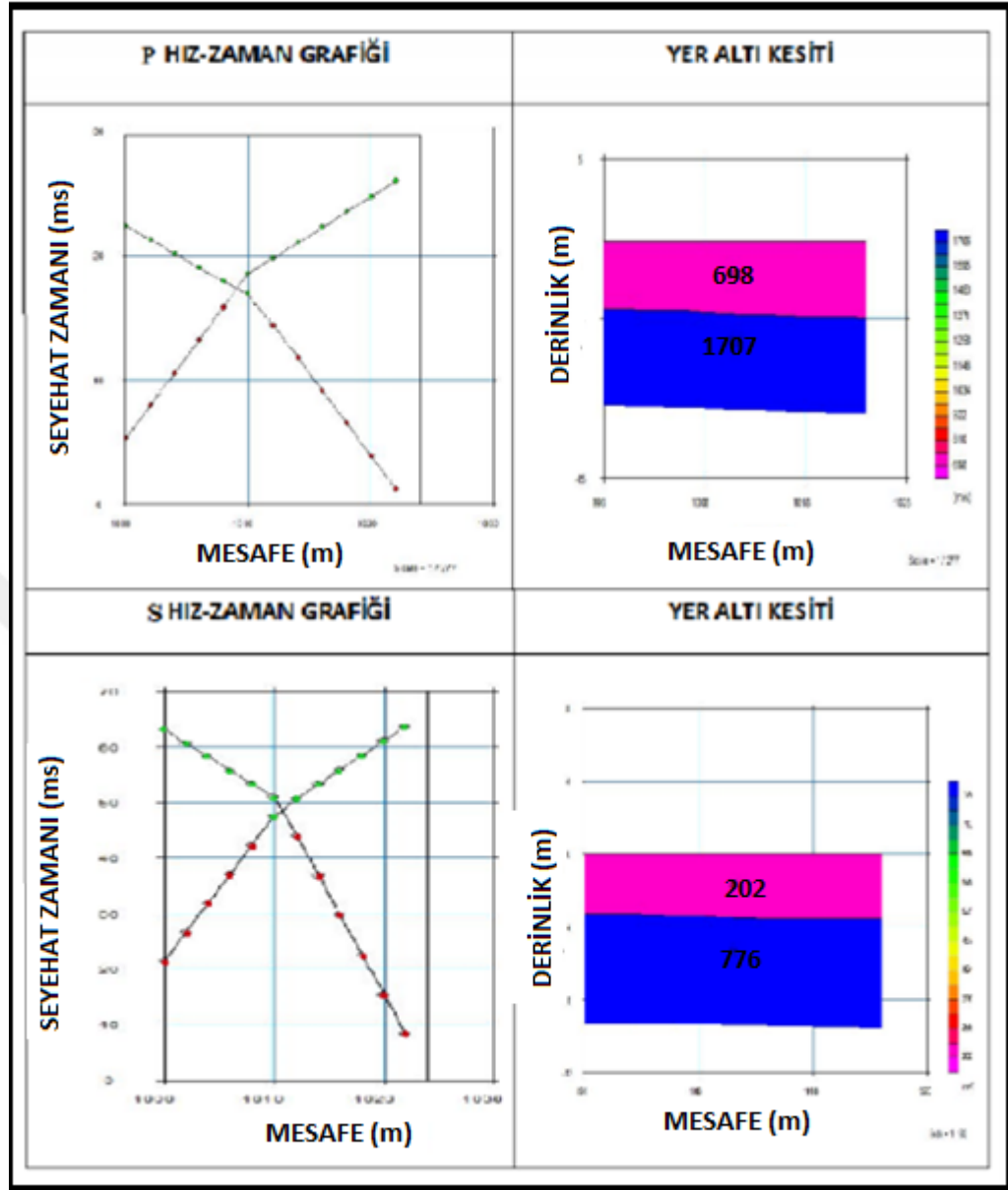
Şekil 3.6. Sismik-2 arazi serimi

Tablo 3.6. Sismik-2 seriminden elde edilen 1. ve 2.tabaka için zemin dinamik elastik parametreleri

PARAMETRELER	BİRİM	BAĞINTI	1.TABAKA	2.TABAKA
Hız (VP)	(m/sn)	Vp1,2	698	1707
Hız (VS)	(m/sn)	Vs1,2	202	776
Hız Oranı (Vp/Vs)	(birimsiz)	Vp1,2/Vs1,2	3.46	2.20
Yoğunluk	(gr/cm ³)	d=0,31*(Vp1,2) ^{0,25}	1.59	2
Elastisite Modülü	(kg/cm ³)	Ed=G1*[(3Vp ₂ ² -4Vs ₂ ²)/(Vp ₂ ² -Vs ₂ ²)]	1891	32871
Poisson Oranı	(birimsiz)	σ=(Vp ₂ ² -2Vs ₂ ²)/2(Vp ₂ ² -Vs ₂ ²)	0.45	0.37
Kayma Modülü	(kg/cm ²)	G=(d*Vs ₂ ²)/100	650	11998
Bulk Modülü	(kg/cm ²)	K=d*(Vp ₂ ² -4/3Vs ₂ ²)/100	6896	42062
Kalınlık (h)	(m)	h=(ti.10-3/2)*(Vp ₁ .Vp ₂ /)	4.21	-



Şekil 3.7. Sismik-2 düz ve ters atış kırılma verileri



Şekil 3.8. Sismik-2 hız-zaman grafiği ve yer altı kesiti

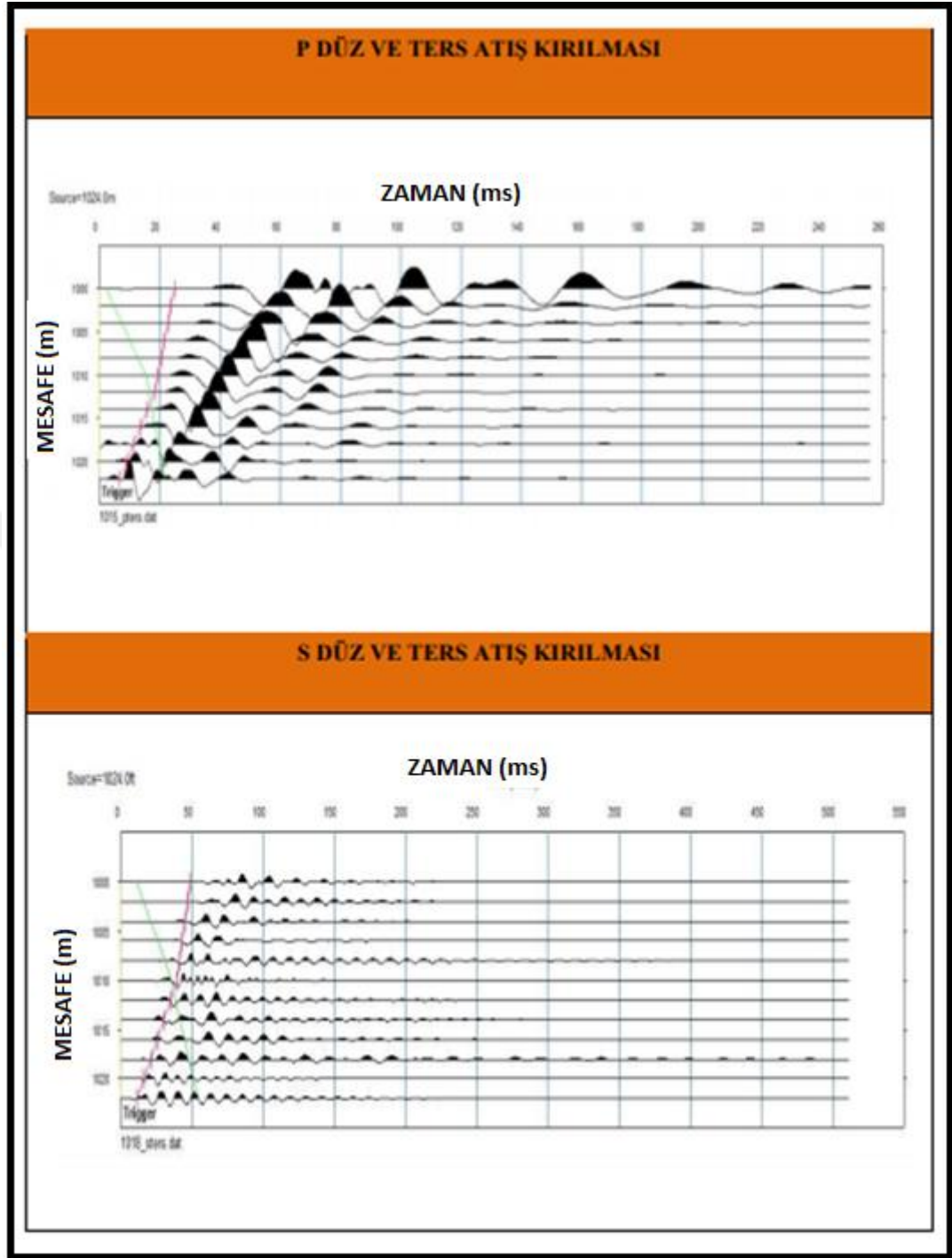
3.1.1.4. Sismik-3 verileri



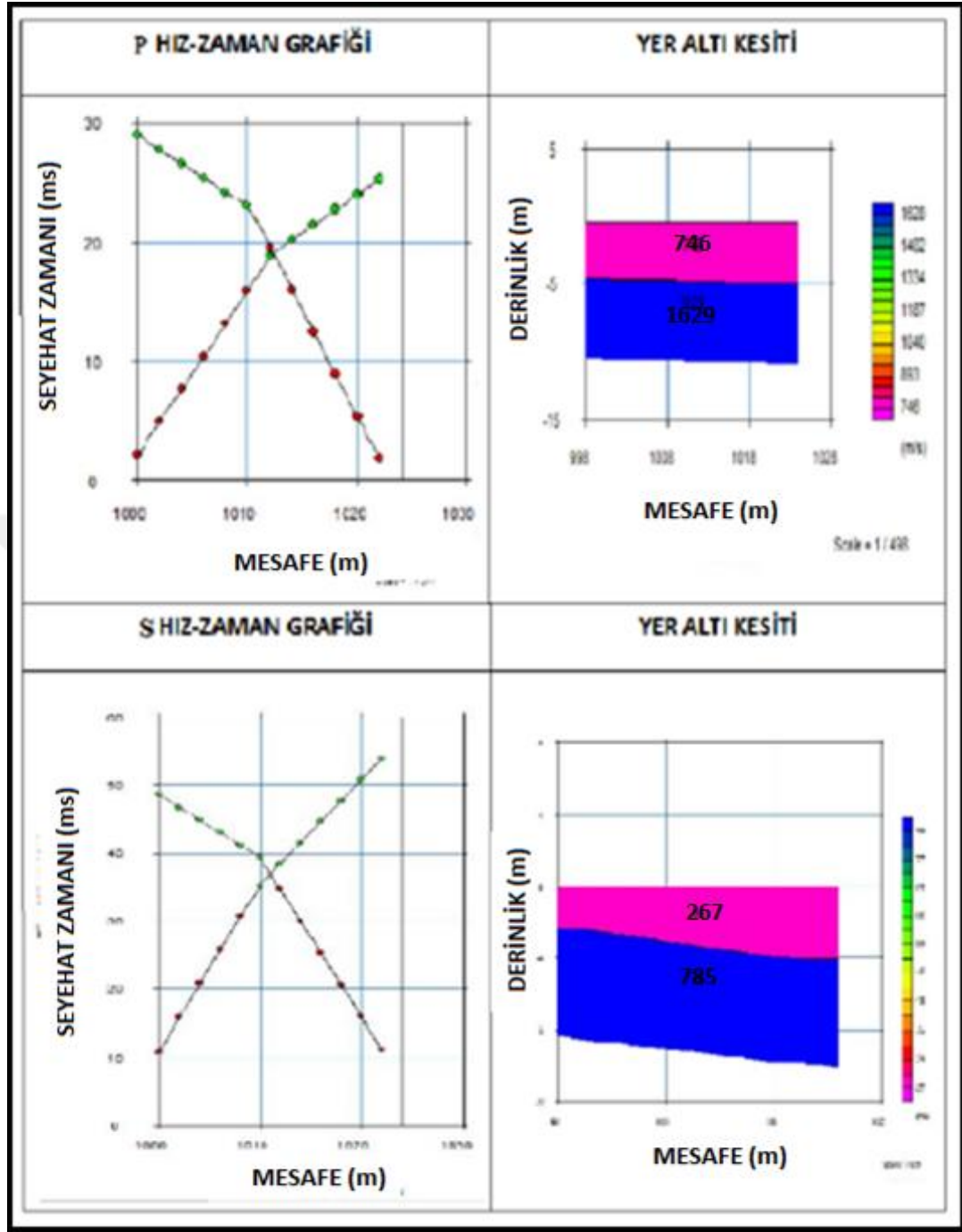
Şekil 3.9. Sismik-3 arazi serimi

Tablo 3.7. Sismik-3 seriminden elde edilen 1. ve 2. tabaka için zemin dinamik elastik parametreleri

PARAMETRELER	BİRİM	BAĞINTI	1.TABAKA	2.TABAKA
Hız (VP)	(m/sn)	$V_{p1,2}$	746	1629
Hız (VS)	(m/sn)	$V_{s1,2}$	267	785
Hız Oranı (Vp/Vs)	(birimsiz)	$V_{p1,2}/V_{s1,2}$	2,76	2,08
Yoğunluk	(gr/cm ³)	$d=0,31*(V_{p1,2})^{0,25}$	1,62	197
Elastisite Modülü	(kg/cm ³)	$E_d=G1*[(3V_{p2}^2-4V_{s2}^2)/(V_{p2}^2-V_{s2}^2)]$	3295	32737
Poisson Oranı	(birimsiz)	$\sigma=(V_{p2}^2-2V_{s2}^2)/2(V_{p2}^2-V_{s2}^2)$	0,43	0,35
Kayma Modülü	(kg/cm ²)	$G=(d*V_{s2}^2)/100$	1154	12136
Bulk Modülü	(kg/cm ²)	$K=d*(V_{p2}^2-4/3V_{s2}^2)/100$	7476	36080
Kalınlık (h)	(m)	$h=(t_i.10-3/2)*(V_{p1}.V_{p2})$	4,20	-



Şekil 3.10. Sismik-3 düz ve ters atış kırılma verileri



Şekil 3.11. Sismik-3 hız-zaman grafiği ve yer altı kesiti

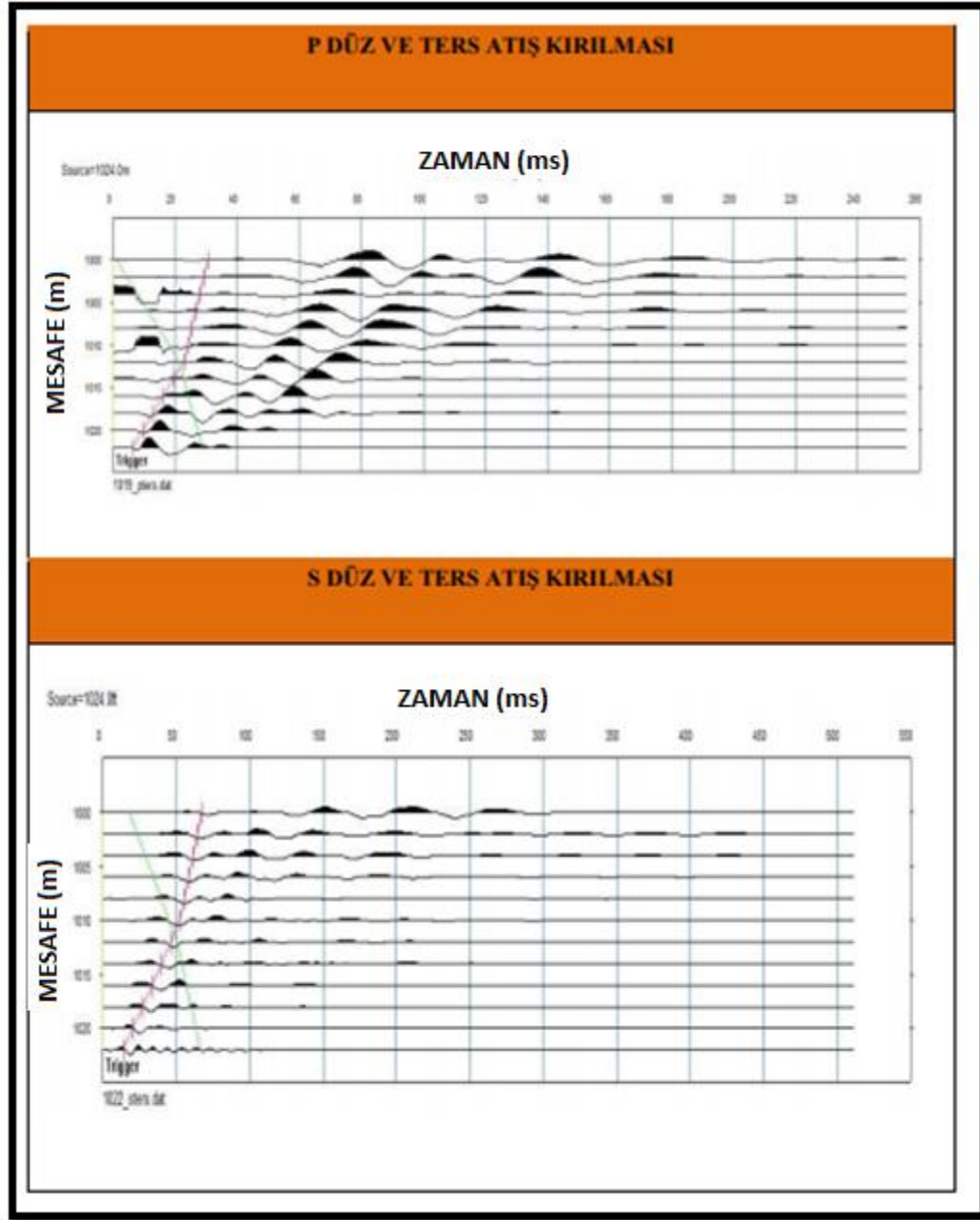
3.1.1.5. Sismik-4 verileri



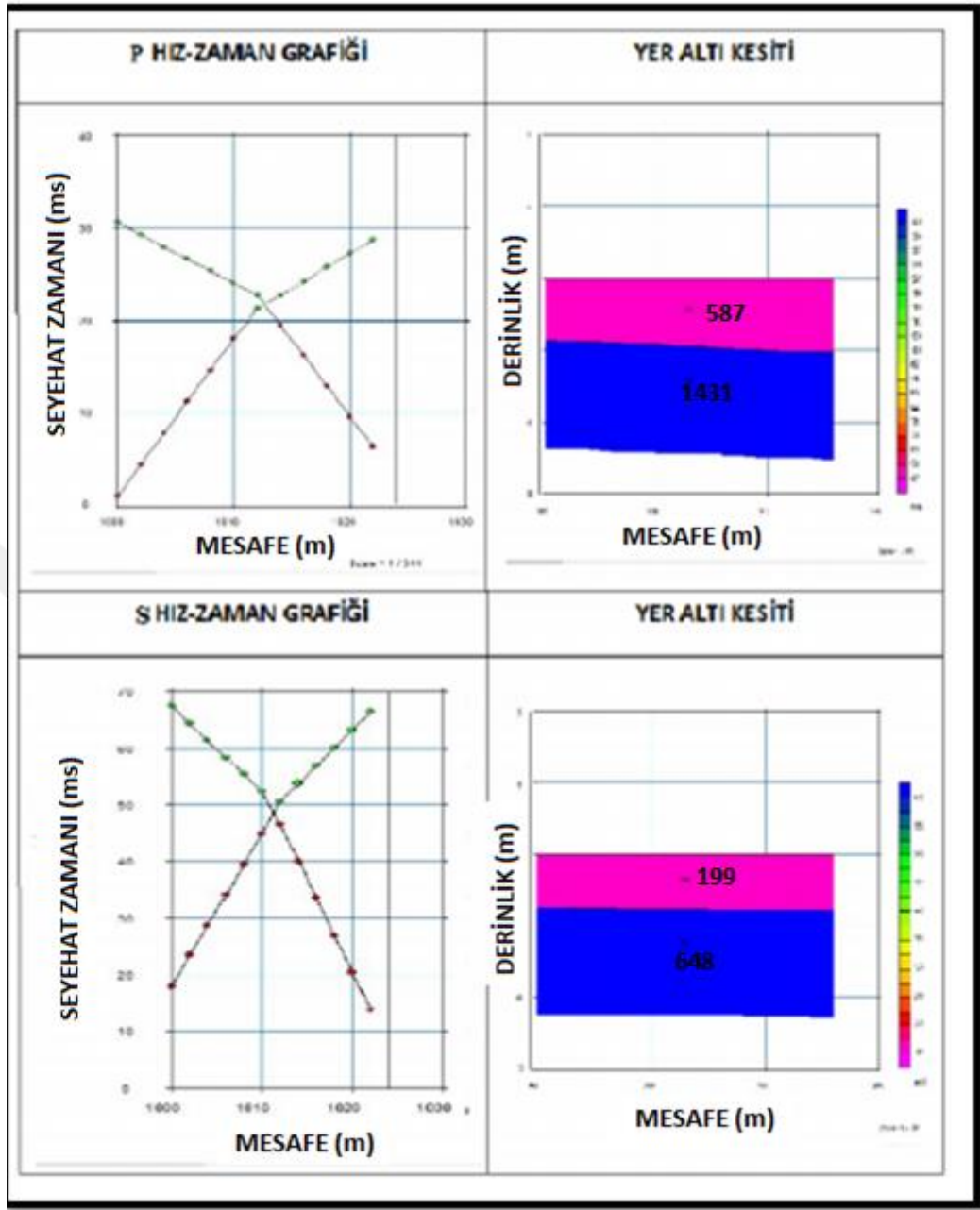
Şekil 3.12. Sismik-4 arazi serimi

Tablo 3.8. Sismik-4 seriminden elde edilen 1.ve 2. tabaka için zemin dinamik elastik parametreleri

PARAMETRELER	BİRİM	BAĞINTI	1.TABAKA	2.TABAKA
Hız (VP)	(m/sn)	$V_{p1,2}$	587	1431
Hız (VS)	(m/sn)	$V_{s1,2}$	199	648
Hız Oranı (Vp/Vs)	(birimsiz)	$V_{p1,2}/V_{s1,2}$	2,95	2,21
Yoğunluk	(gr/cm ³)	$d=0,31*(V_{p1,2})^{0,25}$	1,53	1,91
Elastisite Modülü	(kg/cm ³)	$E_d=G1*[(3V_{p2}^2-4V_{s2}^2)/(V_{p2}^2-V_{s2}^2)]$	1734	21953
Poisson Oranı	(birimsiz)	$\sigma=(V_{p2}^2-2V_{s2}^2)/2(V_{p2}^2-V_{s2}^2)$	0,44	0,37
Kayma Modülü	(kg/cm ²)	$G=(d*V_{s2}^2)/100$	604	8006
Bulk Modülü	(kg/cm ²)	$K=d*(V_{p2}^2-4/3V_{s2}^2)/100$	4452	28368
Kalınlık (h)	(m)	$h=(t_i.10-3/2)*(V_{p1}.V_{p2})$	3,54	-



Şekil 3.13. Sismik-4 düz ve ters atış kırılma verileri



Şekil 3.14. Sismik-4 hız-zaman grafiği ve yer altı kesiti

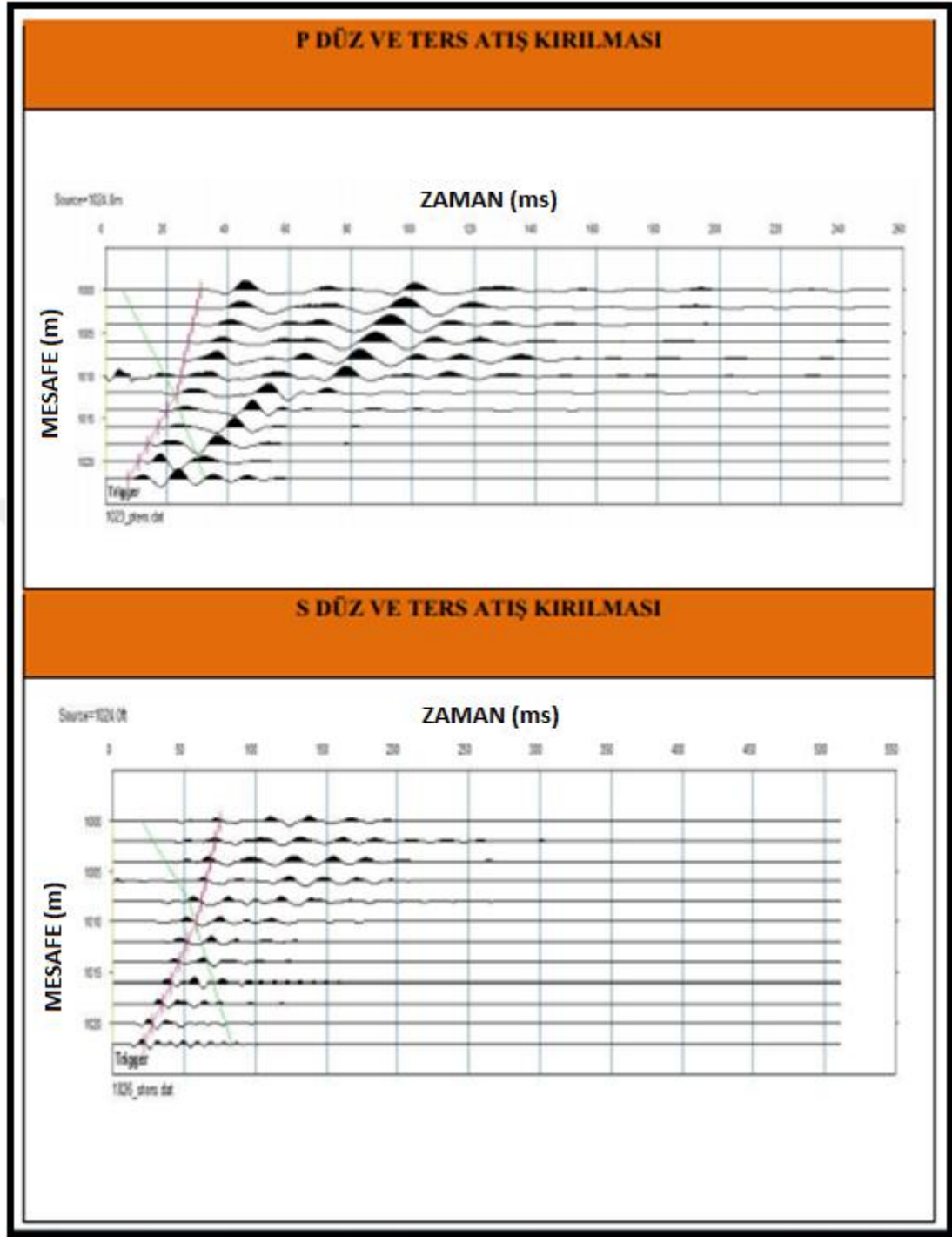
3.1.1.6. Sismik-5 verileri



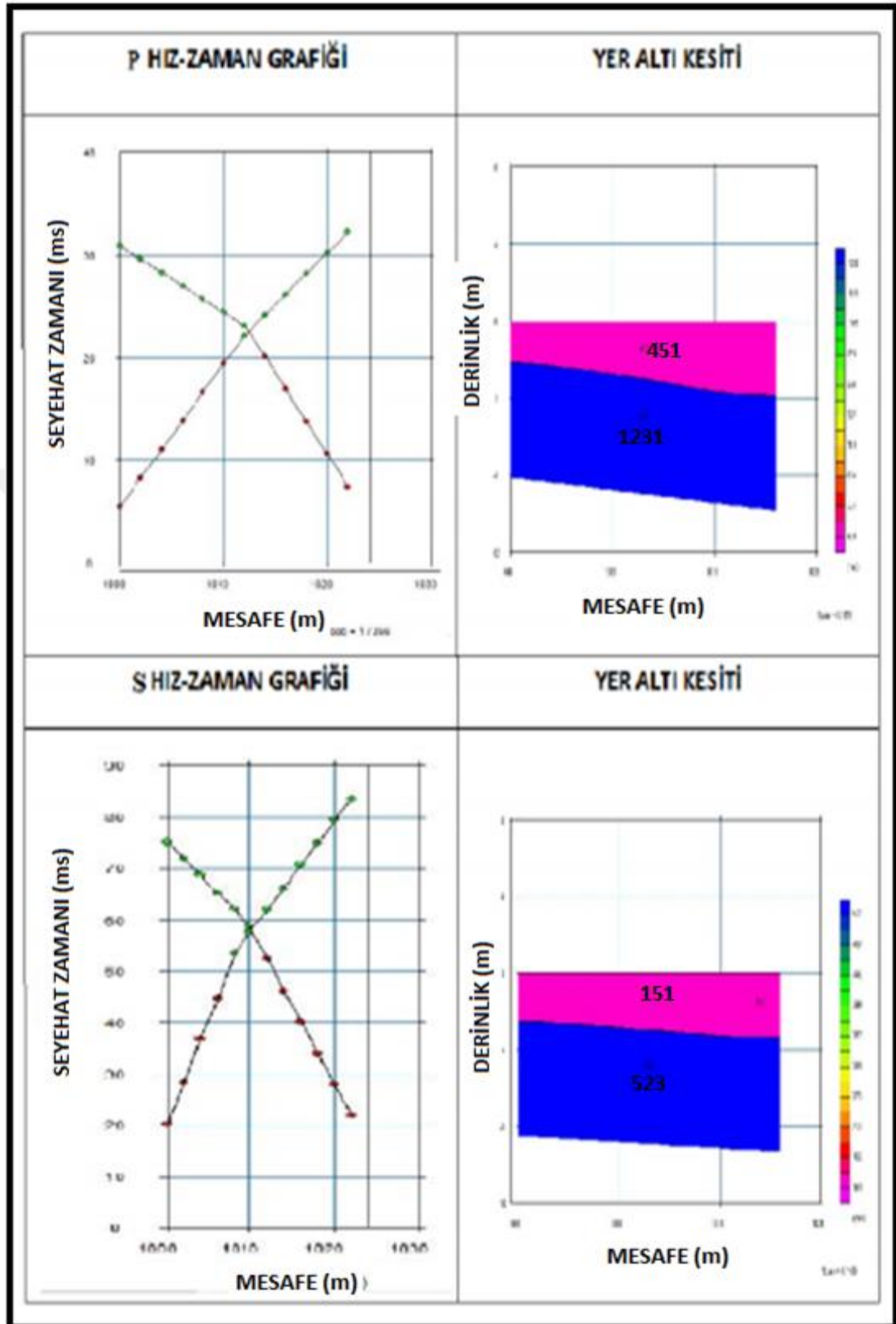
Şekil 3.15. Sismik-5 arazi serimi

Tablo 3.9. Sismik-5 seriminden elde edilen 1. ve 2. tabaka için zeminin dinamik elastik parametreleri

PARAMETRELER	BİRİM	BAĞINTI	1.TABAKA	2.TABAKA
Hız (VP)	(m/sn)	$V_{p1,2}$	451	1231
Hız (VS)	(m/sn)	$V_{s1,2}$	151	523
Hız Oranı (Vp/Vs)	(birimsiz)	$V_{p1,2}/V_{s1,2}$	3	2,35
Yoğunluk	(gr/cm ³)	$d=0,31*(V_{p1,2})^{0,25}$	1,43	1,84
Elastisite Modülü	(kg/cm ³)	$E_d=G1*[(3V_{p2}^2-4V_{s2}^2)/(V_{p2}^2-V_{s2}^2)]$	936	13961
Poisson Oranı	(birimsiz)	$\sigma=(V_{p2}^2-2V_{s2}^2)/2(V_{p2}^2-V_{s2}^2)$	0,44	0,39
Kayma Modülü	(kg/cm ²)	$G=(d*V_{s2}^2)/100$	325	5022
Bulk Modülü	(kg/cm ²)	$K=d*(V_{p2}^2-4/3V_{s2}^2)/100$	2471	21128
Kalınlık (h)	(m)	$h=(t_i.10-3/2)*(V_{p1}.V_{p2})$	3,52	-



Şekil 3.16. Sismik-5 düz ve ters atış kırılma verileri



Şekil 3.17. Sismik-5 hız-zaman grafiği ve yer altı kesiti

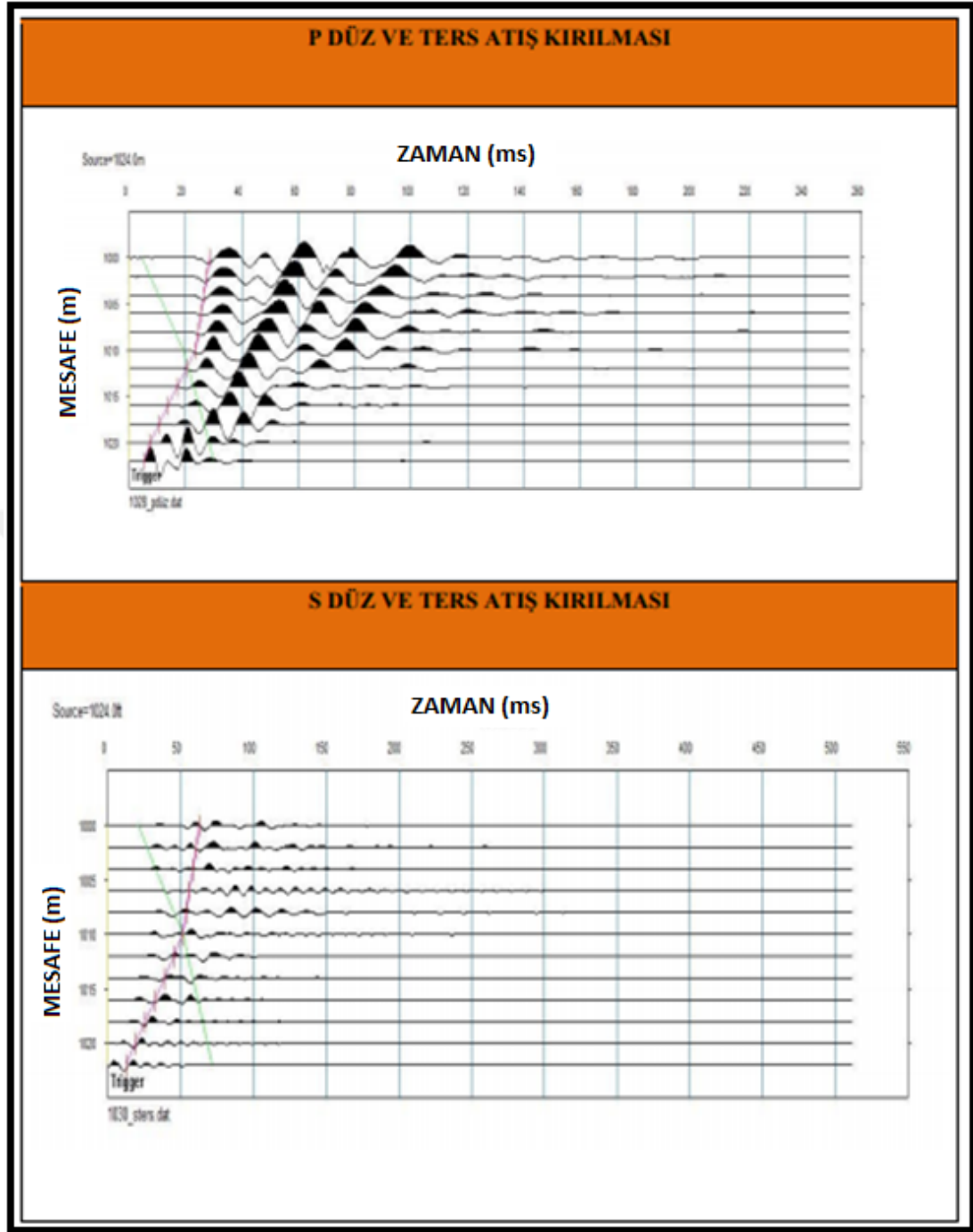
3.1.1.7. Sismik-6 verileri



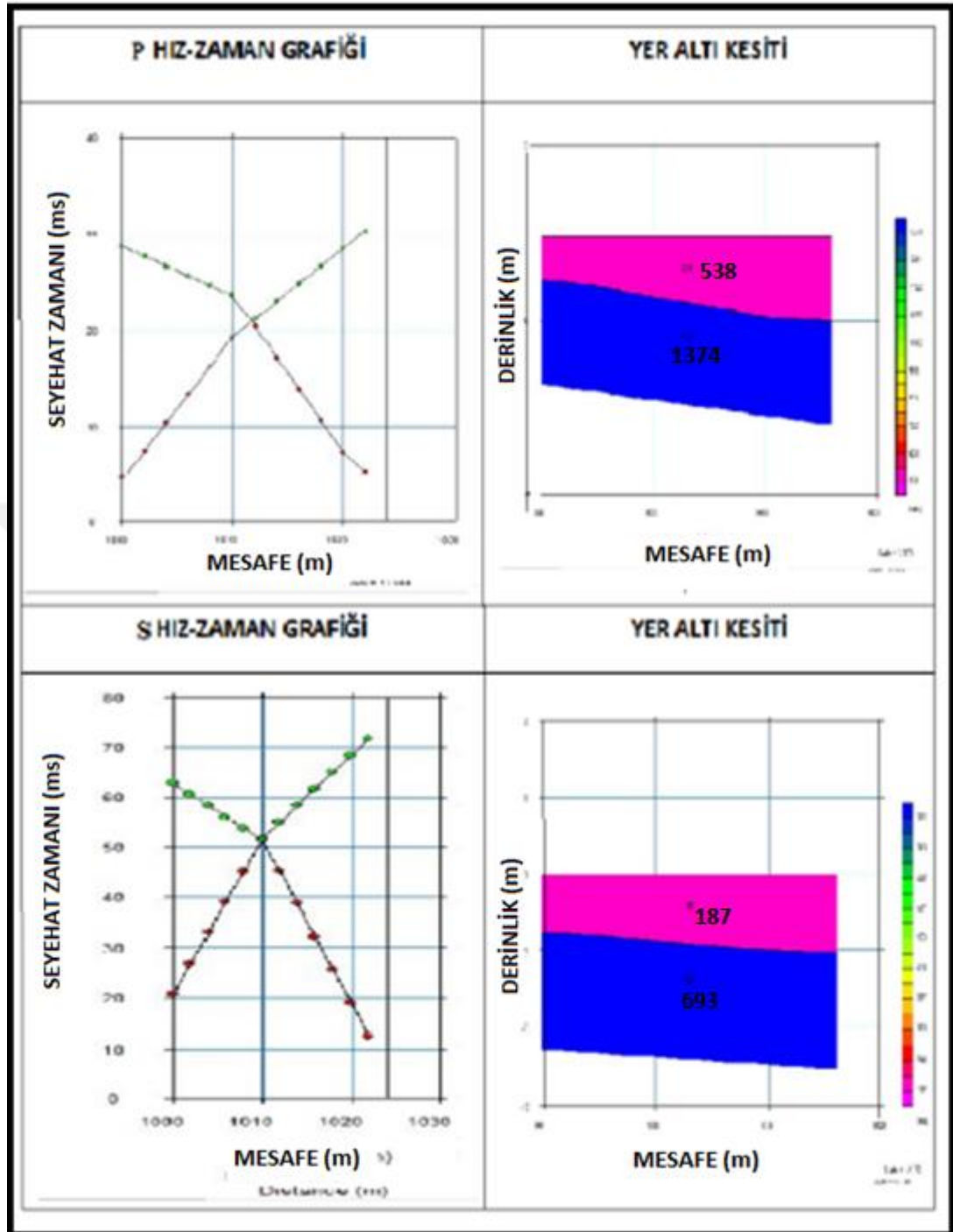
Şekil 3.18. Sismik-6 arazi serimi

Tablo 3.10. Sismik-6 seriminden elde edilen 1.ve 2. tabaka için zeminin dinamik elastik parametreleri

PARAMETRELER	BİRİM	BAĞINTI	1.TABAKA	2.TABAKA
Hız (VP)	(m/sn)	$V_{p1,2}$	538	1374
Hız (VS)	(m/sn)	$V_{s1,2}$	187	697
Hız Oranı (Vp/Vs)	(birimsiz)	$V_{p1,2}/V_{s1,2}$	2,88	1,97
Yoğunluk	(gr/cm ³)	$d=0,31*(V_{p1,2})^{0,25}$	1,49	1,89
Elastisite Modülü	(kg/cm ³)	$E_d=G_1*[(3V_{p2}^2-4V_{s2}^2)/(V_{p2}^2-V_{s2}^2)]$	1494	24330
Poisson Oranı	(birimsiz)	$\sigma=(V_{p2}^2-2V_{s2}^2)/2(V_{p2}^2-V_{s2}^2)$	0,43	0,33
Kayma Modülü	(kg/cm ²)	$G=(d*V_{s2}^2)/100$	522	9169
Bulk Modülü	(kg/cm ²)	$K=d*(V_{p2}^2-4/3V_{s2}^2)/100$	3625	23405
Kalınlık (h)	(m)	$h=(t_i.10-3/2)*(V_{p1}.V_{p2})$	3,52	-



Şekil 3.19. Sismik-6 düz ve ters atış kırılma verileri



Şekil 3.20. Sismik-6 hız-zaman grafiği ve yer altı kesiti

3.1.1.8. Elastite modülü (E , kg/cm^2)

Elastisite modülü bir doğrultuda ki gerilmelerin (stress) , deformasyona (strain) oranı olarak tanımlanır. Başka bir deyişle uygulanan düşey basınç yönünde yerin düşey yamulmasını tanımlar.

$$E = G(3V_p^2 - 4V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2) \quad (3.1)$$

Çalışmada formül (3.1) kullanılarak elastisite modülü 1.Tabaka için 936-3295 kg/cm², 2.Tabaka için 13961-32871kg/cm²aralığında bulunmuştur.

Tablo 3.11. Elastisite modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı

Elastisite Modülü – E- kg/cm ²	DAYANIM
< 1000	Çok Zayıf
1000 – 5000	Zayıf
5000 – 10000	Orta
10000 - 30000	Sağlam
> 30000	Çok Sağlam

1.Tabaka için; çalışma alanı genelinde “Zayıf” grubuna girmektedir. 2.Tabaka için; çalışma alanı genelinde, “Sağlam” grubuna girmektedir (Tablo 3.11.).

3.1.1.9. Kayma (Shear) modülü (μ , kg/cm²)

Zeminin katılık ve makaslamaya karşı direncinin bir göstergesidir. Zeminin kayma mukavemeti dayanabileceği en büyük makaslama (kayma) gerilmesi olarak tanımlanır ve zemininin neden olabileceği deprem hasarlarını tahmin etmede önemli bir elastik parametredir.

$$\mu = p \cdot V_s^2 \quad (3.2)$$

Çalışmada formül (3.2) kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu kayma modülü 1.Tabaka için 325-1154 kg/cm², 2.Tabaka için 5022-12281 kg/cm² aralığında bulunmuştur (Tablo 3.12.).

Tablo 3.12. Kayma modülü değ. göre zemin yada kayaçların dayanımı

Kayma Modülü (μ , kg/cm ²)	Dayanım
<400	Çok zayıf
400-1500	Zayıf
1500-3000	Orta
3000-10000	Sağlam
>10000	Çok sağlam

1.Tabaka için ; çalışma alanı genelinde “Zayıf” grubuna girmektedir. 2.Tabaka için çalışma alanı genelinde, “Sağlam” grubuna girmektedir.

3.1.1.10. Bulk (sıkışmazlık) modülü (K kg/cm²)

Bulk Modülü, bir çepeçevre saran basınç altında sıkışmasının ölçüsüdür. Dalga teorisinden elde edilen bulk modülü;

$$K=(E/3(1-2\sigma) \text{ kg/cm}^2 \quad K=((d(V_p^2-4/3V_s^2)/100) \text{ kg/cm}^2 \quad (3.3)$$

Çalışmada formül (3.3) kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu bulk modülü 1.Tabaka için 2471-7476 kg/cm², 2.Tabaka için 21128-42062 kg/cm²aralığında bulunmuştur (Tablo 3.13.).

Tablo 3.13. Bulk modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanımı

Bulk Modülü (K, kg/cm ²)	Sıkışma
<400	Çok Az
400-10000	Az
10000-40000	Orta
40000-100000	Yüksek
>1000000	Çok Yüksek

1.Tabaka için; çalışma alanı genelinde “Çok Az” Sıkışma gösterir. 2.tabaka çalışma alanı genelinde “Orta” Sıkışma gösterir.

3.1.1.11. Poison oranı (σ)

Formasyonun enine birim değişmesinin boyuna birim değişmesine oranı olarak tanımlanır. Poisson oranı birimlerin katılığını bir başka ifadeyle gözenekliliğini ifade etmektedir. Birimsizdir.

$$P = \frac{Vp^2 - 2Vs^2}{2(Vp^2 - Vs^2)} \quad (3.4)$$

Çalışmada formül (3.4) kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu Poisson Oranı 1.Tabaka için 0,43- 0,45 2.Tabaka için 0,31-0,37 aralığında bulunmuştur(Tablo 3.14.).

Tablo 3.14. Poisson sınıflaması ve zemin Özelliği karşılaştırması

Poisson Oranı	Zemin Özelliği
0 – 0.25	Gözeneksiz
0.25 – 0.40	Gözenekli –porozlu
0.40 – 0.45	Gözenekli – Suya doymuş

1.Tabaka için; çalışma alanı genelinde “Gözenekli-Suya doymuş” Zemin özelliği gösterir. 2.tabaka çalışma alanı genelinde “Gözenekli-Porozlu ” Zemin özelliği gösterir.

3.1.1.12. Yoğunluk (gr/cm³)

Boyuna dalga hızına göre amprik olarak Telford (1976) tarafından verilen yoğunluk aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$\rho = d = 0.31 * V_p^{0.25} (\text{gr/cm}^3) \quad (3.5)$$

Çalışmada formül (3.5) kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu yoğunluk 1.Tabaka için 1,43-1,62 gr/cm³, 2.Tabaka için 1,84-2 gr/cm³ aralığında bulunmuştur (Tablo 3.15.).

Tablo 3.15. Zemin birimlerinin yoğunluk sınıflaması

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

1.Tabaka için; çalışma alanı genelinde “Orta”Zemin özelliği gösterir. 2.tabaka çalışma alanı genelinde “Yüksek ” Zemin özelliği gösterir.

3.1.1.13. Sismik hız oranı (VP/VS)

Zeminin sıklığı hakkında bilgi verir. Bu orana göre yer altı yapıları için genel bir sınıflamada yapılabilir.

Sismik hız oranı; 0-2 arasında ise zeminin sıkı, 2-3 arasında ise az sıkı, 3'ten büyük ise sıkı olmadığını göstermektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda V_p/V_s sismik hız oranları 1.Tabaka için 2,76-3,46, 2.Tabaka için 1,90- 2,35 aralığında bulunmuştur (Tablo 3.16.).

Tablo 3.16. Zemin birimlerinin sıklık sınıflaması (Keçeli, 1990)

Sismik Hız Oranı: V_p/V_s	Tanımlama
0,00-2,00	Sıkı
2,00-3,00	Az Sıkı
>3,00	Sıkı Değil

1.Tabaka için; çalışma alanı genelinde “Sıkı Değil/Az Sıkı” Zemin özelliği gösterir.

2.tabaka çalışma alanı genelinde “Az Sıkı” Zemin özelliği gösterir.

Tablo 3.17. Çalışma alanındaki sismik serimler için Max. V_s dalga hızına göre zemin özelliği

Sismik Profiller	Tabakalar	S Dalga Hızı (V_s) (m/sn)	Zemin Grubu
Sismik-1	1. Tabaka	181	C
	2. Tabaka	797	B
Sismik-2	1. Tabaka	202	C
	2. Tabaka	776	B
Sismik-3	1. Tabaka	267	C
	2. Tabaka	785	B
Sismik-4	1. Tabaka	199	C
	2. Tabaka	648	B
Sismik-5	1. Tabaka	151	D
	2. Tabaka	523	B
Sismik-6	1. Tabaka	187	C
	2. Tabaka	697	B

Tablo 3.18. Vs ‘ e göre zemin sınıflaması

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Kaya ya da diğer kaya 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	$180 < V_s \leq 360$
D	Gevşekten orta sıkıya kadar Kohezyonsuz zemin veya yumuşaktan serte kadar kohezyonlu zemin	$180 < V_s$

İnceleme alanında yapılan Sismik etüt sonuçlarından elde edilen S Dalga hızı (V_s) değerleri 1.tabaka için 151-267 m/sn., 2.tabaka için 523-797 m/sn aralığında olup; V_s ‘e göre zemin sınıflamasında 1.tabaka ‘Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert’ , 2.tabaka ‘ Çok sıkı kum çakıl ya da çok sert killer ’ grubu zeminler olarak yorumlanabilir (Tablo 3.18.).

Tablo 3.19. NEHRP Hükümlerinde ve UniformBuildingCode‘da Vs’e göre zemin sınıflaması

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Sert Kaya	$V_s > 1500$
B	Kaya	$760 < V_s \leq 1500$
C	Çok Sıkı/sert zemin ya da yumuşak kaya	$360 < V_s \leq 760$
D	Sert/Sıkı Zemin	$180 < V_s \leq 360$
E	Zayıf Zemin	$180 < V_s$

İnceleme alanında yapılan Sismik etüt sonuçlarından elde edilen S Dalga hızı (V_s) değerleri 1.tabaka için 151-267 m/sn, 2.tabaka için 523-797 m/sn aralığında olup; Ulusal Deprem Tehlike Azaltma Programı National Earthquake Hazard Reduction Programme (NEHRP)’a ve Uniform Building Code‘da V_s ’e göre zemin sınıflamasında 1.tabaka ‘Sert/Sıkı Zemin’ 2.tabaka ‘ Çok Sıkı/Sert zemin ya da yumuşak kaya ’ grubu zeminler olarak yorumlanabilir (Tablo 3.19.).

Tablo 3.20. Kohezyonlu zeminlerin Vs hızlarına göre sınıf (Özaydın,1982)

S Dalga Hızı (m/sn)	Zemin Durumu
<200	Yumuşak-Orta
200-300	Katı
300-500	Çok Katı
500-750	Sert

İnceleme alanında yapılan Sismik etüt sonuçlarından elde edilen S Dalga hızı (V_s) 1.tabaka 151- 267 m/sn, 2.tabaka 523-797 m/sn aralığında olup Kohezyonlu zeminlerin V_s Hızlarına göre Sınıflandırılmasına göre (Özaydın,1982)“ Katı” grubu zeminler olarak yorumlanabilir (Tablo 3.20.).

Tablo 3.21. Kohezyonsuz zeminlerin Vs hızlarına göre sınıf. (Özaydın,1982)

S Dalga Hızı (m/sn)	Zemin Durumu
<300	Gevşek
300-600	Orta Sıkı
600-800	Sıkı
800-1000	Çok Sıkı

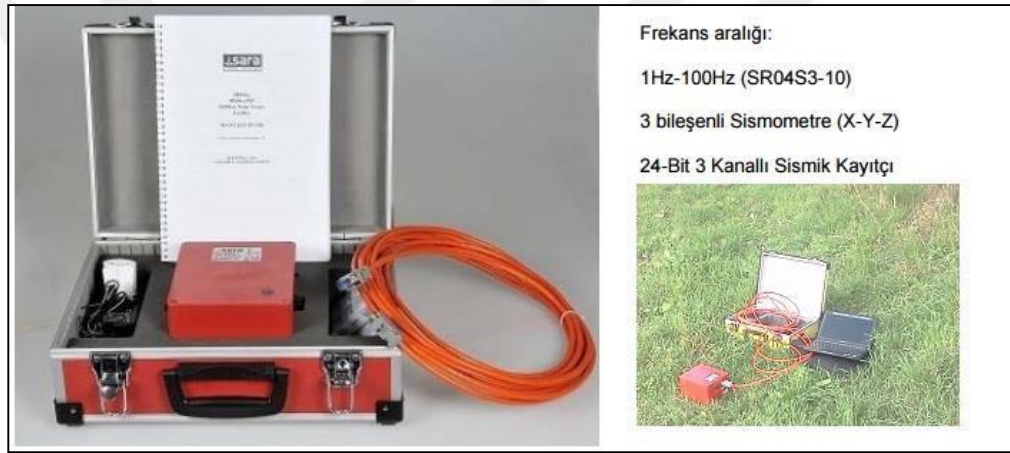
İnceleme alanında yapılan Sismik etüt sonuçlarından elde edilen S Dalga hızı (Vs) değerleri 1.tabaka için 151-267 m/sn, 2.tabaka için 523-797 m/sn aralığında olup; kohezyonsuz zeminlerin Vs Hızlarına göre Sınıflandırılmasına göre (Özaydın,1982) 1. Tabaka ‘Gevşek ‘2. Tabaka ‘Sıkı’ grubu zeminler olarak yorumlanabilir (Tablo 3.21.).

İnceleme alanı için Deprem Bölgeleri’nde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (2007) uyarınca, zemin grupları, yerel zemin sınıfları ve spektrum karakteristik periyotları SPT-N değerleri ve kayma dalga hızları (Vs) kullanılarak belirlenmiştir. Çalışma alanında açılan her bir sondaj kuyusunda, 2 m’lik temel kazısından sonraki seviyenin zemin grubu dağılımı değerlendirilerek yerel zemin sınıfları belirlenmiştir. Yerel zemin sınıfı belirlenirken temel derinliği altındaki zemin türü “zemin grubu” olarak alınmış ve zemin tabakasının kalınlığına göre “yerel zemin sınıfı” belirlenmiştir. Temel tabanı altındaki en üst zemin tabakası kalınlığının 3 metreden az olması durumunda, bir alttaki tabaka en üst zemin tabakası olarak göz önüne alınmıştır. Çalışma alanına için zemin grupları, yerel zemin sınıfları ile spektrum karakteristik periyotları kayma dalga hızları kullanılarak, mülga Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Deprem Bölgeleri’nde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (2007) uyarınca belirlenmiştir.

İnceleme alanında Sultaniye metamorfitlelerinin rezidüelinde ve Şistlerde jeolojik-jeoteknik veriler ışığında zemin grubu 1. Tabaka da elde edilen SPT deneyleri, nokta yüklemesi, Vs hızlarına göre rezidüel zon C -Z2, 2. Tabaka Şistler C-Z3 olarak belirlenmiştir.

3.1.2. Mikrotremör

Aynı noktada 3-bileşen sismometreler ile toplanan mikrotremör verilerinin yatay-düşey spektral oranı analizi (Nakamura, 1989) ile ölçüm alınan noktadaki zeminin 1-boyutlu yatay-düşey genlik oranı eğrileri frekansın fonksiyonu olarak (spektral oran eğrileri) belirlenmektedir. Tek istasyon Mikrotremör yöntemi ekonomik ve uygulamada hızlı bir teknik olması nedeniyle zemin büyütme ve hâkim titreşim (rezonans) frekansı belirleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Nogoshi, 1970). Zemin hâkim titreşim frekansı ve bu frekansa karşı gelen yatay-düşey genlik büyütme oranı doğrudan saptanmaktadır (Field ve Jacob, 1995).



Şekil 3.21. Mikrotremör ölçümlerinde kullanılan cihazın görüntüsü ve özellikleri

Mikrotremör verileri SR04S3 serisi kayıtcı sistemleri kullanılarak kaydedilmiştir. SR04S3 serisi kayıtcılar, yüksek çözünürlüklü sayısallaştırıcılara, çok kanallı kayıt yapabilme, uydu kontrollü zaman düzeltme ve yüksek hacimli saha verileri toplama yeteneğine sahip en gelişmiş sistemlerden biridir. Algılayıcı olarak, 1 Hz doğal salınım frekanslı 3-bileşen Mark Products L4- 3C sismometreler kullanılmıştır. SR04S3 sayısal kayıtcısı ve sismometrenin araziye yerleştirilme aşamasındaki bir görüntüsü Şekil 3.21.'de verilmektedir.

Bu ölçümlerde sayısal kayıtcı sistemi, sismometre tarafından üç bileşende (Düşey, Doğu-Batı ve Kuzey-Güney) algılanan sinyalleri, saniyede 100 örnek alarak kayıt edecek şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 3.22. Mikrotremör ölçümlerine ait fotoğraflar

Çalışmada 3 noktada (MT-1, MT-2, MT-3) mikrotremör (titreşimcik) ölçümleri alınmıştır (Şekil 3.22.). Her bir noktada yaklaşık 20 dakika süreli ölçümler alınmış ve bu ölçümlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Yöntem önceden değinildiği gibi yatay-düşey spektral oranlamaya dayanmaktadır. Bu oranın güvenilir bir şekilde elde edilebilmesi için kayıt uzunluğunun olabildiğince uzun olmasında fayda vardır. Kayıtlar sırasında geçici gürültülerin ortamın doğal gürültülerinden baskın olduğu zaman pencereleri iyi sonuç vermeye engel olabilmektedir. Bu nedenle ölçümler sırasında her bir noktada ortalama 20 dakika uzunluğunda kayıt alınmıştır. Bununla birlikte verinin dış etkenlerden (trafik, sanayi, rüzgar, sıcaklık değişimleri, vb.) etkilenmesini en aza indirmek için sessiz ve açık alanlar bulunmaya çalışılmış ve sismometre zemine tamamen gömülmüş, yada etkilerden korunmaya çalışılmıştır. Elde edilen verilerin işlenmesinde Avrupa'daki yer bilimciler tarafından, 2005 yılında SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitation) adlı proje kapsamında geliştirilmiş ve literatürde yaygın olarak kullanılan, açık kaynak kodlu GEOPSY adlı yazılım kullanılmıştır.

Yatay-düşey spektral oran eğrilerinin hesaplanması için, her bir bileşenden elde edilen veri 25 sn uzunlukta pencereleli, her bir pencereye ait verinin spektrumları 0.1-20 hz frekans bandında hesaplanmıştır.

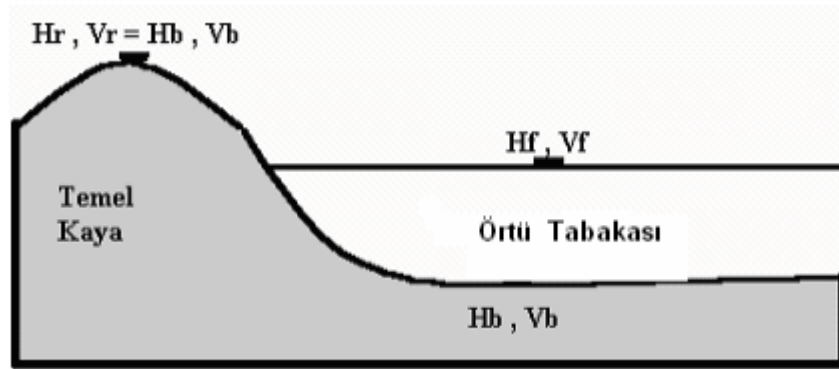
Yatay-Düşey spektral oran eğrileri her bir pencere için hesaplanmış, hesaplanan eğrilerin ortalaması alınarak ölçüm noktasını temsil eden spektral oran eğrisi ve standart sapması belirlenmiştir. Geçici gürültülerin baskın olduğu zaman pencerelerinden hesaplanan spektral oran eğrileri, ortalama spektral eğri ve standart sapma hesaplama işleminin dışında bırakılmıştır. Bu işlem yinelemeli otomatik ters tetikleme algoritması kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde her bir nokta için ortalama en az 20 ölçüm penceresi kullanılmasına dikkat edilmiştir.

Nakamura H/V spektral oranlar yöntemi; yer etkisinin belirlenmesi çalışmalarında yeni bir yaklaşım yöntemi de 1989 yılında Nakamura tarafından belirtilmiş ve yöntemin geçerliliği ile ilgili sayısal modellemeler 1994 yılında Lermo ve Chavez-Garcia tarafından yapılmıştır (Lermo ve Garcia, 1994). Yatay (Horizontal) ve düşey (Vertical) kayıtların spektrumlarının birbirine oranlanması esasına dayanan teknik H/V ya da Quasi Transfer Spektrumu (Nakamura, 1989) olarak bilinir. Bu teknikte H/V, SH dalgalarının çeşitli kırılması ile ifade edilir.

Diğer taraftan bir grup araştırmacı H/V deki pikleri Rayleigh dalgalarının piklerinin varlığı ile açıklamaya çalışmıştır. Yapay titreşim kaynakları çoğunlukla düşey hareketlerde hakimdirler ve Rayleigh dalgalarına sebep olurlar. Düşey bileşende Rayleigh dalgalarının etkisi açıkça görülür. Bu yüzden Rayleigh dalgaları mikrotremorların gürültüsü olarak varsayılır ve etkileri elimine edilmeye çalışılır. Nakamura (2000) “da Rayleigh dalgalarının etkisi ve elimine edilmesi ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Birçok gözlem ve deneyim mikrotremor kayıtlarında cisim ve yüzey dalgalarının varlığını göstermiştir. Nakamura bu tekniği zemin büyütme faktörünün hesaplanmasında kullanmıştır. Kullanılan bu teknikte gürültü olarak kabul edilen Rayleigh dalgaları elimine edilmektedir. Ayrıca temel kaya ve üzerindeki formasyonlarda yapılan sürekli ölçümlerde H/V oranları farklılık göstermektedir. Nakamura mikrotremorların derinden değil, yüzeyden ve yüzeye yakın yersel, sismometreye yakın noktalardan gelen titreşimlerden (trafik, şehir gürültüleri vb.) oluştuğunu varsaymakta ve derinden kaynaklanan katkıları ihmal etmektedir. Aynı zamanda düşey yöndeki hareketlerin yatay tabaka tarafından

büyütülmediği ve tabandaki harekete yüzeydeki bölgesel titreşimlerin etkisinin olmadığı kabulünü yapmaktadır (Lermo ve Garcia, 1994).

Nakamura modelinde Şekil 3.23.'de görüldüğü gibi sedimanter bir yapıyı model olarak kullanmıştır (Nakamura, 2000). Genel olarak böyle bir yapıda P dalga hızı S dalga hızından üç-dört kat fazladır. Fourier frekans bölgesinde dört adet genlik spektrumu tanımlanmaktadır. Yüzeydeki hareketin yatay ve düşey doğrultudaki bileşenlerine ait genlik spektrumları ve üstteki yüzey tabakasının tabanındaki hareketin yatay ve düşey doğrultudaki bileşenlerine ait genlik spektrumları. Böyle bir yapıda yatay bileşenlerin maximum büyütme verdikleri frekans çevresinde dikey bileşende bir büyütme olmaz ($A_v=1$). Eğer Rayleigh dalgalarının etkisi yoksa $V_f \cong V_b$ olur. Diğer taraftan $V_f V_b$ den büyük ise bu yüzey dalgalarının etkisi olarak düşünülebilir. Bu da bize bu yolla yüzey katmanlarının büyütmelerinin elde edilebileceğini göstermektedir.



Şekil 3.23. Tipik bir sedimanter havza yapısı Nakamura

Burada; $H_f = A_h * H_b + H_s$, $V_f = A_v * V_b + V_s$; Sedimanter havzaya ait yüzeydeki yatay ve düşey spektrumlar A_h ve A_v ; Dikey gelen cisim dalgalarının yatay ve düşey bileşenlerinin büyütme faktörleri H_b ve V_b ; Taban kayadaki yatay ve düşey hareketlerin spektrumları H_s ve V_s ; Rayleigh dalgalarının yatay ve düşey yöndeki spektrumları $T_h = H_f / H_b$, $T_v = V_f / V_b$; Yüzeydeki sediman zemine ait yatay ve düşey büyütme faktörleri Rayleigh dalgalarının etkisi $V_f/V_b (=T_v)$ den tahmin edilir. Bunun sebebi Rayleigh dalgaları düşey bileşende hâkimdirler. Temel kaya da bu

dalgalar oluşmayacağına göre yüzeydeki (Vf) spektrum (Vb) ye bölünürse bu etki hesaplanabilir. Böylece yatay büyütme şöyle ifade edilebilir;

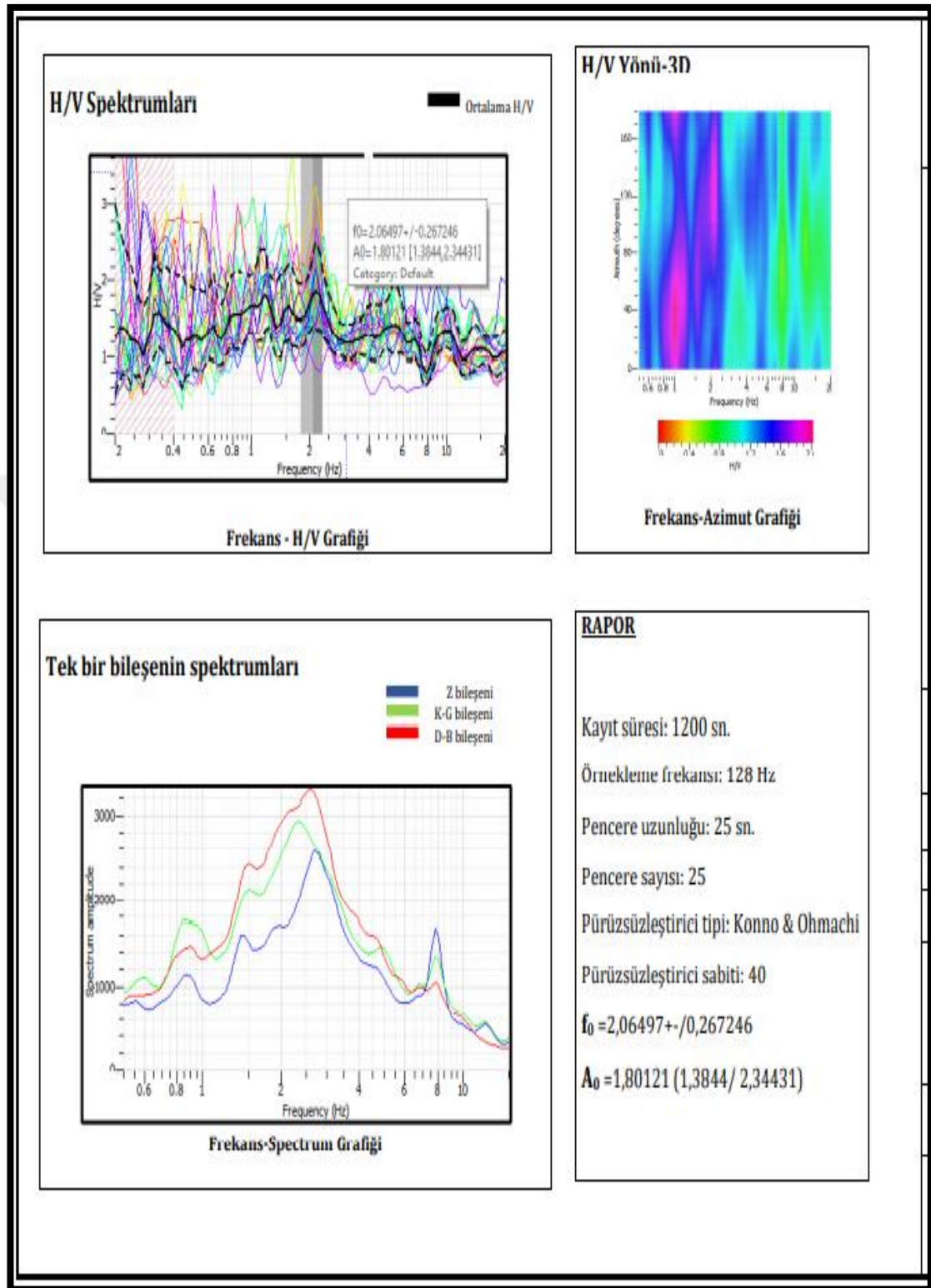
$$Th = \frac{Th}{Tv} = \frac{\frac{Hf}{Vf}}{\frac{Hb}{Vb}} = \frac{QTS}{\frac{Hb}{Vb}} = \frac{\left[Ah + \frac{Hs}{Vb} \right]}{\left[Av + \frac{Vs}{Vb} \right]} \quad (3.6)$$

$$QTS = \frac{Hf}{Vf} = \frac{Ah \cdot Hb + Hs}{Av \cdot Vb + Vs} = \frac{Hb}{Vb} \frac{\left[Ah + \frac{Hs}{Hb} \right]}{\left[Av + \frac{Vs}{Vb} \right]} \quad (3.7)$$

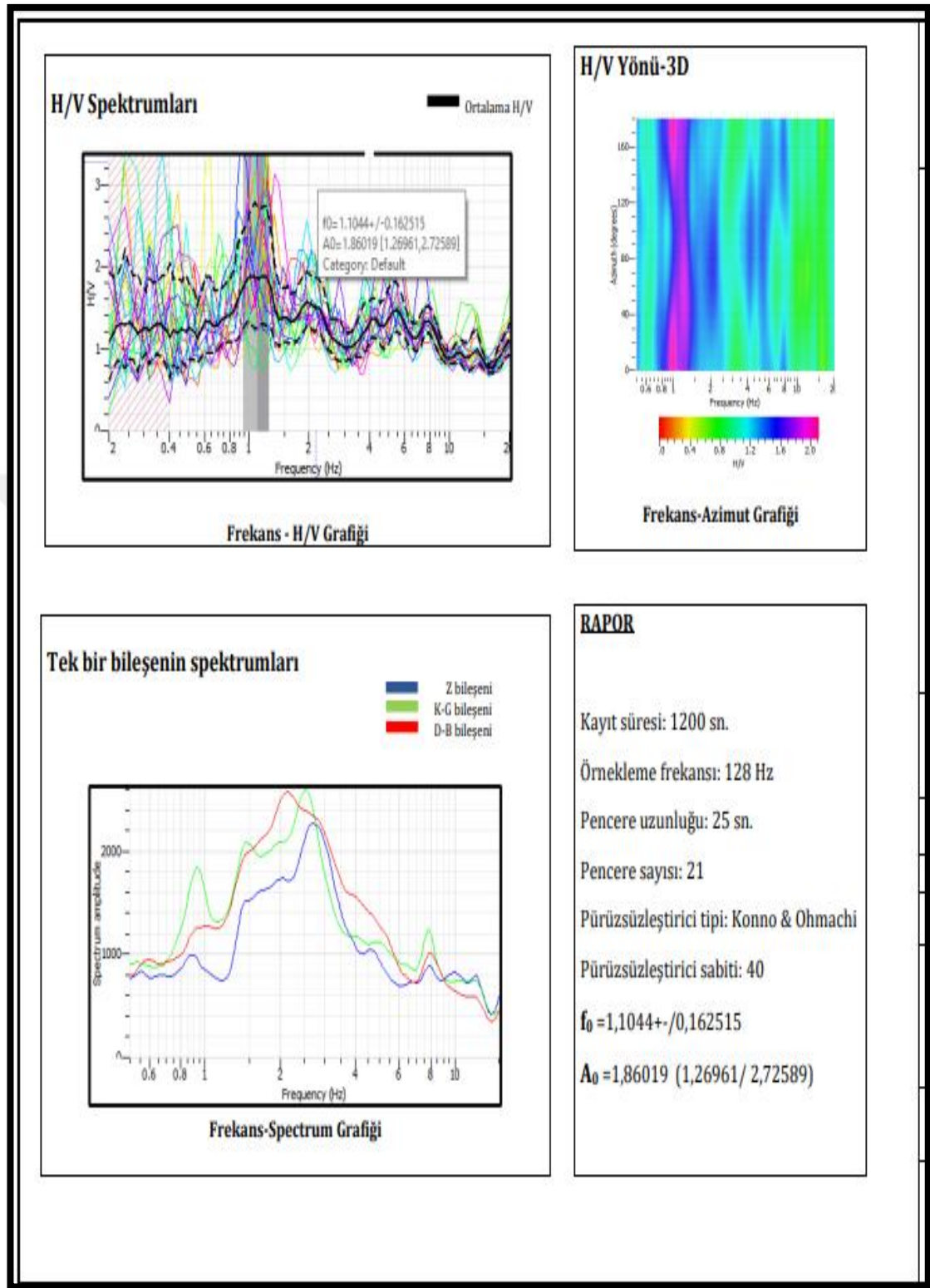
$$QTS = \frac{Hs}{Vs} \quad (3.8)$$

(3.6) “daki eşitlikte $\frac{Hb}{Vb} \cong 1 \frac{Vs}{Vb}$ ve $\frac{Hs}{Vb}$ Rayleigh dalgalarının enerjisinin yayınımlı ile ilgilidir. Eğer Rayleigh dalgalarının etkisi yoksa $QTS = \frac{Ah}{Av}$ dir. Eğer Rayleigh dalgalarının miktarı fazla ise, (3.7) “deki ifadenin ikinci kısmı baskın hale gelir. $QTS = \frac{Hs}{Vs}$ Ve Hs/Vs „nin en düşük pik frekansı Ah “ın en düşük uygun frekansına (Fo) eşit olur. Fo sırası içinde $Av=1$ dir. QTS Fo da durağan bir pik gösterir. Rayleigh dalgalarının etkisi fazla olsa bile Vs küçülür. Eğer temel kaya“daki titreşimler Rayleigh dalgalarına göre büyük olursa $QTS = Ah$ olur. Sonuçta kısaca QTS SH dalgalarının yüzey tabakaları içindeki çoklu yansımaları ile büyütme faktörüne ait birinci sıradaki uygun frekansı simgeler (Nakamura, 2000).

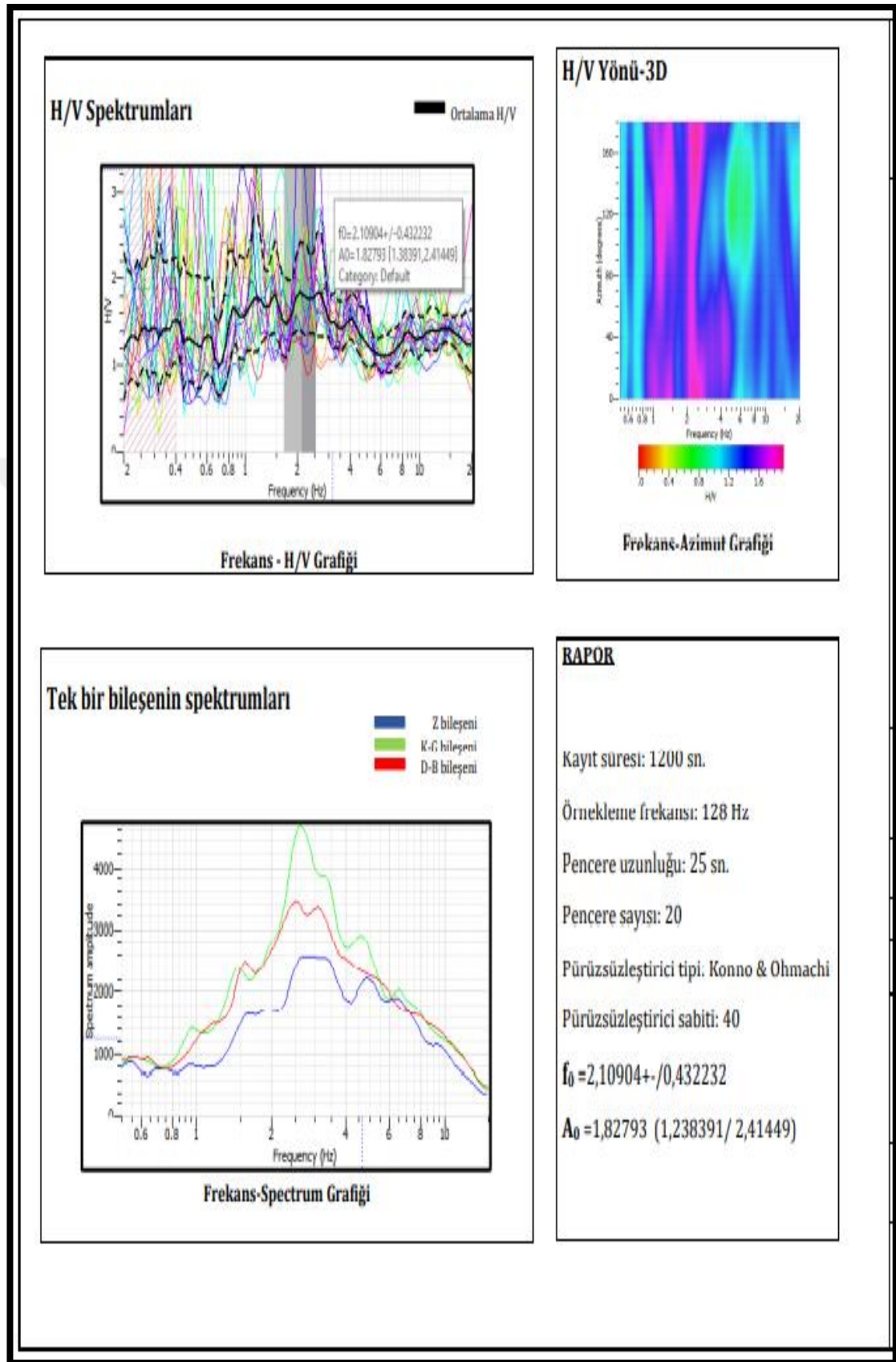
Verilerin Nakamura spektrumlarından elde edilen Zemin Hâkim Frekansı, Zemin Hâkim Titreşim Periyodu, Maksimum Genlik değerleri ve $Ta-Tb$ değerleri Tablo 3.22’de verilmiştir.



Şekil 3.24. Mt-1 ölçü noktasından elde edilen veriler



Şekil 3.25. Mt-2 ölçü noktasından elde edilen veriler



Şekil 3.26. Mt-3 ölçü noktasından elde edilen veriler

Kanai (1961) tarafından geliştirilen mikrotremorların çözümlemesi ve zemin sınıflamasını içeren Sıfır Kesme Yöntemi olarak da bilinen bir yöntemdir. Bu yöntemde mikrotremorların içerdiği periyotlara ait periyot dağılım eğrileri oluşturularak, buradan belirlenen frekanslara göre zemin sınıflaması yapılmaktadır. Frekanstan yola çıkarak baskın periyot;

$$T_0 = 1 / F$$

Zemin hakim titreşim periyodundan T_a ve T_b zeminin alt ve üst titreşim periyotlarını elde etmek için ise

$$T_a = 0.67 \times T_0$$

$$T_b = 1.50 \times T_0 \text{ bağıntıları kullanılmıştır. (Aytun, 2001)}$$

Tablo 3.22. Mikrotremör ölçümlerinden elde edilen değerler

Ölçü m No	Zemin Hakim Frekansı (hz)	Zemin Titreşim Periyodu (sn)	Hakim Maksimum Genlik (H/V)	Ta-Tb	FORMASYON
MT-1	2,06	0,48	1,80	0,32-0,72	Sultaniye metamorfileri
MT-2	1,10	0,91	1,86	0,61-1,36	Sultaniye metamorfileri
MT-3	2,11	0,47	1,83	0,31-0,70	Sultaniye metamorfileri

İnceleme alanında yapılan 3 adet mikrotremör çalışmasına göre T_a :0,31-0,61 sn T_b :0,70-1,36 sn olarak bulunmuştur. Spektrum karakteristik periyotuna göre yerel zemin sınıfı Z2-Z3 dir (Tablo 3.23.).

Tablo 3.23. Yerel Zemin sınıfı Ansal ve diğ.,(2001)

YEREL SINIFLARI	ZEMİN	SPEKTRUM PERİYOTLARI	KARAKTERİSTİK
Yerel Zemin Sınıfı		TA (Saniye)	TB (Saniye)
Z1		0,10	0,30
Z2		0,15	0,40
Z3		0,15	0,60
Z4		0,20	0,90

Alınan mikrotremor ölçümlerinde hesaplanan hakim periyot aralığındaki spektral büyütme (zemin büyütme) değerleri ise en küçük 1,80 ve en yüksek 1,86 değerinde

olduğu belirlenmiştir. Ansal ve diğ.,2001'e göre inceleme alanının spektral büyütmelere göre tehlike düzeyi A (Düşük) sınıfına girmektedir (Tablo 3.24.).

Tablo 3.24. Spektral büyütmelere göre mikrobölgeleme ölçütleri Ansal ve diğ.,(2001)

Spektral Büyütme	Tehlike Düzeyi
0,0 – 2,5	A (Düşük)
2,5 – 4,0	B (Orta)
4,0 – 6,5	C (Yüksek)

3.1.3. Öz direnç (elektrik) yöntemi

Elektrik öz direnç yöntemi en sık kullanılan jeofizik yöntemlerden biridir. Elektriksellik, elektroliz işlemiyle yeryüzü boyunca oluşan iletimdir ve toprak ile kayalar da bulunan gözeneklilik ile gözeneklerin içerdiği su oranına bağımlı olarak değişim gösterir. Bu yöntemde amaç, yer içindeki yapıların yatay ve dikey yönde elektriğin iletim biçimlerini araştırmaktır. Kayalar; elektriği iletme yeteneğinin yanı sıra elektriğin iletimine karşı direnç gösterme özelliğine de sahiptir ve bu özelliğe de dirençlilik (resistive) adı verilir. Kayalar birimleri içerisinde gözenekliliği az ve sıkı olanlar oldukça zayıf ileticilerdir ve yüksek dirence sahiptirler. Buna karşılık gözeneklilik miktarı arttıkça gözeneklerdeki sıvı oranına bağlı olarak iletkenlik artar ve direnç azalır.

Arkeolojik çalışmalarda; aranan yapı içeriği ve yoğunluğu bakımından örtü biriminden farklı olduğundan bulunması kolaylaşır. Toprak ve kille karışmış yüksek öz dirence sahip taş ve kayaların ayrımı önemlidir. İklimsel değişikliklerinde etkisiyle kayalar ya da sedimentin su içeriğindeki değişimler arkeolojik yapıların etkilerini örtebilir. Bu sebeple toprak öz direncindeki değişimlere neden oluşturabilecek koşulların bilinmesi ve göz önünde tutulması gerekmektedir.

3.1.3.1. Toprağın elektriksel özellikleri

Toprağın akım iletimi elektrolitik bir olaydır ve içerikteki nem bu olayı etkiler. Toprak çeşitlerindeki direnci etkileyen faktörler şöyle açıklanabilir:

3.1.3.2. Toprağın nem içeriği

Arkeolojik çalışmalarda yeraltının sığ derinlikleri araştırıldığı için toprağın nem içeriği önemlidir. Genellikle arkeolojik yerleşim alanları akarsu yakınlarına kurulduklarından araştırma alanlarının yeraltı su seviyesi yüksektir. Bu konuda bölgenin yağış durumu da önemli faktördür. Uzun süre yağış almayan yerlerde yeraltı su seviyesi düşeceğinden özdirenç yüksek olacaktır. Ayrıca, uzun süre yağış almayan bir bölge yakın zaman içerisinde güçlü bir yağış almışsa, nem yüzeyde kalacağından elektrotlara kısa devre yaptıracağından ölçüm sonuçlarını etkileyip yanlış sonuçlara varılmasına neden olabilir.

3.1.3.3. Geçirgenlik (permeability)

Bir toprağın yüksek oranda nem içeriğine sahip olması, akımın çok iyi akması için yeterli değildir. Toprağın su tutabilmesi gözenekliliği ile doğru orantılıdır. Böylece, gözeneklilik ile geçirgenlik arasındaki ilişki yardımıyla akımın iletimindeki geçirgenliğin de önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber toprağın içindeki bitki kökleri ve toprak türü de geçirgenlik üzerinde etkilidir.

3.1.3.4. İyon içeriği

Toprakta çözülmüş durumda bulunan çeşitli tuzların elektrik iletimine etkisi büyüktür. Topraktaki iyon durumunu, jeolojik yapı, yağmur suyu, modern tarımsal gübreleme ve çeşitli kültürel işlemler etkiler.

3.1.3.5. Isı

Özdirenci etkileyen bir başka olay da, toprağın ısısındaki değişimlerdir. Bu konuda Hesse (1966) tarafından yapılan ayrıntılı bir çalışma özdirencin topraktaki ısı değişikliklerinden etkilendiğini ortaya koymuştur. Hesse, bu çalışmasında her 1°C'deki artışın özdirenç üzerinde yaklaşık %2'lik bir azalmaya neden olduğunu

göstermiştir. Birçok araştırma belirli sıcaklıklar altında yapıldığından, ısının arkeolojik yapılar üzerinde çok etkili olmadığını söyleyebiliriz.

3.1.3.6. Ölçümleri etkileyen faktörler

En sade anlatımıyla öz direnç yöntemi; iki farklı noktadan yere çakılan iki metal çubuk yoluyla yeraltına gönderilen elektrik akımının, yeraltında oluşturduğu gerilimin diğer iki farklı noktaya çakılan iki metal çubuk yoluyla ölçme işlemidir. Bu ölçme işlemini etkileyen bazı faktörler vardır:

3.1.3.7. Değme gerilimleri

Ölçme esnasında elektrotlarla yer arasında, kimyasal özelliklere bağlı olarak, küçük oranlarda doğru akım gerilimleri ölçülür. Elektrot değişimleri sırasında değme gerilimleri arasında farklılıklar olacaktır. Tuzluluğun ve nemin yüksek değerlerde olduğu yerlerde bu farklar yapının etkisini örtebilir. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için dalgalı bir akım kaynağı kullanılmasında fayda vardır.

3.1.3.8. Değme direnci

Arkeolojik alanların toprak örtüleri çoğunlukla bozulmuş yapıdadır. Taşlar, bitki kökleri, tarımsal uygulamalar gibi etkenler bir noktadaki toprakla elektrot arasındaki direncin diğer bir noktadakinden farklı olmasına neden olabilir. Bu etkiyi gidermek için toprak sulanabilir ancak bu durumda da suyun dercesine bağlı olarak direnç değerlerinde farklılıklar olabilir.

3.1.3.9. Elektrot uçlaşması

Ölçümlerde doğru akım kullanılması durumunda elektrotlar arasında elektrokimyasal uçlaşma olabilir ve bu da elektroliz benzeri bir olay yaratır. Bu durumda elektrotlar üzerinde zamanla yük birikmesi olur ve ölçülen direnç zamanla artar. Bu etkiden kurtulmak için alternatif akım kaynağı tercih edilmelidir.

3.1.3.10. Doğal Akımlar

Yer manyetik alanının geçici değişimlerine bağlı olarak indüklenmiş veya tellürik akımlar gibi doğal kaynaklı akımlar vardır. Bu tür akımlar çok geniş uzanıma sahip olabilirler ve dünyanın hemen her yerinde görünürler. Nadiren de olsa bunlar, ölçümlerde aranılan yapının etkisini örtecek büyüklükte olabilir. Bu tür gürültülerin büyüklüğü, akım yoğunluğuna, yerin öz direncine, elektrotlar arası mesafeye ve elektrotların doğrultularına bağlıdır. Arkeolojik araştırmalarda, sığ derinlikler incelendiğinden elektrot aralıkları kısa tutulur ve bu sayede gürültüler de küçülür. Ancak tamamen yok edilmek istenirse yine dalgalı akım kullanmak yeterli olacaktır.

3.1.3.11. Yapay akımlar

Araştırma sahasına yakın yerlerdeki elektrikli demiryolları, elektrik hatları, madenler ve insan yapısı çeşitli elektrik kaynakları yeryüzünde bir akıma neden olur ve kendiliğinden uçlaşmalar meydana gelir. Profil seçiminde bunlara dikkat etmek gerekmektedir. Ancak alternatif profil olasılığı yoksa dalgalı akım kullanmak faydalı olur.

3.1.3.12. Ölçülen büyüklük ve görünür öz direnç kavramı

Doğru akım öz direnç yönteminde, ölçülen büyüklük gerilim farkıdır. Fakat veri yorumunda fiziksel bir büyüklüğe ihtiyaç vardır. Bu fiziksel büyüklük öz dirençtir. Yer içinde elektrik akımı ohm yasasına göre gerçekleşir. Ölçülen gerilim farkından, öz direnç aşağıda verilen formül (3.9) kullanılarak bulunur.

$$\rho_a = k(\Delta V/I) \quad (3.9)$$

Burada I, yere verilen akımı (amper), ΔV ; ölçülen gerilim farkını (volt) ve k ise akım ve gerilim elektrotlarının geometrik yerine bağlı bir katsayıdır (metre) ve formül (3.9)'daki gibi hesaplanır. Bu koşullarda ρ_a , görünür öz direnç olup ohm metre (ohm.m) birimindedir.

$$k=2\pi/(1/AM-1/BM-1/AN+1/BN) \quad (3.10)$$

Geometrik faktör (k), elektrotlar arasındaki uzaklığa bağlıdır. Burada öz direnç bağıntısı yeraltının tümüyle homojen (tek düze) olması şartı ile ortamın gerçek rezistivitesini hesaplamada kullanılabilir. Homojen bir yer ortamında iki uçtan akım verilmesi durumunda akımın dağılımı küreseldir ve (3.9) bağıntısı, gerçek öz dirence karşılık gelmektedir. Arazide yer altının, elektrik akımını iletmesi yönünden homojen ve izotrop olması pratikte mümkün değildir. Yer, iletkenliği farklı düşey veya yatay durumlu jeolojik katmanlardan oluşmuştur ve elektrik akımı uygulandığı zaman bu tabakaları farklı elektriksel özellik göstermeleri nedeniyle akımın küresel dağılımı bozulur. Bu bozulma, jeofizikte aranan “Anomali (belirti)” nin nedenidir. Ayrıca heterojen ortamlar için, bağıntı (3.9) ile elde edilen veri “görünür öz direnç” olarak tanımlanmaktadır. (3.9) bağıntısından, görünür öz direncin k katsayısı ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. Görünür öz direnç, yer içindeki jeolojik yapıya, bu yapının öz direncine ve kullanılan elektrot dizilimine bağlıdır. Görünür öz direnç tanımlamasına göre; ortam homojen ve izotrop ise ölçülen görünür öz direnç ortamın öz direncine eşit olmalıdır. Tabakalı bir ortamda görünür öz direnç eğrisi akım elektrotları arasındaki uzaklığın yarısı olan $AB/2$ 'nin küçük değerleri için birinci tabakanın öz direncine, büyük değerleri ise son tabakanın öz direncine yakınsamalıdır.

3.1.3.12.1. Dizilim çeşitleri

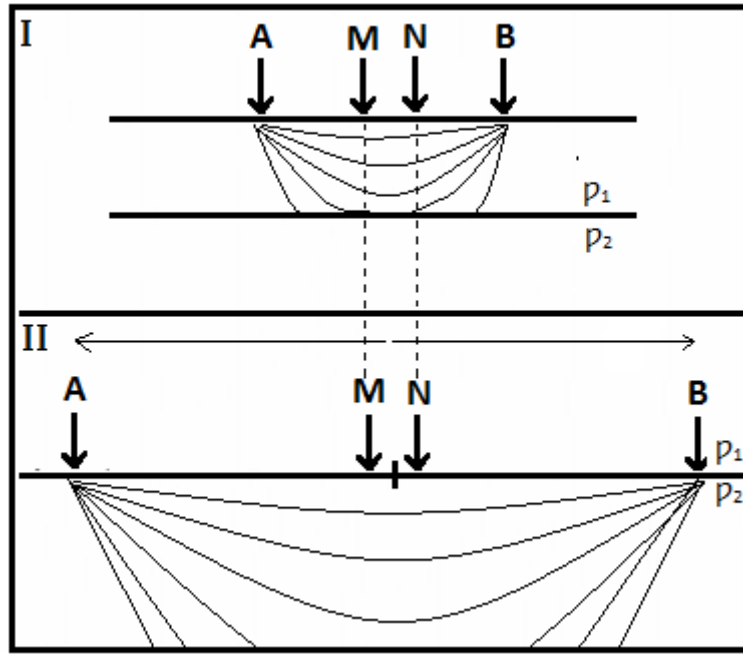
Öz direnç yönteminde sıklıkla kullanılan elektrot dizilimleri şunlardır:

- Wenner Dizilimi
- Schlumberger Dizilimi
- Dipol Dizilimler
- Yarım Wenner Dizilimi
- Yarım Schlumberger Dizilimi

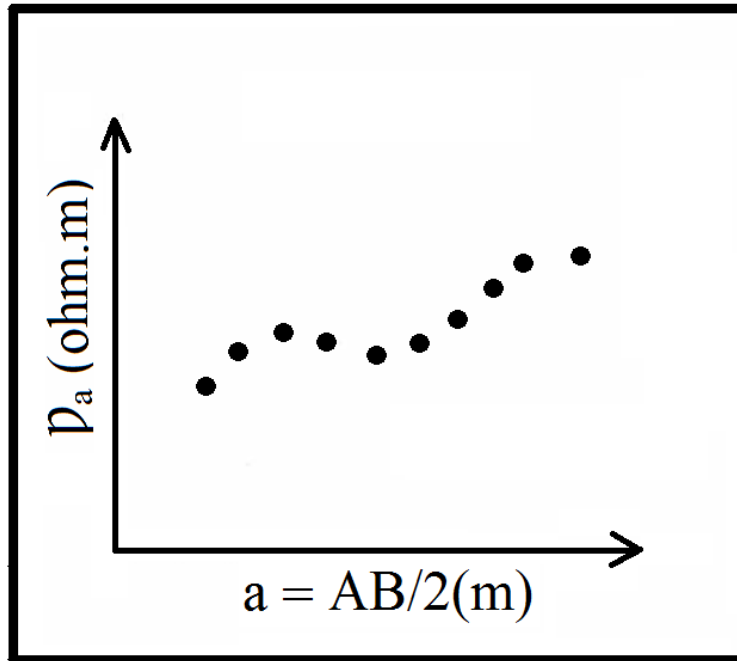
3.1.3.13. Schlumberger elektrot dizilimi

Schlumberger açılımı, yanal süreksizliklerden daha az etkilenmektedir ve derinlerden cevap alma yeteneği daha yüksektir. Schlumberger diziliminde gerilim elektrotları arasının dar olması ve her ölçüm sonunda değiştirilmesine gerek kalınmaması açılımın avantajlarından biridir.

Düşey elektrik sondaj(DES) dizilimi, elektrik sondajında sabit bir nokta simetri merkezi olacak şekilde, her ölçüm sonucunda bu noktanın iki tarafında elektrotların bir çizgi boyuca açılmasıyla uygulanır. Böylece yer içinde düşey yöndeki öz direnç değişimi incelemeye çalışılır. Bu nedenle dizilim, Düşey Elektrik Sondajı (DES) olarak isimlendirilmektedir. DES tekniği, bir jeolojik yapının birim derinliğinin hesaplanması veya birimin üzerinde yer alan jeolojik yapının kalınlığının veya taban topoğrafyasının belirlenmesi gibi yeryüzünden derinlere doğru araştırma yapmayı veya yapının derinliğini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Burada, DES tekniği ile yeraltındaki katmanların gerçek öz direnç ve tabakaların gerçek öz direnç ve kalınlıklarının elde edilebilmesi için görünür öz direnç (ρ_a) değerleri, elektrot aralığının bir fonksiyonu olarak grafik haline getirilmelidir. Şekil 3.27. ve Şekil 3.28. sırasıyla, DES uygulaması ve elde edilen görünür öz direnç değerlerinin grafik haline getirilmesini göstermektedir.



Şekil 3.27. DES Uygulaması



Şekil 3.28. DES ölçümü sonucu elde edilen görünür özdirenç eğrisi

Elektrotlar arasındaki aralık arttıkça inebileceği derinlik artacağından, bu uygulama ile sığ derinliklerden başlayarak belirli bir derinliğe kadar olan tabakaların özdirençleri ölçülmüş olur. Bu şekilde ölçülen veri, yatay eksen ($AB/2-m$) ve düşey eksen ölçülen görünür özdirenç (p_a-ohm) değerleri olacak şekilde çizilir (Şekil

3.28.). Elde edilen eğri, DES eğrisi olarak adlandırılır. $AB/2$ ve ölçülen görünür öz direnç değerlerinin çok geniş aralıkta değişmesinden dolayı, genel olarak DES eğrisinde her iki eksen de logaritmiktir. Görünür öz direncin değişiminden birinci tabakanın kalınlığı, öz direnci ve alt tabakanın öz direnci hesaplanabilir. DES yöntemiyle yeraltı tabakalarının arasındaki sınırları yeraltı yapı kesitleriyle belirlenir. DES yöntemi, yeraltı suyu içeren tabakaların aranmasında, ana kaya üstündeki örtü kalınlığının bulunmasında kullanılır. Yöntem özellikle, yatay ya da az çok yatay olan tabakaların araştırılmasında kullanılmaktadır.

3.1.3.14. Yatay üç tabakalı ortamların yorumu

Yatay üç tabakalı ortamların eğrileri karakterlerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

- 1) Minimum Tip: $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$ H Tipi Eğri
- 2) Çift Artan Tip: $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$ A Tipi Eğri
- 3) Maksimum Tip: $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$ K Tipi Eğri
- 4) Çift Azalan Tip: $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$ Q Tipi Eğri

3.1.3.15. Elektrik haritalama veya profil (yanal arama)

Eğer tabakalar veya ara yüzeyler yatay olmayıp düşey iseler uygulanan rezistivite ölçüm yöntemi elektrik haritalama veya profil adını alır. Bu yöntemin amacı yanal değişimleri bulmaktır. Bu bilhassa mineral prospeksiyonunda çok önemlidir. İnşaat mühendisliği çalışmasında üstteki tabakanın (yani temel kaya) derinliğini belirlemede kullanılır. Mineral araması, düşey kontakların (örneğin, faylar, dayklar, makaslama zonları, dik bir şekilde eğimli maden damarları gibi) ve üç boyutlu cisimlerin (örneğin, iletken masif sülfürlü cevherler gibi) yerinin saptanmasını içerir.

3.1.3.16. Jeoloji ve öz direnç arasındaki ilişki

Elektrik öz direnç yöntemi, yer altındaki öz direnç dağılımının görüntüsünü verir. Öz direnç görüntüsünü jeolojik görüntüye çevirmek önemlidir. Tablo 3.25.; genel kayaların, toprak materyalleri ve kimyasalların öz direnç değerleri, Tablo 3.26.'da,

bazı kayaçların elektrik özdirenç değerleri, Tablo 3.27.'de Su ve jeolojik malzemelerin özdirenç ve yorumları, Tablo 3.28.'de kayaçlardaki su İçeriğine bağlı olarak elektrik özdirençin değişimi, Tablo 3.29.'da bazı sular ve elektrik özdirençleri gösterilmiştir. Volkanik ve metamorfik kayaçlar tipik yüksek özdirenç değerine sahiptirler. Bu kayaçların özdirençleri daha çok kırıkların miktarına ve bu kırıkları yeraltı suyu içeriğinin yüzdesine bağlıdır. Genelde çok boşluklu ve yüksek su içeriğine sahip sedimanter kayaçlar normalde düşük özdirenç değerine sahiptir. Nemli toprak ve tatlı yeraltı suyu da düşük özdirenç değerlerine sahiptir. Killi toprağın özdirenci, kumlu toprağın özdirencinden daha düşüktür. Yeraltı suyunun özdirenci, içerisindeki çözünmüş olan tuzların miktarına bağlı olarak 10 ohm.m'den 100 ohm.m'ye kadar değişim göstermektedir. Deniz suyu, içerdiği tuz miktarına bağlı olarak oldukça düşük özdirenç değerine sahiptir (yaklaşık 0.2 ohm.m). Bu da, deniz kenarında bulunan alanlardaki tatlı-tuzlu su sınırının haritalanmasında özdirenç yönteminin ideal olmasını sağlamaktadır. Tablo 3.25.'de ayrıca endüstriyel kirleticilere ait özdirenç değerleri de görülmektedir. Demir gibi metaller oldukça düşük özdirenç değerine sahiptirler. Potasyum klorit ve sodyum klorit gibi kuvvetli elektrolitlerden olan kimyasallar, yeraltı suyunun özdirenç değerini düşük konsantrasyonlarda olsalar bile, 1ohm.m'nin de altına düşürmektedirler.

Ölçü noktalarından elde edilen özdirenç değerleri, bilindiği gibi formasyonun içerdiği suyun iletkenliğine ve formasyonun etkin tane çapına bağlıdır. Formasyonun taşıdığı suyun iletkenliği sabit kalacak olursa, ölçülen özdirenç değerleriyle yapılan kesitler jeolojik yapıya tam bir uygunluk sağlar. Bu kabulde, özdirenç değerlerinin düşmesi formasyonun tane çapının küçüldüğü kil ve killi malzemeye geçişi gösterir.

Bunun tersi durumda ise, özdirenç büyümesi çakıl ve tane çapının büyüdüğü malzemeye geçişi gösterir. Bu durum geçirgenliğin artışına işaret olabilir. Geçirgenlik özdirenç ile doğru orantılıdır. Diğer bir durumda ise, tane çapı küçülür ve içerdiği suyun iletkenliği artacak olursa özdirenç değeri yine düşecektir. Elde edilen gerçek özdirenç ve yer elektrik tabakalarının jeolojik görüntüye çevrilmesi önemlidir. Bunun için, doğadaki jeolojik malzemelerin özdirenç değerlerinin bilinmesi gerekir. Birçok jeolojik malzemenin özdirenci bazı araştırmacılar

tarafından hesaplanmış ve yayınlanmıştır. Bu araştırmacılar tarafından yayınlanmış olan jeolojik malzemelerin özdirenç değerleri, Tablo 3.27.'de gösterilmiştir. Çalışma alanından elde edilen özdirenç verilerinin yorumlanmasında tablolardan faydalanılmıştır.

Tablo 3.25. Bilinen bazı kayaçların, toprak materyalleri ve kimyasalların özdirenç değerleri

Malzeme	Özdirenç(Ohm.m)
volkanik ve metamorfik kayaçlar	5×10^3 -106
Granit	10^3 -106
Bazalt	102-2.5 $\times 10^8$
Mermer	102-2.5 $\times 10^8$
Kuarsit	102-2 $\times 10^8$
SEDİMANTER KAYAÇLAR	
Kumtaşı	8-4 $\times 10^3$
Şeyl	20-2 $\times 10^3$
Kireçtaşı	50-4 $\times 10^2$
Kil	50-4 $\times 10^2$
Alüvyon	10-800
Yeraltısuyu (tatlı)	10-100
Deniz suyu	0,2
KİMYASALLAR	
Demir	9.074 $\times 10^{-8}$
0,01 M Potasyum Klorid	0,708
0,01 M Sodyum Klorid	0,843
0,01 M Asetik Asit	6.13
Ksilen	6.998 $\times 10^{16}$

Tablo 3.26. Bazı kayaçların elektrik özdirenç değerleri

Jeolojik malzeme	Elektrik özdirenç Ω -m
Nemli killi toprak ve nemli kil	1-10
Nemli siltli toprak ve siltli kil	<10
Nemli siltli ve kumlu toprak	10-100
Silt aralanmalı kum ve çakıl	<1000
Kaba kuru kum ve çakıl depozitleri	>1000
Çatlakları nemli toprakla dolmuş çok kırıklı kayaç	100
Çatlakları kuru kumla dolmuş az çatlaklı kayaç	<1000
Masif ve sağlam olarak oluşmuş kayaç	>1000

Tablo 3.27. Su ve jeolojik malzemelerin özdirenç ve yorumları

Özdirenç (ohm.m)	Jeolojik Malzeme	Yorum
0.5-2.0	Çok poroziteli kum veya Doygun kil	Deniz suyu; çok tuzlu su; TDS yaklaşık 20 000 mgr/l
2.0-4.5	Poroziteli kum veya Doygun kil	Tuzlu Su; TDS yaklaşık 10 000 mgr/l
4.5-10.0	Kumlu doymuş veya kumlu Kil	Tuzlu Acı Su; TDS 10 000-1500 mgr/l
10.0-15.0	Kumlu kil, kumlu çakıl	Acı Su; TDS 5000-1500 mgr/l
15.0-30.0	Kum, çakıl, kil	Düşük Kaliteli Tatlı Su; TDS 1500-700 mgr/l
30.0-70.0	Kum, çakıl, az kil	Orta Kaliteli Tatlı Su; TDS 100 mgr/l
70.0-100.0	Kum, çakıl, kil yok	İyi Kaliteli Tatlı Su; TDS az
>100.0	Kaba kum, çakıl, kil yok	Çok İyi Kaliteli Tatlı Su; TDS çok az

Tablo 3.28. Kayaçlardaki su içeriğine bağlı olarak elektrik özdirençin değişimi

Kayaç ve su içeriği (%)	Elektrik özdirenç (Ωm)	Kayaç ve su içeriği (%)	Elektrik özdirenç (Ωm)
Silttaşı (% 0.54)	1.5×10^4	Dolomit (% 1.3)	6×10^3
Silttaşı (% 0.44)	8.4×10^6	Peridotit (% 0.1)	3×10^3
Silttaşı (% 0.33)	5.6×10^8	Peridotit (% 0.03)	2×10^4
Kaba taneli kumtaşı (% 0.39)	9.6×10^5	Granit (% 0.31)	4.4×10^3
Kaba taneli kumtaşı (% 0.18)	1×10^8	Granit (% 0.19)	1.8×10^6
Orta taneli kumtaşı (% 1.00)	4.2×10^2	Diorit (% 0.02)	5.8×10^5
Orta taneli kumtaşı (% 1.67)	3.2×10^6	Diorit (% 0.0)	6×10^6
Arkozik kumtaşı (% 1.26)	1×10^3	Bazalt (% 0.95)	4×10^4
Arkozik kumtaşı (% 1.00)	1.4×10^3	Bazalt (% 11.0)	9×10^5
Organik kireçtaşı (% 11.0)	0.6×10^3	Bazalt (% 11.0)	1.3×10^8
Dolomit (% 2.0)	5.3×10^3		

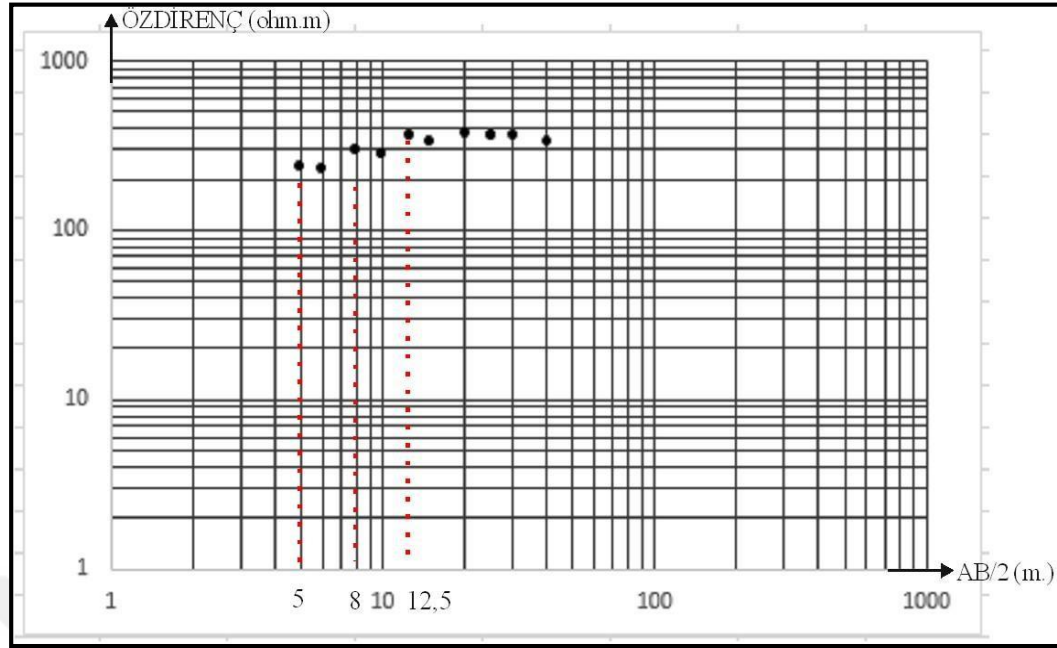
Tablo 3.29. Bazı sular ve elektrik özdirençleri

Sular	Elektrik özdirenç (Ωm)
Yüzey suları (mağmatik)	$0.1-3 \times 10^3$
Meteorik yüzey suyu	$30-10^3$
Yüzey suları (çökellerde)	$10-10^2$
Toprak suları	100
Doğal sular (mağmatik kayaçlarda)	9
Doğal sular (çökellerde)	3
Tuzlu sular (tuz oranı % 3)	0.15

3.1.3.17. DES-7 eğrisi ile SK-6 kuyusunun kıyaslanması



Şekil 3.29. SK-6 kuyusu ile DES-7 noktası konumu



Şekil 3.30. DES-7'den Elde Edilen Eğri

Şekil 3.29.'da görüldüğü gibi SK-6 noktasında bir DES ölçüsü alınmıştır. Amaç ise sondajdan elde edilen verilerle elektrik verilerinin kıyaslanmasıdır. Aynı zamanda öz direnç değerlerinin hangi zemine karşılık geldiğini ortaya çıkartmaktır.

Elektrik verilerinde AB/2 uzunluğu 5 metreden başladığı için sondaj verilerindeki ayrılmış şist katmanı elektrik ölçülerinde görülmeyecektir. Sondaj verilerinden elde edilen parçalı kırıklı şist ile daha derindeki jeolojik katmanlar kıyaslanabilmektedir (Şekil 3.30.).

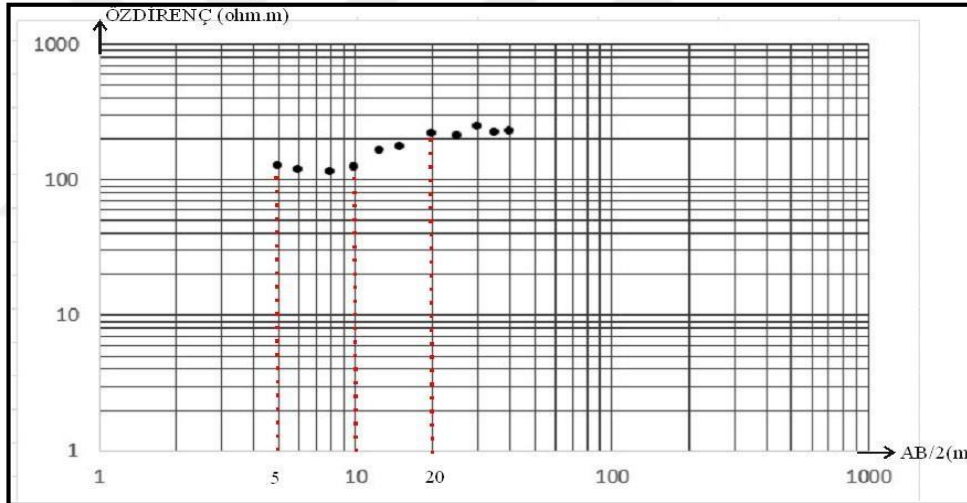
DES-7 verilerinde 1. Tabaka derinliği 5-8 metre arasında olup, öz direnç değerleri 236-295 ohm.m arasında değişmektedir. 2. Tabaka 8-12,5 m arasında olup, öz direnç değerleri 295-370 ohm.m arasındadır. Sondaj verilerinde ayrılmış şist 1. Tabakaya denk gelmektedir. 2 ve 3 tabaka derinlikleri sondaj derinliğinin daha alt seviyesinde yer almaktadır.

Yani öz direnç değerleri sondaj derinliği altında artmaya devam etmektedir. Bu da derinlik arttıkça jeolojik formasyon olan şistin gözeneklerinin azaldığını göstermektedir.

3.1.3.18. DES-1 eğrisi ve yorumu



Şekil 3.31. DES-1 Noktası



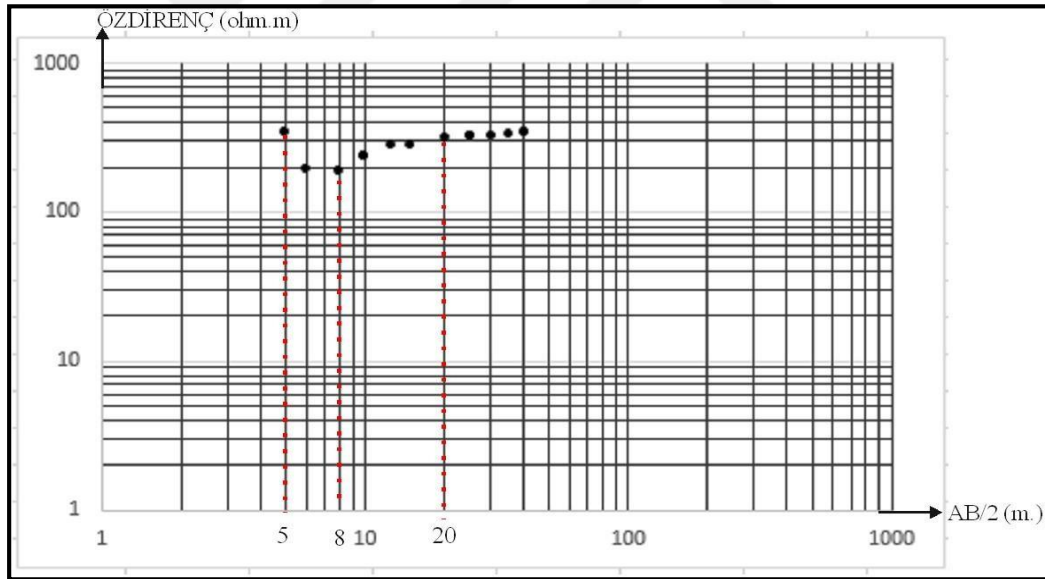
Şekil 3.32. DES-1'den Elde Edilen Eğri

Şekil 3.31.'de DES-1 noktasından elde edilen DES eğrisi görülmektedir. Bu eğride özdirenç değerleri 631-913 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES noktasında 12,5 m ve 25 m olmak üzere 3 tane ayrı formasyon geçilmiştir.

3.1.3.19. DES-2 eğrisi ve yorumu



Şekil 3.33. DES-2 Noktası



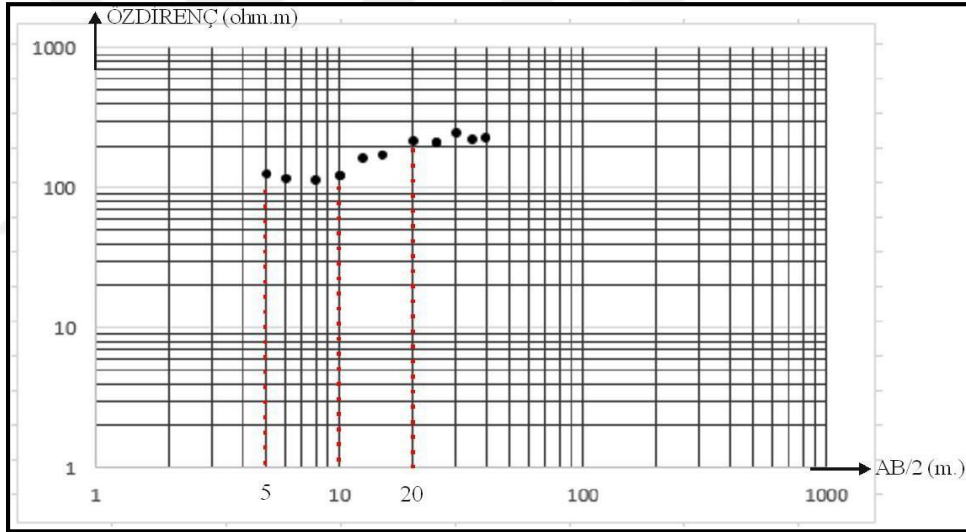
Şekil 3.34. DES-2'den Elde Edilen Eğri

Şekil 3.34.'de DES-2 noktasından elde edilen DES eğrisi görülmektedir. Bu eğride öz direnç değerleri 190-346 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES noktasında 8 m ve 20 m olmak üzere 3 tane ayrı formasyon geçilmiştir.

3.1.3.20. DES-3 eğrisi ve yorumu



Şekil 3.35. DES-3 Noktası



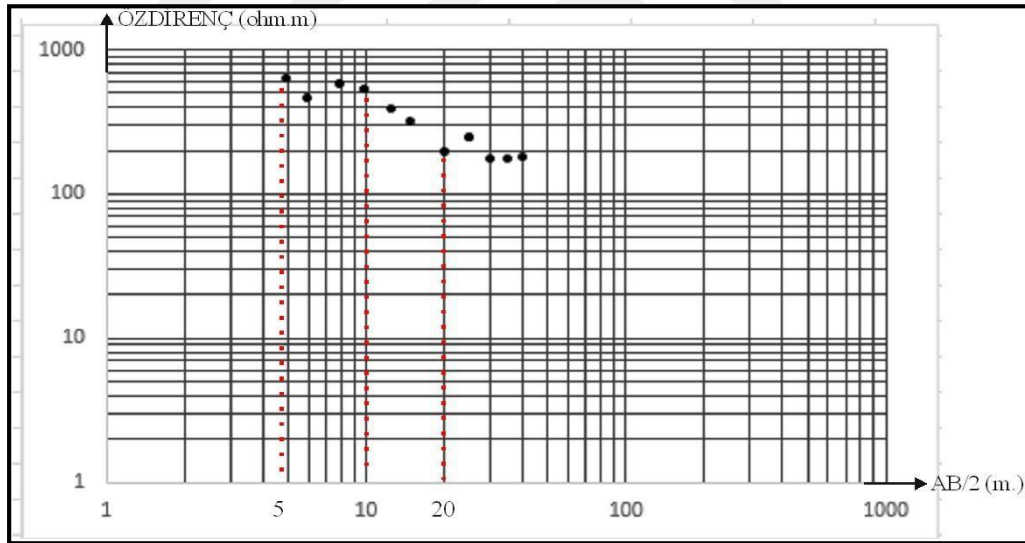
Şekil 3.36. DES-3'den Elde Edilen Eğri

Şekil 3.36.'da DES-3 noktasından elde edilen DES eğrisi görülmektedir. Bu eğride özdirenç değerleri 114-245 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES noktasında 10 m ve 20 m olmak üzere 3 tane ayrı formasyon geçilmiştir.

3.1.3.21. DES-4 eğrisi ve yorumu



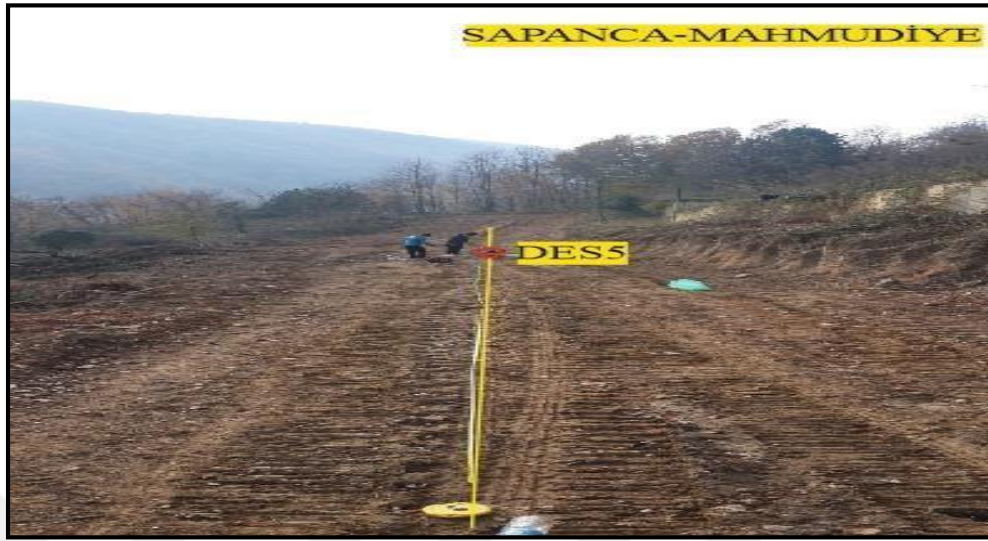
Şekil 3.37. DES-4 Noktası



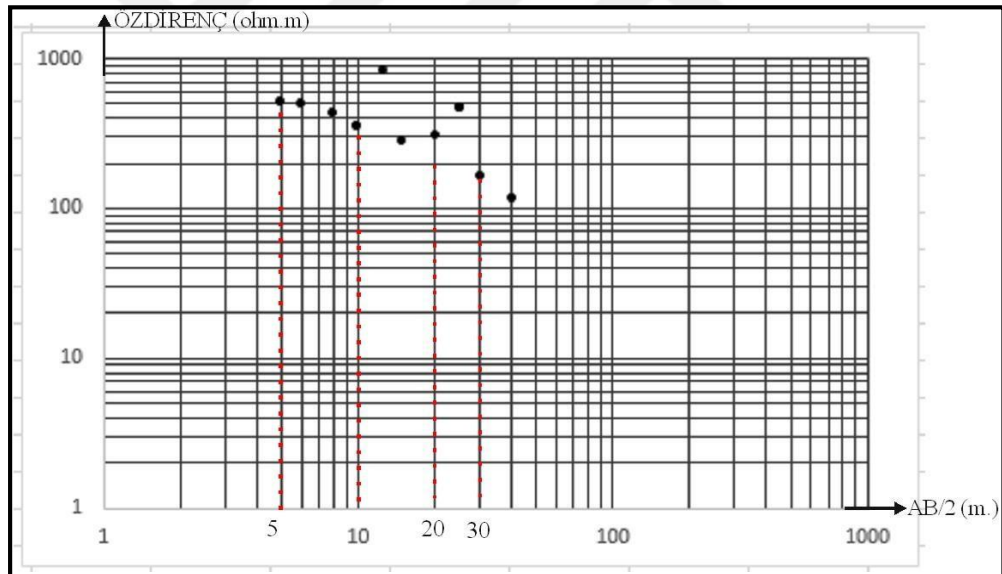
Şekil 3.38. DES-4'den Elde Edilen Eğri

Şekil 3.38.'de DES-4 noktasından elde edilen DES eğrisi görülmektedir. Bu eğride öz direnç değerleri 173-625 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES noktasında 10 m ve 20 m olmak üzere 3 tane ayrı formasyon geçilmiştir.

3.1.3.22. DES-5 eğrisi ve yorumu



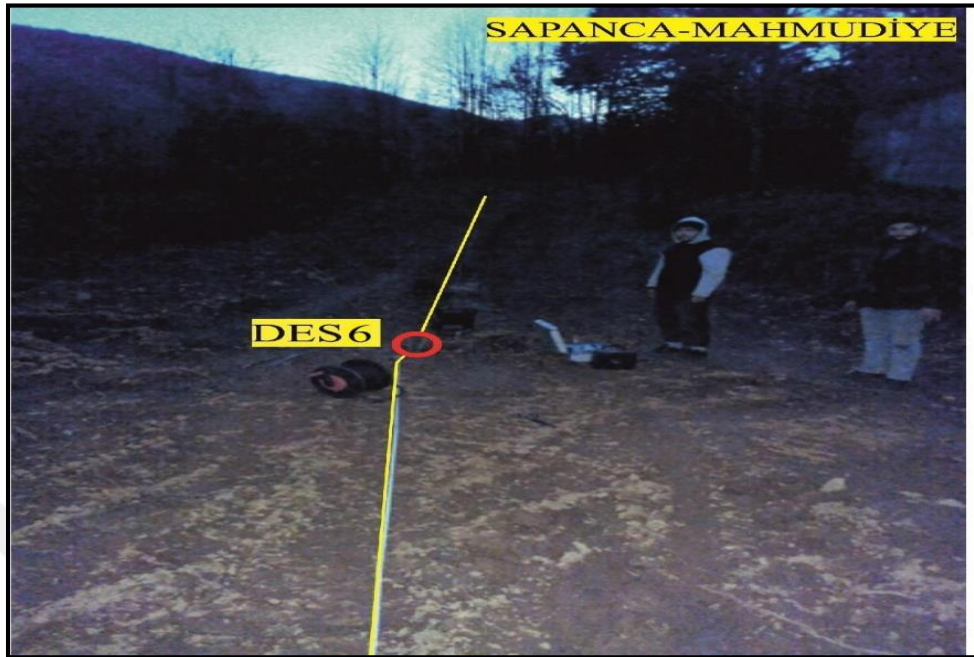
Şekil 3.39. DES-5 Noktası



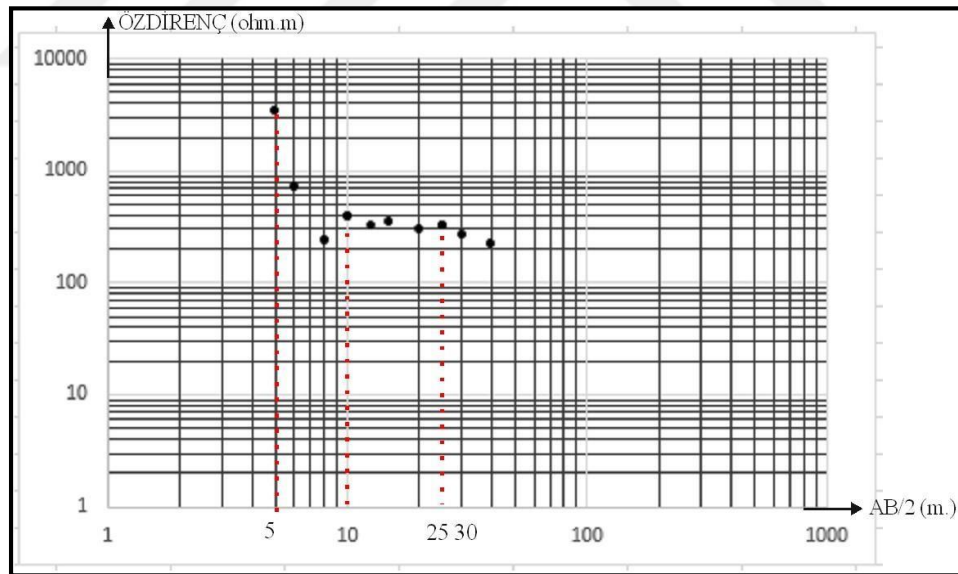
Şekil 3.40. DES-5'ten Elde Edilen Eğri

Şekil 3.40.'da DES-5 noktasından elde edilen DES eğrisi görülmektedir. Bu eğride öz direnç değerleri 116-843 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES noktasında 8 m, 20 m ve 30 m olmak üzere 4 tane ayrı formasyon geçilmiştir.

3.1.3.23. DES-6 eğrisi ve yorumu



Şekil 3.41. DES-6 Noktası



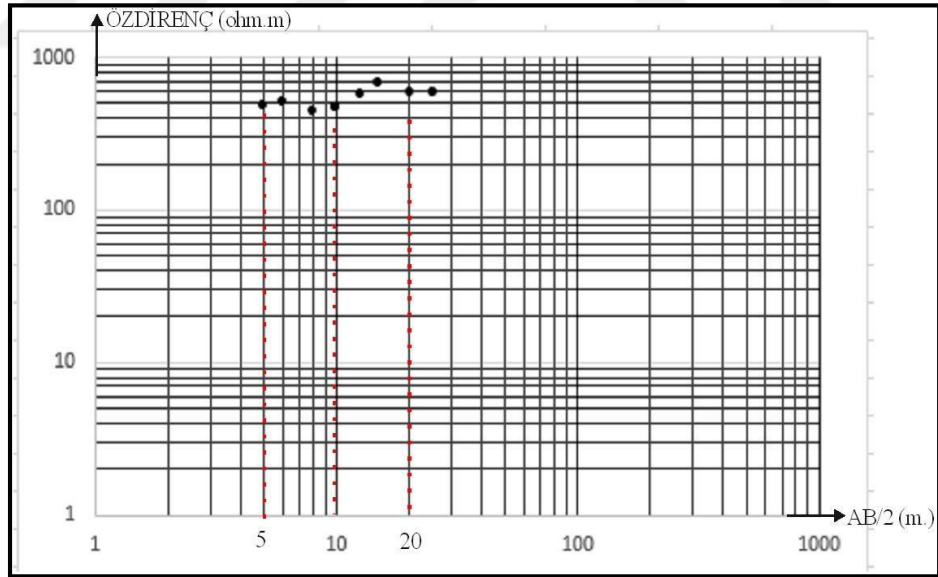
Şekil 3.42. DES-6'dan Elde Edilen Eğri

Şekil 3.42.'de DES-6 noktasından elde edilen DES eğrisi görülmektedir. Bu eğride özdirenç değerleri 222-3357 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES noktasında 10 m ve 25 m olmak üzere 3 tane ayrı formasyon geçilmiştir.

3.1.3.24. DES-8 eğrisi ve yorumu



Şekil 3.43. DES-8 Noktası

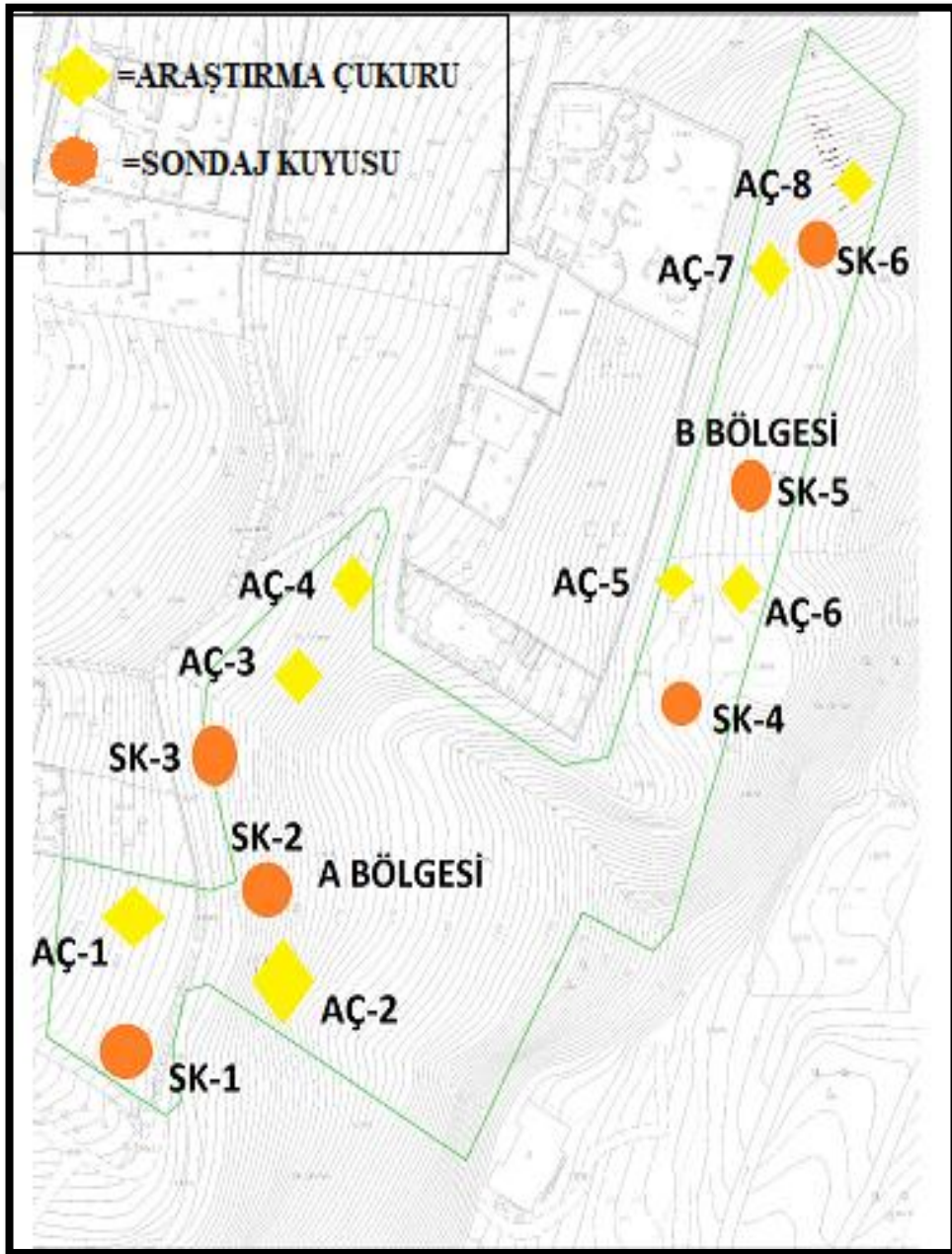


Şekil 3.44. DES-8'den Elde Edilen Eğri

Şekil 3.44.'de DES-8 noktasından elde edilen DES eğrisi görülmektedir. Bu eğride öz direnç değerleri 452-680 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES noktasında 10 m ve 20 m olmak üzere 3 tane ayrı formasyon geçilmiştir.

3.2. Jeoteknik Amaçlı Sondaj Çalışmaları, Araştırma Çukurları ve Arazi Deneyleri

Jeoteknik amaçlı 8 adet araştırma çukuru ve 7 adet sondaj çalışması yapılmıştır. Yapılan bu çalışmaların yerleri Şekil 3.45.'de gösterilmiştir. Çalışma alanı A ve B olmak üzere iki bölgeye ayrılmıştır. A bölgesinin doğu kısmı engebeli arazi şartlarından dolayı jeolojik etütler yapılamamıştır.



Şekil 3.45. Sondaj Çalışmaları ve Araştırma Çukuru Çalışmalarının Arazideki Konumları

3.2.1. Araştırma çukuru çalışmaları

Çalışma alanında toplamda 8 adet araştırma çukuru açılmıştır (Tablo 3.30.). Açılan bu çukurlarda 50 cm büyüklüğündeki UD tüpüyle UD alınmıştır. AÇ-3 ve AÇ-4 çukurlarında yaklaşık 1,5 metrede kaya ya denk geldiği için UD alınamamıştır. Açılan çukurlar aşağıda detaylı olarak verilmektedir.

Tablo 3.30. Sondaj Çalışmaları ve Araştırma Çukuru Çalışmalarının Arazideki Konumları

NO.	DERİNLİK	FORMASYON	LİTOLOJİ	KOORDİNATLAR	
				Y	X
Aç- 1	2,40	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist	519324	4505078
Aç-2	2,30	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist	519360	45050056
Aç-3	1,20	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist	519381	4505145
Aç-4	1,50	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist	519389	45050159
Aç-5	2,50	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist	519501	4505204
Aç-6	2,30	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist	519517	4505201
Aç-7	2,30	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist	519508	4505247
Aç-8	2,40	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist	519535	4505248

3.2.2. Sondaj kuyusu çalışmaları

Çalışma alanında toplam 7 adet sondaj çalışması yapılmıştır (Şekil 3.46.- 3.47.- 3.48.- 3.49.- 3.50.-3.51.)

Tablo 3.31. SK-1 Sondajı Kuyusu Bilgisi

SONDAJ NO.	DERİNLİK	BAŞLANGIÇ TARİHİ	BİTİŞ TARİHİ	KOORDİNATLAR	
				Y	X
SK 1	9m	16.11.2016	16.11.2016	519330	4505031

Tablo 3.32. SK-1 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon

SK NO	DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	FORMASYON
	0,00 – 0,30 m	Nebati Toprak	
SK1	0,30 – 6,00 m	Tamamen ayrıışmış şist	Sultaniye Metamorfitleri Rezidüel Zon
	6,00 – 9,00 m	Parçalı kırıklı şist	Sultaniye Metamorfitleri



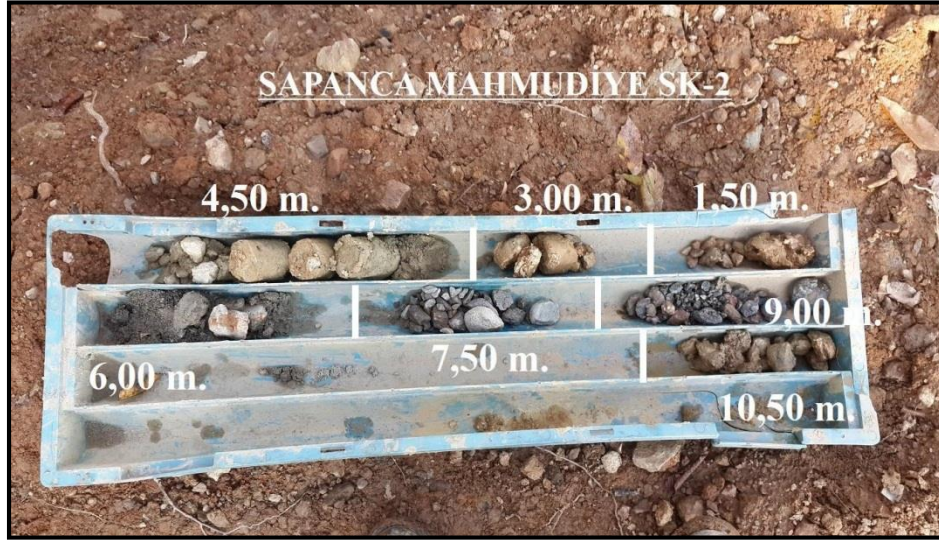
Şekil 3.46. SK-1'e ait Karot Sandığı

Tablo 3.33. SK-2 Sondajı Kuyusu Bilgisi

SONDAJ NO.	DERİNLİK	BAŞLANGIÇ TARİHİ	BİTİŞ TARİHİ	KOORDİNATLAR	
				Y	X
SK 2	10.50	17.11.2016	17.11.2016	519358	4505080

Tablo 3.34. SK-2 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon

SK NO	DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	FORMASYON
	0,00 – 0,30 m	Nebati Toprak	
SK2	0,30 – 6,00 m	Tamamen ayrıışmış şist	Sultaniye Metamorfitleri Rezidüel Zon
	6,00 – 10,50 m	Parçalı kırıklı şist	Sultaniye Metamorfitleri



Şekil 3.47. SK-2'e ait Karot Sandığı

Tablo 3.35. SK-3 Sondaj Kuyusu Bilgisi

SONDAJ NO.	DERİNLİK	BAŞLANGIÇ TARİHİ	BİTİŞ TARİHİ	KOORDİNATLAR	
				Y	X
SK 3	5,50	17.11.2016	17.11.2016	519346	4505101

Tablo 3.36. SK-3 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon

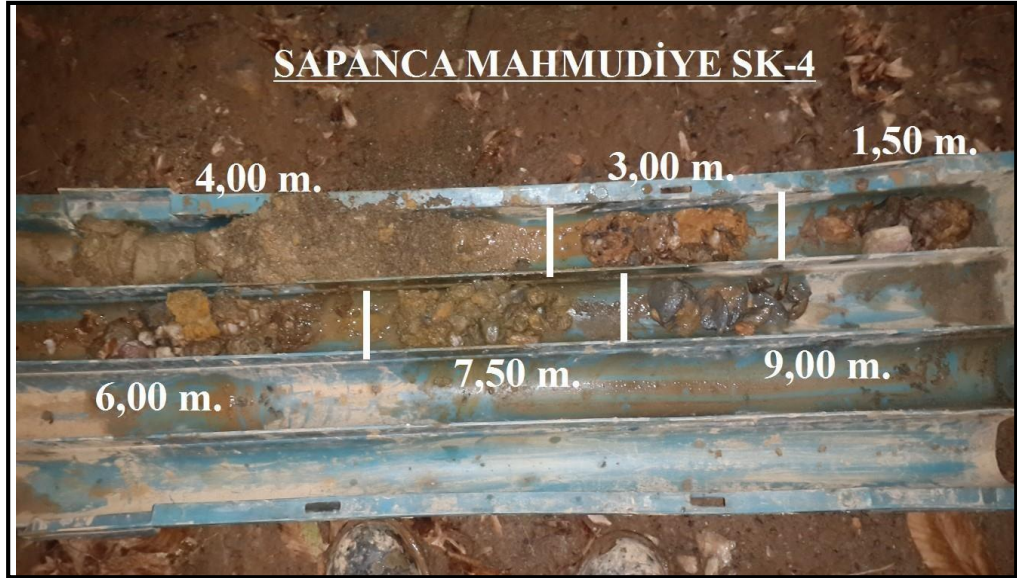
SK NO	DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	FORMASYON
SK3	0,00 – 0,30 m	Nebati Toprak	
	0,30 – 5,50 m	Parçalı Kırıklı şist	Sultaniye Metamorfileri

Tablo 3.37. SK-4 Sondaj Kuyusu Bilgisi

SONDAJ NO.	DERİNLİK	BAŞLANGIÇ TARİHİ	BİTİŞ TARİHİ	KOORDİNATLAR	
				Y	X
SK 4	9m	16.11.2016	16.11.2016	519389	4505143

Tablo 3.38. SK-4 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon

SK NO	DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	FORMASYON
SK4	0,00 – 0,30 m	Nebati Toprak	
	0,30 – 6,00 m	Tamamen ayrılmış şist	Sultaniye Metamorfileri Rezidüel Zon
	6,00 – 9,00 m	Parçalı kırıklı şist	Sultaniye Metamorfileri



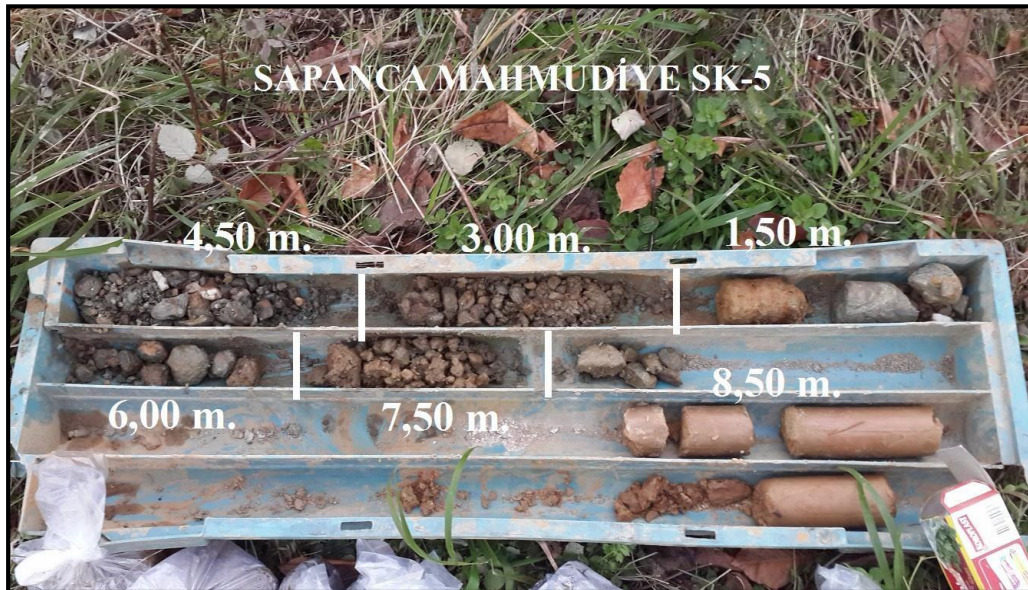
Şekil 3.48. SK-4'e ait Karot Sandığı

Tablo 3.39. SK-5 Sondaj Kuyusu Bilgisi

SONDAJ NO.	DERİNLİK	BAŞLANGIÇ TARİHİ	BİTİŞ TARİHİ	KOORDİNATLAR	
				Y	X
SK 5	8,50	19.11.2016	19.11.2016	519475	4505101

Tablo 3.40. SK-5 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon

SK NO	DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	FORMASYON
	0,00 – 0,30 m	Nebati Toprak	
SK5	0,30 – 6,00 m	Tamamen ayrıışmış şist	Sultaniye Metamorfitleeri Rezidüel Zon
	6,00 – 8.50m	Parçalı kırıklı şist	Sultaniye Metamorfitleeri



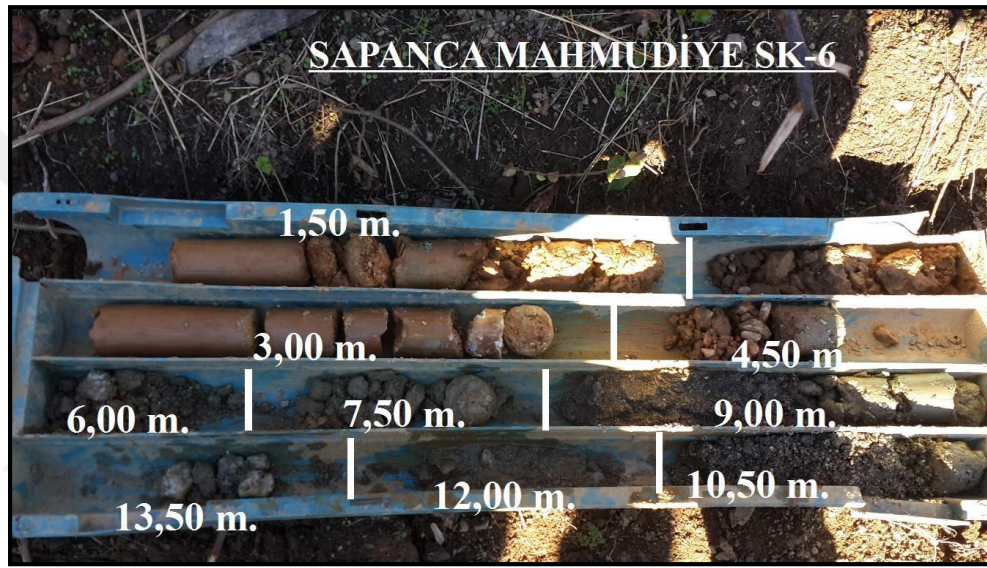
Şekil 3.49. SK-5'e ait Karot Sandığı

Tablo 3.41. SK-6 Sondaj Kuyusu Bilgisi

SONDAJ NO.	DERİNLİK	BAŞLANGIÇ TARİHİ	BİTİŞ TARİHİ	KOORDİNATLAR	
				Y	X
SK 6	13,50m	18.11.2016	18.11.2016	519504	4505190

Tablo 3.42. SK-6 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon

SK NO	DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	FORMASYON		
SK6	0,00 – 0,30 m	Nebati Toprak			
	0,30 – 6,00 m	Tamamen ayrıışmış şist	Sultaniye Zon	Metamorfitlei	Rezidüel
	6,00 – 13,50 m	Parçalı kırıklı şist	Sultaniye Metamorfitlei		



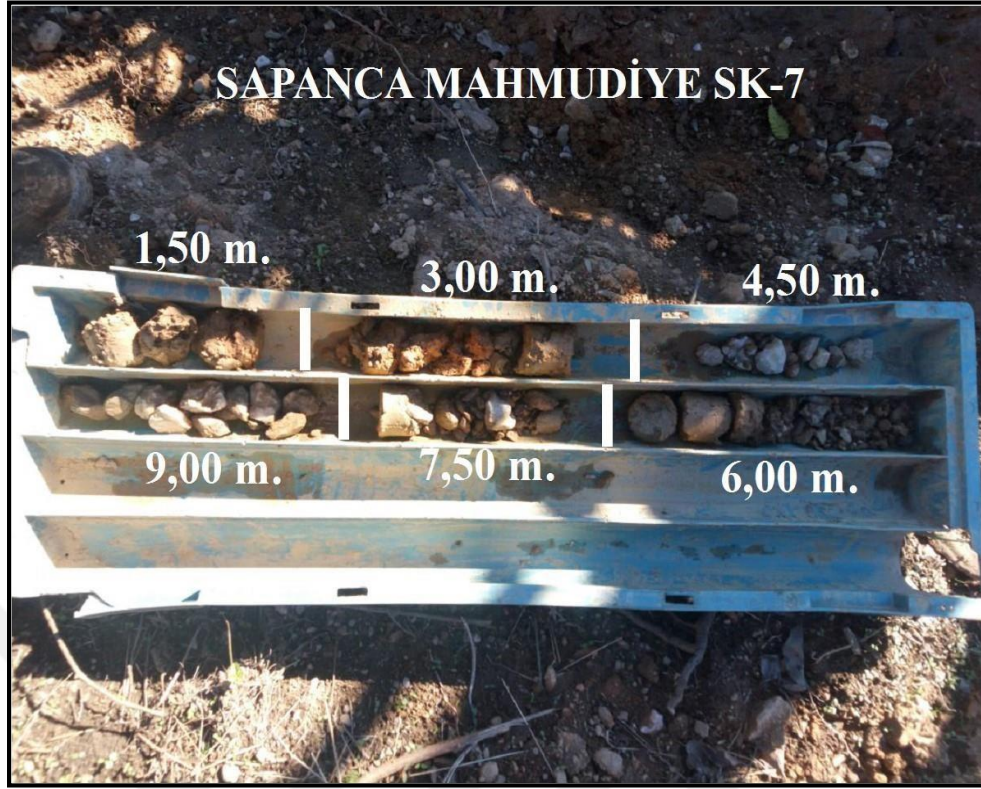
Şekil 3.50. SK-6'e ait Karot Sandığı

Tablo 3.43. SK-7 Sondaj Kuyusu Bilgisi

SONDAJ NO.	DERİNLİK	BAŞLANGIÇ TARİHİ	BİTİŞ TARİHİ	KOORDİNATLAR	
				Y	X
SK 7	9m	18.11.2016	18.11.2016	519520	4505248

Tablo 3.44. SK-7 Sondaj Kuyusu Derinlik, Litoloji, Formasyon

SK NO	DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	FORMASYON		
SK7	0,00 – 0,30 m	Nebati Toprak			
	0,30 – 6,00 m	Tamamen ayrıışmış şist	Sultaniye Zon	Metamorfitlei	Rezidüel
	6,00 – 9,00 m	Parçalı kırıklı şist	Sultaniye Metamorfitlei		



Şekil 3.51. SK-7'e ait Karot Sandığı

3.2.3. Arazi deneyleri

3.2.3.1. Standart penetrasyon deneyi (SPT)

Zeminlerin mühendislik özelliklerinin yerinde belirlenebilmesi amacıyla arazide SPT (Standart Penetrasyon Deneyi) yapılmıştır. SPT deneyi ile N30 değerleri belirlenmiş ve örselenmiş numuneler alınmıştır. Arazide yapılan standart penetrasyon testi sonuçları aşağıda tablo halinde verilmiştir (Tablo 3.45.).

Tablo 3.45. Farklı Sondaj Kuyuları için Standart Penetrasyon Testi Sonuçları

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK	DARBE SAYISI	N 30	Formasyon	Litoloji
SK-1	SPT 1	1.50	10 14 24	38	Sultaniye Metamorfikleri Rezidüel Zon	Tamamen Ayırılmış Şist
SK-1	SPT2	3,00		R	Sultaniye Metamorfikleri Rezidüel Zon	Tamamen Ayırılmış Şist
SK-1	SPT3	4,50		R	Sultaniye Metamorfikleri Rezidüel Zon	Tamamen Ayırılmış Şist

Tablo 3.45. (Devamı)

SK-1	SPT4	6,00	R	Sultaniye Rezidüel Zon	Metamorfitle	Tamamen Ayrışmış Şist
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK	DARBE SAYISI	N	Formasyon	Litoloji
SK-2	SPT 1	1.50	11 15 25	40	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-2	SPT2	3,00		R	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-2	SPT3	4,50		R	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-2	SPT4	6,00		R	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK	DARBE SAYISI	N30	Formasyon	Litoloji
SK-4	SPT 1	1.50	13 16 27	43	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-4	SPT2	3,00		R	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-4	SPT3	4,50		R	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-4	SPT4	6,00		R	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK	DARBE SAYISI	N30	Formasyon	Litoloji
SK-5	SPT 1	1.50	12 14 24	38	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-5	SPT2	3,00		R	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-5	SPT3	4,50		R	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-5	SPT4	6,00		R	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK	DARBE SAYISI	N30	Formasyon	Litoloji
SK-6	SPT 1	1.50	11 16 27	43	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-6	SPT2	3,00		R	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-6	SPT3	4,50		R	Sultaniye Metamorfitle Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist

Tablo 3.45. (Devamı)

SK-6	SPT4	6,00	R	Sultaniye Zon	Metamorfimleri	Rezidüel	Tamamen Ayrışmış Şist	
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK	DARBE SAYISI			N30	Formasyon	Litoloji
SK-7	SPT 1	1.50	12	15	25	40	Sultaniye Metamorfimleri Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-7	SPT2	3,00				R	Sultaniye Metamorfimleri Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-7	SPT3	4,50				R	Sultaniye Metamorfimleri Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist
SK-7	SPT4	6,00				R	Sultaniye Metamorfimleri Rezidüel Zon	Tamamen Ayrışmış Şist

3.2.3.2. Kaya kalitesi (RQD), toplam karot verimi (TKV)

İnceleme alanında yapılan 7 adet sondajda karotiyer ile ilerleme yapılarak karot numuneleri sandıklara yerleştirilmiştir. Bu numunelerdeki şist birimleri parçalı kırıklı olduğu için kaya kalitesi (RQD) ve toplam karot verimi(TKV) hesabı yapılamamıştır (Tablo 3.46.).

Tablo 3.46. Sondaj Kuyusuna Göre TKV ve RQD Değerleri

SK NO	DERİNLİK	TKV	RQD	Formasyon
SK-1	7,50 m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
	9,00 m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
SK-2	7,50m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
	9,00m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
	10,50m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
SK-3	1,50m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
	3,00m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
	4,50m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
	6,00m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
SK-4	7,50m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
	9,00m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
SK-5	7,50m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
	9,00m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
SK-6	7,50m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
	9,00m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
	12,00m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
	13,50m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
SK-7	7,50m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri
	9,00m	0	0	Sultaniye Metamorfikleri

3.2.3.3. Zeminin indeks-fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

Sondaj çalışmaları sırasında alınan örnekler üzerinde doğal su içeriği, elek analizi, atterberg limitleri, deneyleri yapılmış ve zeminler sınıflandırılarak temel zeminin fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Zeminlerin sınıflandırılması ve fiziksel özellikleri ile ilgili bilgiler aşağıda tablolar halinde verilmiştir (Tablo 3.47.-52.).

Tablo 3.47. SK-1 Sondaj numunelerine ait Laboratuvar deneyleri

Sondaj No/ Araştırma Çukuru No	Numune Tipi	Derinlik (m)	Su İçeriği (w) % (TSE-1900/1)	10 nolu Elek	200 nolu Elek	Atterberg Limitleri (ASTM 4318) LL %	PL %	D- (TSE-1900/1) PI %	Zemin Tipi (USCS)	FORMASYON
SK-1	CR	1,50-195	6	62	32	37	18	19	GC	Sultaniye Metamorfikleri Rezidüel Zon
SK-1	CR	3,00-3,45	18	56	14	30	20	10	GC	
SK-1	CR	4,50-4,95	5	87	3	NP	NP	NP	GW	
SK-1	CR	6,00-6,45	3	95	6	NP	NP	NP	GP	

Tablo 3.48. SK-2 Sondaj numunelerine ait Laboratuvar deneyleri

Sondaj No/ Araştırma Çukuru No	Numune Tipi	Derinlik (m)	Su İçeriği (w) % (TSE-1900/1)	10 nolu Elek	200 nolu Elek	Atterberg Limitleri (ASTM 4318) LL %	PL %	D- (TSE-1900/1) PI %	Zemin Tipi (USCS)	FORMASYON
SK-2	CR	1,50-195	18	52	36	33	21	12	GC	Sultaniye Metamorfikleri Rezidüel Zon
SK-2	CR	3,00-3,45	5	84	2	NP	NP	NP	GW	
SK-2	CR	4,50-4,95	22	54	31	31	20	11	GC	
SK-2	CR	6,00-6,45	7	68	7	NP	NP	NP	GP-GM	

Tablo 3.49. SK-4 Sondaj numunelerine ait Laboratuvar deneyleri

Sondaj No/ Araştırma Çukuru No	Numune Tipi	Derinlik (m)	Su İçeriği (w) % (TSE-1900/1)	10 nolu Elek	200 nolu Elek	Atterberg Limitleri (ASTM 4318) LL PL PI % % %	D- (TSE-1900/1)	Zemin Tipi (USCS)	FORMASYON
SK-4	CR	1,50-195	13	66	27	34 19 15		GC	Sultaniye Metamorfitleri Rezidüel Zon
SK-4	CR	3,00-3,45	16	65	30	32 18 14		GC	
SK-4	CR	4,50-4,95	17	65	35	32 18 15		GC	
SK-4	CR	6,00-6,45	16	57	35	32 18 14		GC	

Tablo 3.50. SK-5 Sondaj numunelerine ait Laboratuvar deneyleri

Sondaj No/ Araştırma Çukuru No	Numune Tipi	Derinlik (m)	Su İçeriği (w) % (TSE-1900/1)	10 nolu Elek	200 nolu Elek	Atterberg Limitleri (ASTM 4318) LL PL PI % % %	D- (TSE-1900/1)	Zemin Tipi (USCS)	FORMASYON
SK-5	CR	1,50-195	4	59	16	NP NP NP		GM	Sultaniye Metamorfitleri Rezidüel Zon
SK-5	CR	3,00-3,45	12	62	19	NP NP NP		GM	
SK-5	CR	4,50-4,95	1	69	15	NP NP NP		GM	
SK-5	CR	6,00-6,45	8	65	15	NP NP NP		GM	

Tablo 3.51. SK-6 Sondaj numunelerine ait Laboratuvar deneyleri

Sondaj No/ Araştırma Çukuru No	Numune Tipi	Derinlik (m)	Su İçeriği (w) % (TSE-1900/1)	10 nolu Elek	200 nolu Elek	Atterberg Limitleri (ASTM 4318) LL PL PI % % %	D- (TSE-1900/1)	Zemin Tipi (USCS)	FORMASYON
SK-6	CR	1,50-195	13	60	13	28 18 9		GC	Sultaniye Metamorfitleri Rezidüel Zon
SK-6	CR	3,00-3,45	13	70	20	29 17 12		GC	
SK-6	CR	4,50-4,95	15	61	16	30 20 9		GC	
SK-6	CR	6,00-6,45	5	61	21	NP NP NP		GM	

Tablo 3.52. SK-7 Sondaj numunelerine ait Laboratuvar deneyleri

Sondaj No/ Araştırma Çukuru No	Numune Tipi	Derinlik (m)	Su İçeriği (w) % (TSE- 1900/1)	10 nolu Elek	200 nolu Elek	Atterberg Limitleri (ASTM 4318) D- (TSE- 1900/1)			Zemin Tipi (USCS)	FORMASYON
						LL %	PL %	PI %		
SK-7	CR	1,50- 195	15	65	35	32	21	11	GC	Sultaniye Metamorfitleleri Rezidüel Zon
SK-7	CR	3,00- 3,45	17	71	29	34	20	14	GC	
SK-7	CR	4,50- 4,95	5	78	22	NP	NP	NP	GM	
SK-7	CR	6,00- 6,45	16	60	40	32	20	12	GC	

3.2.3.4. Kaya mekaniği deneyi

İnceleme alanından alınan kaya numuneler üzerinde mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik laboratuvar deneyleri yapılmıştır (Tablo 3.53.). Kayaçların jeomekanik özelliklerinin tayini amacıyla; nokta yükü dayanım indeksi deneyleri yapılmıştır.

İnceleme alanında Sultaniye Metamorfitlelerine ait Şist birimlerinin nokta yükleme deney sonuçlarının değerlerinin 13,03-17,89 kg/cm² arasında olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.53. Şist birimlerinin nokta yükleme deneyini gösteren laboratuvar sonuçları

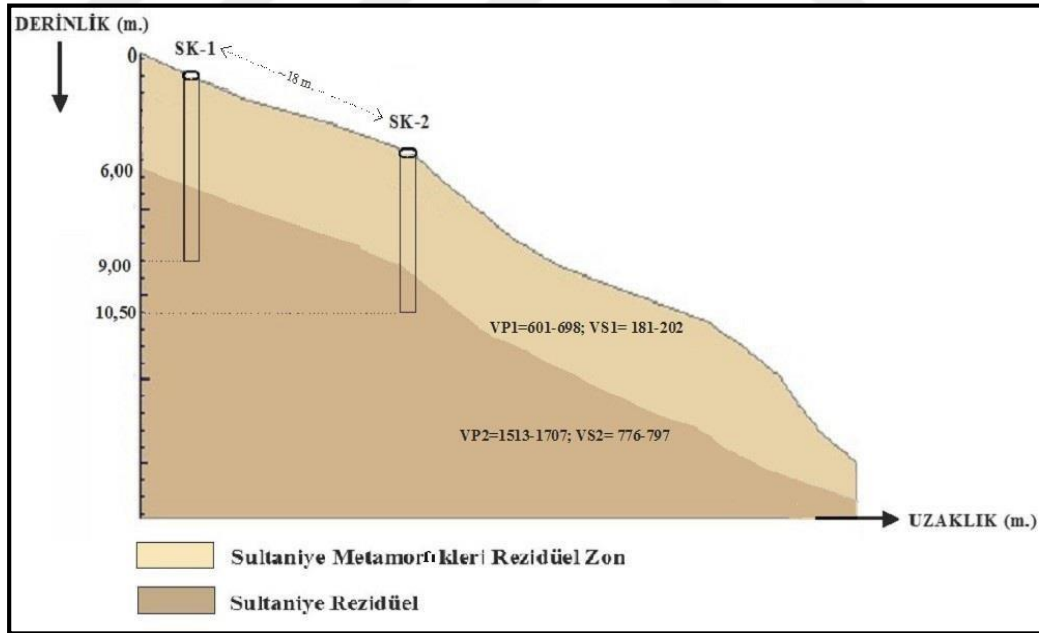
Sondaj No/ Araştırma Çukuru No	Numune Tipi	Derinlik (m)	Basınç (kg/cm ²) Serbest Basınç (qu)	Deneyleri (Cr) (ISRM 1985) Nokta Yükleme (Is)Kg/cm ²	Kayaç Türü	Formasyon
Aç-3	KAYA	1,20	429,37	17,89	ŞİST	Sultaniye Metamorfitleleri
Aç-4	KAYA	1,50	389,81	16,24	ŞİST	Sultaniye Metamorfitleleri
SK-1	KAYA	7,50	374,8	15,62	ŞİST	Sultaniye Metamorfitleleri
SK-1	KAYA	9,00	413,2	17,22	ŞİST	Sultaniye Metamorfitleleri
SK-2	KAYA	7,50	371,8	15,49	ŞİST	Sultaniye Metamorfitleleri
SK-2	KAYA	9,00	410,2	17,09	ŞİST	Sultaniye Metamorfitleleri

Tablo 3.53. (Devamı)

SK-2	KAYA	10,50	403	16,79	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-3	KAYA	1,50	326,4	13,60	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-3	KAYA	3,00	329,4	13,73	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-3	KAYA	4,50	387,6	16,15	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-3	KAYA	6,00	336,9	14,04	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-4	KAYA	7,50	328,3	13,68	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-4	KAYA	9,00	331,2	13,80	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-5	KAYA	7,50	312,8	13,03	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-5	KAYA	9,00	356,2	14,84	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-6	KAYA	7,50	350,6	14,61	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-6	KAYA	9,00	328,5	13,69	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-6	KAYA	12,00	364,8	15,20	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-6	KAYA	13,50	381,3	15,89	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-7	KAYA	7,50	354,41	14,77	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri
SK-7	KAYA	9,00	348,72	14,53	ŞİST	Sultaniye Metamorfikleri

3.3. Mühendislik zonları belirlenmesi

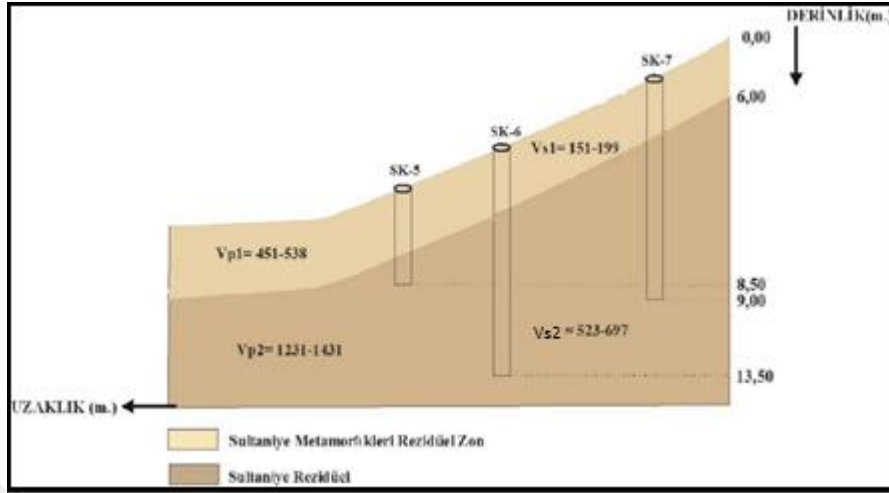
Yapılan tüm arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçların birlikte değerlendirilmesi sonucunda hazırlanmış olan jeolojik kesitler Şekil 3.52. ve Şekil 3.53.'te verilmektedir



Şekil 3.52. Jeolojik Kesit-1

İnceleme alanında ‘‘Sondaj çalışmasına göre 6 metreye kadar Sultaniye metamorfiklerinin rezidüel zonu ayrılmış şist birim, jeofizikte Vs1=151-267 m/sn ve Vp1=451-746 m/sn’lik hıza, daha alttaki Sultaniye metamorfiklerinin rezidüel zonuna

ait şistli birim, jeofizikte $V_{s2}=523-797$ m/sn ve $V_{p2}=1231-1707$ m/sn'lik hızla Sultaniye metamorfitlelerinin rezidüel zonuna ait şistli tabakaya karşılık gelmektedir.



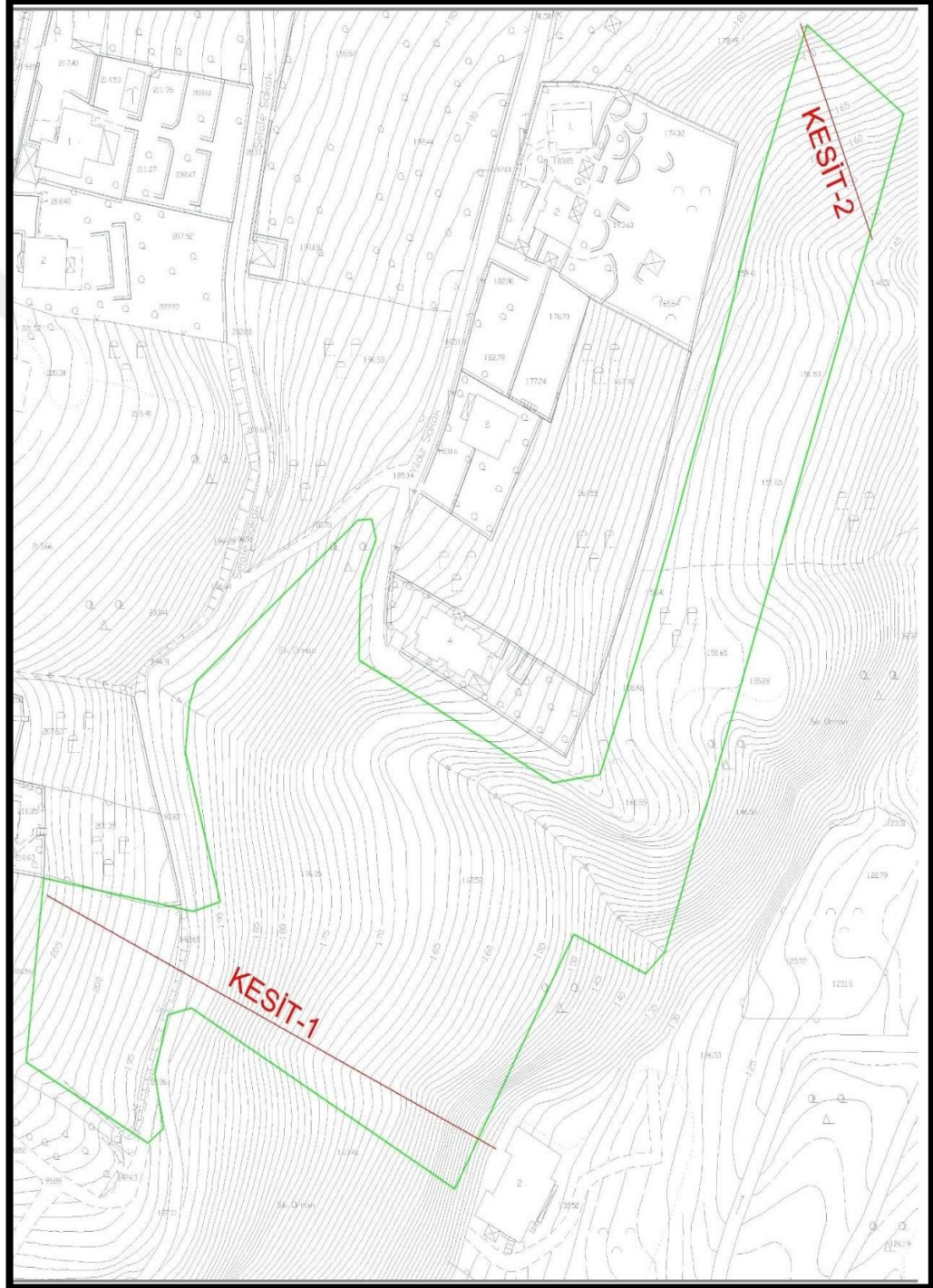
Şekil 3.53. Jeolojik Kesit-2

Çalışma alanında “Sk-5, Sk-6, Sk-7 Sondaj çalışmalarına göre 6 metreye kadar Sultaniye metamorfitlelerinin rezidüel zonu ayrılmış şist birim, jeofizikte $V_{s1}=151-199$ m/sn ve $V_{p1}=451- 538$ m/sn lik hıza, daha alttaki Sultaniye metamorfitlelerinin rezidüel zonuna ait şistli birim , jeofizikte $V_{s2}=523-697$ m/sn ve $V_{p2}=1231- 1431$ m/sn'lik hızla Sultaniye metamorfitlelerinin rezidüel zonuna ait şistli tabakaya karşılık gelmektedir.

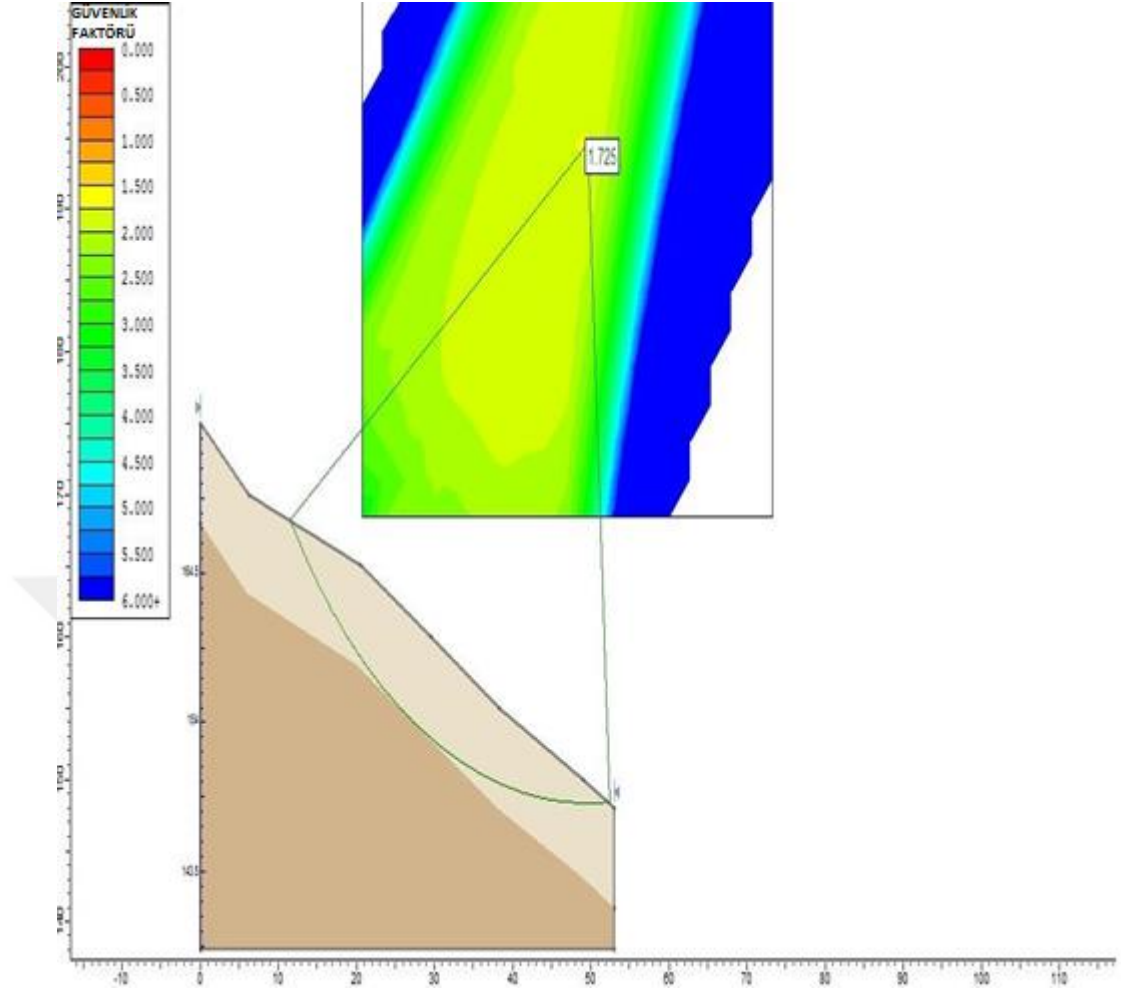
3.3.1. Kütle hareketleri

Çalışma alanının litolojisini Sultaniye Metamorfitleleri'ne ait birimler oluşturmaktadır. Yapılan gözlemler ve çalışmalar sonucunda inceleme alanında üstte kalınlığı 0,50-6,00 m arasında değişen Sultaniye metamorfitlelerinin rezidüel zonu altta ise bu formasyona ait şistler yer almaktadır. İnceleme alanında eğim Güney Doğu yönündedir. Güney Doğuya doğru eğim % 10- 20, % 20-30, % 30-40 ve % 40-50 arasında eğimli bir topografyaya sahiptir (Şekil 3.40.). Genel olarak yapılan şev stabilite analizleri sonucunda güvenlik faktörünün Şekil 3.55. Kesit-1'de 1,725 Şekil 3.56. Kesit-2'de 1,084 olduğu belirlenmiş olup, yamaçın duraylı olduğu gözlenmiştir. İnceleme alanında heyelan, akma, kaya düşmesi vb. kütle hareketleri

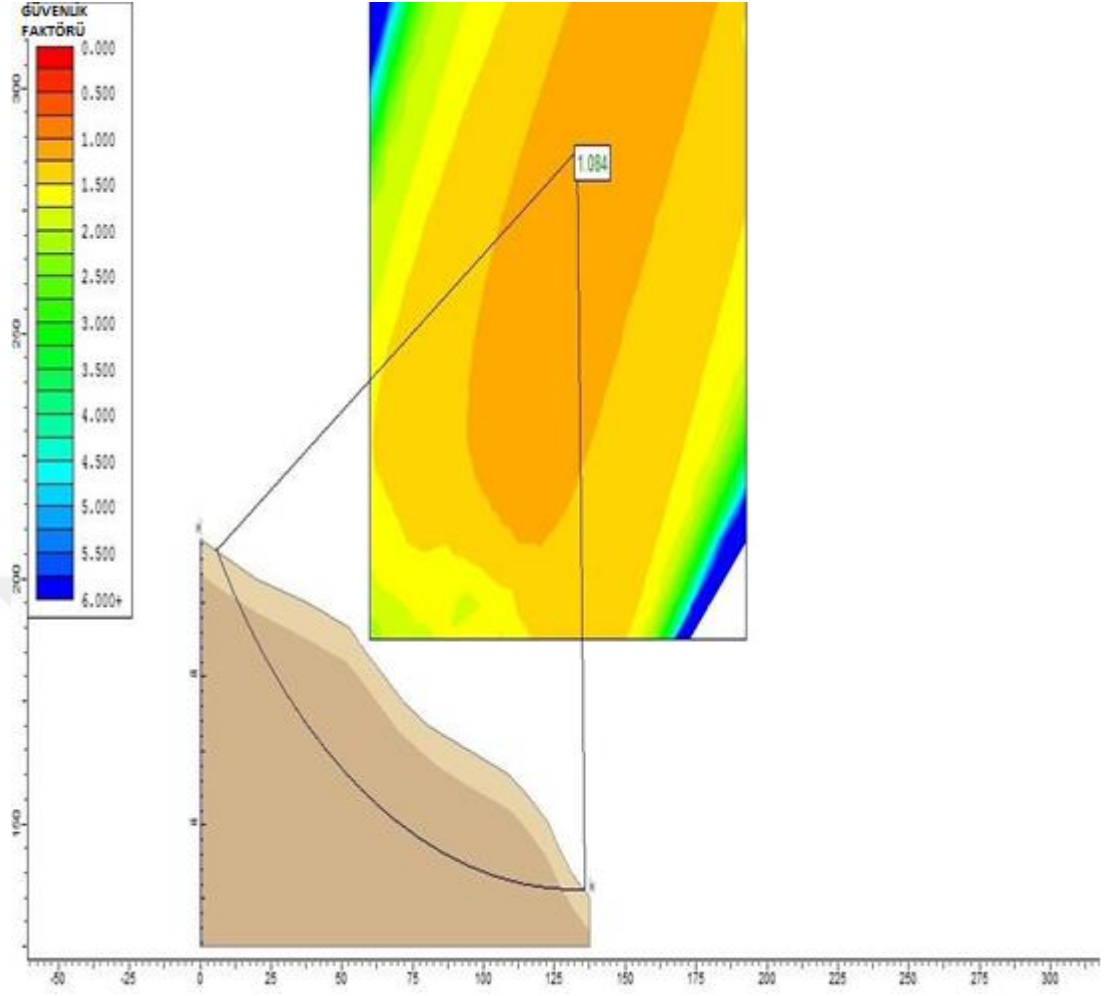
gözlenmemiştir. Ancak rezidüel zonunun kalınlığı, eğimin yüksek olması, şistlerin ayrıışmış kırıklı ve çatlaklı bir yapıda olması ve şev stabilite güvenlik faktörünün düşük olması sebebi ile yapılacak derin ve kontrolsüz kazılarda Sultaniye Metamorfikleri'nde stabilite problemleri beklenebilir.



Şekil 3.54. Kesit-1 ve kesit 2 ye ait topografik görüntü



Şekil 3.55. Kesit-1(şev stabilite analizi)



Şekil 3.56. Kesit-2 (şev stabilite analizi)

BÖLÜM 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

1- Bu çalışma ile Sakarya ili Sapanca İlçesi, Mahmudiye Mahallesi'nde yer alan, toplamada 17631 m² alanın imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüdünün yapılarak yerleşime uygunluk durumunun yeniden değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2-İnceleme alanı 05.06.2008 tarihinde Mülga Sakarya Bayındırlık İl Müdürlüğü tarafından onaylanan Sapanca Mahmudiye imar planına esas jeolojik-Jeoteknik etüt raporunda topoğrafik eğim nedeniyle kitle hareketleri oluşabileceğinden “(AJE) Ayrıntılı Jeolojik Etüt Alan” olarak değerlendirilmiştir.

3-Sahada derinliği 5-13,50m arasında değişen toplamda 7 adet sondaj çalışması. toplamda 8 adet araştırma çukuru çalışması yapılmıştır. Zemin yapısını detaylı ortaya çıkarabilmek ve açılan sondaj kuyularını denettirmek amacıyla bu çalışmalara ek olarak 6 adet sismik kırılma, 8 adet elektrik ve 3 adet mikrotremör çalışması yapılmıştır.

4-İnceleme alanında eğim Kuzeybatı-Güneydoğu yönündedir. İnceleme alanının topoğrafik eğimi % 10-20, % 20-30, % 30-40 ve % 40-50 arasında değişmektedir.

5-Şistler içerisindeki mineraller ksenoblastik şekilli olup, genellikle lepidoblastik dokudadır. İnceleme alanının jeolojisini Permo-Triyas yaşlı Sultaniye Metamorfitlelerinin Rezidüel Zonu ve Sultaniye Metamorfitlerine ait kırıklı-parçalı şist birimleri oluşturmaktadır

6- Çalışma alanında yapılan sondaj çalışmalarında SK-3 sondaj çalışması hariç diğer noktalarda 6 metre rezüdiel zon olan sultaniye metamorfitlerine ait ayrıışmış şist

birimi, 6 metreden sonra alınan numunelerde sultaniye matamorfitlelerine ait parçalı kırıklı şist birimidir.

7-SK-3 sondaj çalışması noktasında çıkan numuneler sultaniye matamorfitlelerine ait parçalı kırıklı şist birimidir.

8-Yapılan sismik çalışmalar sonucu derinlik arttıkça VP ve VS hızlarının arttığı görülmektedir. Sondaj çalışmaları sonucunda derinlik arttıkça şist biriminin sertliği ve dayanımı arttı görülmektedir. Buda sondaj ve sismik çalışmaların da derinliğin artması ile birlikte Sultaniye matamorfitlelerine ait şist birinin sağlamlığının arttığını göstermektedir.

9-Sultaniye metamorfitlelerin rezidüeline ait birimler “plastik değil”, “düşük-orta plastisiteli”, Kıvamlilik indeksi “çok yumuşak-yumuşak-yarı sert”, Sıkışabilirliği “düşük-orta sıkışabilirlik” grubundadır. Sultaniye metamorfitlelerine ait şist birimlerinde yapılan nokta yük dayanım deneylerine göre “Az dayanımlı” kayaç sınıfındadır.

10-Çalışma alanından toplanan mikrotremor verisinden elde edilen Ta-Tb değerleri birinci ölçüm noktası (MT1) de 0,32-0,72 sn, ikinci ölçüm noktası (MT2) de 0,61-1,36 sn ve üçüncü ölçüm noktası (MT3) de 0,31-0,70 sn dir. To değerleri ise birinci, ikinci ve üçüncü ölçüm noktaları için sırasıyla 0,48 sn, 0,91 sn, ve 0,47 sn olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan zemin hakim titreşim periyot değerleri MT-3 noktasında en düşük (0,47 sn.), MT-2 noktasında ise en yüksek (0,91 sn.) değerdedir. Alınan mikrotremor ölçümlerinde hesaplanan hakim periyot aralığındaki spektral büyütme (zemin büyütme) değerleri ise en küçük 1,80 ve en yüksek 1,86 değerinde olduğu belirlenmiştir. Ansal ve diğ.,2001’e göre inceleme alanının spektral büyütmelere göre tehlike düzeyi A (Düşük) sınıfına girmektedir.

11-Yapılan sismik çalışmalarda $V_{p1}=451-746\text{m/s}$, $V_{s1}=181-451\text{m/s}$, $V_{p2}=1231-1707\text{m/s}$, $V_{s2}=523-785\text{m/s}$; aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler doğrultusunda zemin sınıfı ve grubu hesaplanmış olup 1.tabaka genellikle Z3-C ve

2.tabaka Z2-B olarak belirlenmiştir. Ayrıca yer altı suyu ve sıvılaşma beklenmemektedir.

12-İnceleme alanında Sultaniye Metamorfitlerinin rezidüeline ait birimlerde şişme ‘düşük-orta’ derecede olup, oturma miktarı kabul edilebilir sınırlar içerisinde.

13-Çalışma alanının bulunduğu yer Türkiye’de pek çok yıkıcı depremin meydana geldiği Kuzey Anadolu Fayı üzerindedir. İnceleme alanı 1. Derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Dolayısıyla etüt alanında gerçekleştirilecek inşaat faaliyetlerinde “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” hükümlerine uyulmalıdır. Çalışmada elde edilen Ta-Tb değerleri 0,32-0,72 sn (MT1), 0,61-1,36 sn (MT2), 0,31-0,70 sn (MT3) dir. To değerleri ise 0,48 sn (MT1), 0,91 sn (MT2), 0,47 sn (MT3) dir.

14- Çalışma alanında alınan sismik ölçüler ve elektrik özdirenç ölçülerinden elde edilen verilerde görüldüğü gibi derinlik arttıkça kayalardaki gözeneklilik oranı düşmektedir. Sismik hız oranları ve elektrik özdirenç değerleri derinlik ile birlikte doğru orantılı olarak artmaktadır.

15-DES-7 verilerinde 1. Tabaka derinliği 5-8 metre arasında olup, özdirenç değerleri 236-295 ohm.m arasında değişmektedir. 2. Tabaka 8-12,5 m arasında olup, özdirenç değerleri 295-370 ohm.m arasındadır. Sondaj verilerinde ayrılmış şist 1. Tabakaya denk gelmektedir. 2 ve 3 tabaka derinlikleri sondaj derinliğinin daha alt seviyesinde yer almaktadır. Yani özdirenç değerleri sondaj derinliği altında artmaya devam etmektedir. Bu da derinlik arttıkça jeolojik formasyon olan şistin gözeneklerinin azaldığını göstermektedir.

16-DES-1 noktasından elde edilen DES eğrisi Şekil 3.32.’de görülmektedir. Bu eğride özdirenç değerleri 631-913 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES-1 noktasında 12,5 m ve 25 m olmak üzere 3 tane ayrı formasyon geçilmiştir. DES-2 noktasından elde edilen DES eğrisi Şekil 3.34.’de görülmektedir. Bu eğride özdirenç değerleri 190-346 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES-2 noktasında 8 m ve 20 m

olmak üzere 3 tane ayrı formasyon geçilmiştir. DES-3 noktasından elde edilen DES eğrisi Şekil 3.36.'da görülmektedir. Bu eğride özdirenç değerleri 114-245 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES-3 noktasında 10 m ve 20 m olmak üzere 3 tane ayrı formasyon geçilmiştir. DES-4 noktasından elde edilen DES eğrisi Şekil 3.38.'de görülmektedir. Bu eğride özdirenç değerleri 173-625 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES-4 noktasında 10 m ve 20 m olmak üzere 3 tane ayrı formasyon geçilmiştir. DES-5 noktasından elde edilen DES eğrisi Şekil 3.40.'da görülmektedir. Bu eğride özdirenç değerleri 116-843 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES-5 noktasında 8 m, 20 m ve 30 m olmak üzere 4 tane ayrı formasyon geçilmiştir. DES-6 noktasından elde edilen DES eğrisi Şekil 3.42.'de görülmektedir. Bu eğride özdirenç değerleri 222-3357 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES-6 noktasında 10 m ve 25 m olmak üzere 3 tane ayrı formasyon geçilmiştir. DES-8 noktasından elde edilen DES eğrisi Şekil 3.44.'de görülmektedir. Bu eğride özdirenç değerleri 452-680 ohm.m arasında değişmektedir. Bu DES-8 noktasında 10 m ve 20 m olmak üzere 3 tane ayrı formasyon geçilmiştir.

17-İnceleme alanında eğim Güneydoğu yönündedir. Bölge Güneydoğuya doğru % 10-20, % 20- 30, % 30-40 ve % 40-50 arasında eğimli bir topografyaya sahiptir. Genel olarak yapılan şev stabilite analizleri sonucunda güvenlik faktörünün Kesit-1'de 1,084, Kesit-2'de 1,725 olduğu belirlenmiştir. İnceleme alanında heyelan, akma, kaya düşmesi vb. kütle hareketleri gözlenmemiştir. Ancak rezidüel zonunun kalınlığı, eğimin yüksek olması, şistlerin ayrıışmış kırıklı ve çatlaklı bir yapıda olması ve şev stabilite güvenlik faktörünün düşük olması sebebi ile yapılacak derin ve kontrolsüz kazılarda Sultaniye Metamorfikleri'nde stabilite problemleri beklenebilir.

KAYNAKLAR

- Akartuna, M. (1952). Armutlu Yarımadası'nın Jeolojik Etüdü. MTA Rap, (3499).
- Akyol, Z., Arpat, E., Erdoğan, B., Göğçer, E., Güner, Y., Şaroğlu, F., ... & Uysal, Ş. (1974). 1/50.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Serisi, Zonguldak E29 a, E29 b, E29 c, E29d, Kastamonu E30 a, E30 d. Ankara, Turkey: MTA Enstitüsü Yayınları (in Turkish).
- Alisan, C., Derman, A. S., Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., & Örcen, S. (1995). The first palynological age, sedimentological and stratigraphic data for the Çakraz Group (Triassic), Western Black Sea. Geology of the Black Sea Region. Directorate of the Mineral Research and Exploration, Ankara, 93, 98.
- Ansal, A.M., İyisan, R., Güllü, H. 2001. Microtremor Measurements for the Microzonation of Dinar. Pure and Applied Geophysics, 158, 2525-2541.
- Aydın, M., Serdar, H.S., Şahintürk, Ö., Yazman, M., Çokuğraş, R., Demir, O. ve Özçelik, Y. 1987. Çamdağ (Sakarya)-Sünnicedağ (Bolu) yöresinin jeolojisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, Cilt:30 (1), s. 101-107.
- Aytun, A. (2001). Olası deprem hasarını en aza indirmek amacıyla yapıların “doğal” salınım periyodlarının yerin “baskın” periyodundan uzak kılınması. Uşak İli ve Dolayı (Frigya) Depremleri Jeofizik Toplantısı, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara.
- Bingöl, E., Akyürek, B., & Korkmazer, B. (1973). Biga yarımadasının jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri. Cumhuriyetin, 50, 70-77.
- Ercan, A. 1998, Mühendislik Jeofiziği Ders Notları. İTÜ Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, (Yayınlanmamış)
- Erendil, M., Aksay, A., Kuşçu, İ., Oral, A., Tunay, G., ve Temren, A., 1991. Bolu masifi ve çevresinin jeolojisi. MTA rap.no.7998.
- Erol Timur ve Ahmet Aksay MTA1/100000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları Adapazarı G-24 paftası, Genç, D., Zemin Mekaniği Ve Temeller Tmmob Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No. 100.
- Field, E. H., & Jacob, K. H. (1995). A comparison and test of various site-response estimation techniques, including three that are not reference-site dependent. Bulletin of the seismological society of America, 85(4), 1127-1143.

- Gönülcüoğlu, M.C., Erendil, M., Tekeli, O., Ürgün, B.M., Aksay, A., ve Kuşçu, G., 1986. Armutlu Yarımadası'nın doğu kesiminin jeolojisi. MTA Rapor, No. 7786 43p.
- Hesse, A., Jolgvat, A., Tabbagh, A., New Prospects in Shallow Depth Electrical Surveying For Archaeological and Pedological Applications., Geophysics, Vol.51, p.585– 594, 1966
- Kanai, K. (1961). 3. On the Spectrum of Strong Earthquake Motions. Bull. Earthq. Res. Inst, 39, 85-95.
- Kaya, O., & Kozur, H. (1987). A new and different Jurassic to Early Cretaceous sedimentary assemblage in northwestern Turkey (Gemlik, Bursa): implications for the pre-Jurassic to Early Cretaceous tectonic evolution. *Yerbilimleri*, 14, 253-268.
- Kaya, O., 1982, Ereğli, Yığılca, Bolu Kuzey, Mengen alanlarının stratigrafisi ve yapı özellikleri. TPAO Rap No: 1639. (unpublished)
- Keçeli, A., 1990. Sismik Yöntemlerle Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması. *Jeofizik*, 4, 83-92, JFMO Eğitim Yayınları, Ankara.
- Ketin, İ. ve Gümüş, A. 1963. Sinop – Ayancık güneyinde üçüncü bölgeye dahil sahaların jeolojisi hakkında rapor (2. Kısım: Jura ve Kretase formasyonlarının etüdü), TPAO Rap. No. 288
- Kipman, E. 1974. Sakarya Çamdağ (Kestanepınar – Yassıgeçit köyleri arası) deniz çökelleri demir cevherinin jeolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, 25, 72 s.
- Lermo, J., & Chávez-García, F. J. (1994). Site effect evaluation at Mexico City: dominant period and relative amplification from strong motion and microtremor records. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 13(6), 413-423.
- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Railway Technical Research Institute, Quarterly Reports*, 30(1).
- Nakamura, Y. (2000). Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications, *Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering*, Auckland, New Zealand.
- Nogoshi, M., & Igarashi, T. (1970). On the propagation characteristics of microtremors. *J. Seism. Soc. Japan*, 23, 264-280.
- Okay, A.I., Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F. and Seranne, M. (eds.), *The Mediterranean Basins, Tertiary Extension within the Alpine Orogen*. Geological Society, London, Special Publications, 156, 475-515.

- Okay, A. I., Siyako, M., & Bürkan, K. A. (1990). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2(1), 83-121.
- Okay, A. I., & Tansel, İ. (1992). Pontid-İçi okyanusunun üst yaşı hakkında Şarköy kuzeyinden (Trakya) yeni bir bulgu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 114(114).
- Önder, F., & Göncüoğlu, M. C. (1989). Armutlu yarımadasında (Batı Pontidler) Üst Triyas konodontları. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 109(109).
- Özaydın, K.; 1982, Zemin Dinamiği, Deprem Mühendisliği Türk Milli Komitesi Yayını.
- Saner, S., 1978, Orta Sakaryadaki Üst Kretase-Paleosen-Eosen çökelme ilişkileri ve Anadoludaki petrol aramalanındaki önemi: Dördüncü Petrol Kongresi Tebliğleri, Ankara.
- Tokay, M. (1954). Géologie de la Région de Bartın (Zonguldak-Turquie du Nord). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA Bulletin)*, 46(47), 46-63.
- Ulusay, R. (2001). Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 38, 385.
- Yergök, A. F., Akman, Ü., Keskin, İ., İplikçi, E., Mengi, H., Karabalık, N. N., Umut, M., Armağan, F., Erdoğan, K., Kaymakçı, H., Çetinkaya, A., 1987. Batı Karadeniz Bölgesinin jeolojisi, Maden Tetkik Arama Enstitüsü Rapor No.8273 (yayınlanmamış), 230 pp.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Gözübol, A. M., Yiğitbaş, E., 1981. Abant (Bolu) – Dokurcun (Sakarya) arasında Kuzey Anadolu Fay Zonunun kuzey ve güneyinde kalan tektonik birliklerin jeolojik evrimi, İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, 3-4, pp. 239-261.
- Yılmaz, Y., 1990. Comparison of young volcanic associations of western and eastern Anatolia under compressional regime; a review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 44, 69–87.
- Yönetmelik, D. B. Y. B. H. (2007). TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Halil İbrahim AR

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Jeofizik Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Sakarya Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Jeofizik Mühendisliği	2016
Lise	Sakarya Atatürk Lisesi	2012

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2019-Halen	Mepsa Makine Ltd. Şti.	Satış Mühendisi
2016-2019	Ar Zemin Mühendislik	Jeofizik Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce

HOBİLER

Kitap Okumak, doğa yürüyüşü