ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Utku EGEMEN

MANİSA'NIN SALİHLİ İLÇSİNİN JEOTERMAL KAYNAK POTANSİYELİNİN JEOLOJİK VE JEOFİZİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2012

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MANİSA'NIN SALİHLİ İLÇESİNİN JEOTERMAL KAYNAK POTANSİYELİNİN JEOLOJİK VE JEOFİZİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

Utku EGEMEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez / /2012 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir**.**

Öğr. Gör. Dr. Hatice KARAKILÇIK	Prof. Dr. Ulvi Can ÜNLÜGENÇ	Doç Dr. Erol ÖZER
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu tez Enstitümüz Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. M. Rifat ULUSOY
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MANİSA'NIN SALİHLİ İLÇESİNİN JEOTERMAL KAYNAK POTANSİYELİNİN JEOLOJİK VE JEOFİZİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

Utku EGEMEN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Öğr. Gör. Dr. Hatice KARAKILÇIK
Yıl : 2012 Sayfa : 101
Jüri : Öğr. Gör. Dr. Hatice KARAKILÇIK
: Prof. Dr. Ulvi Can ÜNLÜGENÇ
: Doç Dr. Erol ÖZER

Çalışma sahasında Paleozoyik öncesi, Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler mevcuttur. Sahanın topografyası bölgenin horst-graben sisteminin sonucu oluşan morfolojik özelliklere sahiptir. Çalışma sahasında sıcak suların akifer kayacını Paleozoyik yaşlı mermer ve şistler (Metamorfitler), örtü kayacını ise Neojen yaşlı birimler oluşturmaktadır. Paleozoyik yaşlı kayaçlar üzerinde uyumsuz olarak yer alan Miyosen yaşlı konglomera ve marn üyesi ile Pliyosen yaşlı marn, konglomera, kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Bu çalışmada Salihli bölgesi ve çevresinin jeotermal potansiyeli 'Elektrik Özdirenç Sondaj (DES)' yöntemi ile incelenmiştir. Çalışma alanı yaklaşık 50 km^2'dir. İnceleme alanında 39 noktada DES ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen DES verileri IPI2Win bilgisayar programı ile değerlendirilerek, her bir tabakanın kalınlığı ve gerçek özdirenç değerleri elde edilmiştir. Bu değerler kullanılarak bölgenin jeoelektrik haritası oluşturulmuş ve bölgede düşük özdirenç değerli alanlar tespit edilmiştir. Elde edilen düşük özdirençli anomalilerin, tamamen ortamın termal akışkanla sature olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca çalışma alanının görünür özdirenç haritası ile görünür özdirenç kat haritaları da oluşturulmuştur. Çalışma sahasından elde edilen bu haritaların değerlendirilmesi sonucu, hazne kayanın yeri, derinliği ve uzanımı, örtü kaya kalınlığı ve hazne kayaç sınırları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal, Salihli, DES, Özdirenç, Jeofizik

ABSTRACT

MSc. THESIS

INVESTIGATION OF GEOLOGICAL AND GEOPHSYSICAL METHODS OF THE GEOTHERMAL RESOURCE POTENTIAL OF SALIHLI DISTRICK OF MANISA

Utku EGEMEN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOLOGY ENGINEERING

Supervisor : Instractor Dr. Hatice KARAKILÇIK
Year : 2012, Pages : 101
Jury : Instractor Dr. Hatice KARAKILÇIK
: Prof. Dr. Ulvi Can ÜNLÜGENÇ
: Assoc. Prof. Dr. Erol ÖZER

The study area consists of pre-Paleozoic, Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic sedimentary units, and the morphological features of the region are controlled by horst-graben systems. The reservoir (hot water aquifer) rocks are Paleozoic (Devonian) marble and schist. The cap rocks, which overlie the Paleozoic reservoir rocks, include Miocene and Pliocene conglomerates, marls and limestones.

Geophysical exploration methods play an important role both in geothermal exploration and development. The Vertical Electrical Soundings (VES) method was used to determine the geothermal potential of the Salihli region, an approximately 50km2 area which is one of the most active geothermal areas in Turkey. VES were recorded at 39 points in the study area and the actual layer thickness of each resistivity values was calculated from the VES data using the IPI2Win computer program. This was then used to construct geoelectrical maps and low resistivity anomalies were identified. These anomalies are interpreted to represent hot fluid saturation. In addition, the study area with the map of apparent resistivity and maps of apparent resistivity layer are constitued.These maps were used to determine the location, depth and extent of the reservoir rock, the thickness of cap rock and reservoir rock boundaries.

Keywords: Geothermal, Salihli, VES, Resistivity, Geophysical

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında değerli katkılarından dolay danışmanım Öğr.Gör.Dr. Hatice KARAKILÇIK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmalarımda bana her türlü olanağı sağlayan Hateks Enerji Üretimi A.Ş. ve çalışanlarına, Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Başkanlığına, Belirti Mühendislik ve Danışmanlık A.Ş. ve tüm çalışanlarına, Kent Jeoteknik Jeoloji, Jeofizik Ltd. Şti'ye ve Özelliklede her zaman yanımda olan sevgili aileme çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
TABLOLAR DİZİNİ VI
ŞEKİLLER DİZİNİ VIII
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ X
SİMGELER VE KISALTMALAR.. XIV
1. GİRİŞ 1
1.1. Jeotermal Enerji Nedir? 3
1.2. Jeotermal Enerjinin İlerleyen Zaman İçerisindeki Gelişimi 4
1.3. Jeotermal Sahaların Değerlendirilmesinde Özdirenç Yöntemi ve Önemi 5
1.4. Jeotermal Alanların Dünya Üzerindeki Yeri 10
1.4.1. Rezervuar sıcaklığının 150ºC'den düşük olduğu sistemler 10
1.4.2 Rezervuar sıcaklığının 150ºC'den yüksek olduğu sistemler 10
1.5. Dünyada Jeotermal Sistemlerin Yayılımı 11
1.5.1. Aktif Kıta Kenarındaki Jeotermal Sistemler 11
1.5.2. Okyanus Ortası Sırtlar Üzerindeki Jeotermal Sistemler 12
1.5.3. Yaygın Aktif Kıta Yarıkları Üzerindeki Sistemler 12
1.5.4. Kıtasal Yarıklar Üzerindeki Diğer Sistemler 12
1.5.5. Aktif Volkanik Adalarla İlgili Sistemler 12
1.5.6. Normal ve Normalden Yüksek Isı Akısı ile İlgili Sistemler 13
1.6. Önemli Jeotermal Kuşaklar 13
1.6.1. And Volkanik Kuşağı 13
1.6.2. Alp – Himalaya Kuşağı 13
1.6.3. Karayip Adaları 13
1.6.4. Orta Amerika Volkanik Kuşağı 14

1.7. Jeotermal Enerji Kaynakları 14
1.7.1. Kuru Sıcak Kaya 15
1.7.2. Magma 17
1.7.3. Jeo-Basınçlı Akışkanlar 17
1.7.4. Hidrotermal 17
1.7.4.1. Su-Baskın Hidrotermal Sistemler 18
1.7.4.2. Buhar–Baskın Hidrotermal Sistemler 19
1.8. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları 19
1.8.1. Elektrik üretimi 19
1.8.2. Doğrudan Kullanım 20
1.9. Türkiye'de Jeotermal Enerji 22
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 29
2.1. Çalışma Alanı Jeolojisi 29
2.2. Bölgenin Tektoniği 30
2.3. Bölgenin Stratigrafisi 33
2.3.1. Paleozoik 33
2.3.1.1. Gnays 34
2.3.1.2. Kuvars-klorit-muskovit-biyotit-serizit-granatsist (Pms) 34
2.3.1.3. Mermer 35
2.3.1.4. Sisti kuvarsit Kuvars-klorit sist-granat sist (Pms) 35
2.3.1.5. Mermer (Pmr) 35
2.3.1.6. Kalk-klorit-biyotit-muskovitsist (Pms) 36
2.3.2.Neojen 36
2.3.2.1. Pliosen (P11) yapraklı seyl 36
2.3.2.2. Pliosen (P12) konglomera-kumtası 37
2.3.2.3. Pliosen (P13) beyaz konglomera-kumtası 37
2.3.3. Kuvaterner 37
2.4. Bölgenin Hidrojeolojisi 39
3. MATERYAL VE METOD 43
3.1. Özdirenç Yöntemi 44

3.1.1. IPI2W'in 46
4. ARAŞTIRMA BULGULARI 47
4.1. Arazi Uygulaması 48
4.1.1. Çalışma Sahasında Sıcaklıkla Değişen Fiziksel Parametreler 50
4.2. Düşey Elektrik Sondaj Eğrileri 52
4.3. Görünür Eş Özdirenç Kesitleri ve Elektrik Yapı Kesitlerinin Değerlendirilmesi 67
4.3.1. Yerelektrik Yapısı 68
4.3.1.1. A-A' Yerelektrik Kesiti 68
4.3.1.2. B-B' Yerelektrik Kesiti 71
4.3.1.3. C-C' Yerelektrik Kesiti 74
4.3.1.4. D-D' Yerelektrik Kesiti 77
4.3.1.5. E-E' Yerelektrik Kesiti 80
4.4. Görünür Özdirenç Seviye Haritaları 83
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 95
KAYNAKLAR 97
ÖZGEÇMİŞ 101

TABLOLAR DİZİNİ **SAYFA**

Tablo 1.1. Batı Anadolu'daki kuyuların kuyu ağzı sıcaklıklarına göre yüzdeleri..... 23
Tablo 1.2. Orta Anadolu'daki kuyuların kuyu ağzı sıcaklıklarına göre yüzdeleri 23
Tablo 1.3. Doğu Anadolu'daki kuyuların kuyu ağzı sıcaklıklarına göre yüzdeleri 23
Tablo 4.1. Nirengi Nokta Değerleri 47
Tablo 4.2. Ölçü İsimleri ve Koordinatları..... 48
Tablo 4.3. Özdirenç ve Derinlik tablosu: Kırmızı yüksek özdirenç değerlerini göstermektedir. Mavi düşük özdirenç değerlerini göstermektedir. Yeşil yüksek derinliğe ulaşılmış noktaları. Sarı sığ derinliklerde kalmış noktaları göstermektedir..... 66

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1 Yeni Zelanda Kuzey adasında bulunan Jeotermal bölgede magneto-tellurik derin rezistivite etütleri yapmıştır. 6
Şekil 1.2. Mc. Nabb, rezervuara bitişik sıcaklık kaynağı 7
Şekil 1.3. Darcy Kanunu gereğince rezervuardaki sıcak çözeltinin meteorik soğuk suyun yerini almasını göstermektedir. 8
Şekil 1.4. Meteorik su rezervuarına yerleşen sıcak çözelti daha ziyade küçük genlikli konveksiyon akımları sebebiyle meteorik soğuk su bölgelerine doğru genişlemesini göstermektedir. 8
Şekil 1.5. Bir çözeltinin rezistivitesi, konsantrasyon miktarı ve sıcaklığı arasındaki bağıntılar. 9
Şekil 1.6. Çözeltinin içerdiği elementlere göre, eşdeğer ppm değerlerini bulmak suretiyle, daima NaCl çözeltisi için yapılmış abak 9
Şekil 1.7. Dünyadaki jeotermal alanların yayılımı (Türkiye Jeotermal Derneği İnternet Sitesinden) 14
Şekil 1.8. Kuru Sıcak Kaya jeotermal kaynağın şematik gösterimi ve bu konu ile ilgili Fantom tepesinde yapılan çalışma((Image courtesy of the Hot Rock Energy program, Australian National University) 16
Şekil 1.9. Jeotermal Jeotermal bir saha ile yerleşim yerlerinin Isıtma Projesi Sisteminin Genel Şeması görülmektedir 20
Şekil 1.10. Ege bölgesi diri fay haritası 25
Şekil 1.11. Türkiye'nin mevcut jeotermal kuyuları 27
Şekil 1.12. Taşınımın Etken Olduğu Kaynaklar İcin Basit Modeller 28
Şekil 2.1. Çalışma alanının jeolojik haritası 30
Şekil 2.2. Çalışma Alanının Stratigrafik Kolonu (Gökalp 1971, Karamanderesi & Yılmazer 1992). 38
Şekil 2.3. Kurşunlu jeotermal alanındaki kaynak kuyuların dağılımı (Yılmazer ve Karamanderesi, 1994'ten modifiye edilmiştir) 42

Şekil 3.1. Jeofizik yöntemler kullanılarak elde edilen bir jeotermal yapısı örneği. . 45
Şekil 3.2. Schlumberger Elektrot Düzeneği. *C1, C2: akım* elektrotları, *2r: akım elektrotları mesafesi (AB/2) P1, P2: potansiyel elektrotları b: potansiyel elektrotları mesafesi* 46
Şekil 4.1. Ölçülerin Alan Üzerindeki Dağılımı 49
Şekil 4.2. DES1 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları..... 52
Şekil 4.3. DES2 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları..... 52
Şekil 4.4. DES3 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları..... 53
Şekil 4.5. DES4 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları..... 53
Şekil 4.6. DES5 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları..... 53
Şekil 4.7. DES6 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları..... 54
Şekil 4.8. DES7 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları..... 54
Şekil 4.9. DES8 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları..... 54
Şekil 4.10. DES9 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları..... 55
Şekil 4.11. DES10 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları..... 55
Şekil 4.12. DES11 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları..... 55
Şekil 4.13. DES12 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları..... 56

Şekil 4.14. DES13 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 56
Şekil 4.15. DES14 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 56
Şekil 4.16. DES15 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 57
Şekil 4.17. DES16 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 57
Şekil 4.18. DES17 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 57
Şekil 4.19. DES18 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 58
Şekil 4.20. DES19 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 58
Şekil 4.21. DES20 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 58
Şekil 4.22. DES21 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 59
Şekil 4.23. DES22 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 59
Şekil 4.24. DES23 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 59
Şekil 4.25. DES24 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 60
Şekil 4.26. DES25 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 60
Şekil 4.27. DES26 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 60

Şekil 4.28. DES27 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 61
Şekil 4.29. DES28 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 61
Şekil 4.30. DES29 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 61
Şekil 4.31. DES30 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 62
Şekil 4.32. DES31 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 62
Şekil 4.33. DES32 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 62
Şekil 4.34. DES33 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 63
Şekil 4.35. DES34 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 63
Şekil 4.36. DES35 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 63
Şekil 4.37. DES36 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 64
Şekil 4.38. DES37 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 64
Şekil 4.39. DES38 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 64
Şekil 4.40. DES39 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. 65
Şekil 4.41. DES verilerinin elle değerlendirilmesi sonucu elde edilen A-A' kesitidir. 69

Şekil 4.42. A-A’ Görünür özdirenç kesiti 70
Şekil 4.43. Arazide elde edilen DES verilerinin IPI2win paket programı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen gerçek özdirenç ve kalınlık değerlerinin kullanılması ile elde edilen A-A’ yer elektrik kesiti. 71
Şekil 4.44. DES verilerinin elle değerlendirilmesi sonucu elde edilen B-B’ kesitidir..... 72
Şekil 4.45. B-B’ Görünür özdirenç kesiti 73
Şekil 4.46. Arazide elde edilen DES verilerinin IPI2win paket programı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen gerçek özdirenç ve kalınlık değerlerinin kullanılması ile elde edilen B-B’ yer elektrik kesiti. 74
Şekil 4.47. DES verilerinin elle değerlendirilmesi sonucu elde edilen C-C’ kesitidir..... 75
Şekil-4-48: C-C’ Görünür özdirenç elektrik kesiti..... 76
Şekil 4.49. Arazide elde edilen DES verilerinin IPI2win paket programı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen gerçek özdirenç ve kalınlık değerlerinin kullanılması ile elde edilen C-C’ yer elektrik kesiti 77
Şekil 4.50. DES verilerinin elle değerlendirilmesi sonucu elde edilen D-D’ kesitidir 78
Şekil 4.51. D-D’ Görünür özdirenç kesiti..... 79
Şekil 4.52. Arazide elde edilen DES verilerinin IPI2win paket programı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen gerçek özdirenç ve kalınlık değerlerinin kullanılması ile elde edilen D-D’ yer elektrik kesiti..... 80
Şekil 4.53. DES verilerinin elle değerlendirilmesi sonucu elde edilen E-E’ kesitidir. 81
Şekil 4.54. E-E’ Görünür özdirenç elektrik kesiti..... 82
Şekil 4.55. Arazide elde edilen DES verilerinin IPI2win paket programı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen gerçek özdirenç ve kalınlık değerlerinin kullanılması ile elde edilen E-E’ yer elektrik kesiti..... 83
Şekil 4.56. 500 m görünür özdirenç seviye haritası 84

Şekil 4.57. 800 m görünür özdirenç seviye haritası 85
Şekil 4.58. 1000 m görünür özdirenç seviye haritası 86
Şekil 4.59. 1250 m görünür özdirenç seviye haritası 87
Şekil 4.60. 1500 m görünür özdirenç seviye haritası 88
Şekil 4.61. 1750 m görünür özdirenç seviye haritası 89
Şekil 4.62. 2000 m görünür özdirenç seviye haritası 90
Şekil 4.63. 2250 m görünür özdirenç seviye haritası 91
Şekil 4.64. 2500 m görünür özdirenç seviye haritası 92
Şekil 4.65. 2750 m görünür özdirenç seviye haritası 93

SİMGELER VE KISALTMALAR

TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
DES	: Düşey Elektrik Sondaj
T	: Sıcaklık
K	: Konsantrasyon
PERİ	: Princeton Economical Research İnc.
SP	: Self Potential
MTA	: Maden Teknik Arama
SP	: Tür
EM	: Elektromanyetik Yöntem
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
K	: Dizilim Katsayısı
Pa	: Görünür Özdirenç
ppm	: Parts Per Million
ΔV	: Gerilim Farkı

1. GİRİŞ

Fosil yakıtlara göre daha ucuz, temiz ve sürdürülebilir bir enerji turu olan jeotermal enerjinin sera etkisi yaratmaması, geniş kullanım alanı ve öz kaynağımız olması bu enerjinin önemini daha çok arttırmaktadır. Yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklığı 20 C° den fazla olan ve çevresindeki sulara göre daha fazla mineral, gaz ve tuz içeren akışkanların yeryüzüne çıkarılarak kullanılması jeotermal enerji olarak tanımlanır (Başokur, 2009). Jeotermal enerjinin diğer enerji kaynaklarına göre temiz, ucuz, yenilenebilir ve çabuk devreye girme özellikleri bulunmaktadır.

Jeotermal alanların jeofizik yöntemler kullanılarak araştırılmasında özellikle jeoelektrik yöntemler, dünyanın birçok yerinde başarı ile kullanılmaktadır. Bu amaçla ilk çalışmalara 1950'li yıllarda İtalya'da başlanmıştır. Bu çalışmalarda düşük özdirençli örtü kayası ve altındaki yüksek özdirençli hazne kayası için özdirenç haritaları çıkartılmıştır.

Jeotermal sistemler genelde iki tip olarak görülür. Bunlardan ilki sıcak su sistemleri ikincisi ise buharın hakim olduğu sistemdir. Gayser, Kaliforniya; Larderello, İtalya; Mud Volcano, Yellowstone National Park, Amerika ve Buharkent, Denizli buharın hakim olduğu sistemlere örnektir.

Bir jeotermal alanın oluşabilmesi için ısı kaynağı, gözenekli bir hazne kaya, geçirimsiz örtü kaya ve yeterli su beslenmesi gerekmektedir. Jeotermal akışkan dolaşımı nedeni ile geçirgenlik ve gözenekliliğin artması elektriksel özdirenç değerlerini etkiler. Elektrik ve elektromanyetik yöntemlerde, yeraltındaki dağılımı hesaplanmaya çalışılan fiziksel özellik maddenin özdirenci olduğundan, bu yöntemler jeotermal aramalarda hem doğrudan rezervuarın yerinin saptanması hem de yapısal jeolojinin çıkarılmasında kullanılabildiğinden, bir bütün olarak jeotermal sistemin özelliklerinin anlaşılmasında oldukça etkilidir.

Jeotermik enerji bugün önemli enerji kaynaklarından biri olmuştur. Meselâ İtalya'nın sadece Larderollo sahasından 400 MW civarında, Amerika'nın Gaysers Jeotermal sahasından 300 MW, Yeni Zelanda'nın Wairekei Jeotermal sahasında 200 MW civarında önemli olabilecek güçler temin edilmektedir. Bunlardan başka, yer

altından yüzeye çıkarılan bu enerji kaynağı kıymetli yan elementleri içermesi dolayısıyla önemli olabilmektedir. Ayrıca derinlerden yüzeye kadar ulaşırken bazı Jeolojik fikirleri yansıtması bakımından da faydalı olmaktadır.

Gerek sıcaklık ve gerekse sıcak su dolaşımının kayaçların karakteristik fiziksel özelliklerini değiştirmesi nedeniyle jeotermal aramalarda ve sondaj yerlerinin belirlenmesinde jeofizik yöntemler başarılı ve isabetli sonuçları ortaya koyar. Jeotermal akışkanların yeryüzüne çıktığı noktalarda doğal sıcak su kaynakları oluşur. Bu gibi yerler insanlık tarihi boyunca sağlık ve diğer amaçlar için kullanılmıştır. Yeraltından çıkışların olmadığı yerlerde termal sulara ulaşmak için sondaj yapmak gerekir. Bu pahalı bir işlem olduğundan sondaj yerinin bilimsel veriler ışığında doğru olarak belirlenmesi gerekir.

Dünya Bankası Doğu Avrupa ve Asya'da yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesini destekleme gerekçesi ile bir fon oluşturmuştur: GeoFund. Fon'un kaynağını, Dünya Bankasının (DB) finans kuruluşu olan Uluslar Arası Finans kuruluşu (IFC) sağlamaktadır. Fon'un kullanılacağı coğrafi alan Doğu Avrupa ve Asya olarak belirlenmiştir. Jeotermal Enerji Geliştirme Programı, GeoFund 2006 yılı sonunda Dünya Bankası yönetimi tarafından alınan bir kararla oluşturulmuş ve bunun için 25 milyon USD kaynak ayrılmıştır. GeoFund'dan yararlanabilecek ülkeler, Arnavutluk, Ermenistan, Azerbaycan, Beyaz Rusya, Bosna-Hersek, Bulgaristan, Hırvatistan, Gürcistan, Kazakistan, Kırgızistan, Makedonya, Moldova, Karadağ, Romanya, Rusya, Sırbistan, Ukrayna, Tacikistan, Türkiye, Türkmenistan ve Özbekistan olarak seçilmiştir. DB GeoFund'un proje önerme kurallarını anlatan bir bir dergiye göre de "Teknik Yardım" IGA tarafından yürütülecektir.

Ülkemizin Manisa ili Salihli–Turgutlu bölgelerinin jeotermal kapasitesini belirlemek amacıyla Düşey Elektrik Özdirenç Sondaj (DES) Yöntemi uygulanmıştır. Çalışma boyunca toplam 39 noktada Elektrik Özdirenç (rezistivite) Sondaj (Düşey Elektrik Sondaj - DES) ölçüleri alınmıştır. Tespit edilen üç ayrı noktada nirengi okumaları yapılmıştır. İlk nirengi noktası Taytan köyündeki Miranda Otel otoparkı, diğeri ise Çıkrıkçı Köyü girişindeki yol ayrımıdır. Ölçülerde yarı elektrot açıklığı (AB/2) 2000 m ile 3000 m arasında olacak şekilde, toplam açıklık 4000 m ile 5000 m aralığı tespit edilmiştir. Mevcut coğrafik koşullar, topografik engebe, köy ve benzeri

fiziksel kısıtlamalar nedeni ile bazı açılımlarda AB/2 (yarı açılım) değeri 2000 m olarak belirlenmiştir. Yer yer olumsuz bu koşulların ölçü kalitesini de etkileyebileceği düşünülmektedir. Değerlendirmelerde güvenilir olmayan veriler değerlendirme dışı tutulmuştur. DES verilerinin değerlendirilmesinde IPI2Win bilgisayar programı kullanılmıştır. Bunun sonucunda gerçek özdirenç değerleri ve kalınlık değerleri elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen gerçek rezistivite değerlerinden bölgenin jeoelektrik haritası oluşturulmuştur. Ayrıca jeotermal sahanın doğru jeolojik yorumunu yapabilmek için bölgenin görünür özdirenç haritası ve görünür özdirenç kat haritaları edilmiştir.

Çalışma sahasında Paleozoyik öncesi, Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler yer almaktadır.

1.1. Jeotermal Enerji Nedir?

Jeotermal enerji, yerkabuğunun derinliklerinde bulunan bir magma odağı tarafından ısıtılan, çevresindeki normal yer altı ve yer üstü sularına göre daha fazla erimiş madde içeren sıcak su ve buharın taşıdığı ısı enerjisi olarak tanımlanabilir.

Yerkabuğunun derinliklerinde var olan ısı kaynağı, henüz soğumasını tamamlamamış bir magma kütlesi veya genç bir volkanizmanın varlığı olabilir. Yüzeyden kırık ve çatlaklar aracılığıyla derinlere süzülen meteorik kökenli sular değişik derinliklerde yer alan ve geçirimsiz örtü kayalarla kontrol edilmiş olan gözenekli ve/veya ikincil permeabiliteli rezervuar kayalarda birikerek söz konusu ısı kaynağı vasıtasıyla ısıtılır ve mineralce zenginleşirler. Yerkabuğunun derinliklerinde ısınan bu meteorik sular, kırık ve çatlak sistemlerinin oluşturduğu yollarla yeryüzüne ulaştıklarında sıcak su kaynağı olarak belirirler.

Kırık ve çatlaklara bağlı olarak yeraltında dolaşan, normal yer altı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş madde içeren jeotermal akışkan, sondajlar yoluyla yeryüzüne aktarılabildiğinde sıcak su ve/veya buhar içeren hidrotermal sistemler ortaya çıkar.

Jeotermal sistemler ve rezervuarlar; rezervuar sıcaklığı, akışkan entalpisi, fiziksel durumu, doğası ve jeolojik yerleşimi gibi özelliklerine göre sınıflandırılırlar.

Örneğin jeotermal rezervuarda 1 km. derinlikteki sıcaklığa bağlı olarak sistemleri 2 gruba ayırmak olasıdır.

1.2. Jeotermal Enerjinin İlerleyen Zaman İçerisindeki Gelişimi

Jeotermal sistemler statik, durağan ve değişmez değildir. Bir kömür yatağı gibi çıkarıldığı kadar eksilen ve geri kalan bölümündeki özellikleri değişmeyen yer altı kaynakları da değildir. Petrol ve gaz gibi akışkan bir kaynak olsa da, ısı ve akışkanla sürekli olarak hem tükenen ve hem de beslenen bir kaynak ve dinamik bir sistemleri vardır. Bu kaynak ne kömür, ne bakır ve ne de petrol veya gaz gibi çıkarıldığı yerden uzak tüketim yerlerine taşınmaktadır.

Yerinde değerlendirmek ve işlemek zorunludur. Her sistemin akışkan kimyası, sıcaklık ve basınç özellikleri, gaz içeriği, içinden çekilen jeoloji biriminin fiziksel ve kimyasal bileşimi, her şeyi başka yerlerdeki başka sistemlerden farklıdır. Bu yüzden bütün müdahaleleriniz ve işleme süreçlerinde kullandığınız bütün donanımlar başka yerlerdekinden farklıdır, o yere, o kaynağa özel olmak durumundadır.

Jeotermal kaynakların, her bir sistemde ötekilerden farklı ve özgün yapısı vardır. Bu özgünlük, içinde gelişilen jeoloji ortamının, yapısal jeolojinin, yakın donem tektonik geçmişinin, volkanizmanın, hidrojeolojinin; yani, o jeotermal sistemin etkileşim içinde olduğu bütün yerkabuğu ortamının özellikleri jeotermal sistemi anlamak için çok büyük önemi var. Bu nedenle, kaynak alanı ve sisteme ilişkin bilginin yaşamsal önemi vardır.

Bilinen tarihi kayıtlar Türklerin, Romalıların, Japonların, İzlandalıların ve Merkezi Avrupalıların jeotermal enerjiyi yıkanma, ısınma ve pişirme amaçlı kullandıklarını ortaya koymuştur. Roma İmparatorluğundaki banyolar, Osmanlı dönemindeki Türk hamamları, ılıca ve kaplıcalar toplumların sosyal yaşamlarında sağlık ve yıkanmaya yönelik geleneklerde jeotermal enerjinin etkisini açıklamaktadır.

İlk çağlardan beri ilkel yollarla sağlık amaçlı olarak yararlanılan doğal sıcak su kaynakları ilk defa 1827 yılında İtalya'da asit borik elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Daha sonra 1904 yılında Larderello (İtalya) yöresinde yine ilk defa

jeotermal buhardan elektrik üretimine başlanmış ve 1912 yılında gücü 250 KWe olan ilk turbo jeneratör kurulmuştur.

1930'larda ise bu enerji İzlanda'nın Reykjavik kentinde ısıtma amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. 1949 yılında Yeni Zelanda Wairakei sahasında turistik bir otele sıcak su temini amacıyla başlayan sığ sondajlara daha sonra, elektrik elde etmek amacıyla devam edilmiş ve 1954 yılında 200MWe kapasiteli bir santral kurulmuştur. 1960'da Amerika'da, 1961'de Meksika'da ve 1966'da da Japonya'da santraller kurularak jeotermal enerjinin kullanımı dünya çapında yayılmıştır

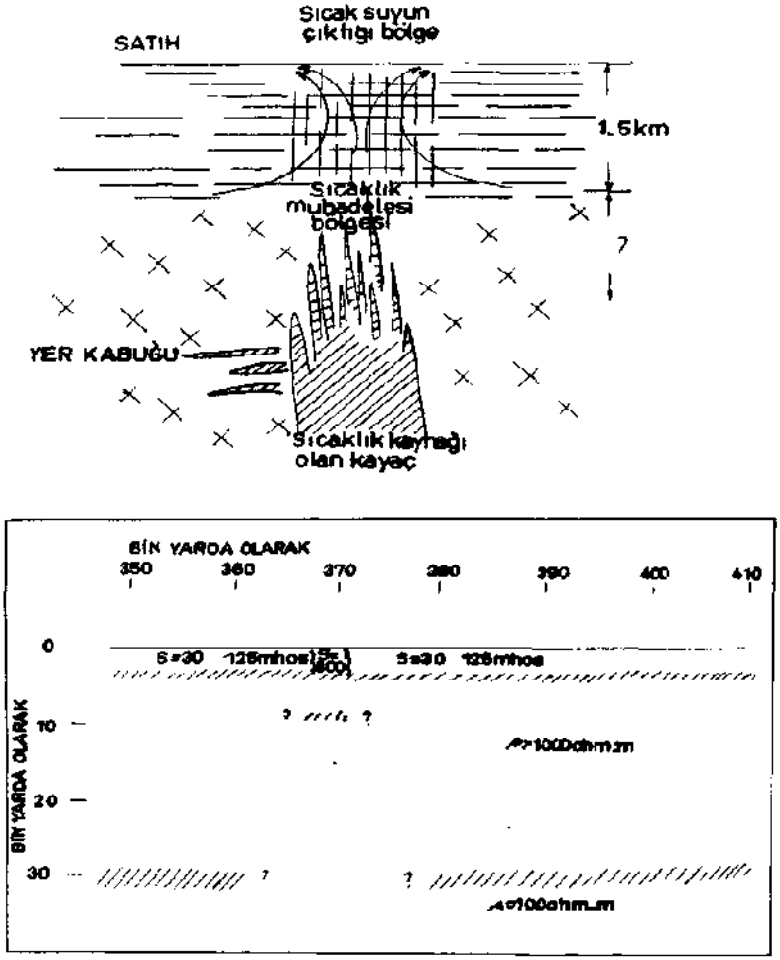
Jeotermal akışkanı içeren rezervuar kaya ve onu çevreleyen ortam, jeofizik yöntemlerle kolayca algılanıp haritalanabilecek fiziki özelliklere sahiptir. Bu özelliklerden yararlanılarak yeraltının yapısını ortaya çıkarmak, hidrojeolojik koşulları ve örtü kalınlığını saptamak, jeotermal akışkan taşıyan kırık–çatlak ve fayların ortaya çıkarılması ve önerilecek sondaj yerlerinin tespiti mümkündür.

Çalışma alanımız olan, Manisa-Salihli-Kurşunlu kaplıcaları ve civarında, daha önce bazı jeofizik ve jeolojik çalışmalar yapılmıştır. Erden (1965), yaptığı gravite etüdünde sahanın güney kısmında Bouger konturlarının sıklaştığını ve ikinci türev haritalarındaki doğu-batı yönlü faylarla aynı yerlerde Kurşunlu ve çamur kaplıcalarının yer aldığını belirlemiştir. Özçiçek (1968) tarafından, Allahdiyen ve civarında yapılan özdirenç etüdünde Neojen birimlerin kalınlığının 300-1400m. olduğunu belirlenmiş ve yüksek özdirençli taban topografyası saptanmıştır. Gülay (1970) tarafından, Kurşunlu kaplıcaları ve civarında yapılan özdirenç çalışması sonucunda kuzeye doğru derinleşen temel yapı ortaya çıkarılmış, Neojen çökelleri için 100m-400m. aralığında kalınlık saptanmış, Kurşunlu ve çamur kaplıcalarında birer sondaj önerilmiştir. Karamanderesi (1972), Gediz nehrinin güneyinin jeolojisi ve jeotermal olanakları hakkında çalışmalar yapmıştır.

1.3. Jeotermal Sahaların Değerlendirilmesinde Özdirenç Yöntemi ve Önemi

G.V. Keller, sıcaklık kaynağı olarak yüzeye çıkmamış bir erüptif kayaç magmasını ele alıp incelediğinde Şekil 1 deki hipotetik kesiti elde etmiştir. G. V. Keller, yüzeye çıkmamış ve arz kabuğu içinde seri halde dayklar düşünmüştür.

Meteorik su bunlara değerek ısınmakta ve rezervuara yükselmektedir. Bu görüşünü doğrulamak için Yeni Zelanda Kuzey adasında bulunan Jeotermal bölgede magneto-tellurik derin rezistivite etütleri yapmıştır. (Şekil 1-1)

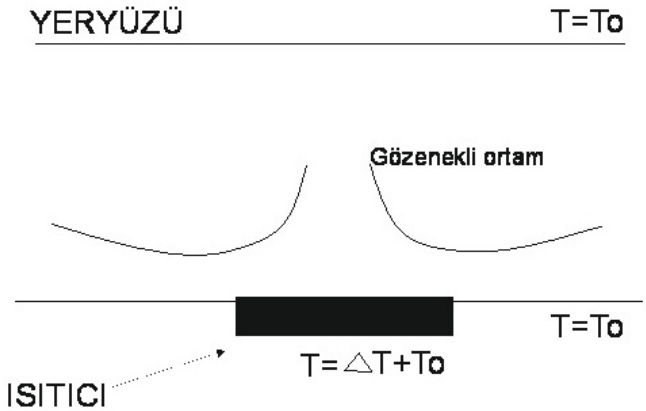


Şekil 1.1. Yeni Zelanda Kuzey adasında bulunan Jeotermal bölgede yapılmış magneto-tellurik derin rezistivite etütleri.

Şekil 1-2'de görüldüğü gibi orta kısımda, iletkenliği civarına nazaran yüksek olan bir bölge bulunmaktadır. Bu, burayı dolduran sıcak suyla izah edilmektedir. Aynı şekilde Mc. Nabb, rezervuara bitişik sıcaklık kaynağı düşünmüştür (Şekil1-2)

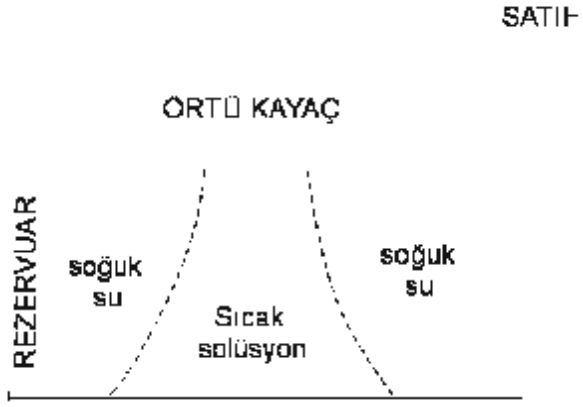
Rezervuardaki meteorik soğuk su sıcaklık kaynağına kadar inerek ısınmakta ve bir sütun halinde yukarıya çıkmaktadır. Böylece rezistivite haritaları ve sondajlarla elde edilen sonuçlar teorik olarak açıklanmanya çalışılmıştır. K. Tezcan (1969) Sarayköy'de yapmış olduğu rezistivite etütlerini değerlendirirken sıcak suyun

rezistivitelerinin düşük olduğunu tespit etmiş ve düşük rezistiviteli konturun sıcak su bölgelerini belirttiğini ortaya koymuştur. Herhangi bir permiable sistemle, sıcak kaynağa bağlı, yer üstü ve yer altı meteorik suları, derinlerdeki sıcak kaynağa değmek suretiyle ısınmaktadır. Isınan bu su, sıcak kaynaktan ayrılan juvenil suyu ve bazen aynı kaynaktan ayrılan sıcak gazları da içermektedir. Bu sıcak su, termodinamik kanunlara uygun olarak ve daha çok düşey permiabilıtelen seçerek örtü tabakası altında bulunan gözenekli ve geçirgen rezervuara kadar yükselecektir. Muhtemelen derinlerden gelen bu sıcak su geçmiş olduğu zonlardan sıcaklığına uygun olarak erittiği mineral ve tuzları da içerecektir. Artık sıcak su yerine sıcak çözelti söz konusudur. Bu önemli bir noktadır. Çünkü bundan böyle çözeltinin fizik özellikleri, değerlendirmelerde önemli olacaktır. Sıcak çözelti rezervuarda bulunan meteorik suya nazaran farklı fizik özellikte olduğu için bu iki su birbirine karışmayacaktır. Basıncına ve fizik özelliğine uygun



Şekil 1.2. Mc. Nabb, rezervuara bitişik sıcaklık kaynağı

olarak Darcy Kanunu gereğince başlangıçta rezervuardaki meteorik suyun bir kısmının yerine yerleşecektir (Şekil 1-3). Meteorik su rezervuarına yerleşen sıcak çözelti daha çok küçük genlikli konveksiyon akımları sebebiyle meteorik soğuk su bölgelerine doğru genişler. (Şekil 1-4). Artık rezervuarda tabanı geniş silindirik şekilde bir sıcak çözelti olabilir. Ve bu yapılan sondajlar sonucu doğrulamıştır.

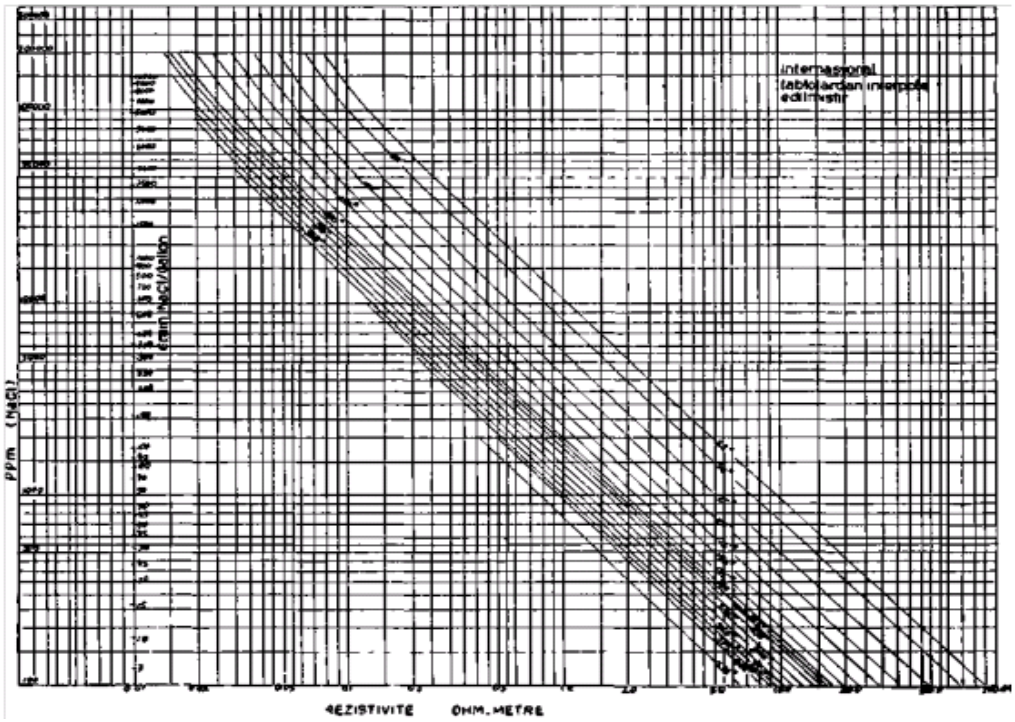


Şekil 1.3. Darcy Kanunu gereğince rezervuardaki sıcak çözeltinin meteorik soğuk suyun yerini almasını göstermektedir.

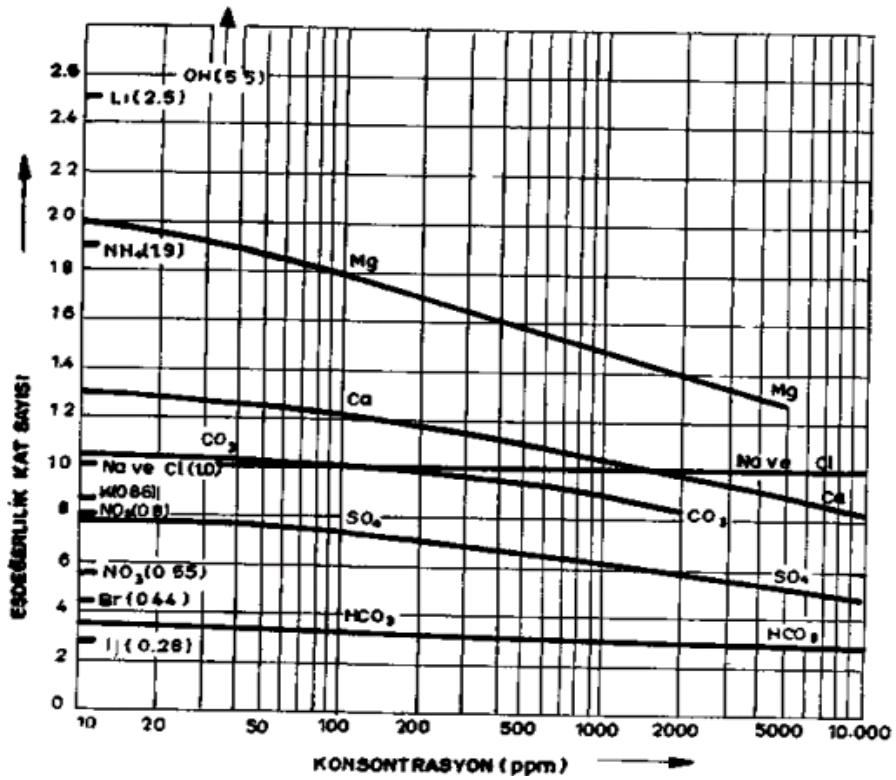
Bir çözeltinin rezistivitesi, konsantrasyon miktarı ve sıcaklığı arasındaki bağıntılar Şekil 1-5'teki abakta görülmektedir. Abak sadece NaCl solüsyonu için hazırlanmıştır. Çözeltimiz meselâ Br, N03, HC03 I, SO, N02, K, CO, Ca, NH4, Mg, Li, OH, v.s. gibi elemanları içeriyorsa, bunların NaCl'e eşdeğer değerlerini aşağıdaki abak vasıtasıyla hesap etmek mümkündür. (Şekil 1-6). Bununla birlikte çözeltinin içerdiği elementlere göre, eşdeğer ppm değerlerini bulmak suretiyle, daima NaCl çözeltisi için yapılmış abak kullanılabilecektir.



Şekil 1.4. Meteorik su rezervuarına yerleşen sıcak çözelti daha çok küçük genlikli konveksiyon akımları sebebiyle meteorik soğuk su bölgelerine doğru genişlemesin göstermektedir.



Şekil 1.5. Bir çözeltinin rezistivitesi, konsantrasyon miktarı ve sıcaklığı arasındaki bağıntılar.



Şekil 1.6. Çözeltinin içerdiği elementlere göre, eşdeğer ppm değerlerini bulmak suretiyle, daima NaCl çözeltisi için yapılmış abak.

Görüldüğü gibi, rezistivite sıcak çözeltinin sıcaklığının ve konsantrasyon gerinin fonksiyonudur. Yani P4 = f (t,k) şeklindedir.

Burada fç çözeltinin rezistivitesi t sıcaklık ve k konsantrasyon değeridir, ve rezistivite sıcaklıkla ters, ppm değeri ile doğru orantılıdır. Yüzeydeki çözeltinin rezistivitesi ve sıcaklığı bilindiği takdirde derindeki çözeltinin rezistivitesinin mertebesi hakkında abaktan istifade etmek mümkündür. Genellikle çözeltiyi içeren formasyonun rezistivitesi civarına nazaran düşük olmaktadır. Bununla birlikte rezistivite metodunun, sabit elektrot aralığı sistemi, kullanılarak çözeltiyi içeren sütun lokalize edilebilecektir. Bundan başka olası Jeotermal sahada yapılacak elektrik sondajlar çözelti sütununun yüzeyden itibaren muhtemel derinliği hakkında fikir verecektir. Aynca G. V. Kell'in çalışmalarına uygun çalışmalar yapmak suretiyle Jeotermal bölgenin rezistivite modelini çizmek mümkün olabilecektir (Şekil 1-1).

1.4. Jeotermal Alanların Dünya Üzerindeki Yeri

1.4.1. Rezervuar sıcaklığının 150 ºC'den düşük olduğu sistemler

Bu tür sistemler genelde yeryüzüne ulaşmış doğal sıcak su veya buhar çıkışları gösterirler. Orta düşük entalpili sistemler olarak da adlandırılan bu sistemler doğrudan veya ısı değiştiriciler yardımıyla ısıtmacılık, soğutmacılık ve çeşitli endüstri dallarının yanı sıra balneolojide ve kaplıca işletmeciliğinde kullanılır.

1.4.2. Rezervuar sıcaklığının 150 ºC'den yüksek olduğu sistemler

Bu tür sistemler ise buhar, kaynayan çamur göletleri ve altere olmuş yer altı formasyonları ile bilinirler. Yüksek entalpili sistemler olarak da adlandırılan bu sistemlerde elektrik üretimi gerçekleşir.

Yerkabuğu içerisinde doğal sıcak su dolaşımına olanak sağlayabilecek sıklıkta kırık ve çatlakların mevcut olmamasına karşın, buralarda olağan dışı ısı birikimi varsa oluşturulacak yapay kırıklar vasıtasıyla yerkabuğunun derinliklerine gönderilerek orada dolaştırılan meteorik kökenli sularla da enerji üretimi mümkün

olabilir. Bu tür sistemler “Kızgın Kuru Kaya” tipi jeotermal sistemler olarak adlandırılır.

Jeotermal enerji tükenmeyen ve yenilenebilen bir alternatif enerji kaynağıdır. Jeotermal akışkanı oluşturan sular meteorik kökenli oldukları için yeraltındaki rezervuar kayaları sürekli beslemekte, beslenmenin üzerinde kullanım olmadıkça bu kayaların tükenmesi söz konusu olmamaktadır. Genel durum itibariyle, jeotermal enerji kullanımında çevre kirliliği yoktur. Bunun nedeni jeotermal kaynağın özünde çevreye zararlı katı atıkların ve gazların bulunmamasıdır.

Kısıtlayıcı etken olarak beliren teçhiz ve iletim borularındaki $CaCO_3$ kabuklaşması sorunu, inhibitör kullanımı ve diğer tekniklerden yararlanma yoluyla çözümlenmektedir. Jeotermal akışkan içinde tarımsal sulamada zararlı olabilecek orandaki bor ve aşırı tuzluluk gibi olumsuzluklar reenjeksiyon yapılarak önlenmektedir.

Jeotermal kaynaklar ulusal teknoloji ile kolayca işletmeye sokulabilmektedir. Bu kaynakla özellikle elektrik dışı kullanımda yüksek düzeyli teknoloji de gerektirmemektedir. Ayrıca jeotermal enerji ile ısıtma maliyeti diğer ısıtma sistemlerinin ısıtma maliyetine göre çok daha düşüktür.

Jeotermal enerjinin en büyük dezavantajı sadece çıkarılabildiği yerlere yakın yerlerde kullanılmasıdır. Sıcak suyun uzun mesafelerde ısı kaybına yol açmadan taşınabilmesi günümüz teknolojisi ile mümkün olmamaktadır (Arslan ve diğer.2001).

1.5. Dünyada Jeotermal Sistemlerin Yayılımı

1.5.1. Aktif Kıta Kenarındaki Jeotermal Sistemler

Bunlar biri okyanus tipi kabuk olmak üzere iki litosferik levha önünün çarpışması ile ilgilidir. Genellikle derin odaklı deprem dizi alanları ve kabuksal erimeyi içeren volkanizmalarla birlikte bulunur (Örn. Yeni Zelanda, Yeni Gine, Endonezya, Taywan ve Meksika).

İki levhanın da kıta kabuğu olduğu aktif kıta kenarları jeotermal açıdan daha

az yaygın alanlar olup, dağınık olarak yayılmış deprem ve yaygın volkanik aktivite ile kendini gösterir. Böyle bir kuşak Kuzey Hindistan (Tibet), İran ve Türkiye'den Akdeniz'e ulaşır.

1.5.2. Okyanus Ortası Sırtlar Üzerindeki Jeotermal Sistemler

Deniz üzerinde bulunan sırtların bir kısmı ile ilgilidirler (Örn. İzlanda, Azor Adaları).

1.5.3. Yaygın Aktif Kıta Yarıkları Üzerindeki Sistemler

Bu tür yarıklar, kıtasal levhaların kırılmasına neden olan ve daha sonraki okyanus tabanını oluşturacak yapılar olarak düşünülürler (Doğu Afrika Rifti, Afar Üçgeni, Kızıldeniz).

1.5.4. Kıtasal Yarıklar Üzerindeki Diğer Sistemler

Bunlar iki levha arasındaki çarpışmalardan uzakta olan hareketler nedeniyle oluşan yarıklardır ve son zamanlarda yüksek açılı riftler olarak adlandırılmaktadır (Ren Grabeni, Baykal Rifti).

1.5.5. Aktif Volkanik Adalarla İlgili Sistemler

Yeni Zelanda, Yeni Gine, Endonezya, Taiwan, Meksika, Hindistan ve Avrasya levhasının çarpışmasıyla oluşan Alp-Himalaya kuşağı. Çin'den başlayarak Kuzey Hindistan, Pakistan, İran ve Türkiye ve Akdeniz kıyısı ülkeler (Yunanistan,İtalya,Yugoslavya). İçinde bol miktarda mineral içeren kaplıca ve maden suları da ülkemizde çok yaygındır. Ülkemiz IV. Zamanda tektonik hareketlerle kırılmaya uğradığı için fay hatlarımız boyunca bu kaynaklara oldukça çok rastlanır.

1.5.6. Normal ve Normalden Yüksek Isı Akısı ile İlgili Sistemler

Uygun koşullar altında derinlerdeki normal ısı akısı ile de jeotermal sistemler oluşabilir. Bu ısı akısı kabuğun ilk 5 km'lik derinliklerinde kayaç tipine bağlı olarak fark eden termal kondaktivitedeki değişimler ve sığdaki granitler tarafından oluşturulan ilave ısı akısı olarak tanımlanır.

1.6. Önemli Jeotermal Kuşaklar

1.6.1. And Volkanik Kuşağı

Güney Amerika'nın batı sahillerinde bulunan bu kuşak, Venazuella, Kolombiya, Ekvator, Peru, Şili ve Arjantin'i kapsamaktadır. Bu kuşak üzerinde çok sayıda aktif volkanizmanın oluşumu nedeniyle yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerin gelişimine yol açmış bulunmaktadır. Ancak buralarda mevcut jeotermal alanlar henüz çok fazla değerlendirilmemiştir.

1.6.2. Alp – Himalaya Kuşağı

Hindistan platosu ile Avrupa platosunun çarpışmasıyla oluşan bu jeotermal kuşak dünyanın en büyük jeotermal kuşakları arasındadır. 150 km. genişliğinde 3000 km uzunluğunda olan bu kuşak; Türkiye, İtalya, Yugoslavya, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet, Çin, Myanmar ve Tayland'ı kapsamaktadır.

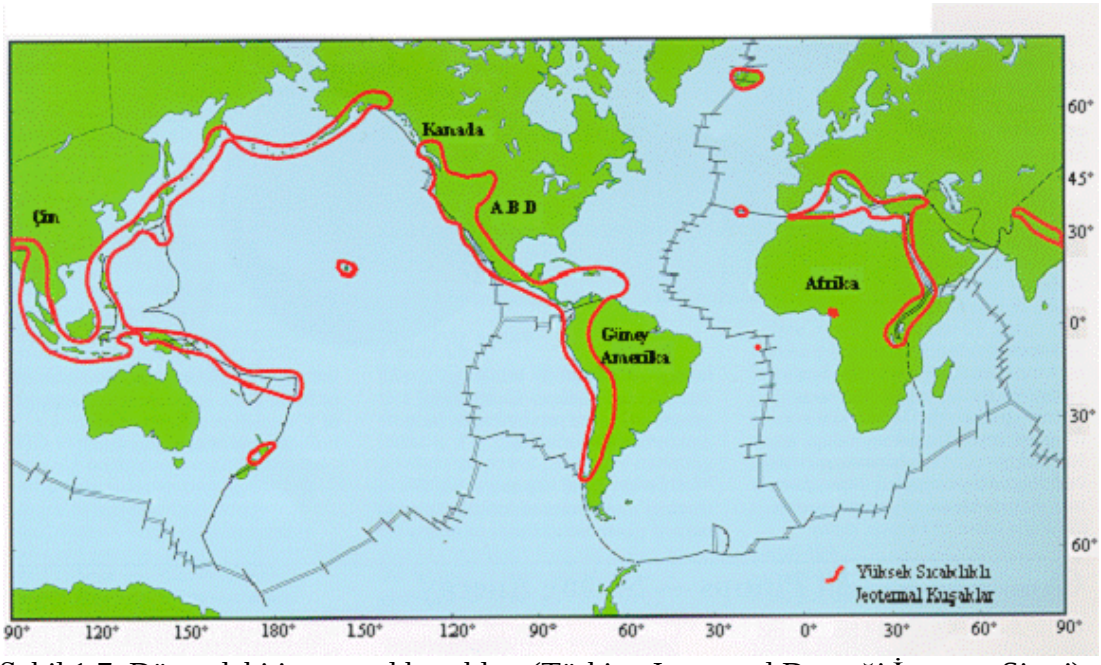
1.6.3. Karayip Adaları

Bu adalarda aktif volkanizmanın hakim olduğu kuşakta önemli potansiyel görülmektedir.

1.6.4. Orta Amerika Volkanik Kuşağı

Guatemela, El Salvador, Nikaragua, Kosta Rika ve Panamayı etkileyen bu kuşak aktif çok sayıda jeotermal sistemin oluşmasına yol açmıştır.

Bunların dışında; Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Doğu Çin, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda, İzlanda, Meksika, Kuzey ve Doğu Avrupa da farklı tektonik oluşumların etkisiyle verimli jeotermal sahalara sahip bulunmaktadır (Şekil 1-7).



Şekil 1.7. Dünyadaki jeotermal kuşaklar. (Türkiye Jeotermal Derneği İnternet Sitesi)

1.7. Jeotermal Enerji Kaynakları

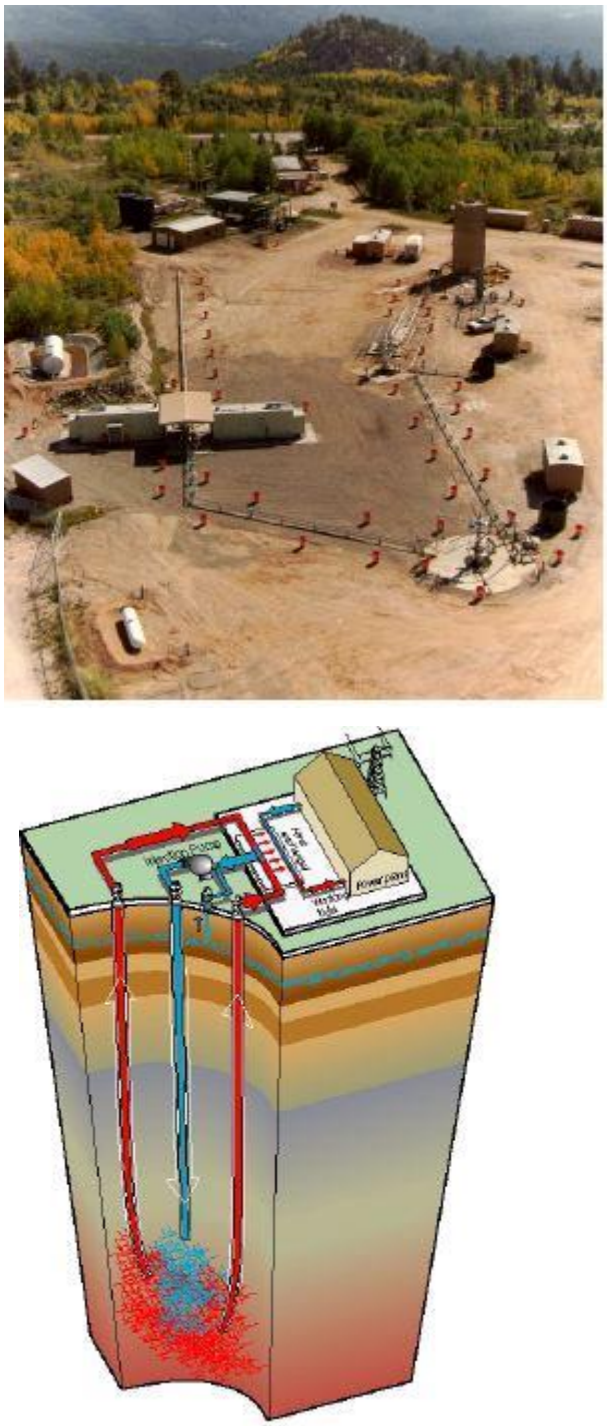
İşletilebilir potansiyele sahip herhangi bir jeolojik termal enerji birikimine jeotermal kaynak denir.

Jeotermal kaynaklar dört gruba ayrılır. Sıcak kuru kaya, magma, jeo-basınçlı akışkanlar ve hidrotermal. Günümüzde jeotermal enerjinin ekonomik olarak kullanımı hidrotermal sistemlerle sınırlıdır. Kuru sıcak kaya, magma ve jeo-basınçlı sistemlerin kullanımı teori ve deneysel araştırma aşamasındadır.

1.7.1. Kuru Sıcak Kaya

Kuru sıcak kaya ekonomik miktarda ısı potansiyeline sahip bulunan fakat ekonomik hacimlerde suyu kabul etmeyecek şekilde yetersiz geçirgenliğe sahip kayaçlar kuru sıcak kaya şeklinde tanımlanmaktadır. Sığ derinliklerde bulunan sıcak kuru kaya kaynaklarında, doğal hidrotermal sistemleri yeniden oluşturmaya yönelik deneysel çalışmalar devam etmektedir.

Bu kaynakların geliştirilmesiyle ilgili temel yaklaşım, sıcak kayada birbirinden belli uzaklıkta biri üretim diğeri ise enjeksiyon amaçlı olmak üzere iki kuyunun delinmesidir. Kuyular arası sıcak kayanın çatlatılmasından sonra enjeksyon kuyusuna basılan suyun oluşturulan bu çatlaklı rezervuardan geçerken ısıyı alması ve üretim kuyusundan çıkması amaçlanmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar 1970'lerde Los Alamos bölgesinde başlamış ve 1996 yılına kadar bölgedeki Fantom tepesinde devam etmiştir (Şekil 1-8). Bu konuda yapılan çalışmalar PERI (Princeton Economical Research Inc.) önderliğinde Amerikan Jeotermal endüstrisi ile ortak olarak halen devam etmektedir. Ayrıca bu konuda Avrupa'da da birçok ülkede çalışmalar yapılmaktadır (Fransa, İtalya, Almanya vs.). Fakat bugüne kadar yapılan araştırma projelerinden hiçbiri sıcak kuru kaya ile ilgili teknik problemler nedeniyle sonuç vermemiştir. Bu problemler; sığ derinlikli oluşumların tespitinin ekonomik olarak yapılabilmesi gereksinimi, çok büyük hacimde kayaç çatlama gereksinimi, oluşturulan çatlakların yönü ve doğasını kontrol edebilme gereksinimi ve sukayı olarak özetlenebilir. Gelişen teknoloji ile bu tür problemlerin aşılmasıyla jeotermal açıdan daha da iyi noktalara gelinmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 1.8. Kuru Sıcak Kaya jeotermal kaynağın şematik gösterimi ve bu konu ile ilgili Fantom tepesinde yapılan çalışma ((Image courtesy of the Hot Rock Energy program, Australian National University)

1.7.2. Magma

Günümüzde, termal enerjinin doğrudan magmadan çıkarılması ilgiyi çeker bir teori durumundadır. Bu teoriye göre; magmaya sondaj kuyusu açılması ve muhafaza boruları içinden su basılarak bir enjeksiyon borusu indirilmesi gerekir. Enjeksiyon borusu etrafından ısınarak dönen su yüzeyde enerji üretiminde kullanıldıktan sonra ısınması için enjeksiyon borusu içinden tekrar kuyuya basılır. Fakat bu konunun da üstesinden gelinmesi gereken bazı problemleri vardır. Bunlar; sıcaklığı 800 º C – 1300º C arasında değişen kötü kimyasal koşullar içeren bir ortamda sondaj yapmanın zorlukları, uzun süre magma ortamı koşullarına karşı koyabilecek yer altı ekipmanlarının yapılacağı malzemenin geliştirilmesi ve magma odalarının bulunmasını sağlayacak yöntemlerden yoksun olunmasıdır.

1.7.3. Jeo-Basınçlı Akışkanlar

Jeo-basınçlı veya yüksek basınçlı akışkanlar, bazı sedimanter havzalarda rastlanan kaynak çeşididir. Gözeneklerde bulunan akışkanların, üzerindeki basınç artarken, gözenekleri terk edememelerinden dolayı oluşur. Bu basınç artışı; hızlı çökelme, tektonik sıkışma ve hidrokarbonların oluşumu gibi nedenlerden dolayı oluşabilir. Bunu bir örnekle açıklayacak olursak; kumtaşı gibi bir rezervuar kayaç düşünelim, düşük geçirimli olan şeyl gibi bir kayaç tarafından izole edilmiş olsun. Bu durumda jeo-basınçlı akışkan kaynakların üzerini örten bu şeyl tabakası hem geçirimsizliği sağlar hem de termal bir izolasyon görevi görür. Bu durumda gözeneklerde bulunan akışkan üzerindeki basınçtan dolayı gözenekleri terk edemez.

1.7.4. Hidrotermal

Isının sığ derinliklere su aracılığı ile taşındığı kaynaklara hidrotermal kaynaklar denir. Sıcak su yüzey sularının derin sirkülasyonu ile veya yer altı sıvılarının magma tarafından ısıtılması ile veya gömülmüş sedimanter kayalardan çıkan sulardan kaynaklanabilir. Derin sirküle eden yüzey sularının sonucu oluşan

hidrotermal sistemler, genellikle yer kabuğunun gerilim ve uzanım altında olduğu bölgelerde yoğunlaşırlar. Bu durumda eğimi dike yakın ve derine inen faylar derin sirkülasyon yapan sular için bir yol görevi görürler. Derin sirkülasyon ile yüzey suları fay boyunca derine doğru inerken içinden geçtikleri kayaçların ısılarını alırlar ve hidrotermal akışkana dönüştürürler.

Bu süreç su yere girer girmez çok küçük ölçeklerde de olsa başlar. Daha sonra ısınan su yine faylar ve kırıklar boyunca dışarı çıkmaya başlar. İçerisinde, ekonomik ve pratik açıdan işletilebilir termal enerji rezervleri bulunduğu ispatlanmış ve hacmi geometrik olarak belirlenebilen geçirimli kayaçlara jeotermal rezervuar denir. Bir jeotermal rezervuarın dört temel özelliği vardır; ısı kaynağı, çatlaklı rezervuar kayacı, örtü kayaç ve kırık fay sistemleri.

Rezervuar kayacının *gözenekliliği* ne kadar akışkan içerdiğini gösterirken, *geçirgenlik* ise üretilen akışkanın hızını belirler. Gözeneklilik ve geçirgenlik rezervuar içinde yere bağlı olarak değişim gösterebilir. Bir üretim kuyusu tamamlandığında genelde geçirimsiz kayaç delinirken sıcak akışkan kuyuya doğru çatlaklardan veya sınırlı bir geçirgen zondan hareket eder. Çatlak aralıkları birkaç mm'den birkaç cm'ye kadar değişen ölçülerde olabilir. Çatlakların sıkça bulunduğu geçirgen kayaç birimleri önemli miktarda akışkan üretiminde özellikle aranan birimlerdir. Üretim zonları, yerel veya rezervuar ölçeğinde gözeneklilik ağlarını bulunduran zonlardır. Eğer zonlar arasındaki geçirgenlik düşükse akışkan üretiminde düşük düzeyde gerçekleşir. Eğer kuyu önemli bir fay veya çatlak sistemini keserse üretilen hacimler sürekli olarak doldurulur ve akışkan üretimi uzun süre devam eder.

Hidrotermal sistemleri iki grupta incelemek mümkündür.

1.7.4.1. Su-Baskın Hidrotermal Sistemler

Bu tür sistemlerde sistem içindeki herhangi bir derinlikte, sıcak su kaynama noktası sıcaklığını aşmamaktadır. Su baskın jeotermal kaynaklar en yaygın kaynak türleridir. Bununla birlikte bir su baskın jeotermal kaynağın ekonomik olarak işletilebilirliği, içerdiği suyun sıcaklığına, rezervin derinliğine ve üretimle elde edilebilecek suyun hacmine bağlıdır. Düşük sıcaklıklı kaynaklar doğrudan kullanım

amaçlı olarak değerlendirilmeye daha uygundurlar. 200 ºC'den fazla sıcaklığa sahip bulunan kaynaklar, flash ve binary sistemler kullanılarak elektrik üretiminde kullanılabilirler.

1.7.4.2. Buhar–Baskın Hidrotermal Sistemler

Buhar baskın kaynaklarda çatlaklar, sıcak su yerine daha çok buhar ile doludurlar. Doğal beslenmenin az ve ısıtıcı sıcaklığının suyun büyük bir kısmını buhara çevirecek kadar fazla olması durumunda buhar baskın rezervuarlar oluşur. Buhar baskın rezervuarlar genellikle elektrik üretimi için kullanılırlar.

1.8. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları

Jeotermal enerjinin kullanımı; elektrik üretimi ve doğrudan kullanım olarak gruplandırılabilir.

1.8.1. Elektrik üretimi

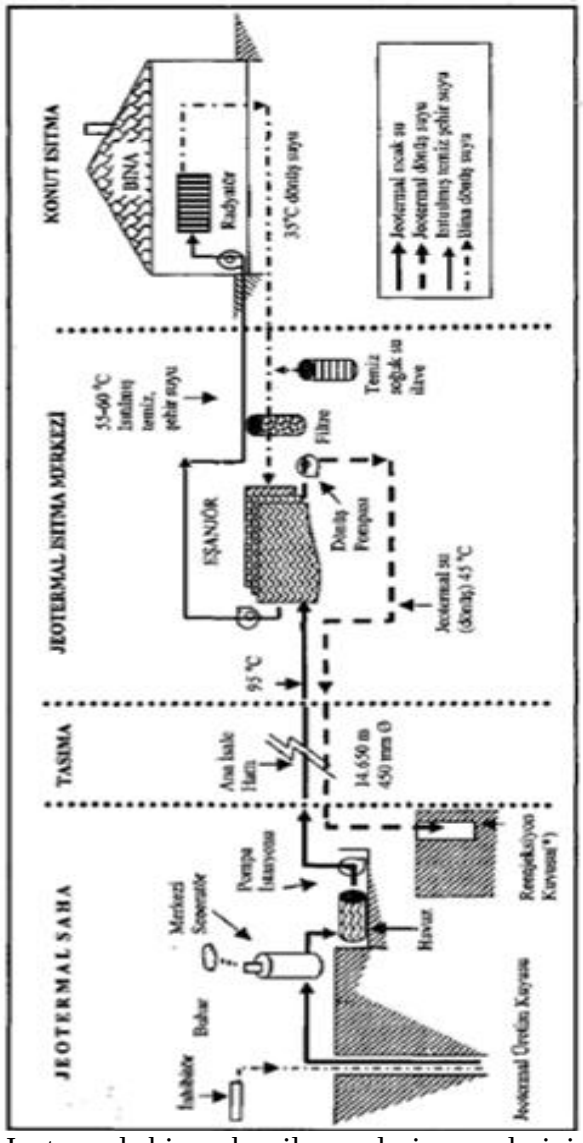
1904'te İtalya'da Lardarello sahasından elektrik üretimi yapılmasına rağmen tüm dünyada jeotermal enerjiden elektrik üretimine yönelik çalışmaların artması 1950'li yılları bulmuştur. Buhar baskın bir sahadan elektrik üretimi ilk olarak İtalya'da, su baskın bir sahadan ilk elektrik üretimi de Yeni Zellanda'da 1950'lerde yapılmıştır.

Dünya çapında yapılan enerji dönüşüm sistemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

1.Kuru-buhar enerji santralleri
2.Tek buharlaştırmalı enerji santralleri
3.Çift buharlaştırmalı enerji santralleri
4.Çift döngü enerji santralleri
5.Melez enerji santralleri

1.8.2. Doğrudan Kullanım

Doğrudan kullanım, ısı enerjisinin başka bir enerji formuna dönüştürülmeden kullanılması anlamına gelir. Birincil doğrudan kullanım alanları, kaplıcalar, konut ve şehir ısıtmacılığı, tarımsal amaçlı kullanım ve endüstriyel kullanım şeklinde özetlenebilir. Aşağıdaki şekilde Jeotermal bir saha ile yerleşim yerlerinin 'Isıtma Projesi Sistemi' nin Genel Şeması görülmektedir



Şekil 1.9. Jeotermal Jeotermal bir saha ile yerleşim yerlerinin Isıtma Projesi Sisteminin Genel Şeması görülmektedir.(Madencilik Dergisi-1999, Eyüp Sabah, Mustafa Yavuz ÇELİK)

İzlandalı mühendis Baldur Lindal tarafından ilk defa önerilmesinden dolayı Lindal Diyagramı (Tablo 1-1) olarak adlandırılan diyagram değişik sıcaklık aralıklarında ne tür doğrudan kullanım uygulamaları yapılabileceğini göstermektedir.

Tablo 1.1. Lindal Diyagramı



190° C- yüksek konsantrasyonlu solüsyonların evaporasyonu
Amonyum absorbsiyonu yöntemi ile soğutmacılık
Kağıt sanayi
170° C- Sülfit projesi ile ağır su eldesi
Diatomit kurutmacılığı
160° C- Balık yemi kuruması
Kereste kurutması
150° C- Bayer yöntemi ile alüminyum prosesi
140° C- Çiftlik ürünleri kurutmacılığı
Konservecilik
130° C- Şeker üretiminde evaporasyon
Tuz üretiminde evaporasyon
Saf su üretimi
120° C- Evaporasyonla konsantre üretimi
110° C- Çimento ve toprak mamülleri kurutmacılığı
100° C- Organik ürünler kurutmacılığı
yün yıkama ve kurutmacılığı
90° C- Balık kurutmacılığı
Buzlanma çözülmesi
80° C- Isıtmacılık
70° C- Soğutmacılık
60° C- Hayvan besiciliği
Sera ıstmacılığı
50° C- Mantar üretimi ve kaplıcalar
40° C- Toprak ısıtmacılığı
30° C- Yüzme havuzları
Buzlanma önlenmesi
Madencilik uygulamaları
20° C- Balık üretimi ve balık çiftlikleri

1.9. Türkiye'de Jeotermal Enerji

Türkiye yüksek jeotermal potansiyeline sahip Alp-Himalaya orojenik kuşağı içerisinde yer almaktadır.

Türkiye'deki ilk arama çalışmaları MTA tarafından 1960'lı yıllarda yapılmıştır. Günümüze kadar MTA tarafından bulunmuş 170 tane jeotermal alan bulunmaktadır. Bunların % 95'i doğrudan kullanıma uygun düşük entalpili sistemlerdir. Aynı zamanda ülkemizde 1000 civarında sıcak ve mineralli buhar çıkışları bulunmaktadır.

Türkiye jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyanın 7. zengin ülkesi haline gelmiştir. Mevcut kapasitenin 820 MWt'ı doğrudan kullanım amaçlı 20,4 MWe'lik kısmı ise elektrik üretiminde kullanılmaktadır. 820 MWt'lık kısmın 493 MWt'ı şehir ısıtmacılığında kullanılırken, geriye kalan 327 MWt'lık kısım da balneolojik amaçlı kullanılmaktadır. Ayrıca yılda 120.000 ton karbondioksit gazı da jeotermal sahalardan elde edilmektedir.

Türkiye'de yapılan çalışmalar sonucunda 400 adet üretim kuyusu ve 300 adet gradyent kuyusunun varlığı saptanmıştır. MTA tarafından açılan bu kuyuların % 87'si Batı Anadolu'da (Tablo 1-2), % 11'i Orta Anadolu'da (Tablo 1-3) ve Doğu Anadolu'da (Tablo 1-4) bulunmaktadır. Aşağıdaki tabloda kuyu ağzı sıcaklıklarına göre yüzdeleri görülmektedir.(Akkuş ve diğ., 2000)

Tablo 1.1. Batı Anadolu'daki kuyuların kuyu ağzı sıcaklıklarına göre yüzdeleri

Yüzde(%)	**Sıcaklıkk (º C)**
1	240-250
2	230-240
2	220-230
5	200-210
11	190-200
5	170-180
2	130-140
7	110-120
3	100-110
21	90-100
5	80-90
8	70-80
7	60-70
9	50-60
7	40-50
5	30-40

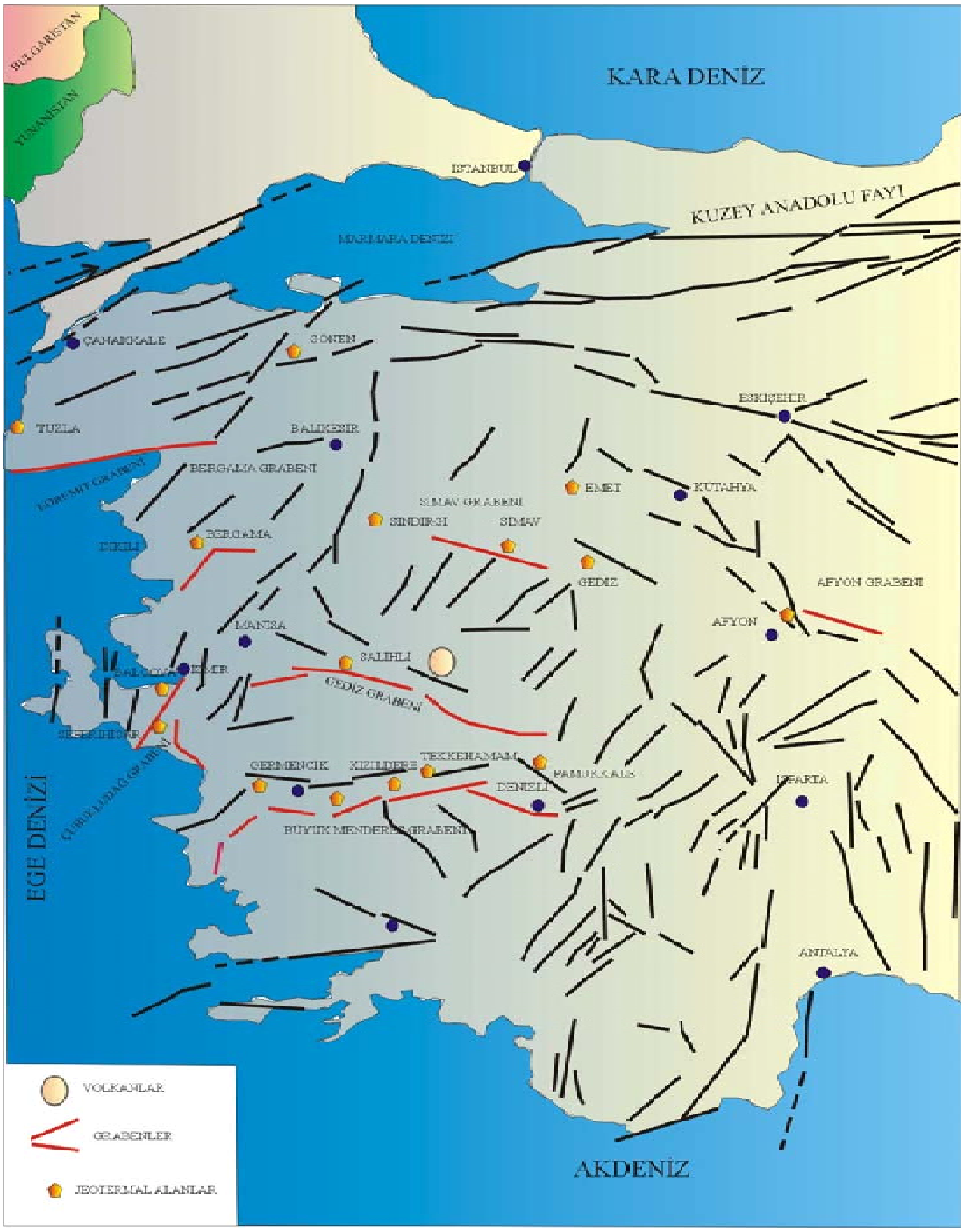
Tablo 1.2. Orta Anadolu'daki kuyuların kuyu ağzı sıcaklıklarına göre yüzdeleri

Yüzde(%)	**Sıcaklık (º C)**
5	90-100
4	80-90
4	70-80
4	60-70
17	50-60
34	40-50
32	30-40

Tablo 1.3. Doğu Anadolu'daki kuyuların kuyu ağzı sıcaklıklarına göre yüzdeleri

Yüzde(%)	**Sıcaklık (º C)**
6	160-170
6	80-90
6	70-80
16	60-70
16	50-60
38	40-50
11	30-40

Yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere Batı Anadolu'daki jeotermal sistemler genelde yüksek sıcaklığa sahip olup, açılma tektoniğine bağlı olarak grabenlerde yer alırlar. Doğu-Batı ve Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultulu genç grabenlerde yer alan jeotermal sistemlerin en önemlileri Menderes ve Gediz grabeni içerisinde gelişmiştir. Bu grabenleri oluşturan diri faylar hem jeotermal yönden hem de depremsellik yönünden aktiftirler (Şekil 1-10). Menderes grabeni içinde, Türkiye'nin en yüksek sıcaklığa sahip Denizli-Kızıldere jeotermal sahası (242 ºC), Aydın-Germencik jeotermal sahası (232 ºC), Aydın-Salavatlı jeotermal sahası (171 ºC), Aydın-Yılmazköy-İmamköy sahası (142 ºC) bulunmaktadır. Gediz grabenindeki jeotermal sahalar; Manisa-Salihli-Caferbeyli sahası (155 ºC), Manisa-Salihli-Kurşunlu sahası (96 ºC), Manisa-Alaşehir-Kavaklıdere sahası (116 ºC), Manisa-Turgutlu-Urganlı sahası (86ºC)'dir. Benzer graben sistemi içerisinde gelişen Kütahya-Simav jeotermal sahası (162ºC) ve Kütahya Gediz-Abide jeotermal sahası (97ºC)'da yüksek sıcaklıklı sahalar arasındadır. Çürüksu grabeni içerisindeki Gölemezli jeotermal alanı (65ºC), Karahayıt sahası (55 ºC) ve Pamukkale sahası (35º C) genellikle düşük sıcaklıklara sahiptir. (Koçak, 2000)



Şekil 1.10. Ege bölgesi diri fay haritası (MTA Genel Müdürlüğü-ANKARA)

Batı Anadolu'daki diğer jeotermal sistemler kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu grabenler ve volkanik aktivitelerin bulunduğu alanlarda yer alırlar. Bu jeotermal alanlar İzmir-Seferihisar sahası (153 ºC), İzmir Balçova sahası (130 ºC), İzmir-Dikili sahası (130 ºC), İzmir-Aliağa sahası (96 ºC), İzmir-Çeşme sahası (62 ºC)'dir. Bu

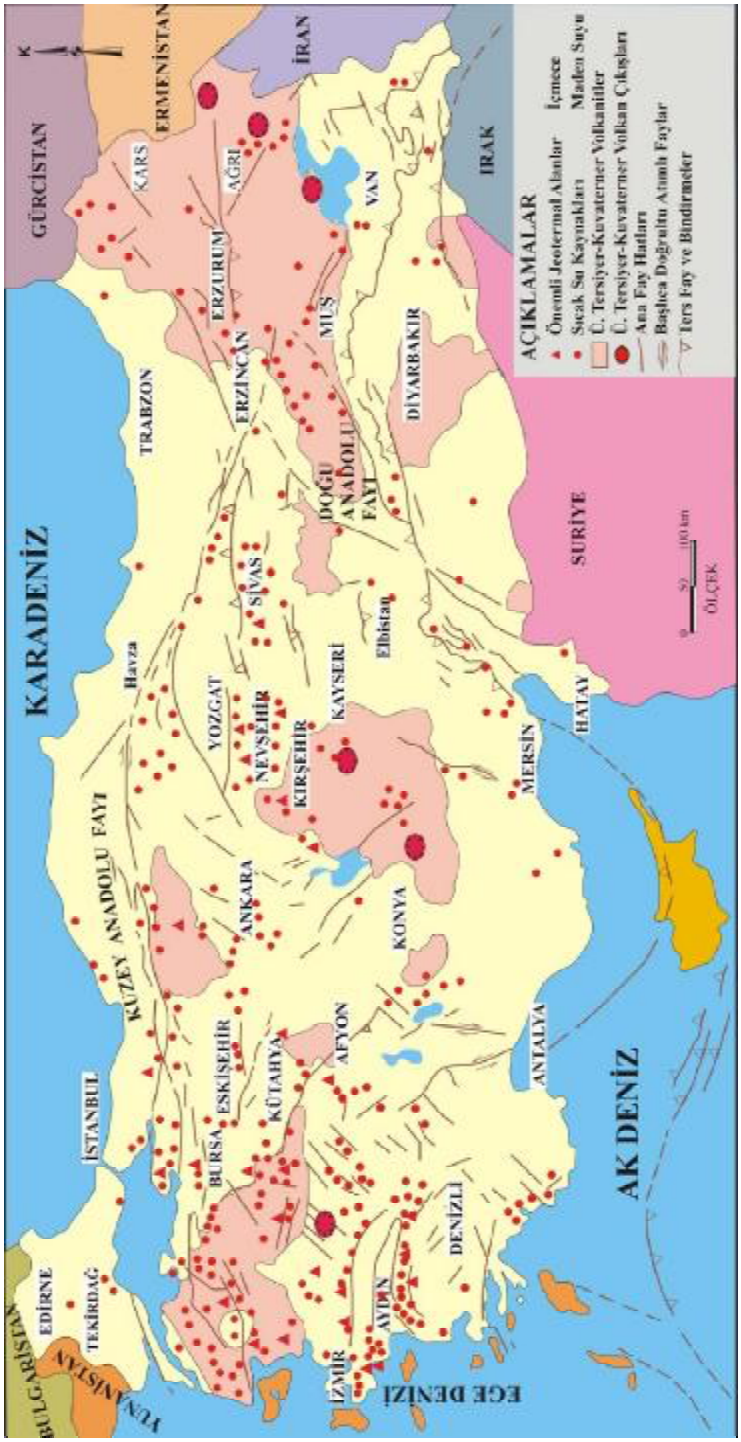
sahaların dışında Çanakkale-Tuzla jeotermal sahası (174 ºC), Balıkesir-Bigadiç sahası (95 ºC), Balıkesir-Hisaralan sahası (100 ºC), Balıkesir-Gönen sahası (80 ºC) önemli jeotermal alanlardır. Ege bölgesinde sıkışma tektoniği ve genç volkanizmaya bağlı olarak daha düşük sıcaklıklı Manisa-Saraycık (74 ºC) ve Manisa-Kula-Emir sahası (63 ºC) bulunmaktadır.

Orta Anadolu'daki jeotermal sistemler genellikle volkanik aktivitelere bağlı olup, Batı Anadolu'ya göre daha düşük sıcaklıklara sahiptir. Bu bölgedeki en önemli jeotermal alanlar; Ankara-Kızılcahamam sahası (86 ºC), Kırşehir-Terme sahası (57 ºC), Afyon-Ömer-Gecek sahası (98 ºC),Aksaray-Ziga sahası (65 ºC), Sivas- Sıcak Çermik sahası (49 ºC) ve Yozgat-Sorgun sahası (75 ºC)'dir.

Doğu Anadolu'da volkanik ve tektonik aktivitelere bağlı olarak gelişen önemli jeotermal alanlar; Van-Erciş sahası (80 ºC), Ağrı-Diyadin sahası (78 ºC),Bitlis- Nemrut sahası (59 ºC), Diyarbakır-Çermik sahası (51 ºC) ve Urfa-Karaali sahası (49 ºC) sahalarıdır.

Kuzey Anadolu'da doğrultu atımlı Kuzey Anadolu fayı boyunca gelişen önemli jeotermal alanlar; Sakarya-Akyazı sahası (84 ºC), Bursa-Çekirge sahası (82 ºC), Yalova-Armutlu sahası (77 ºC), Yalova-Terme sahası (66 ºC),Çankırı-Kurşunlu sahası (54 ºC), Tokat-Reşadiye sahası (47 ºC), Bolu-Kaplıca sahası (45 ºC)'dir. Bu sahaların dışında Doğu Karadeniz'de Rize-Ayder jeotermal sahası (56 ºC) bulunmaktadır.

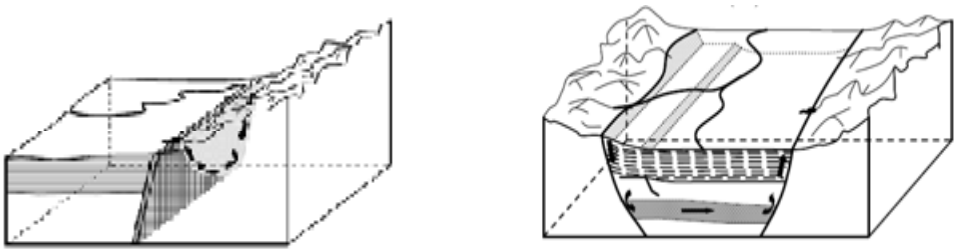
Türkiye'de ilk jeotermal kuyunun 1963 yılında açılmasına rağmen açılan kuyuların sayısı 1982 yılından sonra artmıştır. Yüksek jeotermal potansiyeli göz önünde bulundurduğumuz zaman kuyuların sayısının bu potansiyele göre çok az olduğunu görürüz. (Şekil 1-11)



Şekil 1.11. Türkiye'nin mevcut jeotermal kuyuları. (Maden Teknik ve Arama Genel Müd.)

Jeotermal ısının bir kaynağa dönüşebilmesi icin bir aracı gereklidir. Çoğu durumda bu, doğal akışkan yeraltı suyu ve gazdır. Ancak, bir jeotermal sistemin oluşabilmesi için bu akışkanların yer kabuğunun içinde dolaşabilmelidir. Yapısal

süreksizlik, fay, duzlem ve zonlarının oluşturduğu birbiri ile ilintili ağlar bu geçirimliliğe olanak sağlar. Taşınımın etken olduğu kaynaklar için basit modeller Şekil'de verilmektedir.



Şekil 1.12. Taşınımın Etken Olduğu Kaynaklar İcin Basit Modeller (Jeotermal Enerjinin Doğası-Abdurrahman SATMAN)

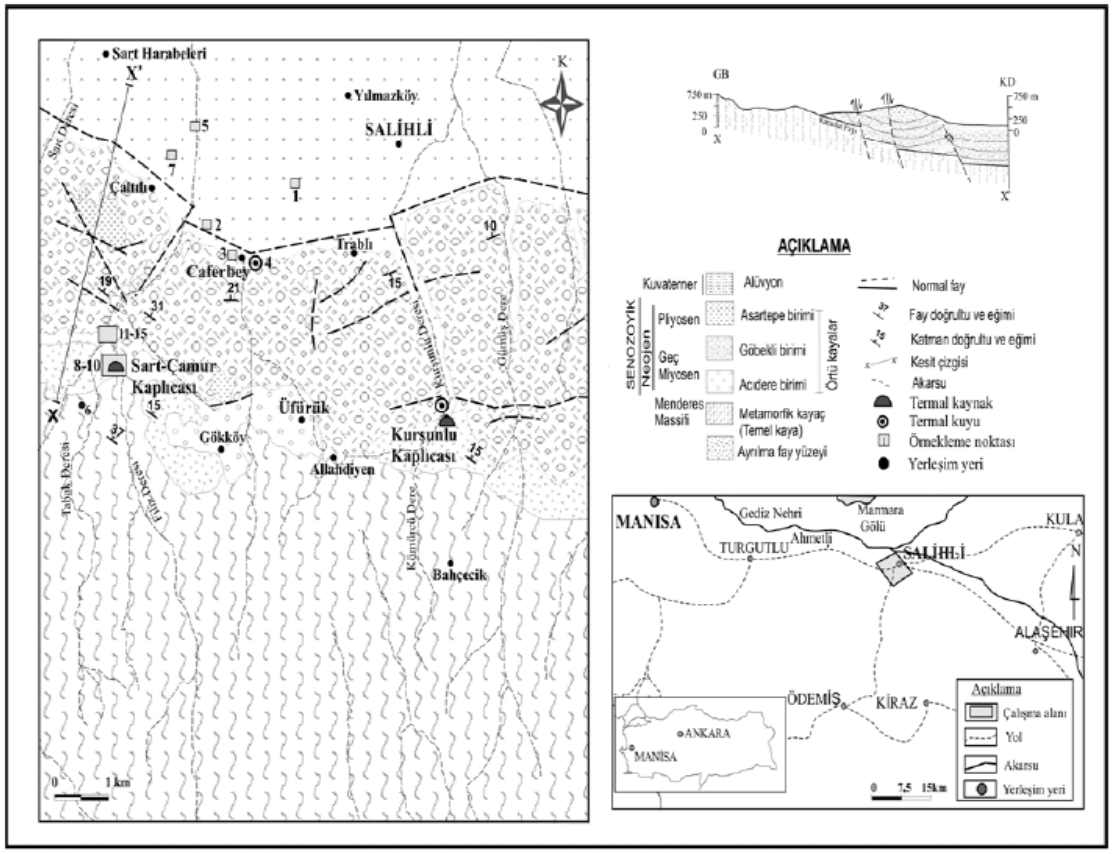
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

Batı Anadolu bölgesinde oldukça geniş bir alanda yüzeylenen ve Anadolu'nun en büyük ve en önemli masiflerinden birisi olan Menderes Masifi bulunmaktadır. Anatolidler tektonik birliği içerisinde yer almakta olan Menderes Masifi batı ve kuzeybatı'dan İzmir–Ankara ofiyolit kuşağı (Şengör ve diğ., 1985) ve güneydoğudan ise Likya napları ile çevrilmiştir (Dora ve diğ., 1992). Jeolojik devirler boyunca birçok kez orojenik olay geçiren Menderes Masifinde her dereceden metamorfik kayaca rastlamak mümkündür. Genel olarak masifin kayaçlarını, çekirdek ve örtü kayaçları olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür (Öztürk ve Koçyiğit, 1983). Çekirdek kayaçları çeşitli gnays ve migmatitler gibi yüksek dereceli metamorfizma koşullarında meydana gelmiş kayaçlardan oluşurken, örtü kayaçları, ince taneli gnayslar, çeşitli şistler, kuvarsit ve mermer gibi daha düşük dereceli metamorfik kayaçlardan oluşmuştur (Evirgen, 1979, Öztürk ve Koçyiğit, 1983). Batı Anadolu bölgesi karmaşık bir jeolojik tarihçeye sahiptir. Bu özelliğinden dolayı Batı Anadolu'da yıllar boyu birçok yerbilimci araştırmalar yapmıştır.

Dora ve diğ. (1992), yaptıkları çalışmada Menderes Masifinin metamorfik tarihçesini ve jeotektonik durumunu incelemişler ve Menderes Masifinin temelini, gözlü, granitik ve bantlı gnayslarıyla migmatitten yapılı gnays biriminin oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Emre, (1996) yapmış olduğu çalışmada Gediz Grabeninin kuzey ve güney kenarlarının litolojik, morfolojik ve yapısal olarak farklılık gösterdiğini belirtmiştir. Emre, grabenin kuzey kenarı ve güney kenarı ile ilgili yapmış olduğu karşılaştırmada grabenin güney kenarının kuzey kenarına göre çok daha engebeli ve yükseltisinin fazla olduğunu ifade etmiş ve iki alan arasındaki morfolojinin bu denli farklı olmasının kuzey ve güney sınırları arasındaki yapısal farklılığın bir göstergesi olduğunu savunmuştur.



Şekil 2.1. Çalışma alanının jeolojik haritası

2.2. Bölgenin Tektoniği

Ege Bölgesindeki genleşmeli tektoniğin nedeni ve başlangıç yaşı konusundaki görüşler farklılık göstermektedir. Genleşmenin Ege-Anadolu levhasının batıya doğru hareketinden, yay ardı açılmadan ya da orojenik çökmeden kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Emre, 1996).

Bölgedeki grabenleşmenin, dolayısıyla genleşme tektoniğinin başlangıç yaşı konusunda; Aktuna (1965) Neojen öncesi; Ketin (1968) Geç Paleojen; Kaya (1982) Erken Miyosen yada Geç Paleojen; Seyitoğlu ve Scott (1991) Erken Miyosen; Şenol (1983) Orta Miyosen öncesi; İzdar (1975), Şengör (1980) Geç Miyosen; Koçyiğit (1984) yerel olarak Orta Oligosen, bölgesel olarak Geç Miyosen-Erken Pliyosen; Erinç (1955), Dumont ve diğ. (1979), Angelier ve diğ. (1981), Karamanderesi ve Yılmazer (1982) Geç Miyosen-Erken Pliyosen arası; Arpat ve Bingöl (1969) Pliyosen yaşlarını kabul ederler (Emre, 1996).

Bölgede tektonik amaçlı birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları kronolojik sıraya göre aşağıdaki şekilde aktarılabilir; Dewey ve Şengör (1979) yaptıkları çalışmada Ege ve yakın çevresinin tektonik gelişimini incelemişlerdir. Anadolu bloğunun Bitlis yitim zonundan itibaren batıya kayması sonucu Ege Bölgesinin açılmaya bağlı bir tektonik gelişim sürdüğünü belirtmişlerdir.

Kocaefe ve Ataman (1982) yaptıkları çalışmada Batı Anadolu'nun güncel tektoniğini incelemişlerdir. Bölgede, cisim dalga büyüklüğü 5.0 ve daha büyük olan 55 depremin odak mekanizmasından yararlanarak, Batı Anadolu'nun güncel tektoniğinde hakim hareketlerin doğrultu atımlı ve doğrultu atım bileşenli normal faylanmalar olduklarını belirtmişlerdir.

Karamanderesi ve Yılmazer (1982), Gediz Grabeni'nde genç tektonik ve jeotermal enerji olanaklarını inceledikleri çalışmalarında D-B doğrultulu fayların en son oluştuğunu ve daha önce oluşan fayları kestiğini belirtmişlerdir.

Şengör ve diğ. (1985), Şengör (1987) yaptıkları çalışmada Batı Anadolu'da sıkışma rejiminin Tortoniyen'e kadar sürdüğünü belirtmişlerdir. Araştırıcılar Bitlis yitim zonu boyunca Arap plakası ile Avrasya plakasının, Orta Miyosende (Langhiyen- Serravaliyen) çarpışması neticesinde Anadolu Bloğu'nun Serravaliyen-Tortoniyen zamanında oluşan kuzey Anadolu ve doğu Anadolu fayları ile batıya kaçmasıyla Ege Bölgesinde K-G gerilmeli rejimin başladığını ileri sürmüşlerdir.

Cohen ve diğ. (1995), Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin riftleşme ile eş yaşlı sedimantasyonu ve yapısal girişimleri üzerine yaptıkları araştırmalarda Batı Anadolu'daki açılmanın tiltleşmiş 200-800 m. genişliğindeki fay bloklarında gözlemlenebileceğini belirtmişlerdir. Bu fay blokları önlerinde ise alüvyal yelpaze çökellerinin geliştiğini belirtmişlerdir.

Emre ve Sözbilir (1995), Büyük Menderes grabeni ve Gediz Grabeninde yaptıkları çalışmada saha verilerine dayanarak metamorfik çekirdek kompleks yapısının ayrılma faylarını ve eşlik eden fayları incelemişler Gediz Grabeni'nin güneyinde Karadut ve Büyük Menderes Grabeni'nin kuzey kenarında da Başçayır ayrılma fayının bulunduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar, erken Miyosen – Pleistosen açılmalı tektonizma ile eş yaşlı sedimanların Karadut ve Başçayır fay düzlemlerinin önlerinde çökeldiklerini açıklamışlardır.

Yusufoğlu (1996), Gediz Grabeni'nin güney kenarında Batı Anadolu'nun tektonik gelişimini incelemişlerdir. Yazar, Karataş (Salihli-Manisa) bölgesinde dört farklı Plio-Kuvaterner litostratigrafik birim ayırmıştır. Yapılan bu çalışmada, Kırdamları, Filiztepe, Karataş ve Gediz fayları incelenmiş, söz konusu fayların karasal-gölsel depolanmayı kontrol ettikleri ifade edilmiştir. Elde edilen verilerle Batı Anadolu'nun neotektonik gelişiminin kıta içi açılması şeklinde olduğunu vurgulayarak, bu açılmanın hem Afrika Plakasının Batı Anadolu'ya bindirmesi ile hem de Anadolu bloğunun batıya kaçışı ile açıklanabileceğini ileri sürmektedir.

Emre (1996), Sart Mustafa (Salihli – Manisa) ile Dereköy (Alaşehir – Manisa) arasında Gediz Grabeninin jeolojisi ve tektoniğini incelemiştir. Yapılan çalışmada grabenin bir ayrılma fayı ile oluşmuş yarım graben olduğunu ve metamorfik çekirdek kompleksi yapısına göre halen aktif olduğu belirtilmiştir. Bölgede kuzey ve güney graben kenarları olarak iki farklı fasiyes özelliğinde çökellerin olduğunu belirten Emre'ye göre, güneyde yaşlıdan gence sırasıyla Menderes Masifi Metamorfitleri ve granodiyoritten sonra Salihli grubu gelmektedir. Kuzey kenarında ise Pliyosen, Pleyistosen yaşlı Adala grubu ve Kula Bazaltları bulunmaktadır.

Koçyiğit ve diğ., (1999), Gediz Grabeni'nde yaptıkları çalışmada Ege Bölgesinde iki evreli episodik açılmalı tektoniğin ve bunlar arasında birde sıkışma fazının etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Yılmaz (2000) yapmış olduğu çalışmada, Ege Bölgesinin günümüzde K-G gerilme deformasyonu etkisinde olduğunu belirtmiş ve bu tektonik gelişimin başlıca iki etkin hareketin denetiminde geliştiğini, bunlardan ilkinin Anadolu Bloğunun batıya kaçış hareketi ve ikincisinin de Batı Anadolu'nun K-G yönlü açılma hareketi olduğunu eklemiştir. Buna bağlı olarak bölgede D-B yönlü grabenler gelişmekte ve bölge yılda 3-6 cm. gerilirken normal faylanmalar oluşmaktadır.

Gökten ve diğ. (2001), Salihli ve civarında yapmış oldukları çalışmada Menderes Masifi Metamorfikleri ve sedimanter örtü kayaçlarında gözlemledikleri yapısal ilişkilerle Menderes Masifi'nin Tersiyer gelişimini araştırmışlardır. Çalışmada tektonik gelişim incelenmiş, Geç Miyosende bölgede D5 fazında D-B

yönlü bir sıkışma rejiminin etkili olduğunu belirtilmiştir.

Robertson ve Purvis (2005) yaptıkları çalışmada Gediz Grabenin'de Neojen'den günümüze tortullaşmayı inceleyerek Batı Anadolu'daki alternatif tektonik modelleri ortaya koymaya çalışmışlardır. Burada, tortul bilgiyi göz önüne alarak Alaşehir (Gediz) grabeni için iki tektonik modelin incelemesini yapılmışlardır. Birinci modelde, D-B yönlü grabenin Geç Miyosenden günümüze aktif olan yüksek açılı faylarla ilişkili olduğunu ve erken Miyosen tortullarının da K-G yönlü sıkışma rejimi ile ilişkili olan K-G yönlü faylarla kontrol edildiği belirtilmiştir. 2. modelde ise Alaşehir Grabeninin erken Miyosen de aktive olduğu ve daha sonra bu aktivasyonun günümüze kadar devam ettiği ifade edilmektedir.

Çalışmada, alüvyal tortullardan elde edilen paleoakıntı verileri incelenerek klastik çökellerin K-G yönlü rejimdeki D-B yönlü faylarla kontrol edildiğini belirtilmiştir. Yazarlar, Erken Miyosendeki klastik çökellerin yaş tayinlerinin doğru yapıldığı varsayılırsa ikinci model olan uzun zamanlı genişleme modelinin bölgeye uyduğunu belirtilmişlerdir.

Yapılan araştırmalar sonucunda grabenleşmenin, Karadut fayı olarak adlandırılan ayrılma (detachment) fayının oluşumuyla başladığı ortaya çıkmıştır.

2.3. Bölgenin Stratigrafisi

İnceleme alanı Gediz Grabeni'nin güney kenarı üzerinde yer almaktadır. Burada kristalin temeli Menderes Masifi'ne ait Paleozoik-Mesozoik yaslı gnays, sist, ve mermerden olusan metamorfik kayaçlar olusturur. Metamorfik kayaçlar üzerine Neojen yaslı çoğunlukla kırıntılı, karbonat ara katkılı ve oldukça kalın tortullar, açısal uyumsuzlukla yer alır. En üstte ise kuvaterner yaslı alüvyon yer almaktadır.

2.3.1. Paleozoik

Çalısma sahamızda yaygın olarak görülen temel alttan üste doğru, su seviyelere ayrılabilir.

a-Gnays
b-Kuvars-klorit-muskovit-biyotit-serizit-granatsist
c-Mermer (Pmr)
d-Kuvarssist-kuvars-biyotit-muskovitsist (Pms)
e-Mermer (Pmr)
f-Kalk-klorit-biyotit-muskovitsist (Pms)
Bunları ayrı ayrı inceleyecek olursak;

2.3.1.1. Gnays

Kristalin seride en alt seviyeyi teskil eden gnayslar çalımsa sahamızda mostra vermezler. Ancak Menderes Masifinde yaygın olarak görülen gnaysların sahamızda en alt seviyeyi teskil edeceği düsünülmektedir. Gnayslar sahamız güneyinde bulunan Bozdağ'ın güney eteklerinde, sahanın kuzey, kuzeydoğu ve doğusunda yaygın olarak görülmektedir. Gnayslar, albit gnays, muskovit gnays, ortoklaslı gnays gibi çesitli tiplerdedir. Fakat çoğunlukla gözlü gnays tespit edilmistir. bunlar bol kuvars damarları ve turmalin pegmatitleri tarafından kesilmislerdir.

2.3.1.2. Kuvars-klorit-muskovit-biyotit-serizit-granatsist (Pms):

Sahamızda çok yaygın görülen bu seviye, Devriler mah., Horzum-Darıovası ve Bozdağ-Gölcük yolu üzerinde yaygın görülürler. Bunlar dikme kesitte Pms olarak gnaysların üzerindeki seviyedir. Bunlar sahamızın güneyinde gözlenir. Burası geçis fasiyesidir. Güneyde Gölcük-Bozdağ yolunda üst seviyeleri biyotitsist, Horzum-Darıovasında ise kuvars-albit, klorit serizitsist ve daha üstte ise Kısık yaylasından mermerlerin altında sisti kuvarsite geçer. Üstte ise mermerler bulunur. Batıya doğru yanal değisimler gözlenir ve mermerler civarında yeryer zımparatasına rastlanır.

2.3.1.3. Mermer:

Bu mermerler yukarıda anlatılan sistlerin üzerine gelir. Genis mostralar sahamız güneyinde Kısık yaylasının Baslıoğlu Köyü, batıda Akdere içersinde mostra verirler. Akdere içersindeki mostralar çok iri kristalli, büyük bloklar seklinde kırılabilen fakat parlatmaya uygun olmayan tiplerdedir. Ðktisadi olup arastırılmıs fakat terk edilmistir. Aynı mermerlere doğuda Kursunlu banyolarında yapılan sondajlarda dere içersinde rastlanmıstır. Buralarda görülen mermerler mavi, beyaz renkli, bol kırıklı, çok genis erime bosluklu ve erime bosluklarında kalsit kristali bulunabilecek, büyüklükte kalsit dolguludur. Bu mermer seviyeleri daha doğuda Karlık dağı mevkiinde mostra verirler. Kristalize oldukları için içlerinde fosil bulunamamıstır. Fosil bulunamadığından yasları mikasistlerle aynı olarak Paleozoik kabul edilmistir.

2.3.1.4. Sisti kuvarsit Kuvars-klorit sist-granat sist (Pms) :

Kısık yaylasından kuzeye doğru gelirken Yeniköy civarında görülen kalksist ardalanmasından sonra bu seviye görülür. Alahıdır, Akçapınar, Çıkrıkçı Köyleri civarında çok yaygın olan bu seviye çok ince taneli, Aktilinolit, klorit, kuvars, az çok az plajioklas, rutil, tremolit, albit kristali ibaret türlü sistler meydana getirir. Bu seviyeler kuzeydeki faylarla çökmüs olduğundan muhafaza olmus güneydekiler ise hızlı asınmıslardır. Bu seviye üzerine ise ikinci mermer seviyesi gelmektedir.

2.3.1.5. Mermer (Pmr):

İkinci mikasist seviyesi üzerine gelen bu ender görülen mermer seviyeleridir. Bunlar Danacılar ile Kılbıyıklar ovasında bir tabaka seklinde mostra verirler. Yine bu seviyeye tekabül eden mermerler daha batıda Gökkaya Alahıdır arasındaki faylanma ile diklesmis vaziyette görülür. Bu seviyeyi teskileden mermerler bol eklemli, erime bosluklu, yer yer dolomitik mermerdir. Renkleri gri, mavi ve beyaz renklidirler. Bu ikinci seviyeyi teskil eden mermerler daha ince kristalli olup yüzeyde daha çok

kaldıkları için oldukça fazla asınmıslardır. Bu mermer seviyesi üzerine ise sahamızda asınmıs olduğu için görünemeyen mikasist seviyesi gelir.

2.3.1.6. Kalk-klorit-biyotit-muskovitsist (Pms):

Bu 6. seviye olup ancak neojen üzerinde sondaj yapılırsa rastlanabilir. En üst seviyeyi teskil eden mikasistler mermerler üzerinde çok az görülmektedir. Daha üstte de sahamızda yaygın görülen neojen vardır.

2.3.2. Neojen

Çalısma sahamızın kuzey yarısında yaygın görülen Neojen çökelleri paleozoik üzerine diskordan oturur. Kristalin temel ile Neojen çökelleri arasında uzun süre bir çökelmezlik (stratigrafik) diskordans mevcuttur. Neojen dikme kesittede görüldüğü gibi üçe ayrılır.

a) Pliyosen (P11) yapraklı seyl
b) Pliyosen (P12) kırmızı konglomera-kumtası-miltası
c) Pliyosen (P13) beyaz konglomera-kumtası-miltası
Bu seviyeleri alttan itibaren incelersek söyledir.

2.3.2.1. Pliosen (P11) yapraklı seyl:

Neojenin en alt seviyesini teskil eden yapraklı seyl'ler Đzmir LI9-b1 kuzeybatı kösesinde 150-200 m lik bir sahada mostra verir. Daha genis mostrası doğuda Đzmir L20-b3 paftasında çok kalın olarak görülür. Yapraklı seyller kristalin temel üzerinde bariz bir kaide konglomerası ile oturur. Sahamızda çok düsük olarak görülen bu mostra tepede olup iki fayda çıkmıstır.Temel konglomerası beyaz renkli, kaba çakıllı, çakılları bol kuvarslı, gevsek çimentolu, kötü boylanmalıdır. Çimentosu kireçlidir. Üste doğru doku değisimi bariz görülür. Kaba çakıl, ince çakıl, ince kum, mil boyunda değisir. Daha sonra seyle geçer. Konglomera çok incedir. Yapraklı

seyller ise bol bitki bakiyeli, serizitli,tabakaları paralel yayılım gösteren, çok gevsek, kolay kırılgandır.

2.3.2.2. Pliosen (P12) konglomera-kumtası:

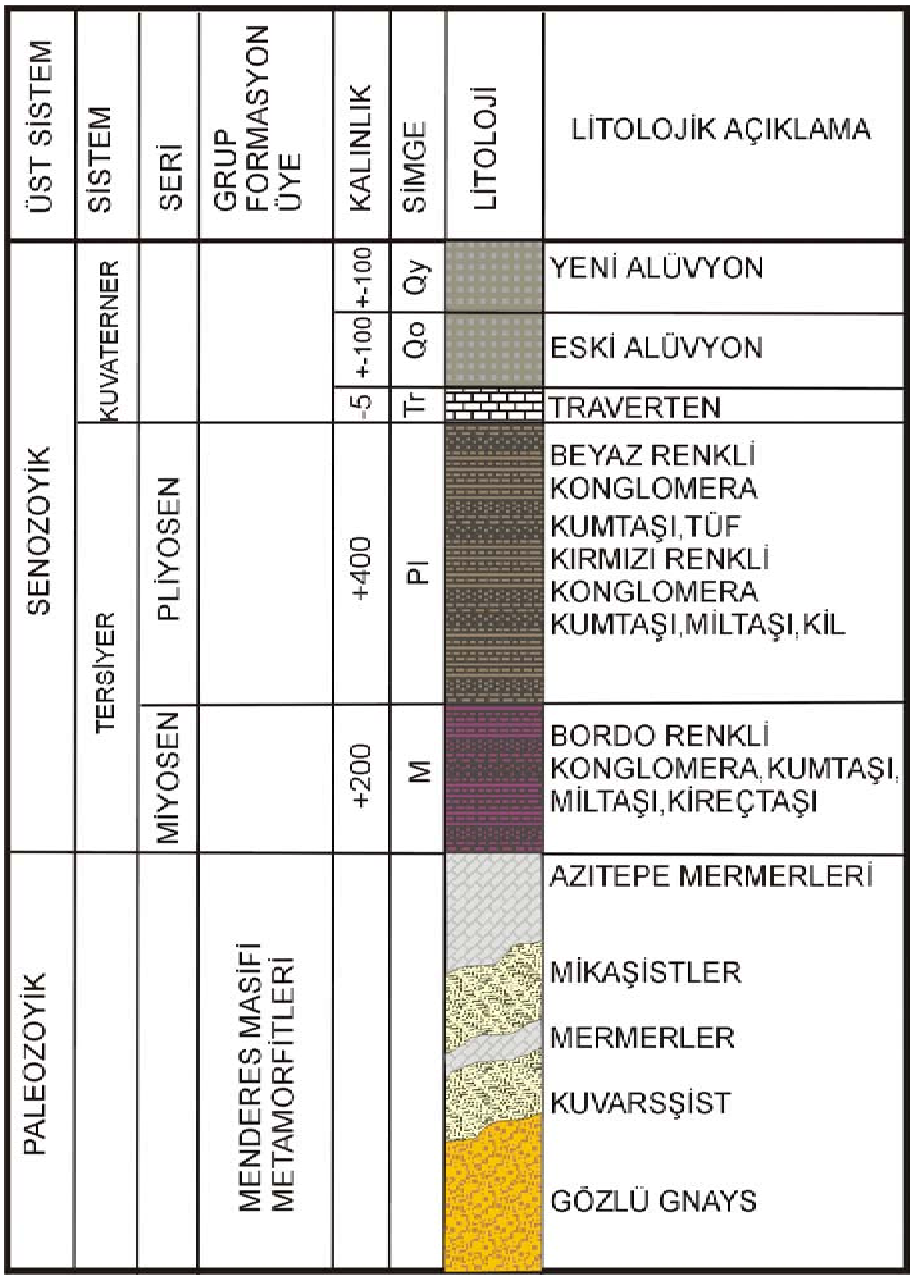
Yapraklı seyller üzerine gelen kırmızı konglomera-kumtası-mil seviyesi çok yerde Pliyosen'in taban seviyesi gibi görülmekte olup seri üzerine doğrudan doğruya oturur. Üstte de anlatmıs olduğumuz en altta yapraklı seyller mevcuttur. Seyllerin çökelme devresi çok olup özel sartların bozulması, havzanın çökme hızının artması neticesi hızlı çökelme ile bu seviye bütün sahayı kaplamıs olup çok genis yayılıma sahiptir. Alttan üste doğru tane boyu çok kaba çakıldan kil boyutuna kadar çok değisir. Yer yer çapraz tabakalanma da görülebilir. Doku değisimi hızlıdır. Taneler Kuvars, kuvarsit, mikasist, serizitsist, Kalksist, Mermer çakıllarından ibarettir. Tane boyu çakıl, kum, mil, kil, boyunda olup karmasıktır. Hamur mil ve killidir. Yer yer çok sert çimentoludur. Bu nedenle asınması da farklıdır. Alt seviyelerinde de yumrulu kırmızı kireçtası, Dere civarında ise en alt seviyede yer yer çok ince taneli killi kireçtası. Kireçtası içersinde bol ostrakod kabuk kırıntıları bulunmustur.

2.3.2.3. Pliosen (P13) beyaz konglomera-kumtası:

Kırmızı konglomera kumtası ve miltasları üzerinde tedrici olarak Pliyosen (P13) beyaz konglomerakumtası görülmüs. Kırmızı konglomera kumtası seviyesi sahada bir serit seklinde verilebilir.Deveboynu, Alahıdır, çevresinde mostraları görülebilir. Renkleri beyaz gri ve sarı renklidir. Taneleri Mikasist, Kuvars, Plajioklas, Zirkon'dan ibarettir.Çimentosu kalsit, Muskovit 'den ibarettir.

2.3.3. Kuvaterner

Sahamızda kuvarterner çökelleri pleistosen yaslı (P1) tutturulmamıs konglomeraları ile temsil olunur. Ayrıca çevrede parça parça travertenler, yamaç molozları, alüvyonlar ve oturma-kayma-heyelanlar mevcuttur.



Şekil 2.2. Çalışma Alanının Stratigrafik Kolonu (Gökalp 1971, Karamanderesi & Yılmazer 1992).

2.4. Bölgenin Hidrojeolojisi

Hidrojeolojik açıdan incelendiğinde; Salihli Jeotermal Sistemleri, beslenme alanına düşen yağış sularının yerin derinliklerine kırık ve çatlaklar boyunca süzülerek burada ısınması ve genç tektonik hatları izleyerek yüzeylemesi şeklinde açıklanabilen devirli sistem özelliğindedir (Tarcan ve diğ., 1998).

Menderes Masifi'ne ait temel kayalarından yaygın bir şekilde gözlenen mika şistler ve fillitler geçirimsiz temeli oluştururlar. Metakuvarsitler, kuvarsşistler, gnayslar ve granodiyoritler çatlaklı kaya akiferi üzerinde olup, az miktarda fakat içimi güzel yumuşak, kaynak suları içermektedirler. Mermerler ise karstik akifer özelliğindedir. Temel kayalara ait bu çatlaklı kaya akiferleri ve mermerler aynı zamanda Salihli jeotermal sistemlerinin haznesini oluşturmaktadır. Grabenin güneyinde yer alan Neojen yaşlı Acıdere ve Göbekli formasyonları içerdikleri killi düzeylerin bolluğu nedeniyle yer altı suyu içermezler ve örtü kayasını oluştururlar. Pleyistosen yaşlı Asartepe formasyonu gözeneklilik ve geçirgenlik açısından yer altı suyu içerebilecek birimdir. Ancak genellikle yüksek tepelerde az bir yayılım göstermesi nedeniyle önemli miktarda yer altı suyu içermemektedir (Tarcan ve diğ., 1998).

Grabenin kuzeyinde yer alan Mevlütlü formasyonu ve Filiztepe formasyonu akifer özelliğindedir. Kula bazaltları inceleme alanında az bir yayılım sunmaları ve ince kalınlıkları nedeniyle yer altı suyu içermemektedir. Gevşek kum, kil ve çakıl boyutunda malzemelerden oluşan ve çoğunlukla grabenin orta kesimlerinde önemli bir kalınlığa erişen alüvyon birimi soğuk yer altı suları için çok iyi bir akifer özelliğindedir (Tarcan ve diğ., 1998).

Salihli jeotermal alanları doğudan batıya doğru Horzum-Sazdere ılıcaları, Kurşunlu kaplıcaları ve Sart çamur kaplıcaları olarak 3 grupta ele alınmıştır. Sart çamur kaplıcaları ve Kurşunlu kaplıcaları arasında ve grabenin orta kesiminde de yer alan Caferbeyli derin kuyusunun bulunduğu saha ayrı bir jeotermal alan olarak değerlendirilmiştir (Karamanderesi, 1997).

Horzum – Sazdere Ilıcaları Gediz Grabeni'nin güneyindeki yaklaşık doğu-batı gidişli fay hattının en doğusunda yer alır. Günümüzdeki konumu ile iki ana

gözeden çıkmakta olup, herhangi bir kullanım olmaksızın doğal olarak akmaktadır (Tarcan ve diğ., 1998).

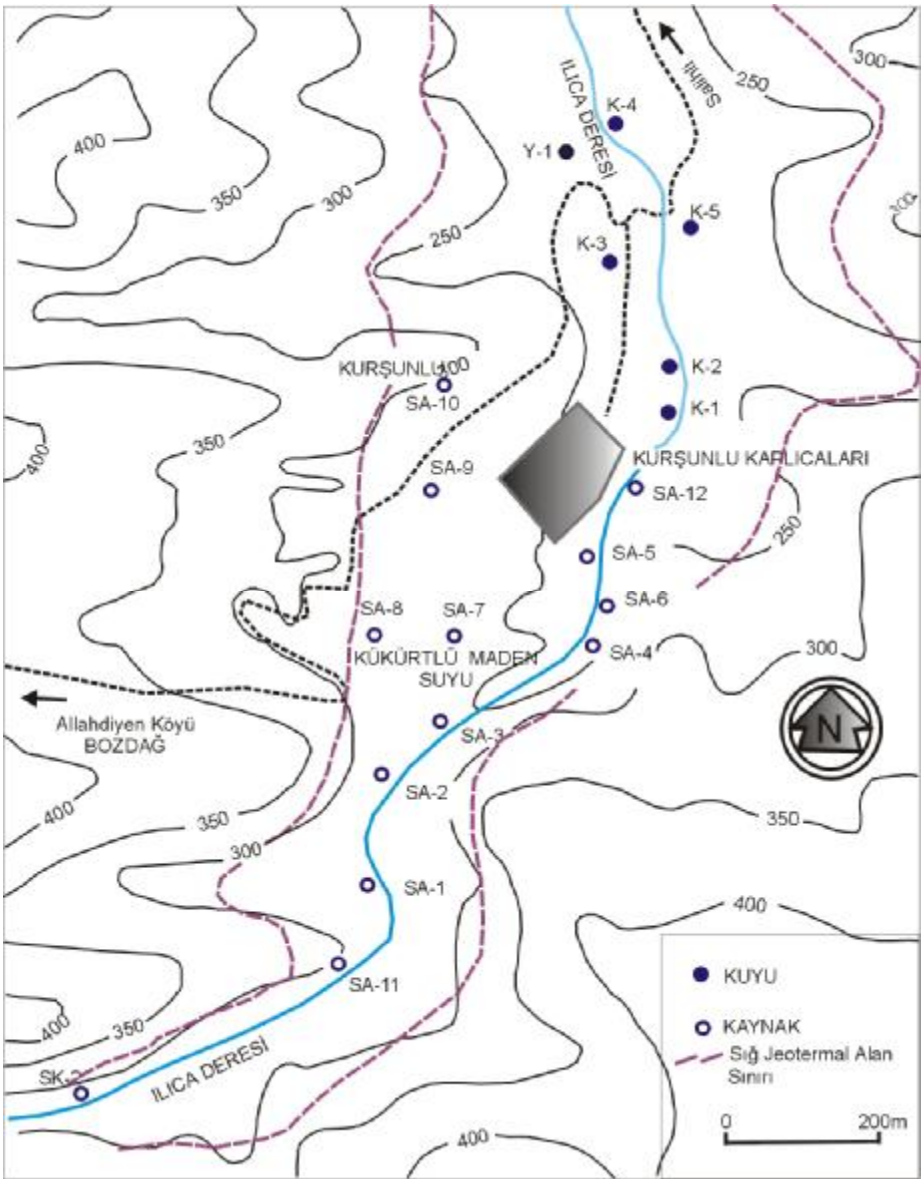
Kurşunlu Jeotermal alanında yer yer sıcak su kaynakları şeklinde yüzeylenmiş sığ bir jeotermal alan vardır (Şekil 2-3). Bu sığ jeotermal alanda 10-200 m. arasında değişen derinlikte bir hazne bulunmaktadır (Yılmazer ve Karamanderesi, 1994). Alandaki bu hazneden yararlanılarak, Salihli'nin jeotermal enerjiyle ısıtılması amacıyla Salihli Belediyesi tarafından MTA'ya açtırılmış 5 adet sondaj kuyusu bulunmaktadır (Şekil 2-3). MTA_1 kuyusu 1976 yılında açılmış olup 42.5 m. derinliktedir. Yaklaşık 40 m. derinlikli Neojen örtüden sonra girilen mermerlerden beslenmekte olup, akışkanı 20 l/s debiye, 88-91^{o}C sıcaklığa sahiptir. Bölgede MTA_2 (K2) ve MTA_3 (K3) kuyuları 1992 yılında açılmıştır. MTA_2 kuyusu 70 m derinlikli, 45 l/sn debili, sıcaklığı 94 ^{o}C olan bir kuyudur. MTA_3 kuyusunun ise derinliği 114 m. akışkan debisi 80 l/sn ve sıcaklığı 94 ^{o}C'dir. Açılan kuyular sonucunda elde edilen olumlu sonuçlar Salihli'nin ısıtılmasına yönelik bir projenin gelişmesine neden olmuştur (Tarcan ve diğ,1998). Bu nedenle K4 ve K5 kuyularının açılması gündeme gelmiştir. K4 ve K5 kuyularından birisi reenjeksiyon kuyusu olarak değerlendirilmek amacıyla açılmıştır. K4 No'lu kuyu Kurşunlu havzasında açılan kuyuların en kuzeyinde olduğundan porozite, permeabilite ve debisinin yüksek olmasından dolayı reenjeksiyon kuyusu olarak değerlendirilmesi uygun görülmüştür (Yılmazer, 2003). Bu durumda MTA_2 (K2) ve MTA_3 (K3) kuyularının 125 lt/sn olarak belirlenen toplam debisi ilk etapta düşünülen 7000 konutun ısıtılmasına yetmeyeceğinden K5 kuyusunun delinmesine geçilmiştir. K1,K2,K3 ve K4 kuyuları ile aynı alanda bulunan K5 kuyusu delinme esnasında 116m de basınçlı çıkış ve 40-50 lt/sn civarında büyük bir su boşalımı olmuştur. Bu esnada kaplıcalara su sağlayan K1 kuyusunun üretiminde azalma görülmüştür. Sonuçtan anlaşılacağı üzere kuyuların hepsi üretime geçtiğinde rezervuar basıncında azalma olabilecektir.

Kurşunlu jeotermal alanında Salihli'nin ısıtılması projesinden ayrı olarak maden suyu olarak işletilen şişeleme tesisleri ile balneolojik ve termal turizm amaçlı kullanımlar için Salihli Belediyesi tarafından işletilmekte olan oldukça modern

konaklama tesisleri bulunmaktadır.

Sart çamur kaplıcaları da Gediz Grabeni'nin güneyindeki fay hattı boyunca yüzeyler. Balneoterapik amaçlar için kullanılan bu kaplıca suları Çamurhamamı köyünün içinde bulunan tesislerde özel sektör tarafından işletilmektedir.

Caferbeyli jeotermal alanı MTA tarafından jeolojik ve jeofizik çalışmalar ile etüt edilmiş, 10 adet gradyan sondajı ve 1 adet derin sondaj ile incelenmiş, 150 ^{o}C sıcaklığa sahip 15 km^{2} lik bir alanı kaplayan derin sistemli bir jeotermal sahadır (Karamanderesi, 1997). 1990 yılında yapılan SC-1 sondajı ile 1189,1 m derinliğe kadar inilmiş 0-40 m arası alüvyon, 40-142m arası eski taraçalar, 142-470 m arası pliyosen, 470-766m arası miyosen tortullar ve 760 m den sonra menderes masifi birimleri kesilmiştir. Kuyu dibi sıcaklığı termometre ile maksimum 155 ^{o} C ölçülmüş fakat yapılan üretim deneylerinde 2l/sn gibi düşük bir debi elde edilmiştir.



Şekil 2.3. Kurşunlu jeotermal alanındaki kaynak kuyuların dağılımı (Yılmazer ve Karamanderesi, 1994'ten modifiye edilmiştir)

Bölgede Kurşunlu kaplıcaları ve Sart Çamur Kaplıcaları arasında, yine Karadut ayrılma fayı boyunca Allahdiyen Köyü yakınlarında doğal karbondioksit çıkışları bulunmaktadır. Kısa bir süre gaz üretimi yapılmış olan sahada günümüzde herhangi bir üretim bulunmamaktadır. Bu konuda bölgede yapılan analizler sonucunda bu sahada da Batı Anadolu'daki birçok jeotermal alanda olduğu gibi termal sulardaki gazların manto kökenli yada en azından manto beslemeli olduğu sonucuna varılmıştır (Ercan ve diğ,1994).

3. MATERYAL VE METOT

Uluslar arası standartlara ve bilimsel ölçekte yapılan çalışmaların akış şeması aşağıdaki uygulamalara benzerdir.

Arama sistematiği akış şeması aşağıdaki gibidir;

Önceki Çalışmaların Değerlendirilmesi

1. Uzaktan Algılama Çalışmaları
2. Jeolojik Çalışmalar
    2.1. Saha Jeolojisi ve Haritalama
    2.2. Jeokimyasal Çalışmalar
    2.3. Hidrojeolojik Çalışmalar
3. Jeofizik Çalışmalar
    3.1. Gravite (Gravity) Yöntemi ile Veri Toplanması ve Yorumlanması
    3.2. Manyetik (Magnetic) Yöntemi ile Veri Toplanması ve Yorumlanması
    3.3. Elektrik Özdirenç (Resistivity) Yöntemi ile Veri Toplanması ve Yorumlanması
    3.4. Doğal Gerilim (Self Potential, SP) Yöntemi ile Veri Toplanması ve Yorumlanması
    3.5. Etkisel Kutuplaştırma (Induced Polarization - IP) Yöntemi ile Veri Toplanması ve Yorumlanması
    3.6. Elektromanyetik (EM) Yöntem ile Veri Toplanması ve Yorumlanması
    3.7. Sismik Yöntemle Verilerin Toplanması, İşlenmesi ve Yorumlanması
    3.8. Kuyu Jeofiziği
4. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Durum Değerlendirmesi
5. Sondaj Çalışması
6. Üretim Çalışması
    6.1. Elektrik enerjisi üretimi

6.2. Isı enerjisi üretimi

Sahaların çevresinde daha önce yapılmış çalışmalar, uzaktan algılama, saha jeolojisi, jeokimya analizleri ve hidrojeoloji çalışmalarından elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda belirlenen hedef alanda jeofizik çalışmalar yapılır.

Jeofizik yöntemler, geleceğin jeotermal projeleri için uygun alanların secimi konusundaki kararlara önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Bu sayede oldukça pahalıya mal olan ve herhangi bir sonuç elde edilemeyen sondajların sayısı da azalmış olacaktır.

Jeotermal enerji aramalarında önceleri klasik olarak jeofizik elektrik (rezistivite) yöntemi kullanılırken, günümüzde gelişen ileri teknolojik cihazlar sayesinde elektrik (rezistivite), gravite, manyetik, elektromanyetik ve sismik yöntemlerin entegre kullanımı söz konusudur.

3.1. Özdirenç Yöntemi

Yer elektrik yöntemlerin uygulanması sırasında, yere uygulanan akımın yayınımındaki etkenlerden biri de yer içi ısısındaki değişikliklerdir. Jeofizik arama yöntemleri Jeotermal alanlara uygulandığında yer içindeki sıcak akışkanın ortam özdirencini düşürdüğü göz önünde tutulur.

Bir malzemenin elektrik özdirenci (rezistivitesi) genelde Ohm kanunu ile ilişkilidir. Genel olarak tüm özdirenç tekniklerinde görünür özdirenç ölçülür. Malzemelerin elektrik özdirençleri (rezistivitesi) onların bileşimlerine, dokularına ve içerdikleri akışkana bağlı olarak değişir. Bu nedenle yeraltı katmanlarının belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Görünür özdirenç değeri saptanmasında aşağıdaki bağıntı kullanılır.

$\rho_a = K\ \Delta V / I$ formülde

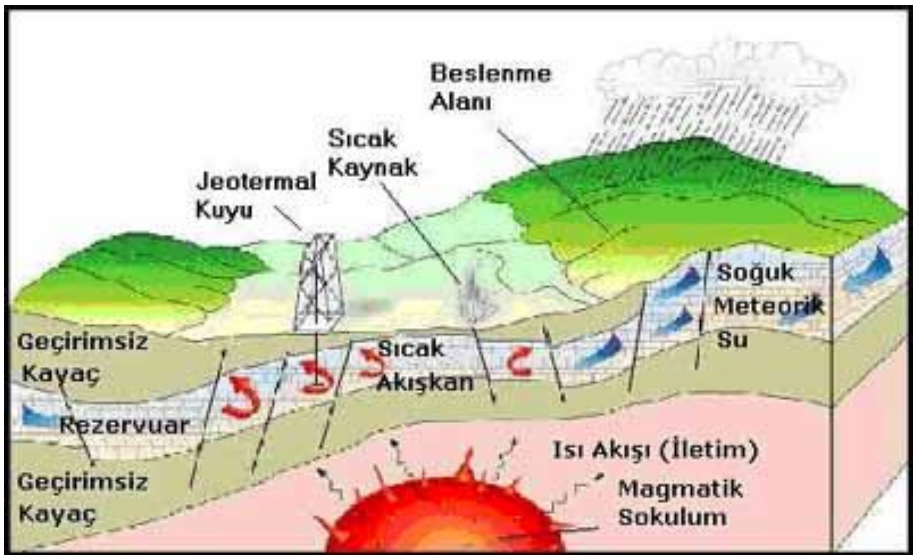
ρ_a : görünür özdirenç (Ωm)

ΔV : gerilim farkı (mV) I : akım (mA)

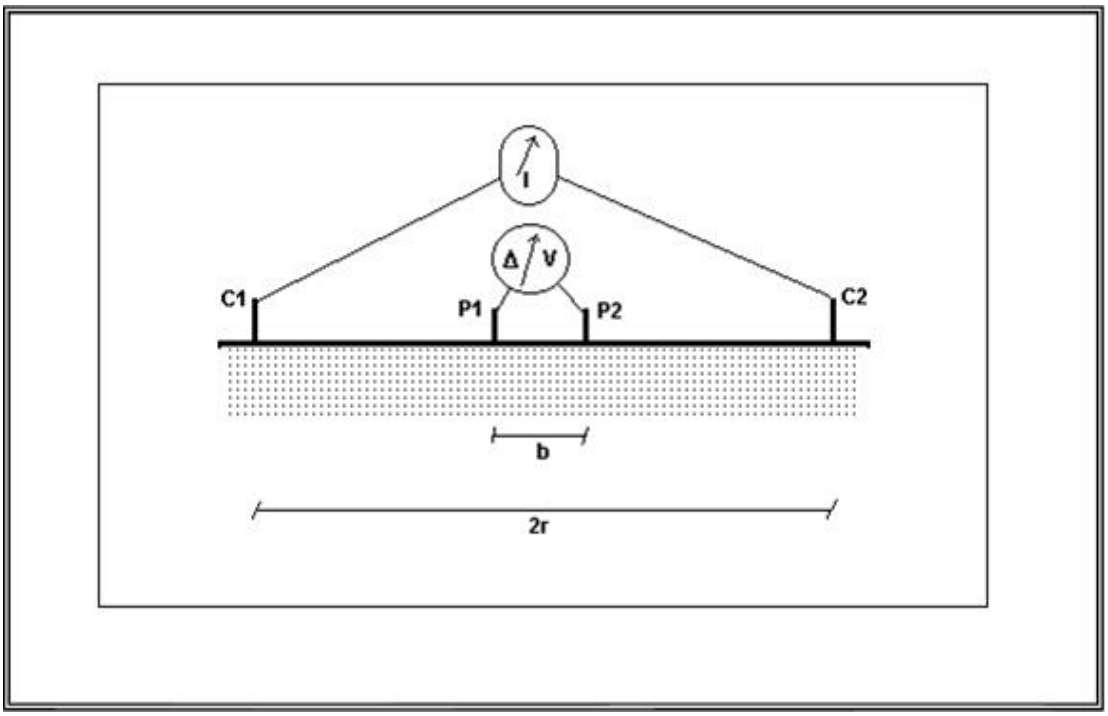
K : dizilim katsayısı

Pratikte iki elektrot arasına akım uygulanarak diğer iki elektrot arasındaki gerilim farkı ölçülür. Özdirenç ölçümlerini uygulamak için bir kaç tane elektrot düzeneği vardır. Bu çalışmada, gerilim elektrotları arasındaki uzaklığın akım elektrotları açıklığına göre çok küçük alındığı Schlumberger ölçü tekniği kullanılmıştır. Şekil 3 - 2 'de Schlumberger elektrot dizilim düzeneği görülmektedir. Düşey elektrik sondajında elektrot diziliminin merkezi sabit tutularak elektrot aralıkları adım adım arttırılır. Buna özdirenç sondajı adı verilir. Elektrot aralığı genişledikçe akımın nüfuz derinliği arttığından, bu yolla derinliğin fonksiyonu olarak özdirenç değişimi incelenmektedir.

Gerek sıcaklık ve gerekse sıcak su dolaşımının kayaçların elektriksel özelliğini değiştirmesi nedeniyle jeotermal aramalarında sondaj yerlerinin belirlenmesinde jeofiziğin elektrik-elektromanyetik yöntemleri başarılı ve isabetli sonuçları ortaya koyar. Aşağıdaki şekilde Bilecik civarındaki Göynük bölgesinde yapılan bir Manyetotellurik araştırmada yer içinde sıcak suyun dolaşım gösterdiği ortam ve jeotermal model çıkarılmıştır. Yer içi kesitinde mavi olan kısımlardaki kayaçların elektriksel özdirenci sıcak suların dolaşımı nedeniyle düşük olarak elde edilmiştir .



Şekil 3.1. Jeofizik yöntemler kullanılarak elde edilen bir jeotermal yapısı örneği.



Şekil 3.2. Schlumberger Elektrot Düzeneği. *C1, C2: akım* elektrotları, *2r: akım elektrotları mesafesi (AB/2) P1, P2: potansiyel elektrotları b: potansiyel elektrotları mesafesi*

3.1.1. IPI2Win

IPI2WIN programı elektrik prospeksiyon tekniklerinde kullanılan herhangi bir popüler elektrot dizilimi ile alınan, düşey elektrik sondajı ve/veya IP verilerini otomatik yorumlayacak şekilde dizayn edilmiştir. IPI2WIN elektriksel prospeksiyon tekniklerinde (1D) bir boyutta ters ve düz çözüm yapabilecek kapasitede bir programdır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışma sahasında toplam 39 noktada Elektrik Özdirenç (Düşey Elektrik Sondaj - DES) Sondaj ölçüleri alınmıştır. Ölçülerde yarı elektrot açıklığı (AB/2) 2000 m ile 2500 m arasında olacak şekilde, toplam açıklık 4000 m ile 5000 m aralığında bulunmaktadır. Mevcut coğrafik koşullar, topografik engebe, köy ve benzeri fiziksel kısıtlamalar nedeni ile bazı açılımlarda AB/2 (yarı açılım) değeri 2000 m olarak gerçekleştirilmiştir. Yer yer bu olumsuz koşullar ölçü kalitesini de etkilemişlerdir. Değerlendirmelerde güvenilir olmayan veriler değerlendirme dışı tutulmuşlardır.

Üç ayrı noktada nirengi okumaları yapılmıştır. İlk nirengi noktası Taytan köyündeki Miranda Otel otoparkı, diğeri ise Çıkrıkçı Köyü girişindeki yol ayrımıdır. Lokasyon haritası, jeotermal sistemin ortaya konulması ve fayların takip edilmesi anlamında büyük bir önem arz etmektedir.

Tablo 4.1. Nirengi Nokta Değerleri

Tarih	1. NOKTA		2. NOKTA	
23.02.2010	35604420	4264140	35571419	42587306
24.02.2010	35604419	4264141	35571421	4258736
26.02.2010	35604423	4264143	35571418	4258734
27.02.2010	35604418	4264138	35571419	4258739
28.02.2010	35604417	4264139	35571420	4258735
01.03.2010	35604420	4264138	35571422	4258741
02.03.2010	35604417	4264142	35571416	4258733
03.03.2010	35604422	4264140	35571419	4258734
04.03.2010	35604420	4264141	35571418	4258736
05.03.2010	35560423	4264143	35571416	4258732
06.03.2010	35560419	4264139	35571423	4257735
08.03.2010	35560418	4264140	35571419	4258739
09.03.2010	35560423	4264141	35571422	4258738

4.1. Arazi Uygulaması

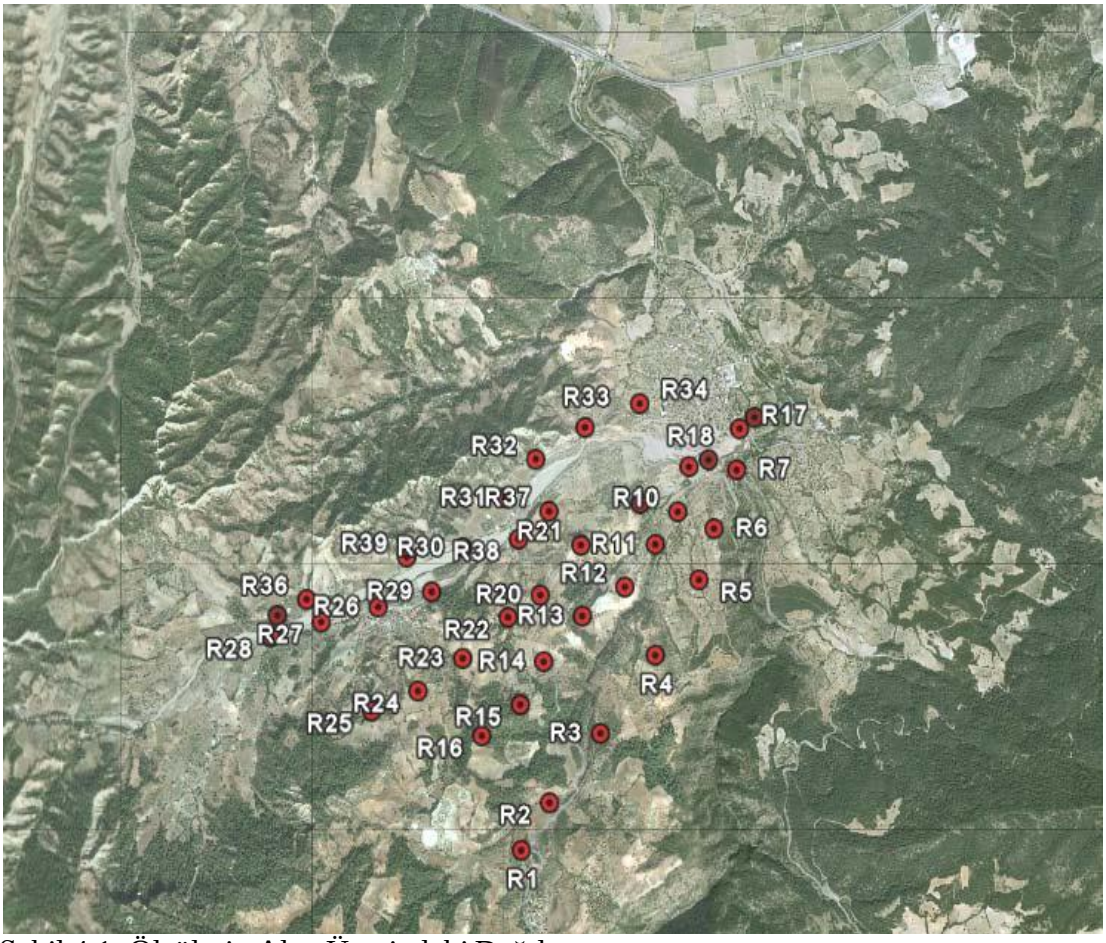
Arazi uygulamasında AGI SuperSting R1 IP Yer Özdirenç ve IP ölçeri (AGI SuperSting R1 Earth Resistivity and IP Meter), jeneratör, yükseltici, çelik elektrotlar ve sahra kablolarından oluşan bir sistem kullanılmıştır.

Yapılan 39 özdirenç ölçümünün UTM cinsinden koordinatları Tablı.4.2.'de sırayla sunulmuştur.

Tablo 4.2. Ölçü İsimleri ve Koordinatları

Ölçü	X	Y	Z
R2	35570644	4256600	341
R3	35570896	4256920	305
R4	35571168	4257282	276
R5	35571383	4257629	238
R6	35571458	4257865	191
R7	35571568	4258135	156
R8	35571655	4258376	149
R9	35571426	4258181	142
R10	35571273	4257941	159
R11	35571164	4257790	173
R12	35571012	4257593	209
R13	35570800	4257458	241
R14	35570609	4257248	278
R15	35570494	4257048	324
R16	35570302	4256905	347
R17	35571578	4258325	146
R18	35571330	4258149	145
R19	35571088	4257976	176
R20	35570590	4257553	234
R21	35570791	4257783	219
R22	35570428	4257449	245
R23	35570204	4257258	275
R24	35569983	4257108	314
R25	35579750	4257012	326
R26	35569778	4257490	260
R27	35569493	4257419	271
R28	35569244	4257349	290
R29	35570046	4257561	249
R30	35570200	4257767	224
R31	35570344	4257973	212
R32	35570560	4258176	199
R33	35570807	4258324	185
R34	35571080	4258436	169
R35	35569274	4257446	285
R36	35569420	4257522	276
R37	35570629	4257937	200
R38	35570476	4257810	214
R39	35569918	4257720	248

Alınan ölçülerin arazi üzerindeki genel dağılımı Şekil 4-1 ‘de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Ölçülerin Alan Üzerindeki Dağılımı

Çıkrıkçı - Kurudere yakınlarındaki toplam 39 noktada alınan DES verileri, IPI2Win yazılım programı ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda elde edilen Özdirenç (Rezistivite) verileri ile çalışma sahasının jeoelektrik haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca görünür özdirenç kat haritası ve görünür özdirenç kesitleri oluşturulmuştur**.**

4.1.1. Çalışma Sahasında Sıcaklıkla Değişen Fiziksel Parametreler

Kayaçlarda sıcaklıkla değişen fiziksel özelliklerden biri de elektrik özdirenç değerinin sıcaklıkla çok katlı olarak azalmasıdır. Bir kayacın özdirenci ile içerdiği suyun özellikleri arasında

$$p = a\, p_w\, \emptyset^{-m}$$

bağıntısının olduğu gözlenmiştir. Formülden de görüldüğü gibi bir kayacın özdirenci içerdiği elektrolitin özdirenci: pw ve suyla dolu gözenek oranı: 0 ye bağlıdır. Eşitlikteki indisler a ve m kayaç türüne bağlı sabitlerdir, a tortul kayaçlarda l den biraz küçük, volkanik kayaçlarda 2-5 arasındadır, m çimentolu sert kayaçlarda 1,7-2,2 çözük ve oturmamış kayaçlarda 1,4-1,7 arasında değere sahiptir. Eşitlik doğrudan sıcaklığa bağımlılık göstermez. Sıcaklıkla değişim gösteren elektrolitin özdirencidir. Gözenekleri dolduran suyun yüzdesinin ve tuzluluk miktarının da kayaç özdirencinin düşmesine neden olan faktörlerdendir. Bu nedenle çalışma sahasında bir ortamda özdirenç değerlerinin düşmesi mutlaka o ortamın sıcak olduğunu göstermez. Bir elektrolitin 20°C olarak alınan referans sıcaklığına göre özdirenç değişim oranı geniş bir sıcaklık aralığında görülmektedir. Örneğin 300°-350°C sıcaklığında elektrolit faz değiştirince özdirenç değeri astronomik artış gösterir.

Ergimiş bir kayaç kütlesi çevresinde kabuk ve mantonun derinliklerinde sıcaklığın kayaçların özdirenç değerine etkisi daha büyük boyutlardadır. İletkenlik ve sıcaklık arasında aşagıdaki bağıntı bulunmaktadır.

$$\boldsymbol{\sigma = \sigma\, e^{-\frac{b}{T}}}$$

σ = Kayacın iletkenliği (Mhos/m)

$\sigma_\circ$ = Belirli bir temel sıcaklıktaki kayaç iletkenliği

T = Kelvin derecesinde sıcaklık

Kayaçlarda 500°C - 700°C sıcaklıklar altındaki sıcaklıklarda elektrik iletimi tamamen gözenekleri dolduran elektrolitle olur. 800°C üzerindeki sıcaklıklarda ise minerallerdeki iyonlaşma nedeniyle kayaç çok büyük iletkenlik kazanmakta, elektrik iletimi tamamen katı iletkenliği yoluyla olmakta, gözeneklerdeki akışkanın bu iletime katkısı olmamaktadır.

Çalışma sahasında gözlenen özdirenç değerindeki düşmelerin yalnız sıcaklıkla değil, gözeneklerdeki akışkan yüzdesinde ve akışkanın tuzluluk miktarındaki değişmelerden de ileri gelebilmektedir. Bu nedenle yapılan yorumlarda sahadaki formasyonların hidrolojik şartları göz önüne alınmalıdır.

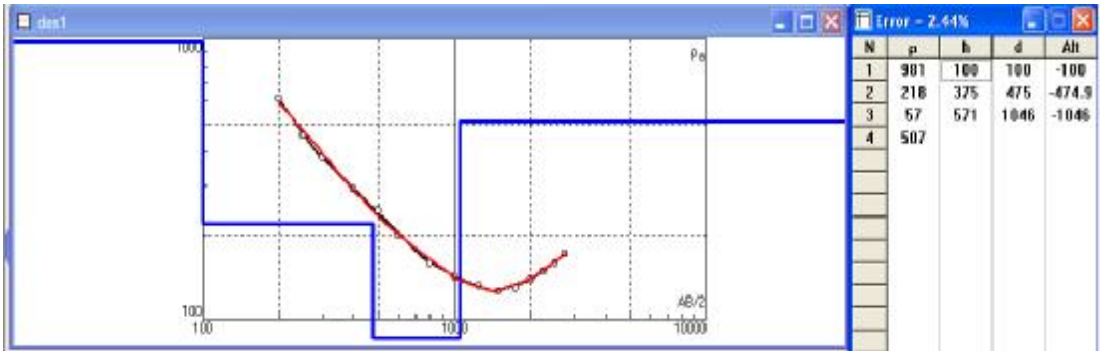
Jeotermal sahalarda jeotermal akışkanı bünyesinde tutan kayaçlar genel olarak poroz ve permabilitesi yüksek olan kayaçlardır. Bu kayaçlar kirectaşı, mermer, kuvarsit, kalkşist, gnays vb. gibi yüksek özdirenç gösteren kayaçlardır. Kapalı bir jeotermal sistemde örtu kayacı temsil eden jeolojik birimler düşük özdirence sahiplerdir (kil, silt, mil, tabakalı şist vs.). Dolayısı ile kapalı bir sistemde DES eğri modelleri H tipi bir eğri modeli gösterirler. Örtü kayaç içerisindeki düşük özdirenç kapanımları jeotermal bir sistemin varlığına işaret edebilir. Ancak, Neojen havzalarda biriken çökeller tane boyutuna bağlı olarak havzanın ortasına doğru incelmekte ve düşük özdirenc, gösteren bir yapı kazanmaktadırlar. Özdirenç kapanımlarının birimin litolojik özelliğinden mi; yoksa jeotermal bir akışkandan mı, kaynaklandığı sorusuna gerek seviye haritalarından gerekse görünür eş özdirenç kesitlerindeki kontur sıklıklarına bakılarak yoruma gidilmelidir.

Çalışma sahasından elde edilen DES verilerinin yorumlanması ile oluşturulan Görünür özdirenç kesitleri ve seviye haritalarında kontur sıklığıyla ifade edilemeyecek özdirenç kapanımları litolojik kapanımlardır. Bu kapanımlar jeotermal bir sistemin varlığına işaret etmez. Bunun yanı sıra profil boyunca alınan DES eğri modellerindeki rezervuar kayaca giriş derinliğindeki farklılıkta faya işaret eder. Bu durumda; bu fayın varlığına işaret eden birbirine paralel olarak alınan profillerde görünür eş özdirenç kesitlerinde ve seviye haritalarında devamlılığının görülmesi gerekmektedir. Acık bir jeotermal sistemde örtü kayaç bulunmadığından; jeotermal akışkanın kırık ve fay sitemleri boyunca hareketi düşünülmelidir. Jeotermal amaçlı bir sondajında bu kırık ve fay sistemini daha derinde kesmesi hedeflenmelidir. Bu tur

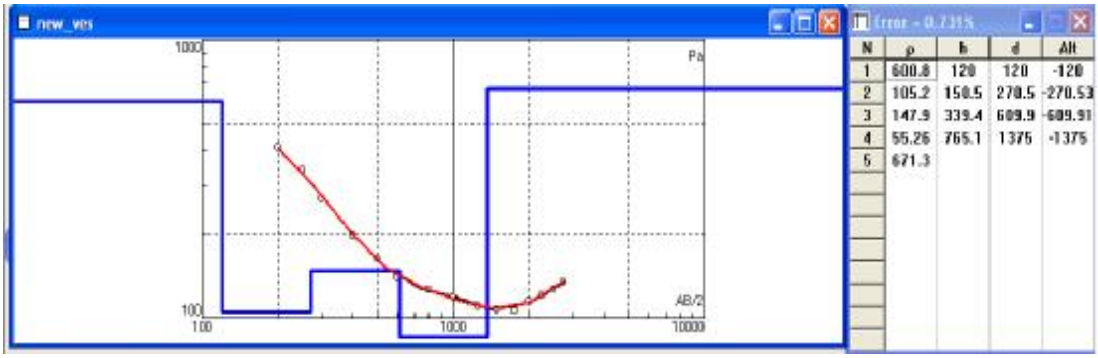
bir jeotermal sistem için DES eğri modeli; rezervuar kayaç için yüksek özdirenç gösterir nitelikte olması gerekir. Jeotermal akışkanın, fay zonu boyunca rezervuar kayaç içerisindeki hareketi alterasyon ve mineralizasyon etkisiyle DES eğrisinde düşük özdirenç olarak kendisini gösterir.

4.2. Düşey Elektrik Sondaj Eğrileri

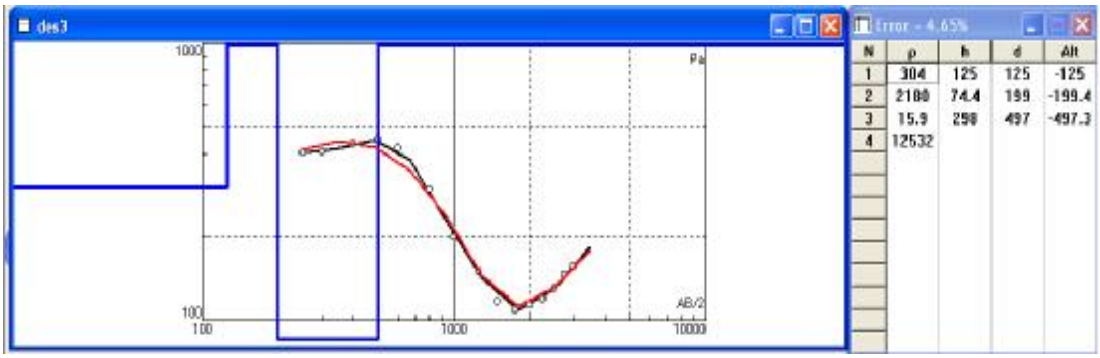
Elde edilen düşük özdirençli anomalilerin, tamamen ortamın termal akışkanla sature olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. DES noktalarından çizimleri de aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Örtü kayaç olarak tanımlanan neojen yaşlı kayaçların özdirenci 19-55 Ohm.m, taban kabul edilen metamorfiklerin özdirençleri ise 70- 100 Ohm.m arasında hesaplanmıştır.



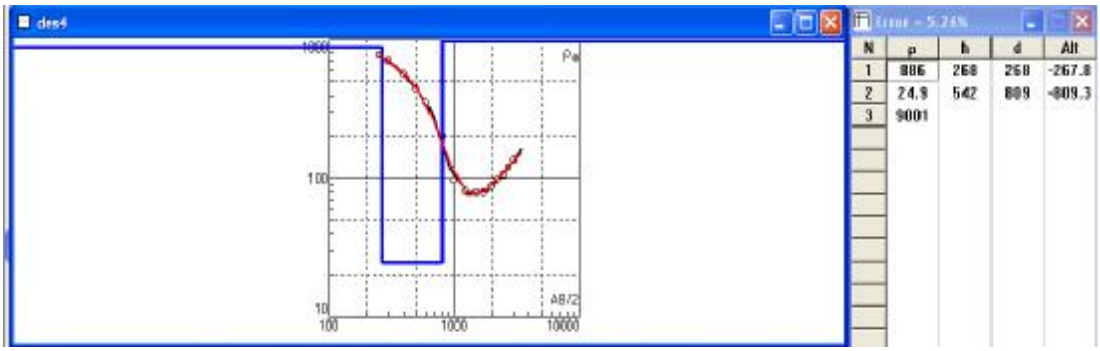
Şekil 4.2. DES1 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



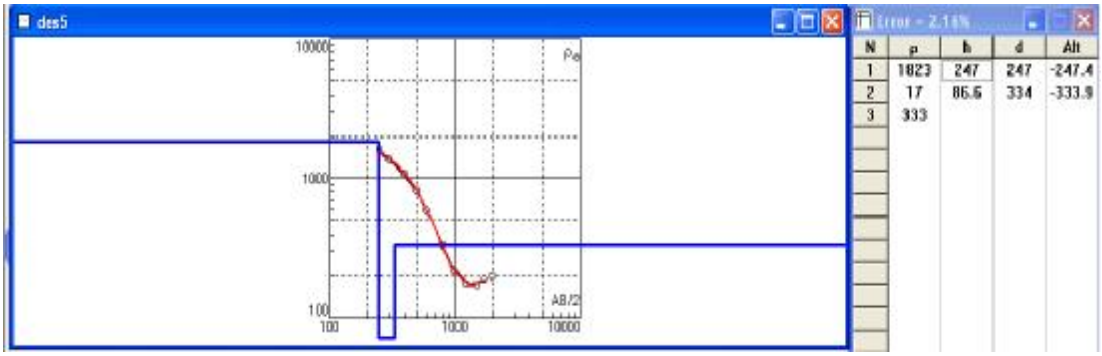
Şekil 4.3. DES2 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



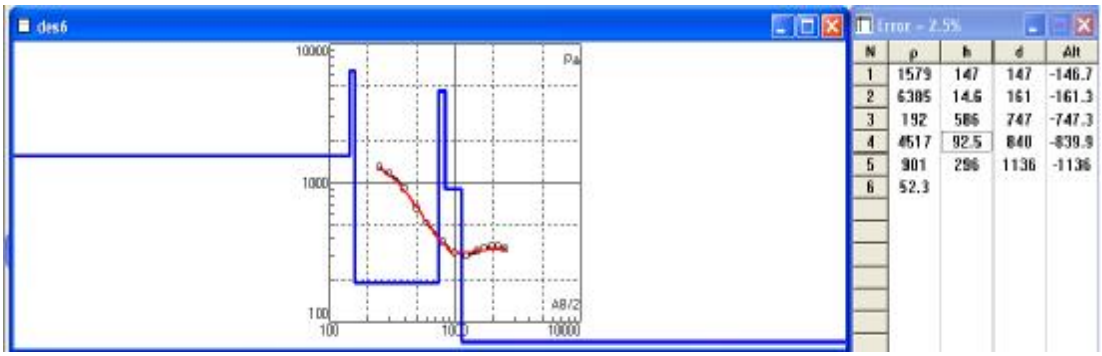
Şekil 4.4. DES3 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. En düşük özdirenç değerlerinden ve en yüksek özdirenç değerlerinden biri yer almaktadır.



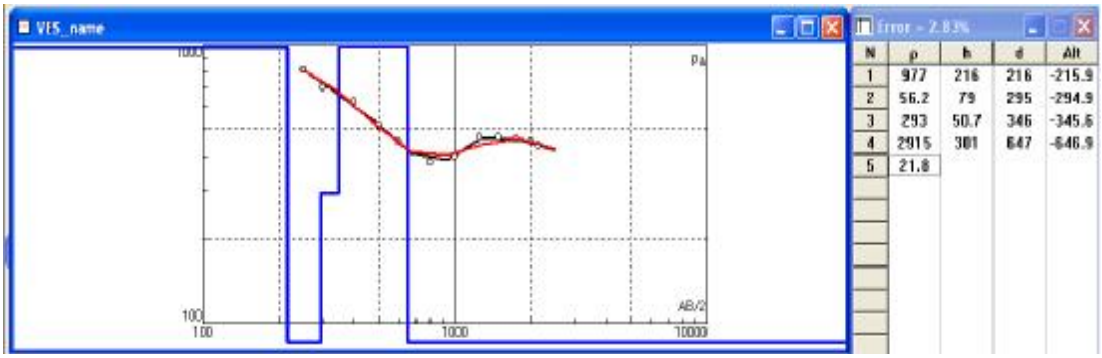
Şekil 4.5. DES4 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



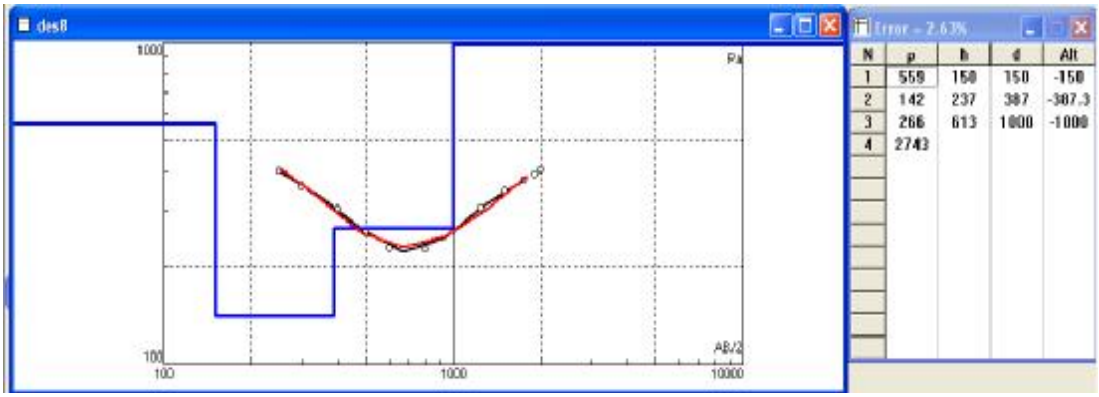
Şekil 4.6. DES5 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. Bu noktada en düşük özdirenç değerlerinden biri yer almaktadır.



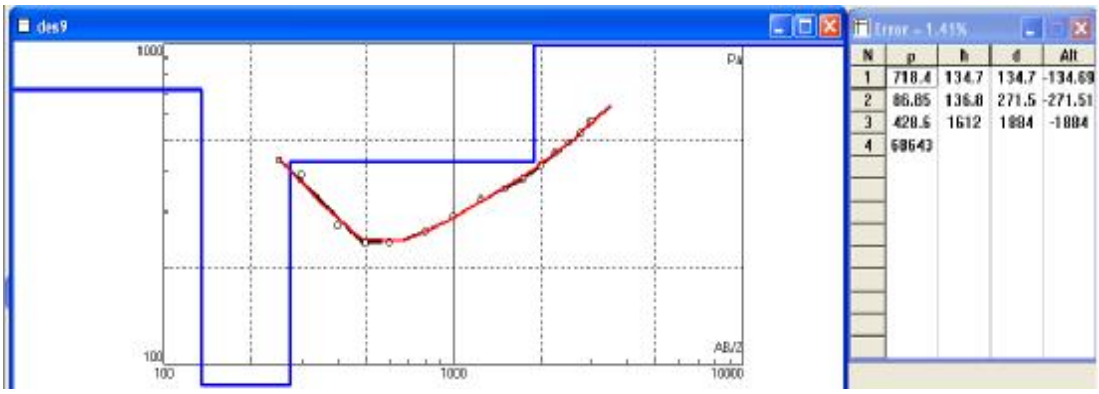
Şekil 4.7. DES6 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



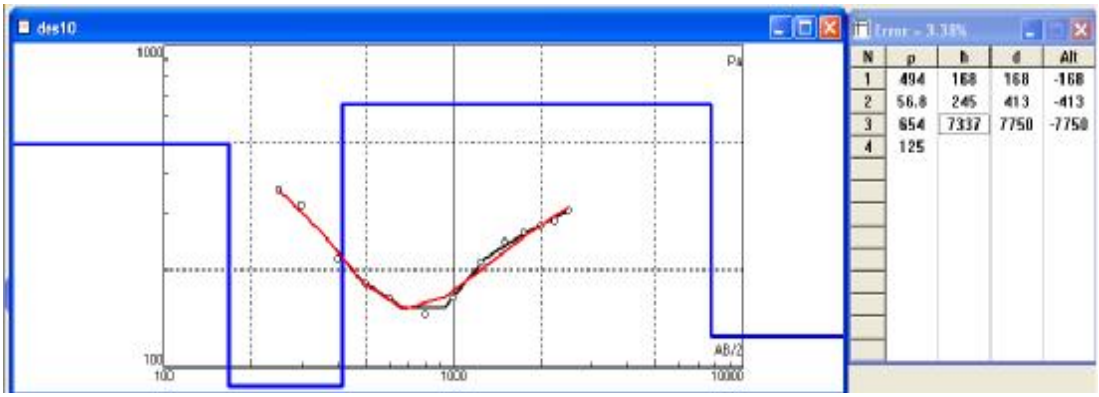
Şekil 4.8. DES7 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



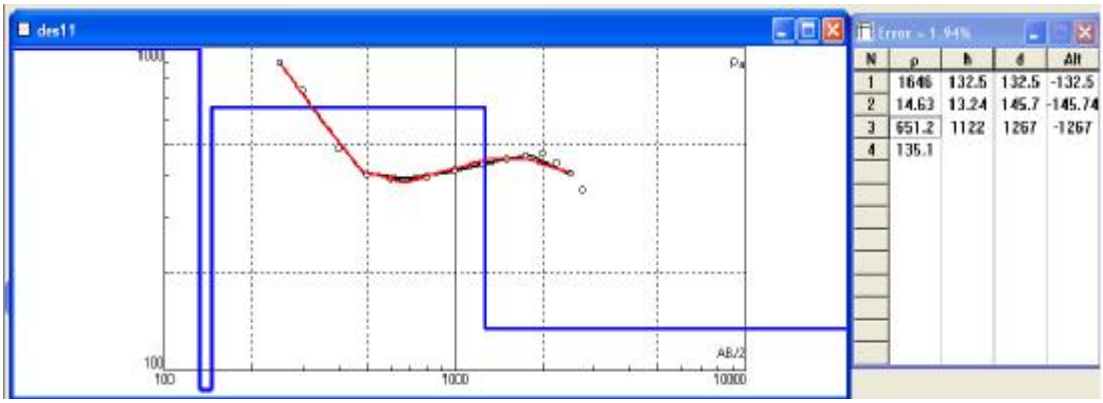
Şekil 4.9. DES8 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



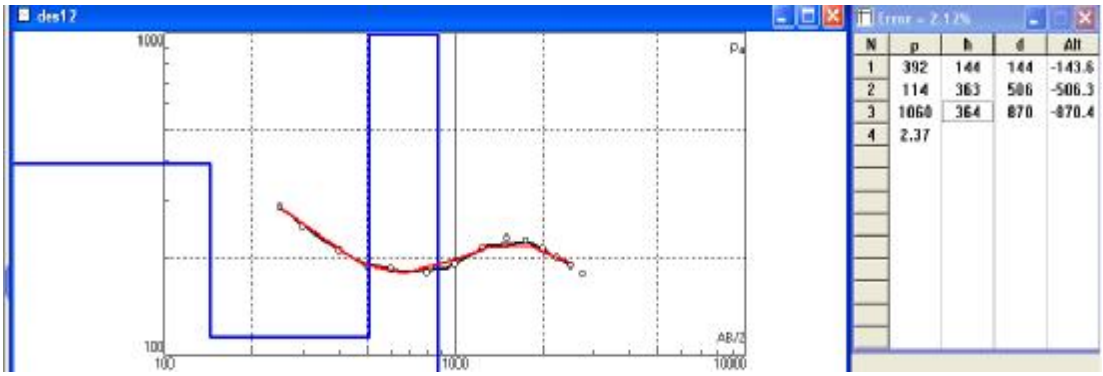
Şekil 4.10. DES9 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. Bu noktada en yüksek özdirenç değeri yer almaktadır. Özdirenç değerlerindeki ani düşüş ve yükselişlerin gösterdiği süreksizlikler bir fay varlığını işaret ediyor olabilir.



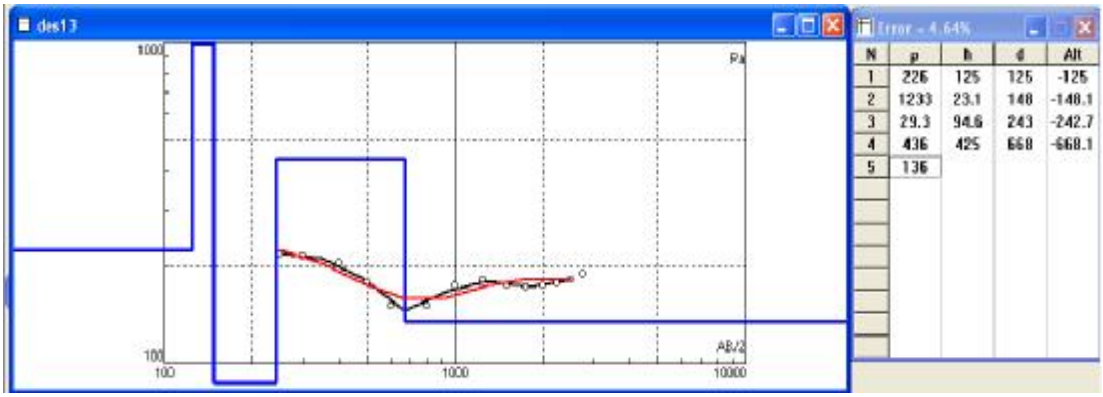
Şekil 4.11. DES10 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. Burada maksimum derinliğine ve maksimum tabaka kalınlığına inilmiştir.



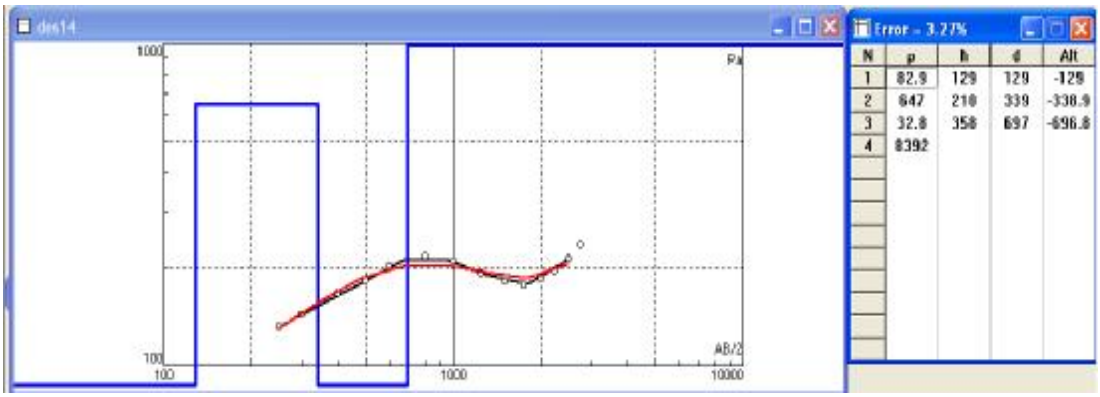
Şekil 4.12. DES11 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



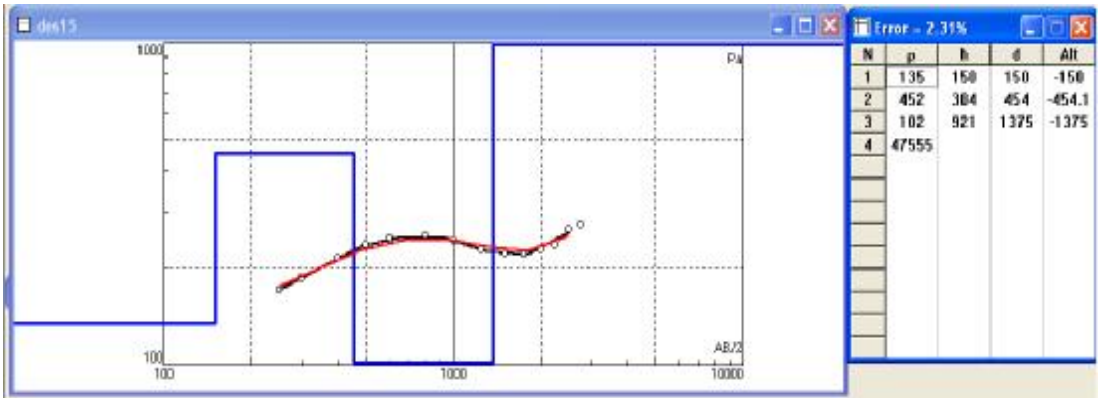
Şekil 4.13. DES12 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. Bu noktada en düşük özdirenç değeri yer almaktadır.



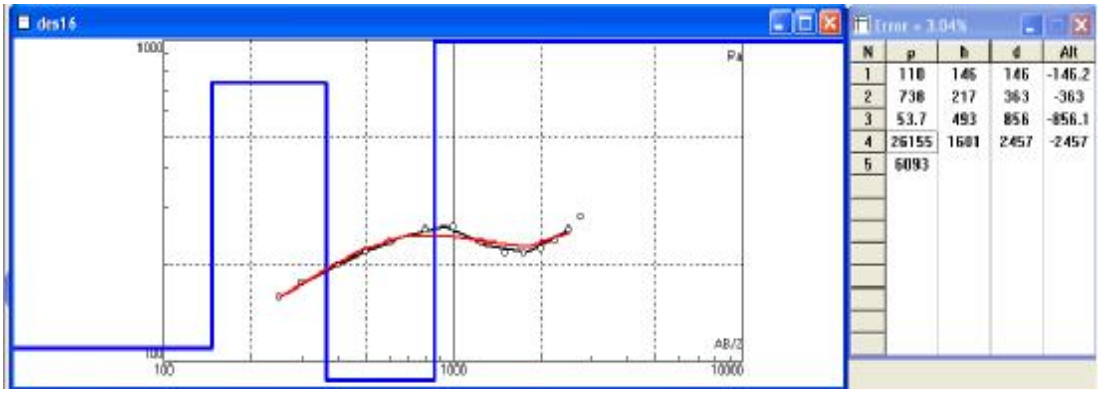
Şekil 4.14**.** DES13 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



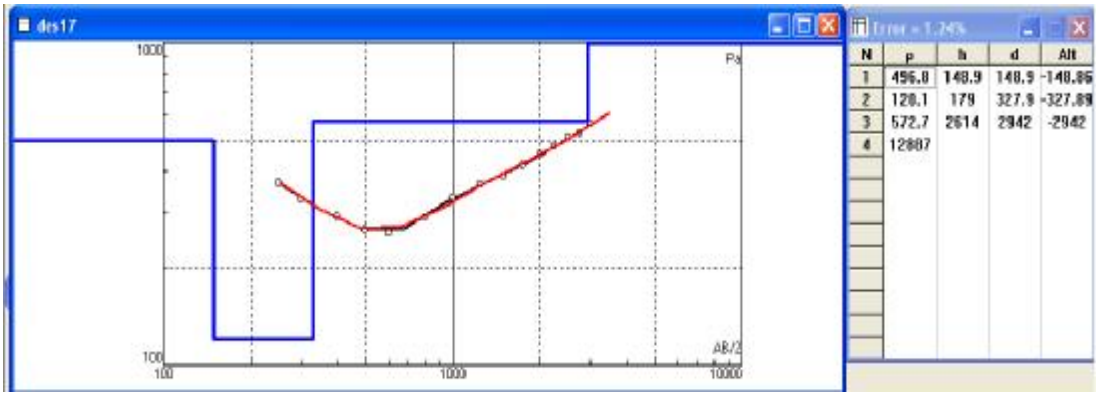
Şekil 4.15. DES14 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



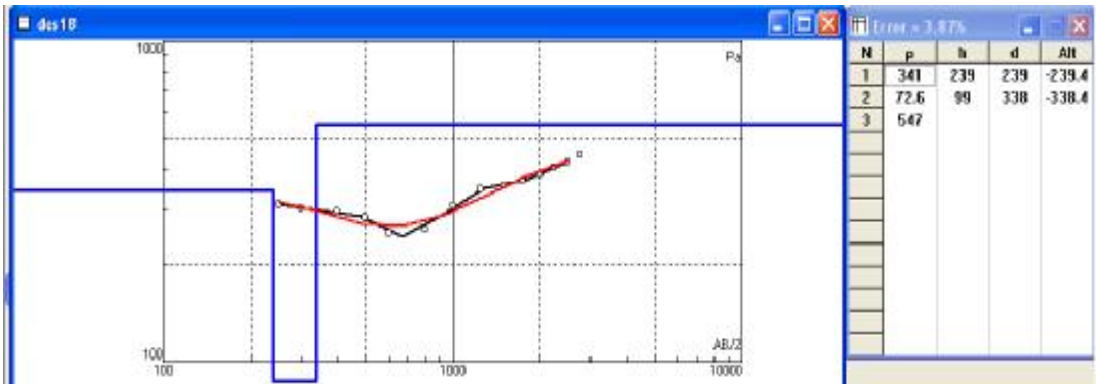
Şekil 4.16. DES15 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. Bu noktada en yüksek özdirenç değerlerinden biri yer almaktadır.



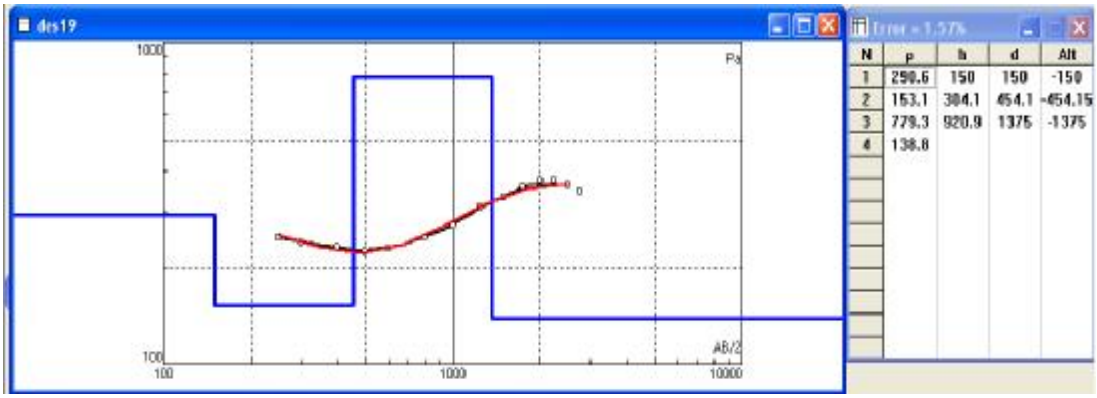
Şekil 4.17. DES16 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



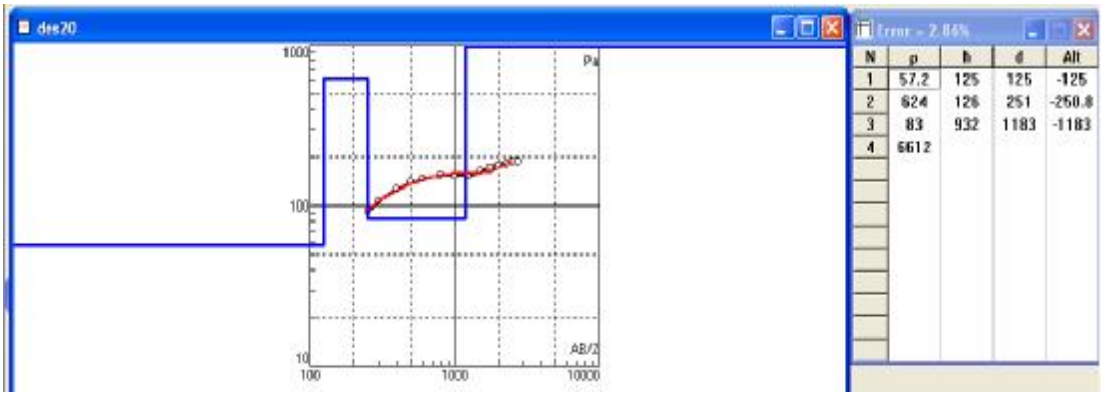
Şekil 4.18. DES17 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. Özdirenç değerlerindeki ani düşüş ve yükselişlerin gösterdiği süreksizlikler bir fay varlığını işaret ediyor olabilir.



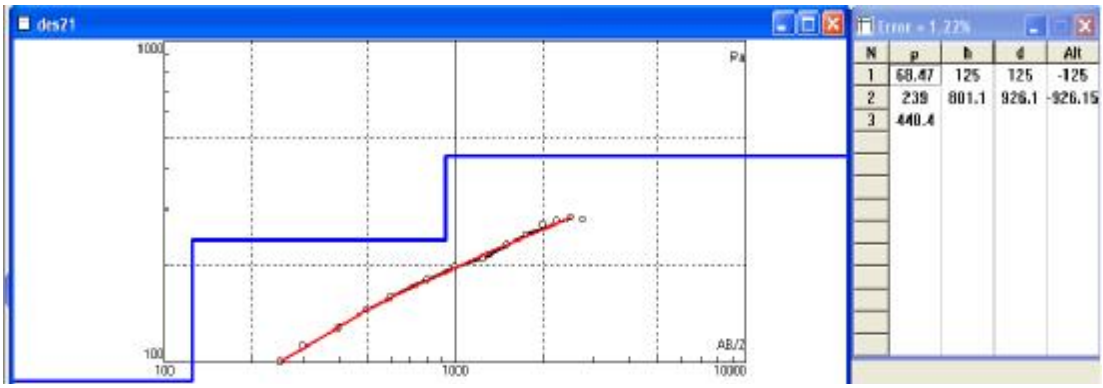
Şekil 4.19. DES18 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. Eğride bir birimin sürekliliğini bozan, olması gerekenden daha düşük özdirenç oluşmasının nedeni faylı bir yapıdır. Bu fayın derinde kesilen bir fay mı yoksa acılım doğrultularının yanalda fay kesmesinden mi kaynaklandığı sorusu farklı acılım doğrultuları seçilerek aynı DES noktası için tespit edilmesi gerekir.



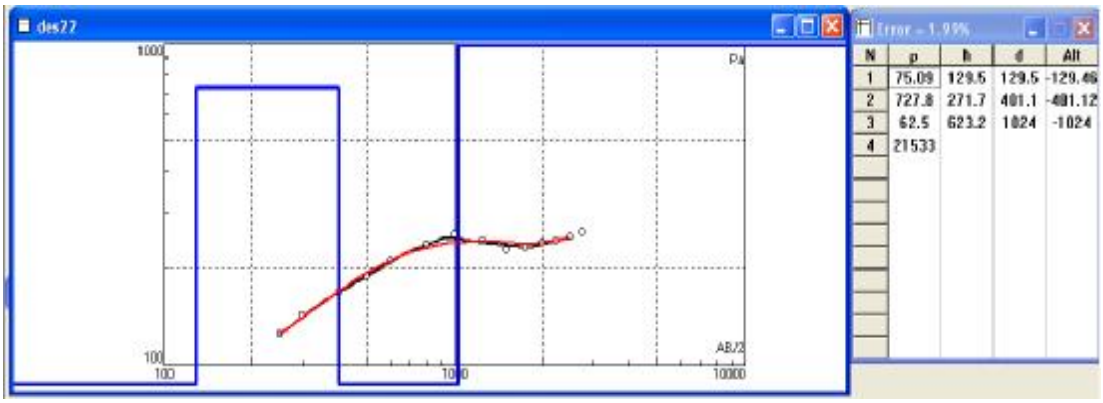
Şekil 4.20. DES19 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



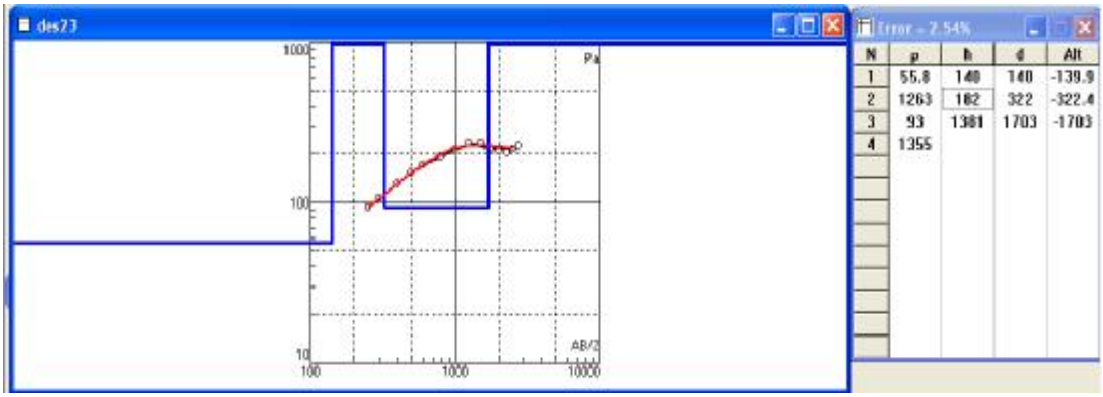
Şekil 4.21. DES20 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. Özdirenç değerlerindeki ani düşüş ve yükselişlerin gösterdiği süreksizlikler bir fay varlığını işaret ediyor olabilir.



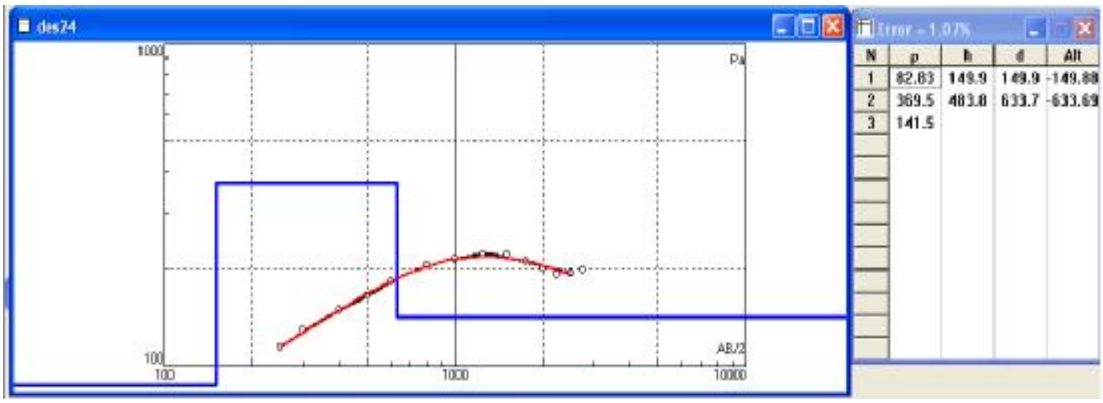
Şekil 4.22. DES21 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



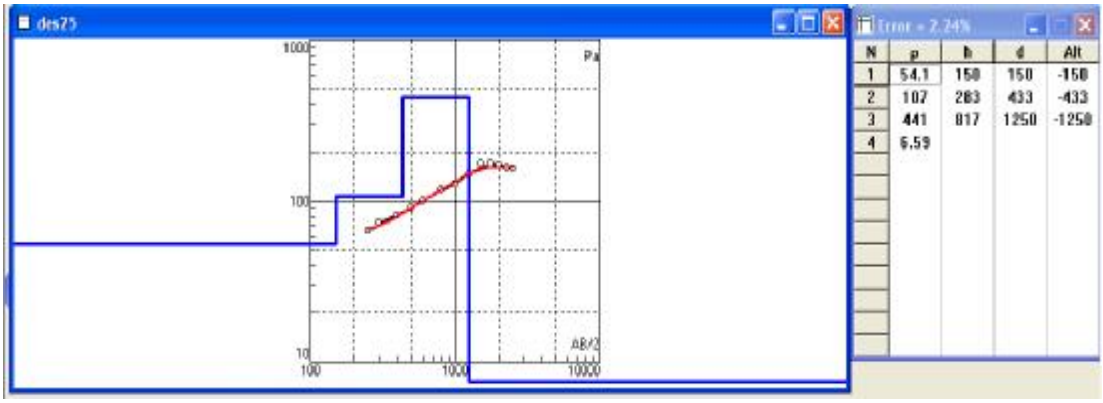
Şekil 4.23. DES22 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları. Özdirenç değerlerindeki ani düşüş ve yükselişlerin gösterdiği süreksizlikler bir fay varlığını işaret ediyor olabilir.



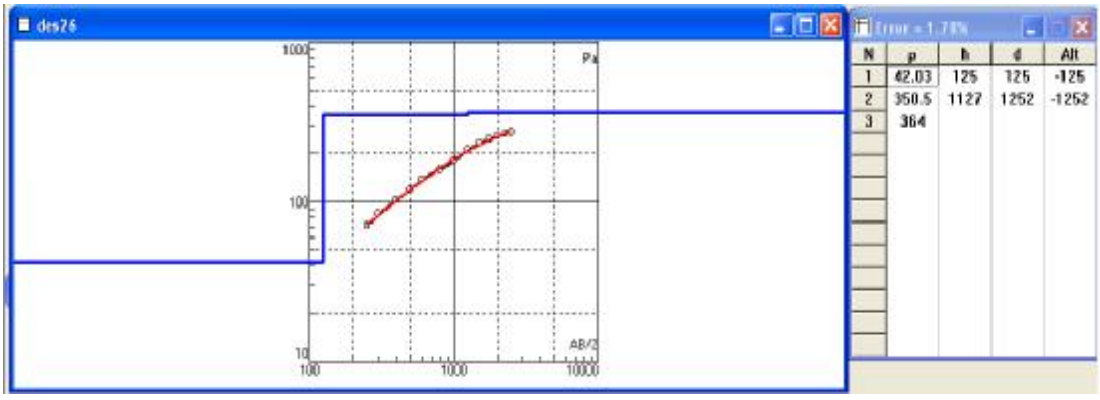
Şekil 4.24. DES23 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



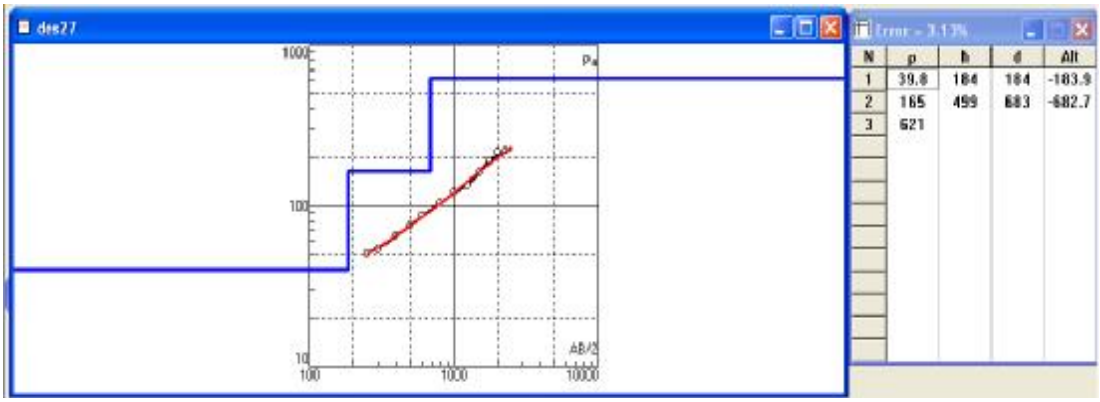
Şekil 4.25. DES24 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



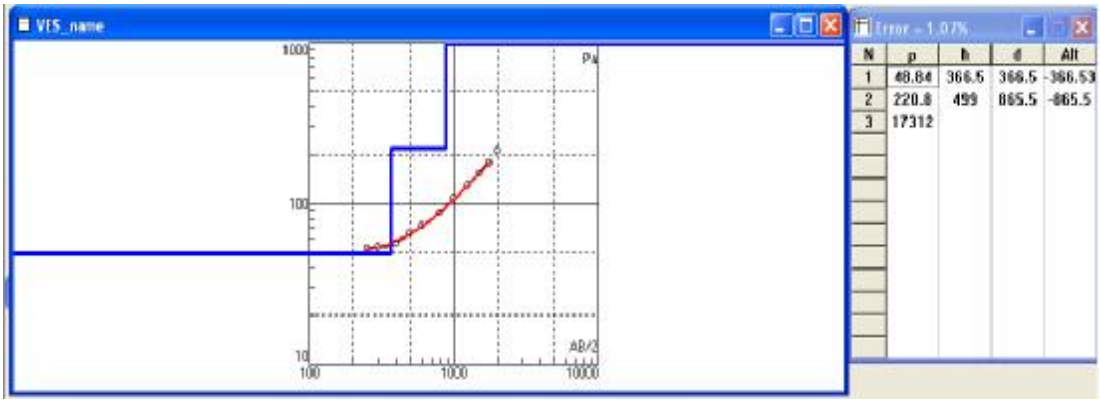
Şekil 4.26. DES25 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



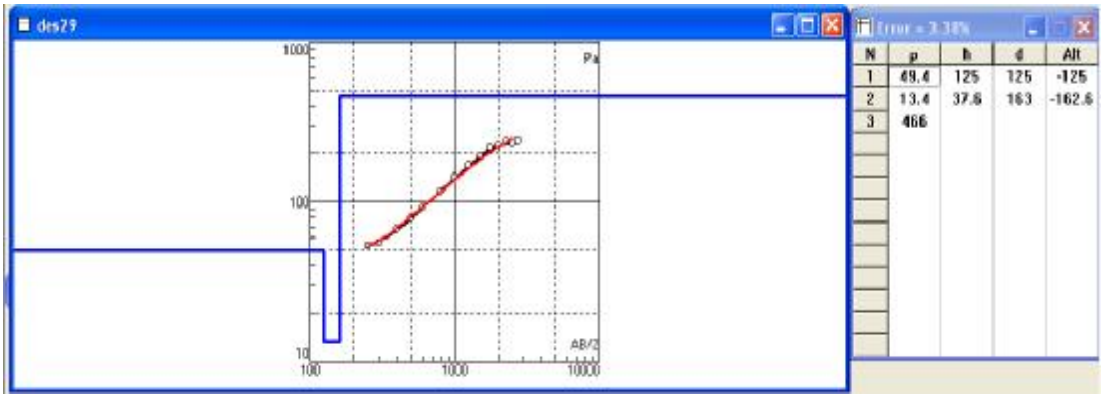
Şekil 4.27. DES26 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



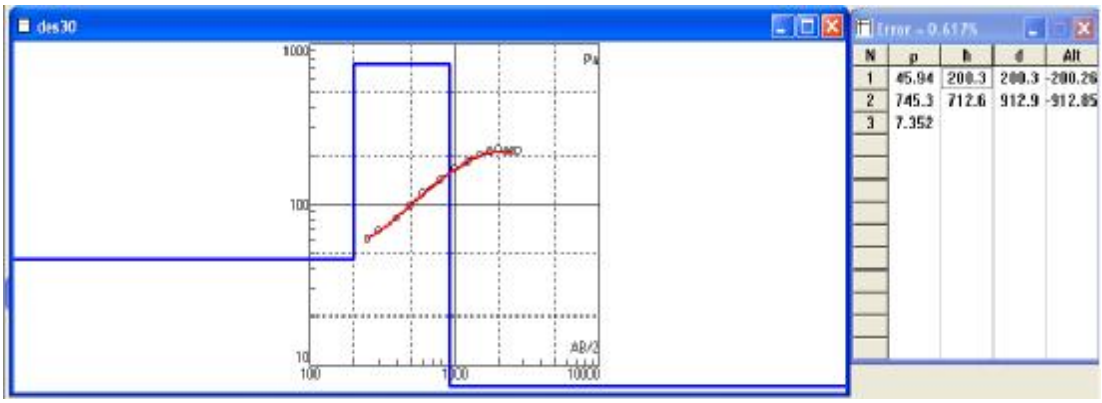
Şekil 4.28. DES27 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



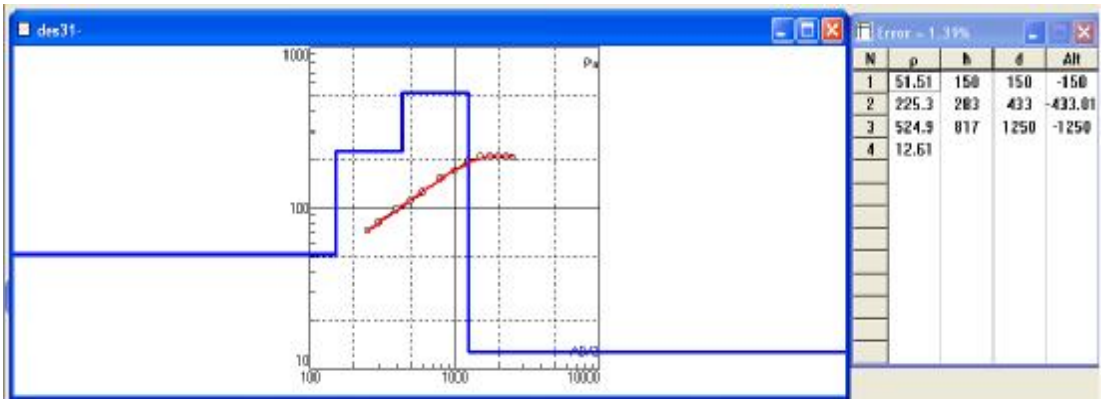
Şekil 4.29. DES28 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



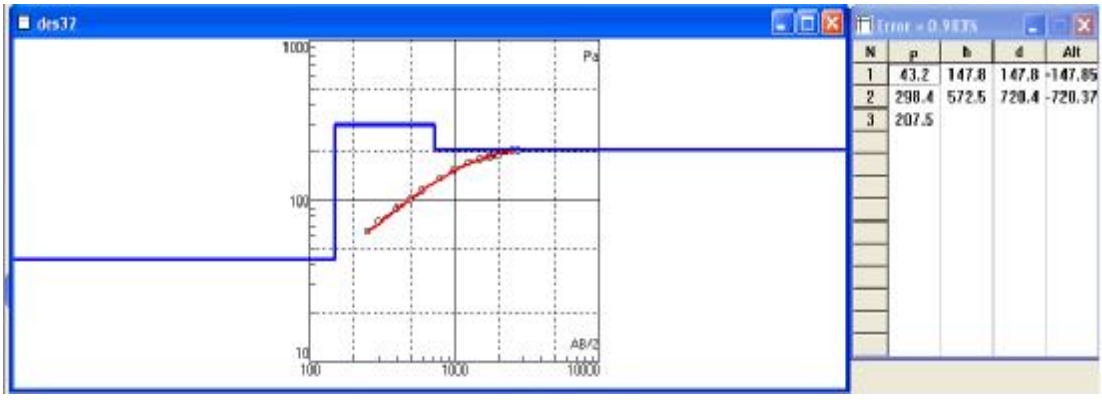
Şekil 4.30. DES29 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



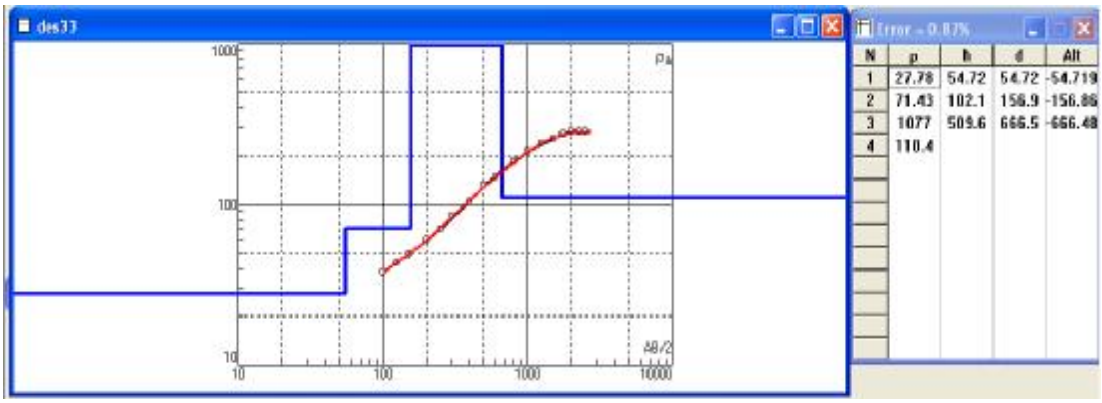
Şekil 4.31. DES30 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



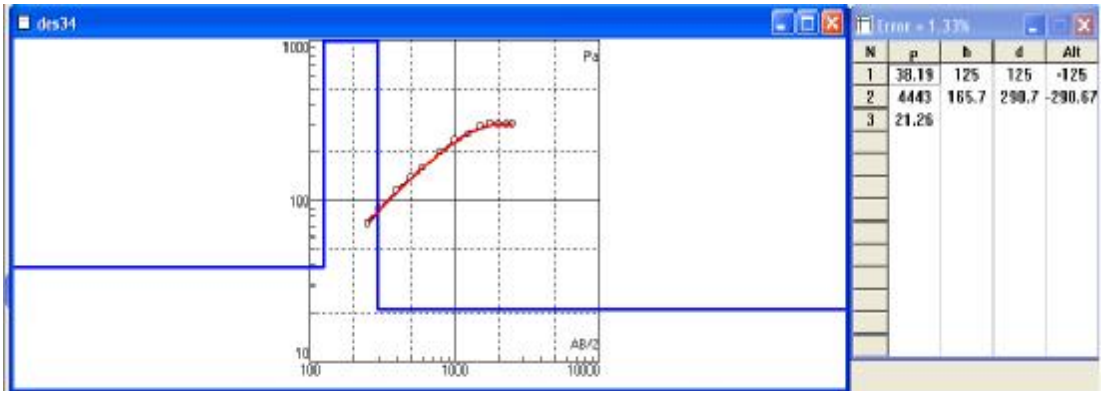
Şekil 4.32. DES31 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



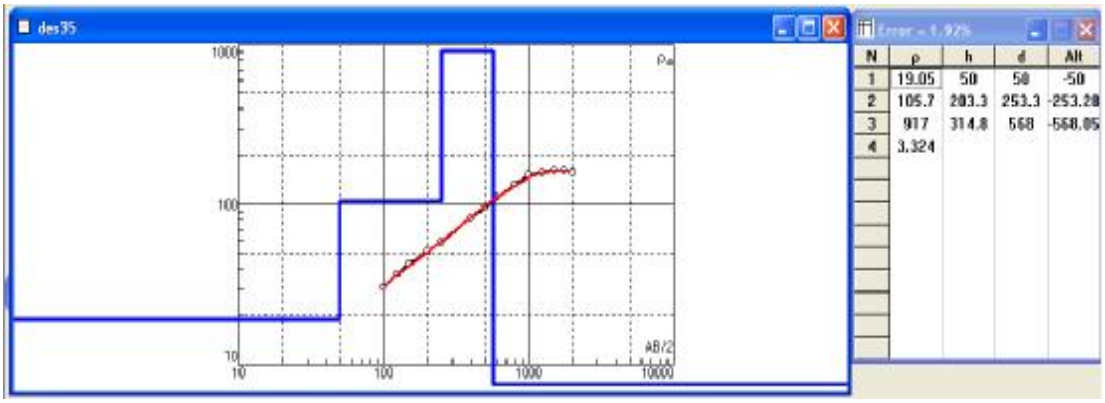
Şekil 4.33. DES32 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



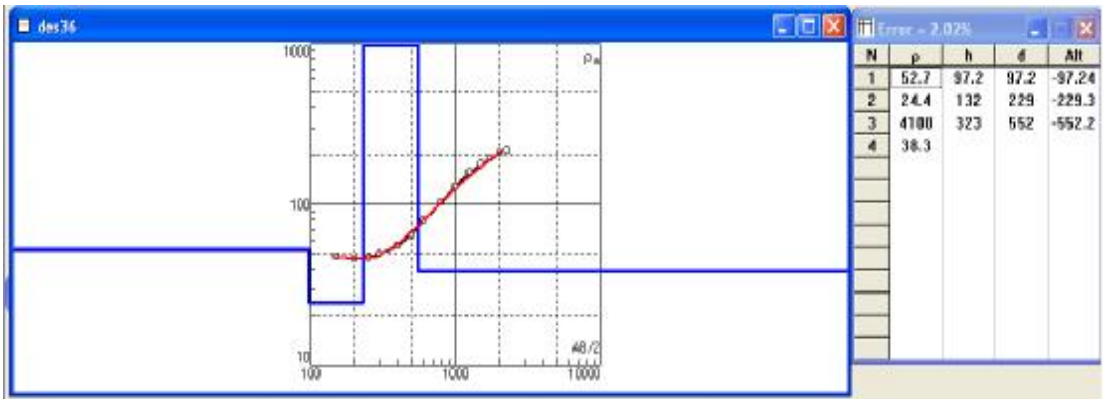
Şekil 4.34. DES33 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



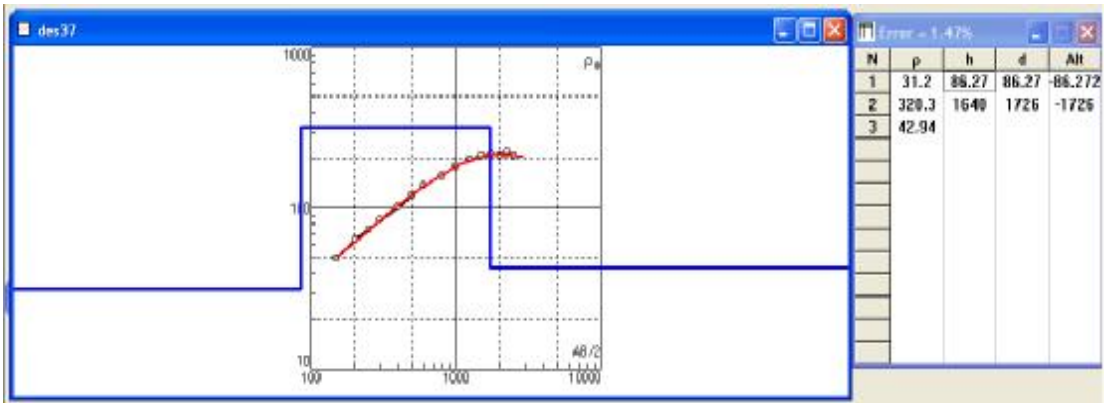
Şekil 4.35. DES34 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



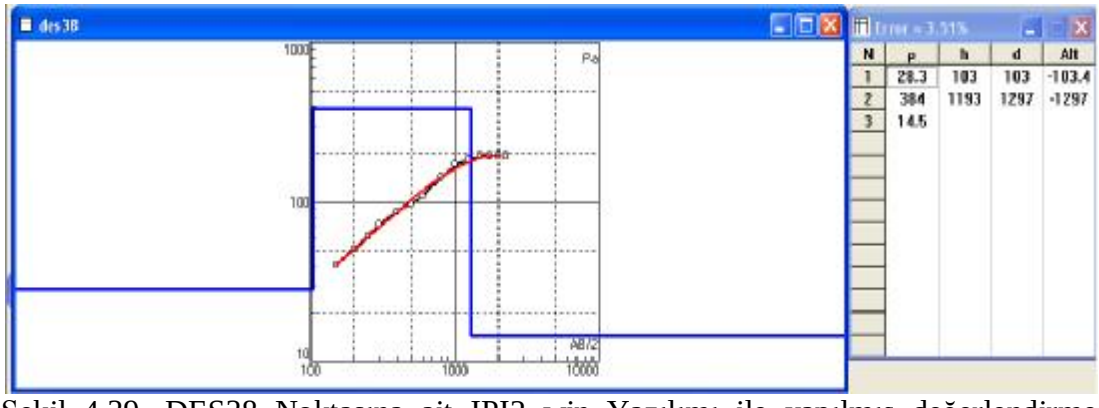
Şekil 4.36. DES35 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



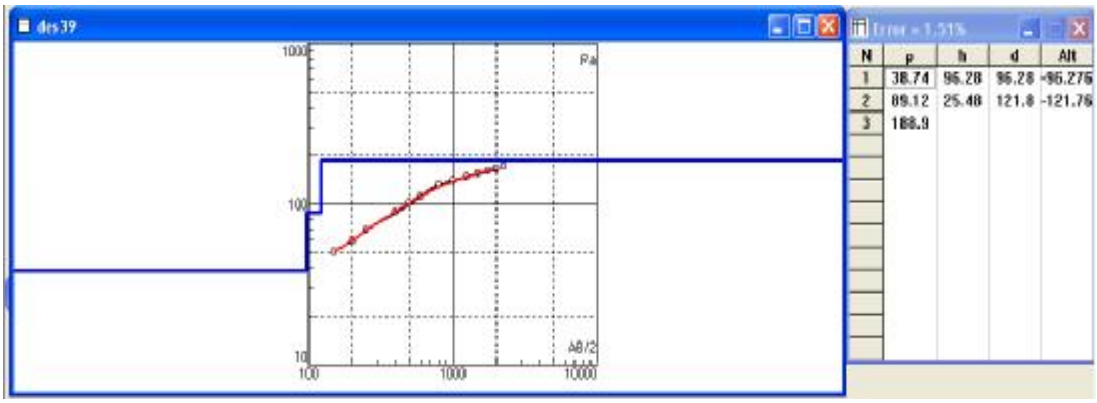
Şekil 4.37. DES36 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



Şekil 4.38. DES37 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



Şekil 4.39. DES38 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.



Şekil 4.40. DES39 Noktasına ait IPI2 win Yazılımı ile yapılmış değerlendirme sonuçları.

Tablo 4.3. Özdirenç ve Derinlik tablosu: Kırmızı yüksek özdirenç değerlerini göstermektedir. Mavi düşük özdirenç değerlerini göstermektedir. Yeşil yüksek derinliğe ulaşılmış noktaları. Sarı sığ derinliklerde kalmış noktaları göstermektedir.

	R0_a1	R0_a2	R0_a3	R0_a4	R0_a5	R0_a6	H1	H2	H3	H4	H5
R1	981	218	57	507			100	374	571		
R2	600.8	105.2	147.9	55.26	671.3		120	150.5	339.4	765.1	
R3	304	2180	15.9	12532			125	74.4	298		
R4	886	24.9	9001				268	542			
R5	1823	17	333				247	86.6			
R6	1579	6368	192	4617	901	52.3	147	14.6	586	92.5	296
R7	977	56.2	293	2915	21.8		216	79	50.7	301	
R8	599	142	266	2743			150	237	613		
R9	718,4	86.85	428,6	68643			134.7	136.8	1612		
R10	494	56,8	654	125			168	245	7337		
R11	1646	14,63	651,2	135,1			132.5	132.4	1122		
R12	392	114	1060	2.37			144	363	364		
R13	226	1233	29,3	436	136		125	23.1	94.6	425	
R14	82,9	647	32,8	4392			129	210	358		
R15	135	452	102	47555			150	304	921		
R16	110	738	53,7	20158	1093		146	217	493	1601	
R17	496,8	120,1	572,7	12887			148.9	179	2614		
R18	341	72,6	547				239	99			
R19	290,6	153,1	779,3	138,8			150	304.1	920.9		
R20	57,2	624	83	6612			125	126	932		
R21	68,47	239	440,4				125	801.1			
R22	75,09	727,8	62,5	21533			129.5	271.7	623.2		
R23	55.8	1263	93	1355			140	182	1381		
R24	82.83	369.5	141.5				149.9	483.8			
R25	54.1	107	441	6.59			150	283	817		
R26	42.03	350.5	364				125	1127			
R27	39.8	165	621				184	499			
R28	48.84	220.8	17312				366.5	499			
R29	49.4	13.4	466				125	37.6			
R30	45.94	735.3	7.352				200.3	712.6			
R31	51.51	225.3	5249	12.61			150	283	817		
R32	43.2	298.4	2075				147.8	572.5			
R33	27.78	71.43	1077	110.4			54.72	102.1	509.6		
R34	38.19	4443	21.26				125	165.7			
R35	19.05	105.7	917	3324			50	203.3	314.8		
R36	52.7	24.4	4100	38.3			97.2	132	323		
R37	31.2	320.3	42.94				86.27	1640			
R38	28.3	384	14.5				103	1193			
R39	38,74	89.12	188.9				96.28	25.48			

4.3. Görünür Eş Özdirenç Kesitleri ve Elektrik Yapı Kesitlerinin Değerlendirilmesi

Görünür eş özdirenç kesitleri DES noktalarında okunan görünür değerlerin belli bir profil boyunca derinliğin fonksiyonu olarak dökülmesi sonucu oluşturulur. Özdirenç konturları jeolojik birimin ne olduğu hakkında bilgi taşımaktadır. Bu özdirenç değerlerinin ne tür bir jeolojik birim ya da birimlere karşılık geldiği elektrik yapı kesitlerinde ortaya konulmaktadır. Şekilde R-19, A-18 DES noktaları arasından gecen fay görünür kesitte net olarak görülmektedir.

Görünür kesitler ile elektrik yapı kesitleri arasında uyum sağlanmak zorundadır. Görünür kesit yapısal anlamda bir hata yapmamamız için bir kılavuz olarak dikkate alınmalıdır. Elektrik yapı kesitlerindeki derinlik sondaj derinliğini oluşturacağına göre bu durumun hassasiyeti de ortadır.

Çalışma sahasındaki yükselimlerde yüzeylenen başkalaşmış (metamorfik) kayaçlar Menderes çöküntüsünün temelini oluşturmaktadır. Başkalaşmış kayaçlar, başta gnays olmak üzere çeşitli şistler, kuvarsitler, mermer, kalkşist ve serpantinitlerdir. Başkalaşmış kayaçların en altında yer yer derinlik kayacı kökenli (ortho) ve yer yer çökel kayaç kökenli (para) gözlü gnayslar bulunur (Şimşek ve diğ. 1979). Gnaysın yüzünün yüzeyinden olan derinliğinin derin özdirenç ölçümlerinde 1000 ile 1500 m arasında değiştiği sanılmaktadır (Şahin 1981).

Çalışma sahasında havzanın kuzeye doğru derinleşmesi nedeniyle Neojen birimlerinin özdirenç değerleri kuzeye doğru duşum göstermelidir. Neojen birimleri (kil, kum, silt vb.) gerek litolojik gerekse tane boyutu dikkate alındığında kuzeye doğru görünür özdirenç değerlerinin düşmesi gerekir. Yüzeyde görülen 50-500 Ohm m.'lik kapanımlar alüvyonları temsil etmektedir. 1500 Ohmm.'lik değerler Paleozoyik yaşlı mermerlerin özdirenç değerleridir. Rezervuar kayaç da bu mermerlerdir. Jeotermal bir sondaj lokasyonu, düşen blok ve fay düzlemini temel (hazne) birim içerisinde kesilecek şekilde önerilmiştir.

Çalışma sahasında bir noktada 15 ile 35 ohm-metre arasında elektrik özdirenci içerdiği sanılan kuvarsit, mermer ve gnaysların birinci hazne kayayı oluşturması olasıdır. 1300 metre derinliği içeren gözlü gnayslar içinde asıl hazneyle

karşılaşılıp karşılaşılmayacağı tam olarak bilinmemekte idi. Bu noktada yapılan sondaj ile 1030 metrede sıcak buhara girilmiştir. Daha sonra çalışma sahasında yapılan 2 ayrı delgide (mekanik sondaj) çeşitli derinliklerde başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

4.3.1. Yerelektrik Yapısı

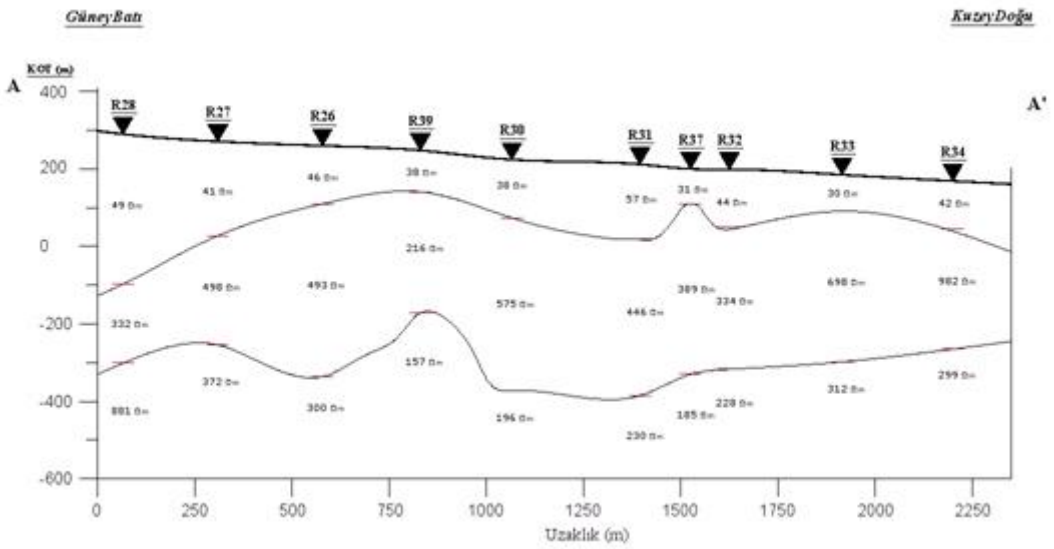
Sıcak su yükselimlerinin özdirenç değerlerini oldukça düşürdüğü bilindiğinden düşük özdirenç değerlerinin saha içinde yayılımı ve yapısal unsurları izleyebilmek amacıyla yaklaşık güneybatı - kuzeydoğu doğrultulu üç, batı-doğu doğrultulu bir ve kuzeybatı-güneydoğu bir olmak toplam beş profil boyunca kesit doğrultuları belirlenmiştir. Bu kesitler A-A', B-B', C-C', D-D' ve E-E' diye isimlendirilmiştir.

4.3.1.1. A-A' Yerelektrik Kesiti

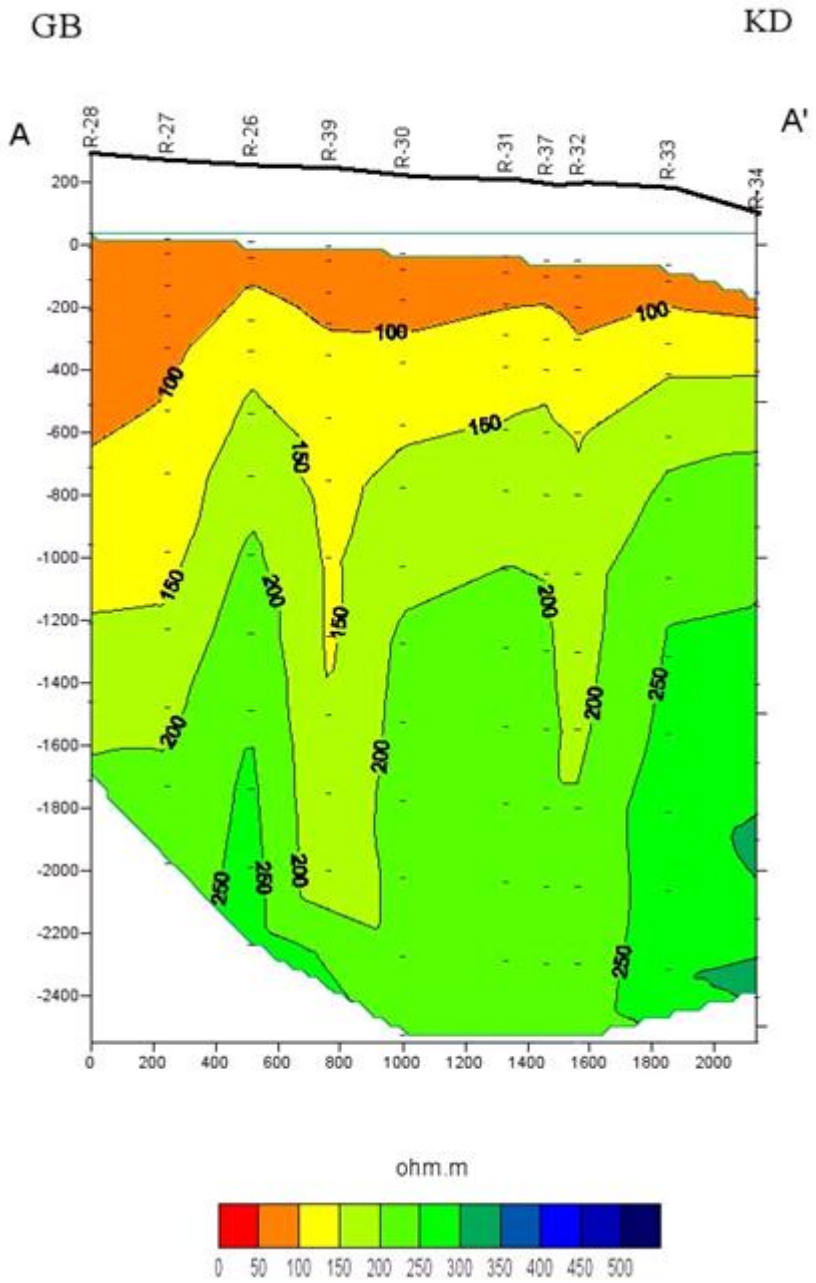
Bu kesit güneybatı-kuzeydoğu doğrultulu olup, 10 ölçü noktasından oluşmaktadır. Bu noktalar sırasıyla R28, R27, R26, R39, R30, R31, R37, R32, R33 ve R34 ölçümlerinden oluşmaktadır. Kesit Şekil 15 'de verilmiştir. Bu kesite ait görünür özdirenç kesiti Şekil 20 'de sunulmuştur.

Kesite bakıldığında 30 ohm.m (Ωm) ile 980 ohm.m (Ωm) aralığında değişen özdirenç değerleri görülmektedir. Birkaç uç değerin dışında özdirenç değerleri 40 ohm.m değerinin üstünde hatta çoğunlukla birkaç yüz ohm.m değerlerinin üstündedir.

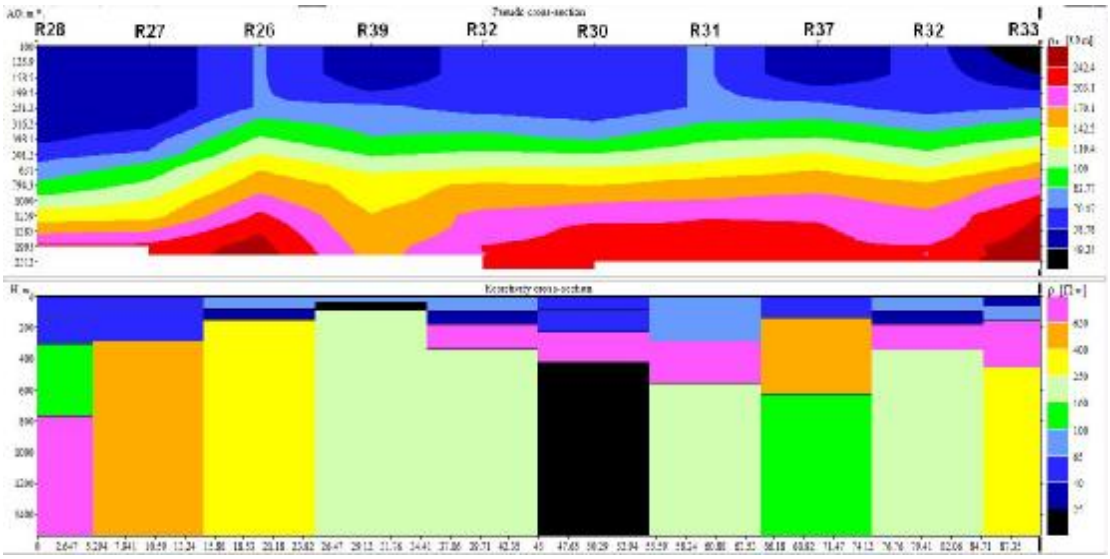
Yüzeyden itibaren yaklaşık 200 metre derinliklere kadar özdirenç değerleri litolojiye bağlı olarak nispeten düşük değerler alabilmektedir. Kesitin sol tarafında yaklaşık 600 metreler civarında özdirenç uyuşmazlığı görülmektedir. Bu durum jeolojik bir süreksizlikten kaynaklanıyor olabilir. Üç katmanlı bir yapı sergileyen kesitte özdirenç değerleri jeotermal amaç bakımından oldukça yüksektir.



Şekil 4.41. DES verilerinin elle değerlendirilmesi sonucu elde edilen A-A' kesitidir. Burada üç tabakalı bir yapı görülmektedir. A-A' kesitinde birinci tabakanın kalınlığı kesitin sağ ve sol ortaya yakın kısımlarında azalmaktadır. İkinci tabaka ise en çok kalınlığa sahiptir. Üçüncü tabaka temel kayayı oluşturmaktadır.



Şekil 4.42. A-A’ Görünür özdirenç kesiti



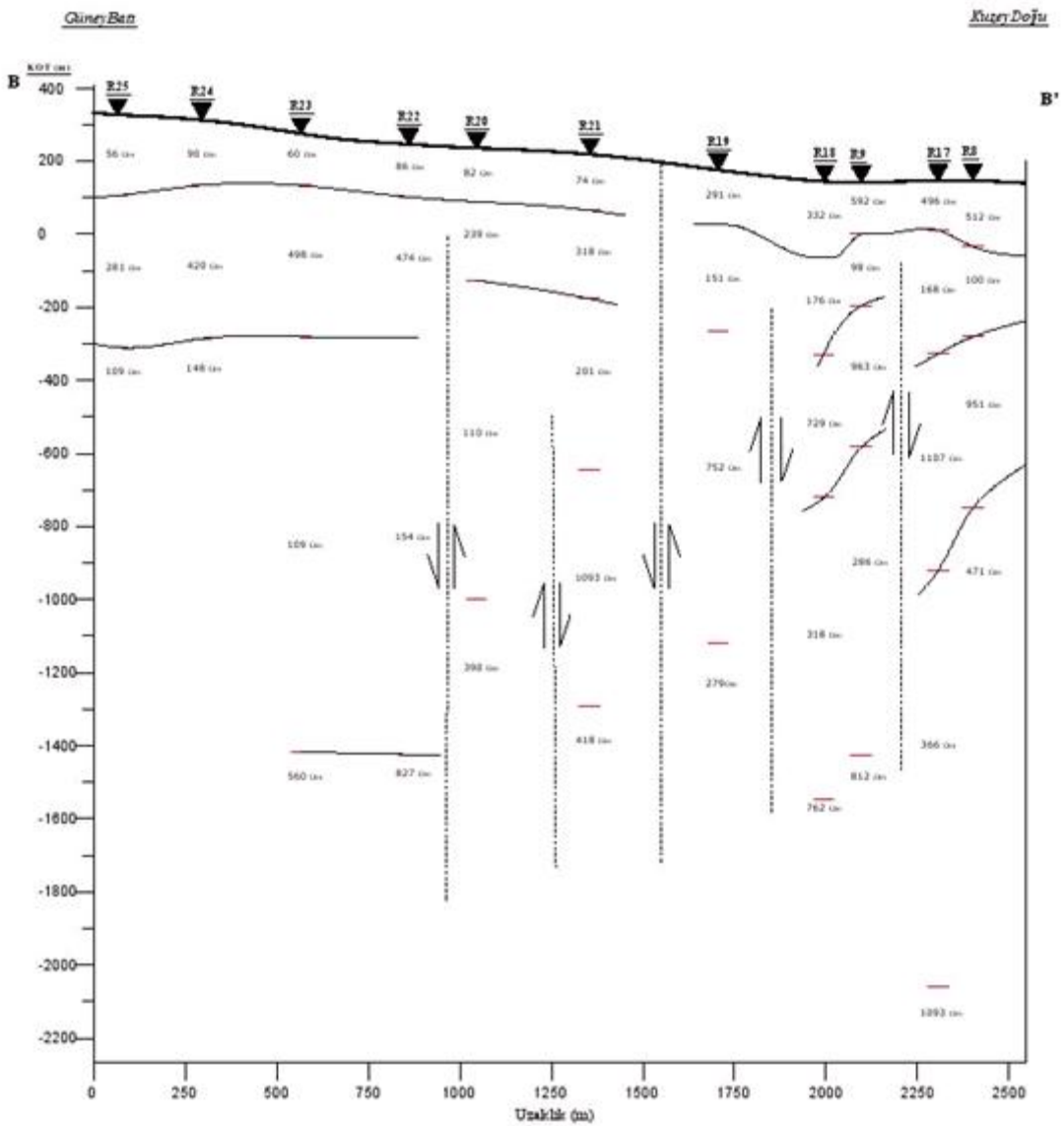
Şekil 4.43. Arazide elde edilen DES verilerinin IPI2win paket programı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen gerçek özdirenç ve kalınlık değerlerinin kullanılması ile elde edilen A-A' yer elektrik kesiti.

4.3.1.2. B-B' Yerelektrik Kesiti

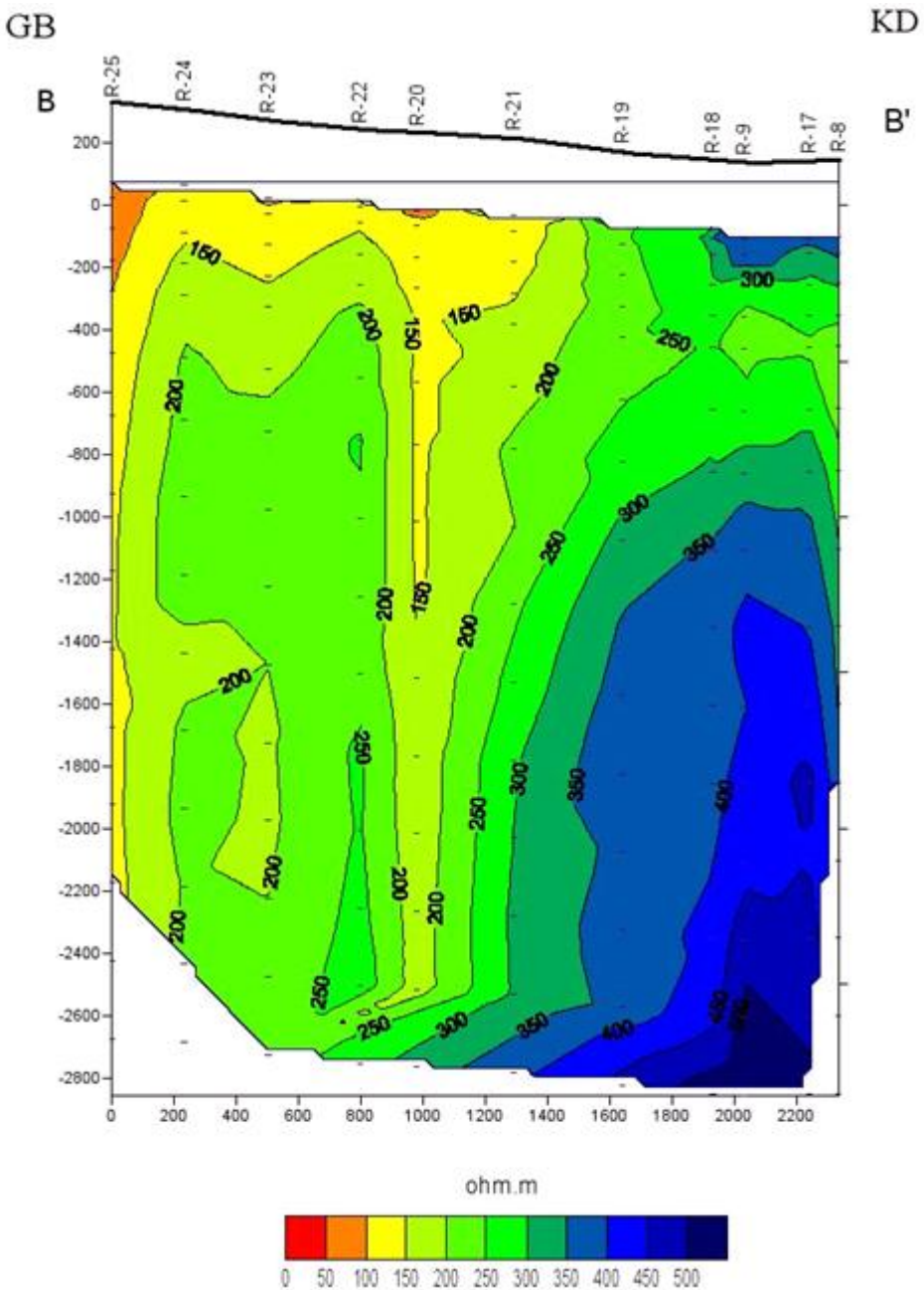
Güneybatı kuzeydoğu doğrultulu bu kesit 11 ölçü noktasından oluşmaktadır. Bu noktalar sırasıyla R25, R24, R23, R22, R20, R21, R19, R18, R9, R17 ve R8 ölçümlerinden oluşmaktadır. Özdirenç kesiti Şekil 16 da görünür özdirenç kesiti Şekil 21 'de sunulmuştur.

Kesite bakıldığında ilginç bir yapı gözlenmektedir. Kesitin başlangıcında yatay katmanlanma gözlenirken kesitin sağ tarafına doğru ilerledikçe jeofizik uyumsuzluklar göze çarpmaktadır. Başka bir deyişle, özdirenç ve katmanların derinlik farklılıkları bu bölümde bir jeolojik süreksizliklerin olabileceğine işaret etmektedir.

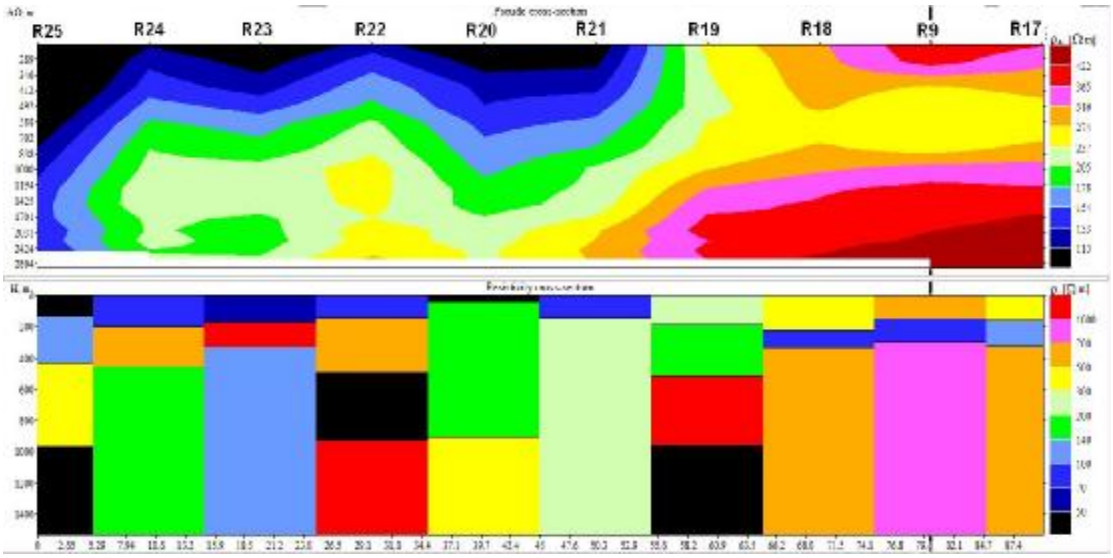
Katmanların özdirenç değerleri ilk kesitte olduğu gibi bu kesitte de yüksektir. Bu değerler, amaç doğrultusunda değerlendirildiğinde oldukça yüksek bulunmaktadır.



Şekil 4.44**.** DES verilerinin elle değerlendirilmesi sonucu elde edilen B-B’ kesittir.



Şekil 4.45. B-B’ Görünür özdirenç kesiti

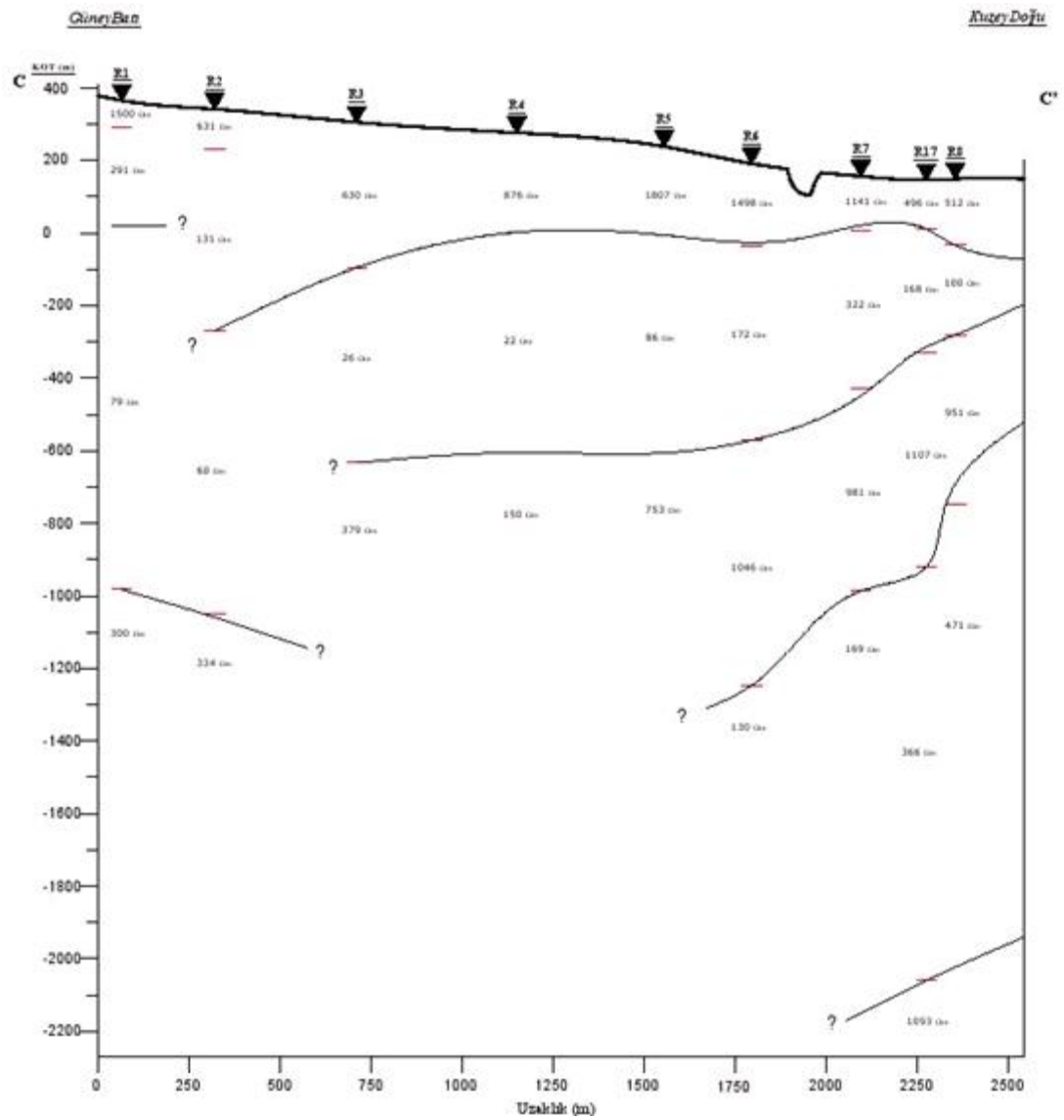


Şekil 4.46. Arazide elde edilen DES verilerinin IPI2win paket programı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen gerçek özdirenç ve kalınlık değerlerinin kullanılması ile elde edilen B-B' yer elektrik kesiti.

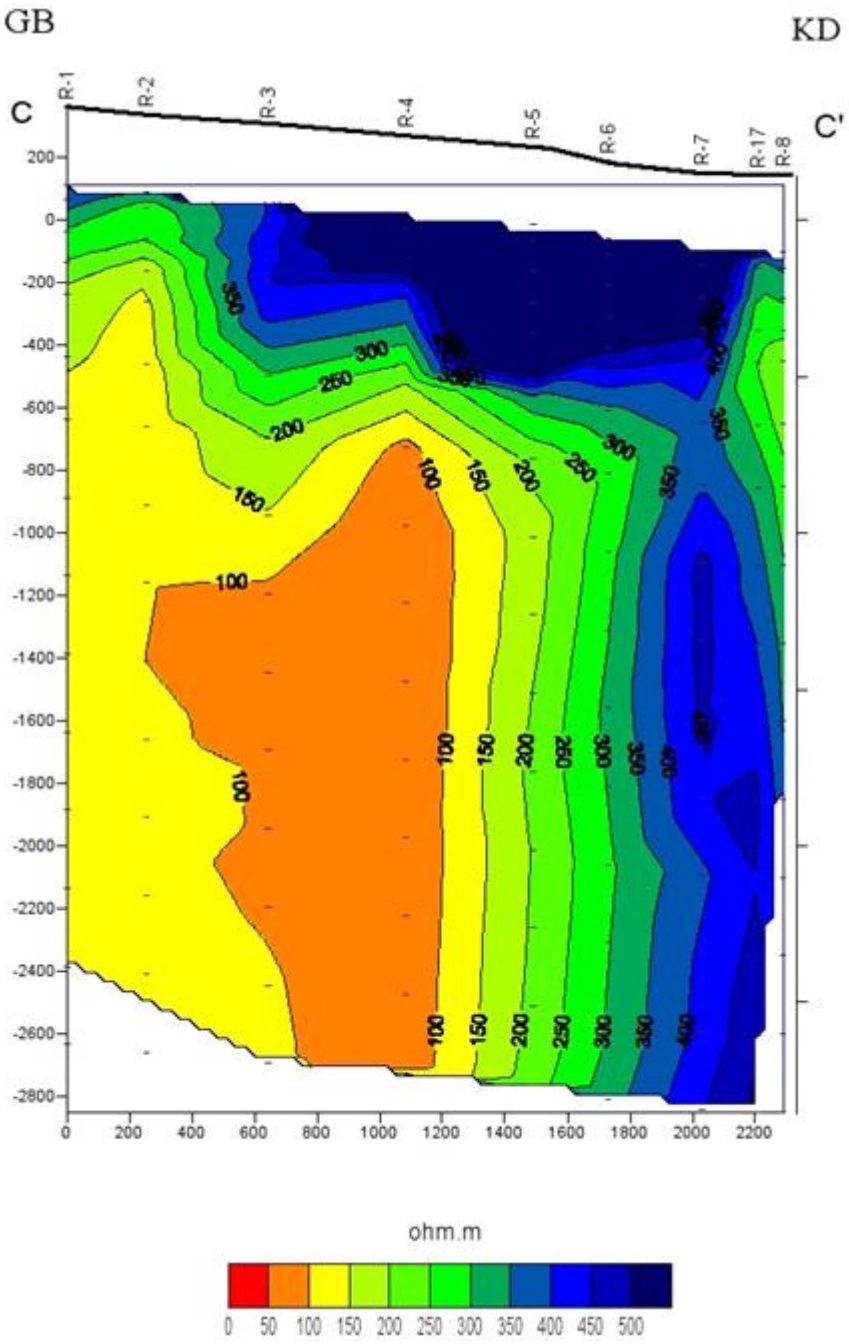
4.3.1.3. C-C' Yerelektrik Kesiti

Şekil 17 'de verilen kesit güneybatı – kuzeydoğu doğrultulu seçilmiştir. Dokuz tane ölçü noktasından oluşmaktadır. Bu noktalar sırasıyla R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R17 ve R8 ölçümlerinden oluşmaktadır. C-C' görünür özdirenç kesiti Şekil 22 'de görülmektedir.

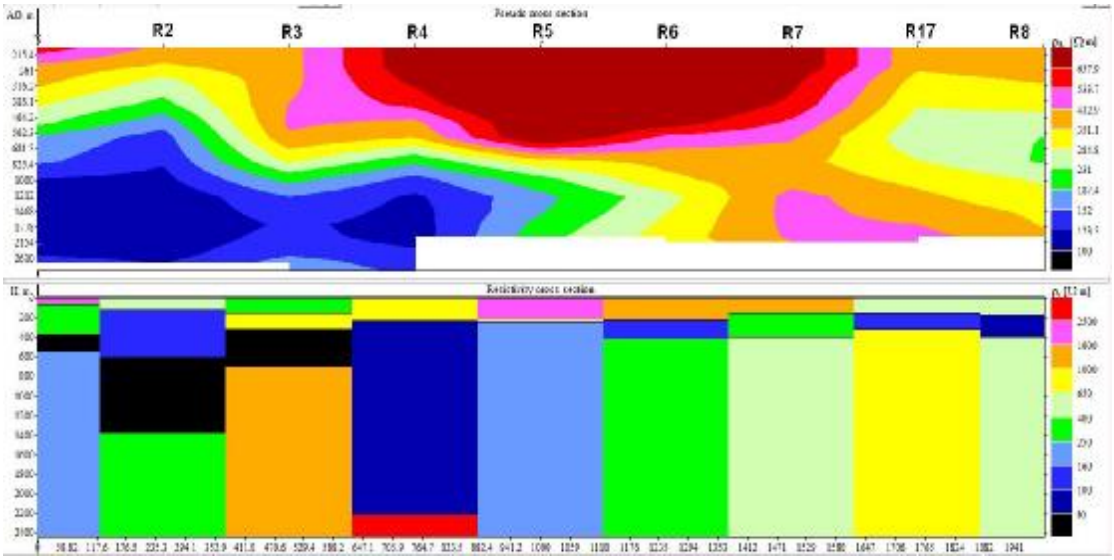
Kesitte 4 tabaka görülmektedir. Bu kesitte ilk katman diğer kesitlerden farklı olarak oldukça yüksek değerler içermektedir. İkinci katman nispeten düşük değerlere sahiptir. Kesitin sol tarafında katman derinliklerinde bir uyumsuzluk gözlenmektedir. Ancak, bu uyumsuzluk belirgin bir yapısal süreksizlik izlenimi vermemekle birlikte jeolojik olarak irdelenmesinde fayda görülmektedir. İkinci katman dışındaki özdirenç değerleri jeotermal amaç bakımından oldukça yüksektir.



Şekil 4.47**.** DES verilerinin elle değerlendirilmesi sonucu elde edilen C-C' kesittir.



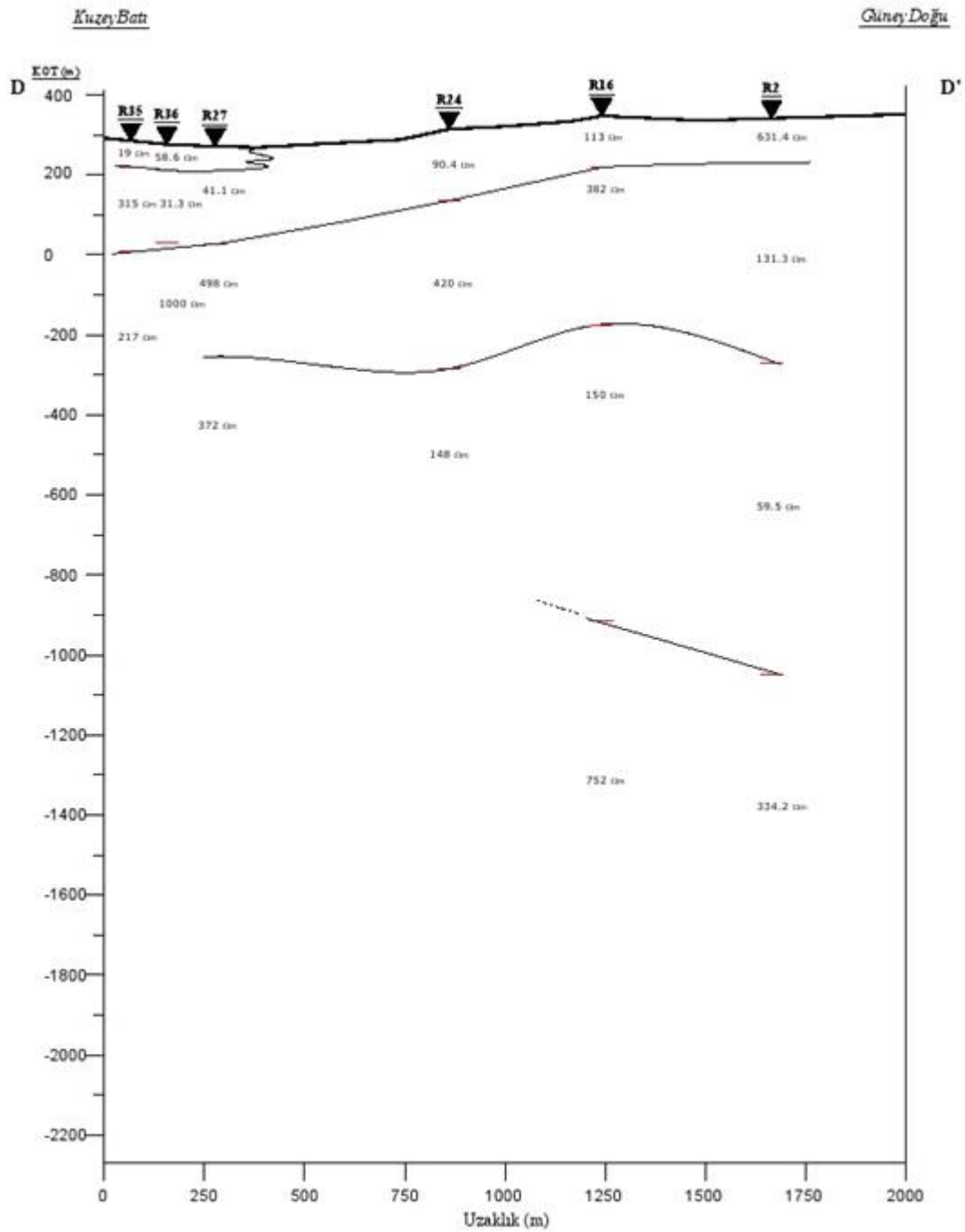
Şekil-4-48: C-C’ Görünür özdirenç elektrik kesiti



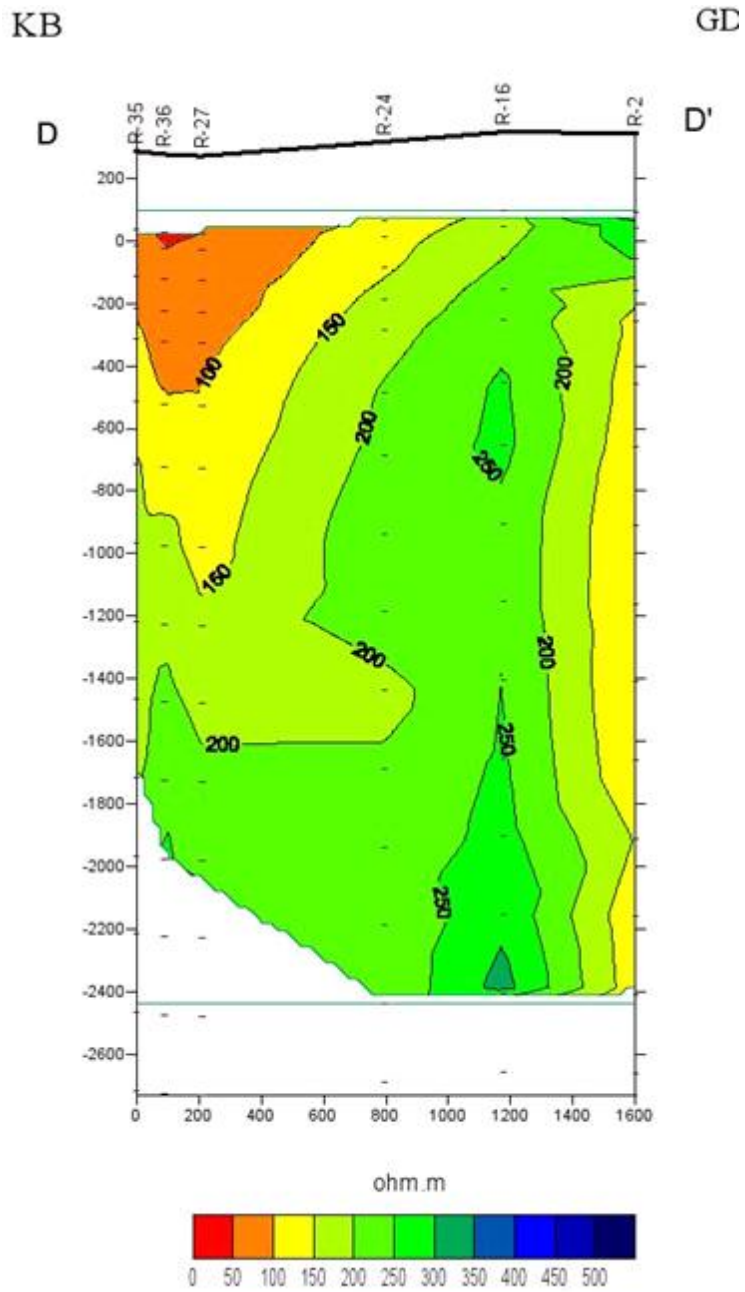
Şekil 4.49. Arazide elde edilen DES verilerinin IPI2win paket programı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen gerçek özdirenç ve kalınlık değerlerinin kullanılması ile elde edilen C-C' yer elektrik kesiti.

4.3.1.4. D-D' Yerelektrik Kesiti

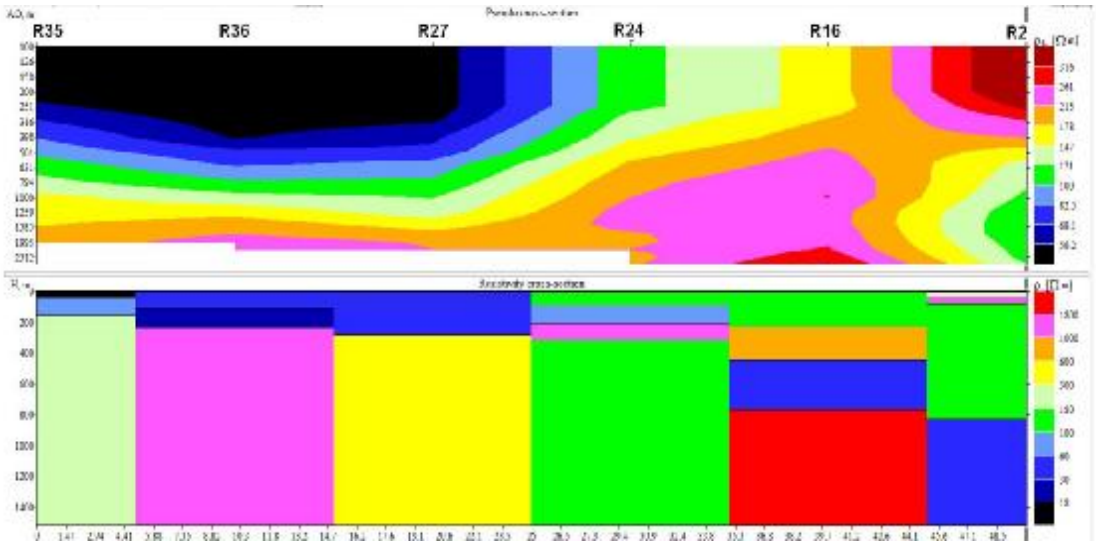
Altı ölçü noktasından oluşan D-D' kesiti yaklaşık kuzeybatı – güneydoğu doğrultulu seçilmiştir. Kesit sırasıyla R35, R36, R27, R24, R16 ve R2 ölçümlerinden oluşmaktadır. Hazırlanan kesit Şekil 18'de verilmiştir. Bu kesite ait görünür özdirenç kesiti Şekil 23'te gösterilmiştir. Kesit yaklaşık yatay katmanlanmaya sahiptir. İlk katman farklı ayrışma ve bozuşma nedeniyle farklı özdirenç değerlerine sahiptir. Alttaki katmanların özdirençleri katmanların fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişkenlikler göstermektedir. D-D' kesiti önemli bir jeofizik uyumsuzluk ortaya koymamıştır.



Şekil 4.50. DES verilerinin elle değerlendirilmesi sonucu elde edilen D-D’ kesiti.



Şekil 4.51**.** D-D’ Görünür özdirenç kesiti

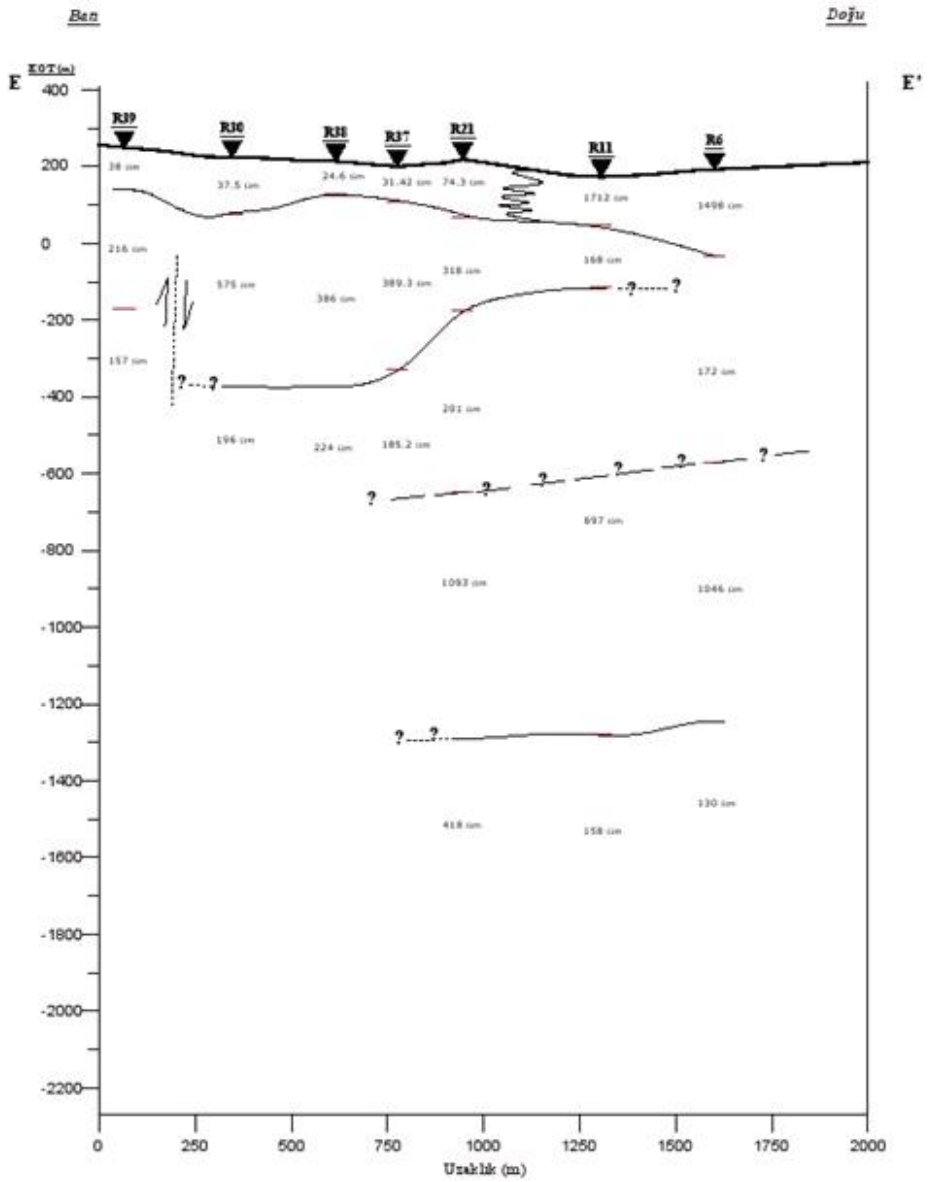


Şekil 4.52. Arazide elde edilen DES verilerinin IPI2win paket programı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen gerçek özdirenç ve kalınlık değerlerinin kullanılması ile elde edilen D-D' yer elektrik kesiti.

4.3.1.5. E-E' Yerelektrik Kesiti

Yedi ölçü noktasından oluşan E-E' kesiti yaklaşık batı-doğu doğrultulu seçilmiştir. Kesit sırasıyla R39, R30, R38, R37, R21, R11 ve R6 ölçümlerinden oluşmaktadır. Hazırlanan kesit Şekil 19'da verilmiştir. Bu kesite ait görünür özdirenç kesiti Şekil 24'te gösterilmiştir.

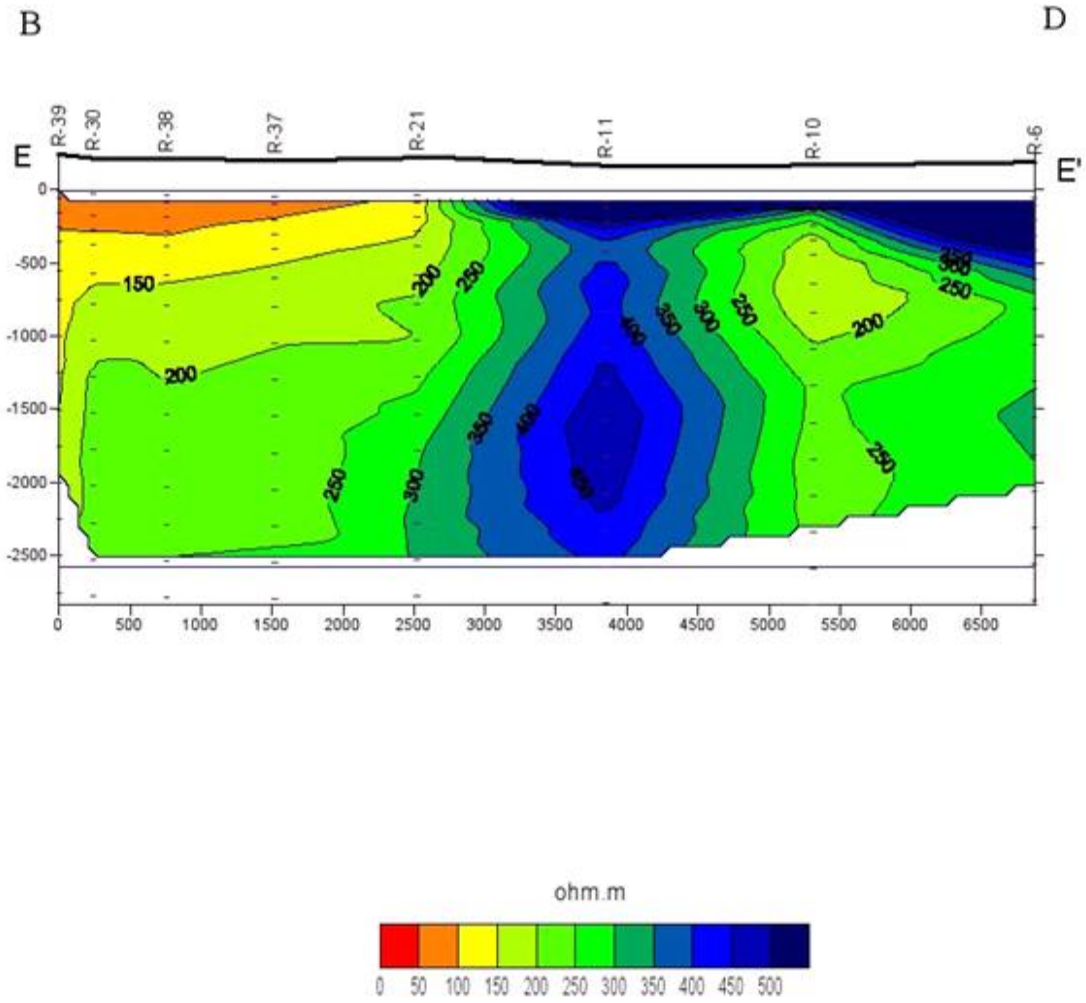
Kesite bakıldığında; kesitin baş tarafında R39 ile R30 arasındaki katman derinliğindeki farklılık bir düşey harekete işaret etmektedir. Kesit boyunca özdirenç değerleri ve katman kalınlıkları çok uyumlu olmamakla birlikte bir süreksizlik diye değerlendirilmemiştir. Bu son kesitteki özdirenç değerleri de amaç açısından oldukça yüksek değerlere sahiptir.



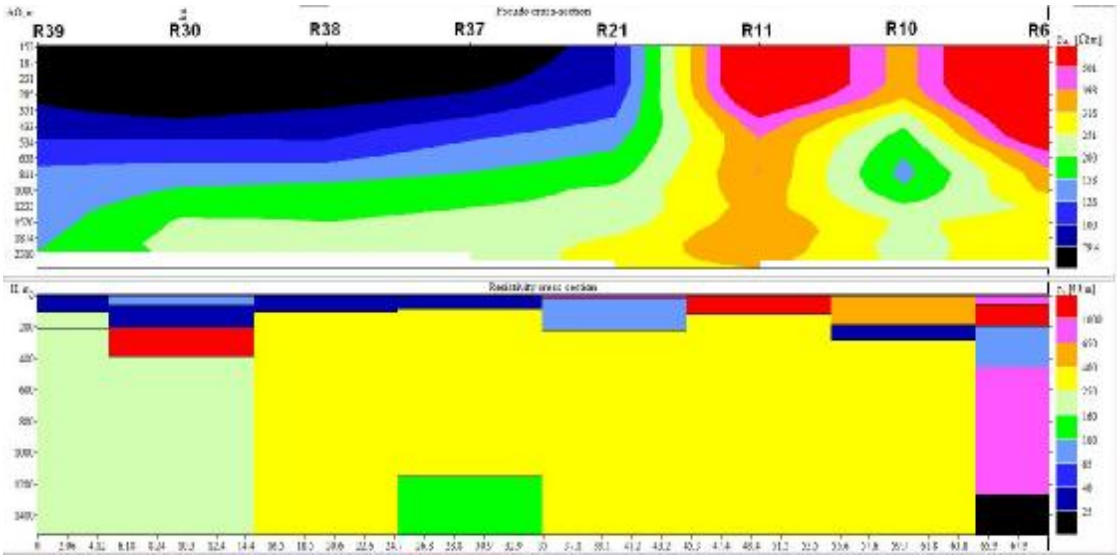
Şekil 4.53. DES verilerinin elle değerlendirilmesi sonucu elde edilen E-E'.

Jeotermal sahalar genelde kırıklı ve faylıdır. Çalışma alanında yukarıdaki şekillerde görülen faylar tespit edilmiştir. Bu tektonik yapılar sahanın topografyasını da bozmaktadır. DES çalışmalarında derinlik acılımın bir fonksiyonu olduğundan, bu açılımların tektonik yapıdan etkilenmemesi olanak dahilinde değildir. Elde edilen DES eğrilerinin jeolojik yapının düşey yöndeki değişiminden mi; yoksa yanal yöndeki bir faydan mı kaynaklandığı sorusuna yanıt verilmelidir. DES eğrisinde anomali oluşturan bu fayların hangi derinlikte DES eğrisine yansıdığının tespit edilmesi gerekir. Kırık ve fayları kesen derinliğin fonksiyonu olan acılım doğrultuları

DES eğrilerine düşük özdirenç olarak yansımaktadır. Akım elektrotlarının fayı kesmesi nedeniyle olması gerekenden daha düşük gerilim oluşması ve alıcı elektrotlarda akımın fay düzlemi boyunca yayılmasına bağlı olarak daha düşük potansiyel okunmasına neden olmaktadır.



Şekil 4.54. E-E’ Görünür özdirenç elektrik kesiti



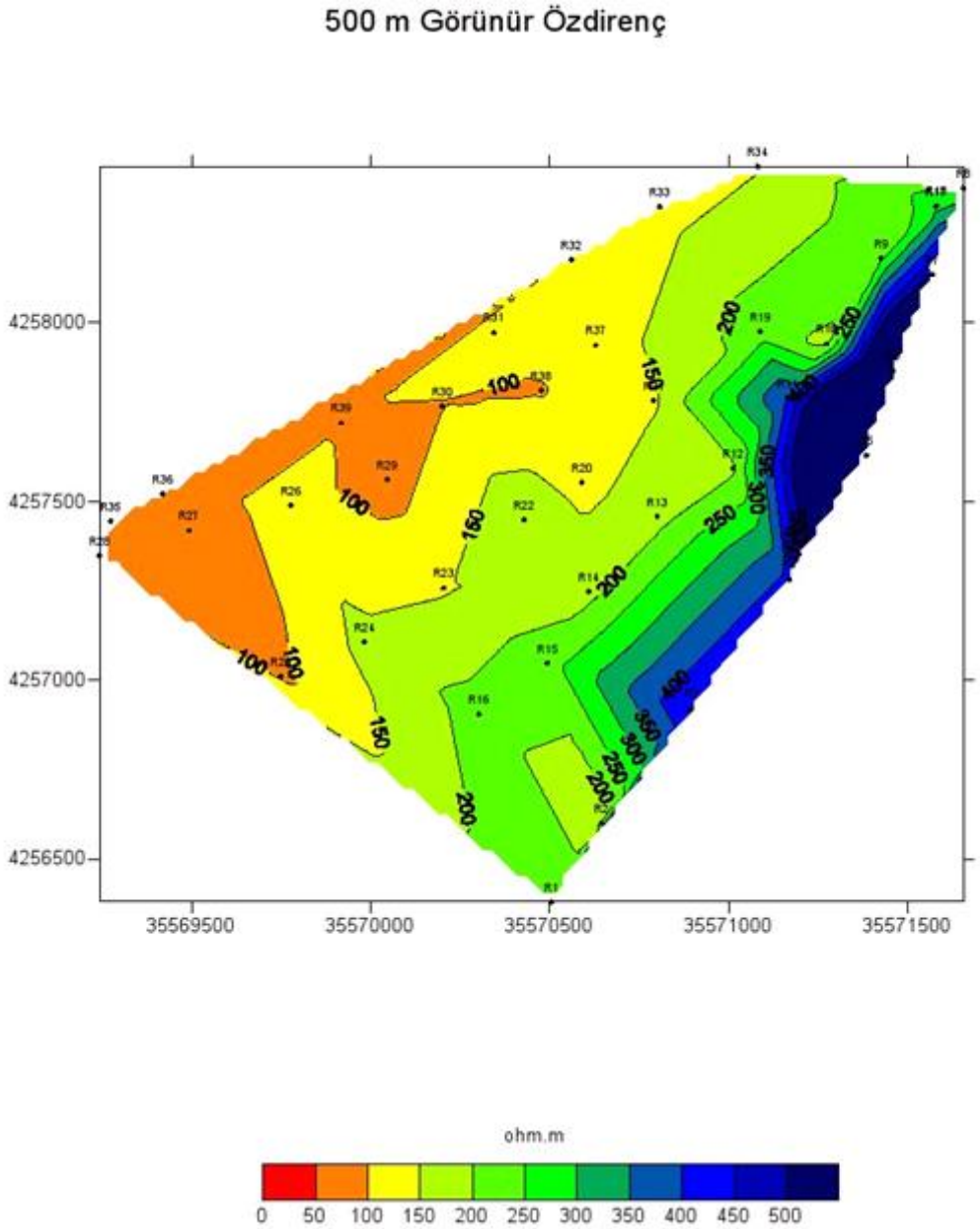
Şekil 4.55. Arazide elde edilen DES verilerinin IPI2win paket programı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen gerçek özdirenç ve kalınlık değerlerinin kullanılması ile elde edilen E-E' yer elektrik kesiti.

4.4. Görünür Özdirenç Seviye Haritaları

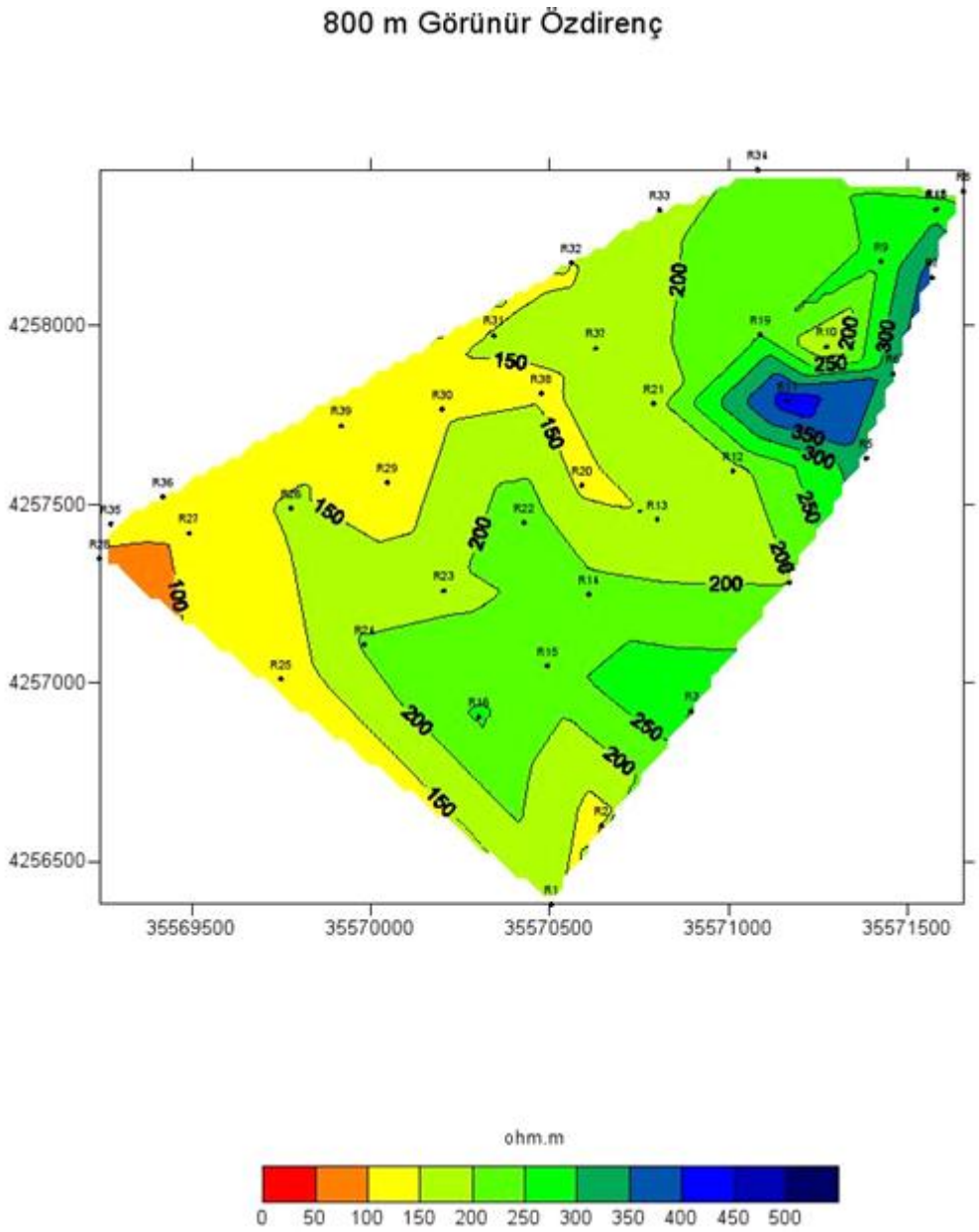
x-y düzlemi üzerinde, birbirine paralel çizgiler boyunca, sabit bir AB/2 seviyesi için ölçülmüş profil ölçüsü verileri kullanılır. Ölçü istasyonlarının bu xy-düzlemi üzerinde işaretlenmesi ve her istasyonda ölçülmüş tüm görünür özdirenç (GÖ) verileri ile çizilen kontur haritalarına görünür özdirenç (GÖ) seviye veya haritası denilmektedir. Seviye haritalara, belirli bir seviyede, x- ve y- yönündeki yerin özdirenç yapısı hakkında bilgi verir.

Seviye haritaları jeotermal bir çalışmada akışkan yayılımının derinlikle olan ilişkisini ortaya koyması anlamında önem arz etmektedir. Seviye ve taban topografya haritalarındaki uyum sondaj lokasyon noktasının yerinin tespitinde hatanın minimize edilmesi anlamı taşır. Faya bağlı olarak oluşan özdirenç düşümleri akışkandan kaynaklanır. Saha genelindeki düşük özdirenç kapanımları sahanın evaporitik bir havza olması anlamını taşır. Bu tür sahalardaki tuz (NaCl, NaSO4) özdirenç düşümünün ana nedenidir. Yer altı su seviyesine bağlı olarak ortamın iletkenliği 1 Ohm-m.'ye kadar duşum gösterebilir.

Yarı açılım uzaklığı (AB/2) 250, 500, 800, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2250, 2500 ve 2750 m deki görünür özdirenç değerlerini kullanarak bu uzaklıklar için kat haritaları oluşturulmuştur.

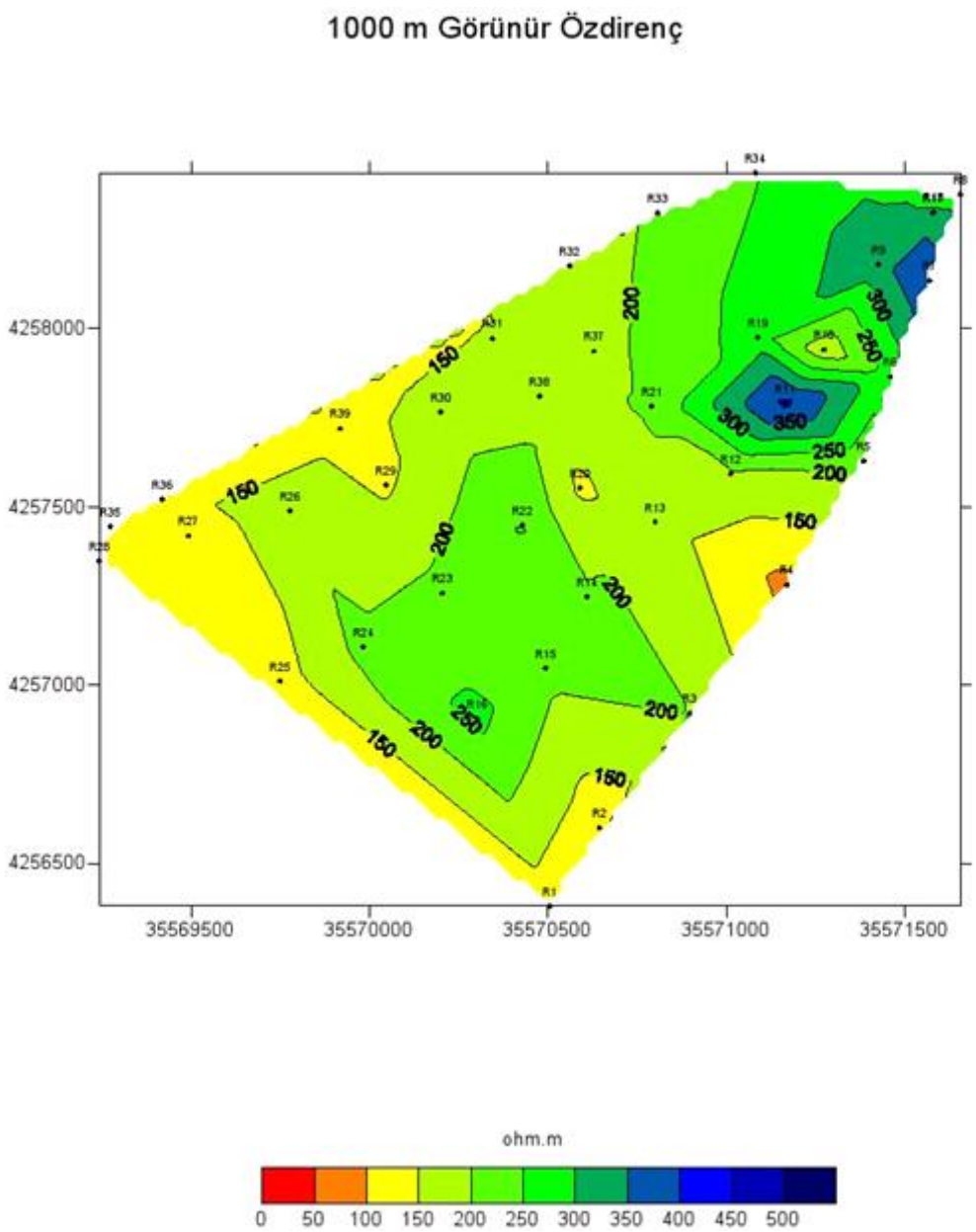


Şekil 4.56. 500m görünür özdirenç seviye haritası.



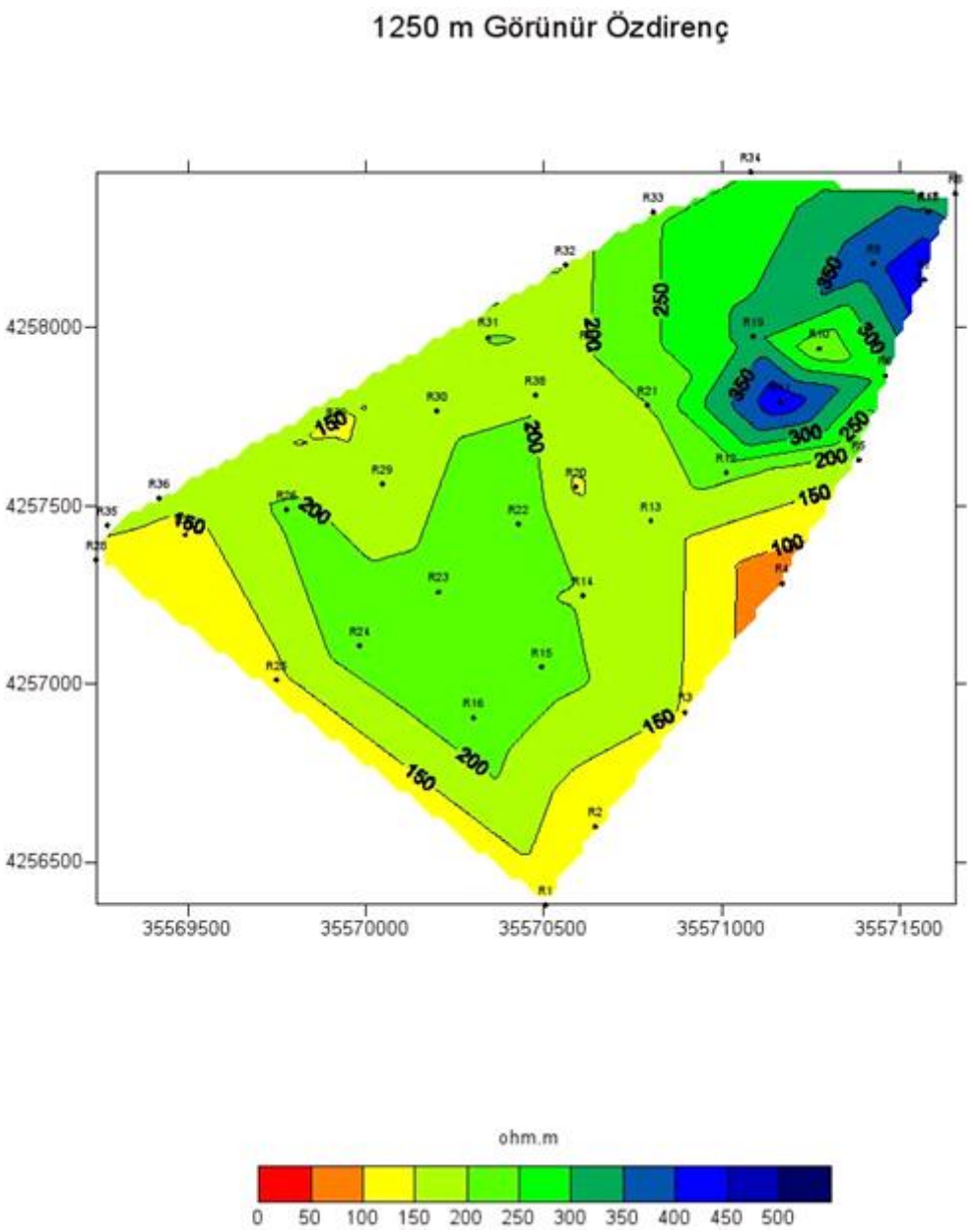
Şekil 4.57. 800 m görünür özdirenç seviye haritası.

Jeotermal alanındaki jeofizik çalışmalara örnek olarak 500 metre derinlik için bir seviye haritası ve kuzey-güney uzanımlı bir profil boyunca düşey elektrik yapı kesiti Şekil 4.55 de görülmektedir. Bu sahada da horst-graben yapısına kabaca paralel olarak uzanan ve çevre ortamlara göre küçük özdirençli zonlar tektonik kökenli jeotermal sistemin varlığıyla yorumlanmıştır.

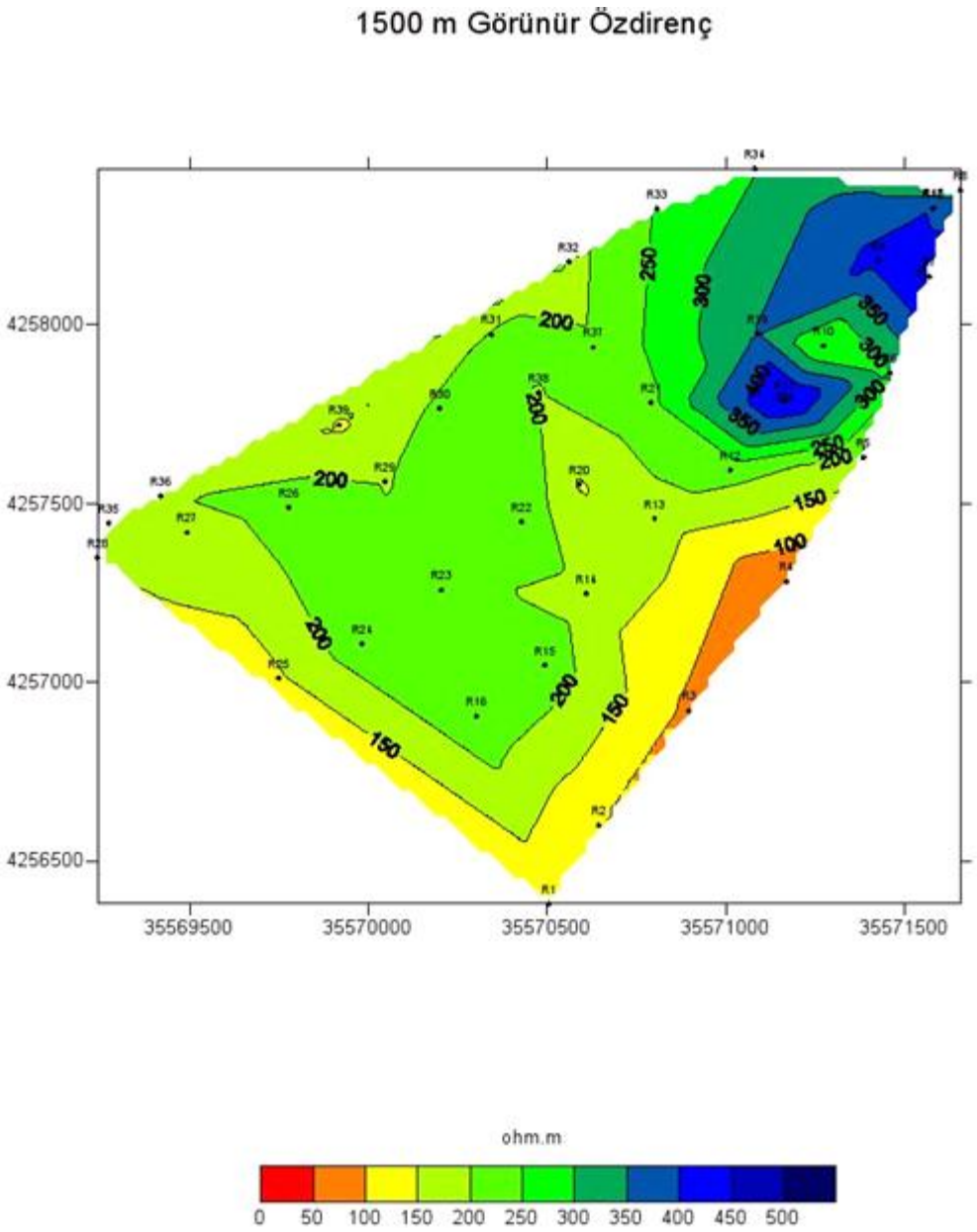


Şekil 4.58. 1000 m görünür özdirenç seviye haritası.

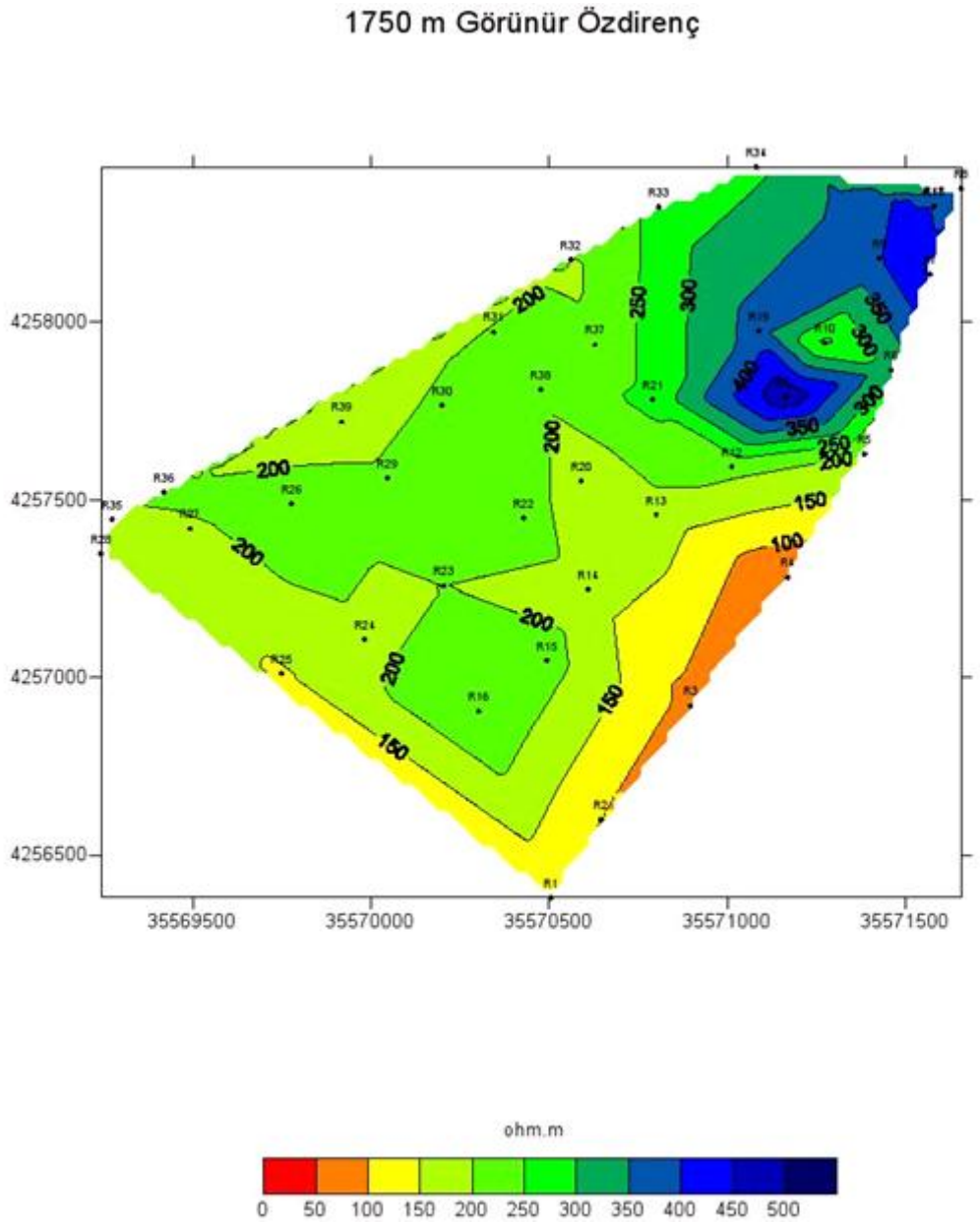
Seviye haritaları özdirenç dağılımının derinlikle değişimi göstermesi nedeniyle önemlidir. Seviye haritalarındaki 500 m seviyesindeki görünür özdirenç dağılımı taban topografyası ile uyum içerisindedir. Miyosen birimlerinin özdirenç değerlerinin temel birimlerden daha düşük olması gerekir. Oysa saha KD'ya doğru derinleşmektedir ve özdirenç düşümü sahanın KB' sın da yoğunlaşmıştır. Bu etki faya bağlı aktiviteden kaynaklanmaktadır.



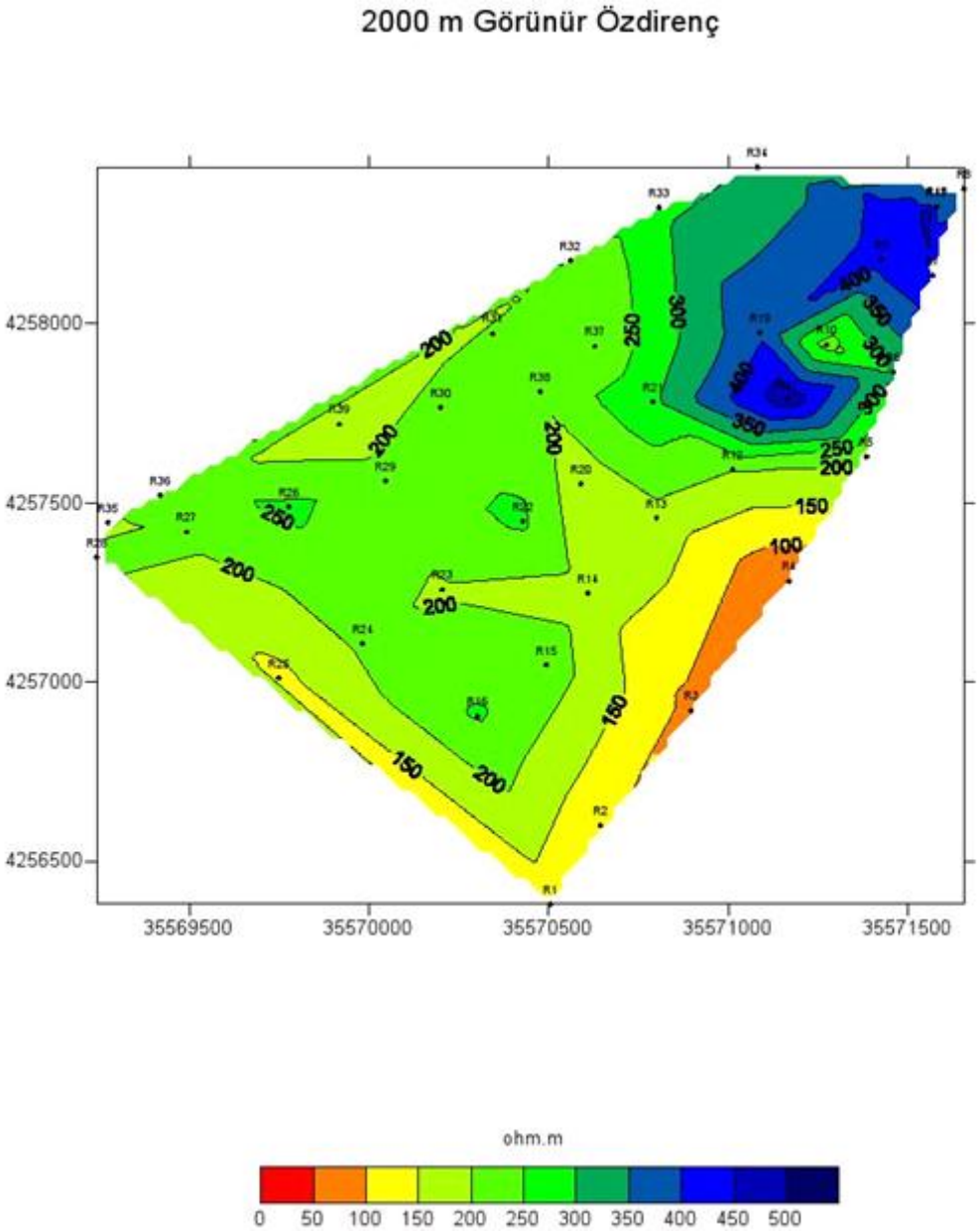
Şekil 4.59. 1250 m görünür özdirenç seviye haritası**.**



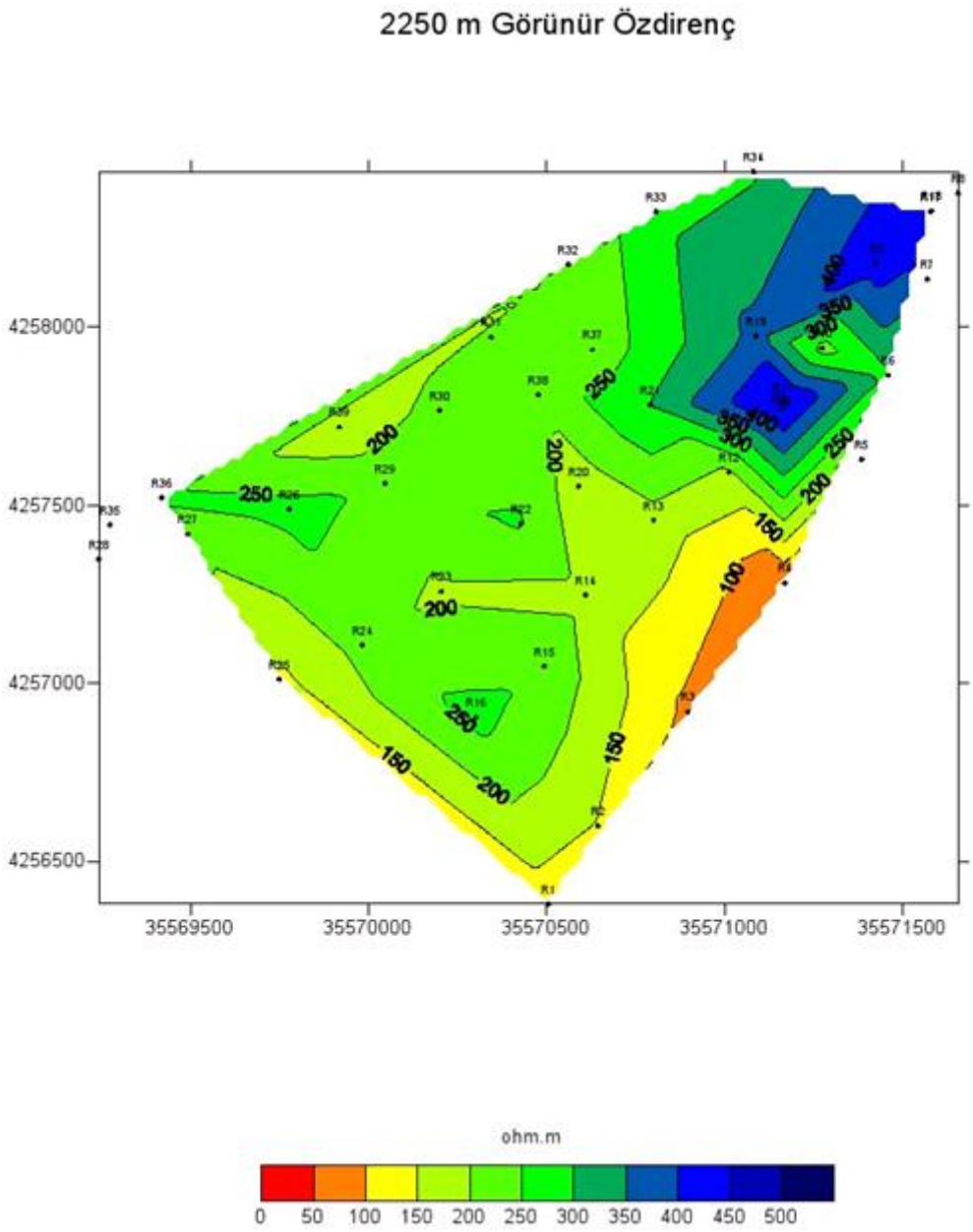
Şekil 4.60. 1500 m görünür özdirenç seviye haritası**.**



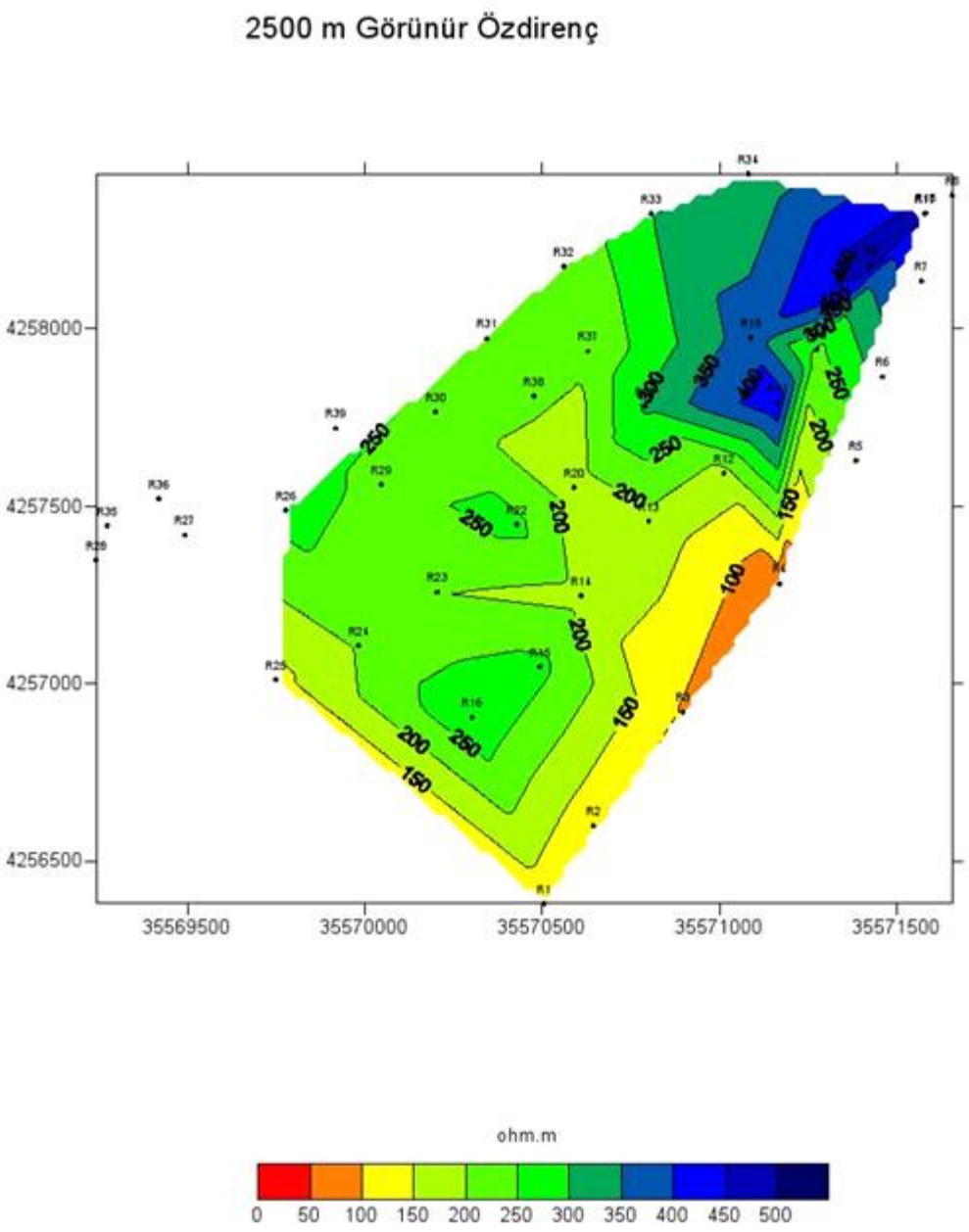
Şekil 4.61. 1750 m görünür özdirenç seviye haritası.



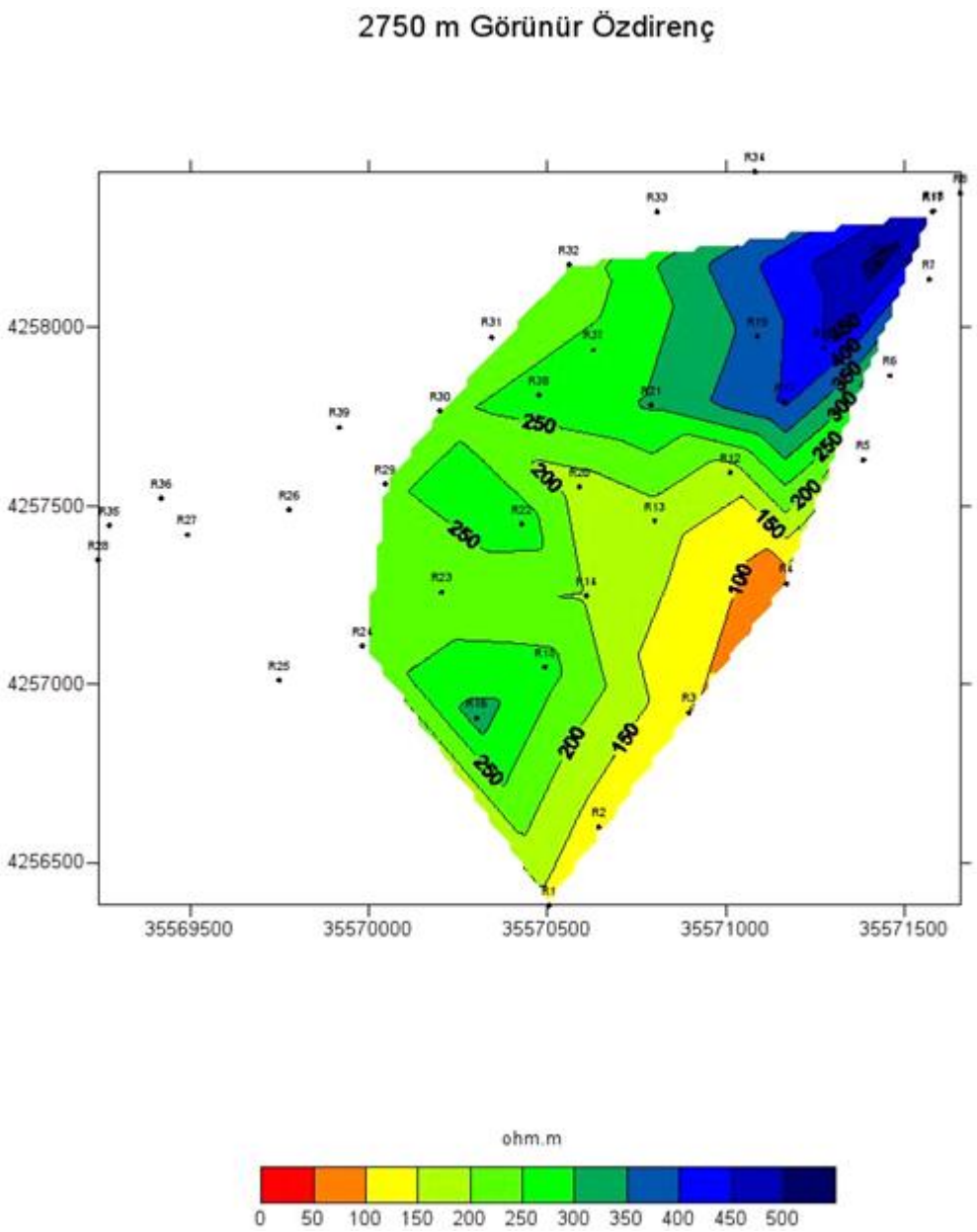
Şekil 4.62. 2000 m görünür özdirenç seviye haritası.



Şekil 4.63. 2250 m görünür özdirenç seviye haritası.



Şekil 4.64. 2500 m görünür özdirenç seviye haritası**.**



Şekil 4.65. 2750 m görünür özdirenç seviye haritası**.**

Görünür özdirenç kat haritaları ve jeoelektrik yapı kesitlerinden faydalanarak sondaj planlaması için gerekli temel kaya derinliği, basamaklı faylar ve örtü içinde oluşan küçük özdirençli zonların varlığı net bir şekilde görülmektedir. Özdirenç değerlerinin faylardan uzaklaştıkça büyümesi ve jeotermal yüzey belirteçlerinin de basamaklı fayların uzanımları doğrultusunda oluşmaları, Salihli yöresindeki jeotermal alanların ana fay ve kırık sistemleri boyunca oluştuklarını ve tektonik kökenli olduklarını göstermektedir. Jeotermal ısının bir kaynağa dönüşebilmesi için

bir aracı gereklidir. Çoğu durumda bu, doğal akışkan yeraltı suyu ve gazdır. Ancak, bir jeotermal sistemin oluşabilmesi için bu akışkanların yer kabuğunun içinde dolaşabilmelidir. Yapısal süreksizlik, fay, düzlem ve zonalarının oluşturduğu birbiri ile ilintili ağlar bu geçirimliliğe olanak sağlar.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Jeotermal kaynaklarla ilgili çalışmalar esas itibari ile Jeoloji biliminin konuları içerisinde yer almasına rağmen her aşamasında çok sayıda meslek ve bilim dalının ilgi ve katkısıyla zenginleştirilebilir. Ancak, bu katkılar tekil, birbirinden ayrık, üst üste eklenebilir katkılar değildir. Kaynağın özellikleri gereği, her bir mesleki katkı, ancak bir dizi başka katkıyla bir arada, bir alaşım biçiminde verildiğinde anlamlı olabilir. Tersi durumda jeotermal kaynaklar zarar görmekte, yatırıma harcanan kaynaklar ziyan olmakta ve işletmelerde sorunlar yaşanmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan jeotermal enerjinin kullanılabilirliği açısından her geçen gün gelişmekte olan ülkemizde; jeotermal alanlar ve potansiyeli belirlemeye yönelik uzun yıllardır yapılan jeolojik çalışmalar yanında birçok jeofizik çalışma yapılmıştır. Günümüze kadar yapılan jeofizik çalışmalar aletsel olanaksızlıklar nedeniyle maksimum 2-3 km derinlik sınırları içinde yer alan jeotermal rezervuarların belirlenmesi ve boyutlandırılması için uygulanabilmiştir. Aslında jeotermal alan oluşumunu hazırlayan ısı kaynağının yeri ve boyutlarıyla ilgili herhangi bir bilgi üretilememiştir.

Çalıma alanında 39 noktada Elektrik Özdirenç Sondaj yani Düşey Elektrik Sondaj (DES) ölçümleri yapılmıştır. Çalışma sahasında sıcak suların akifer kayacını Paleozoyik yaşlı mermer ve şist (Metamorfitler), örtü kayacı olarak ise Neojen yaşlı birimler ve Paleozoyik yaşlı kayaçlar üzerinde uyumsuz olarak (Miyosen yaşlı konglomera ve marn üyesi ile Pliyosen yaşlı marn, konglomera, kireçtaşı ve üst marn üyesi) yer almaktadırlar.

Çalıma alanından elde edilen DES verileri IPI2Win programı ile değerlendirilmiştir. Çalışma alanı; jeomorfolojik koşulları, akarsu köy ve bitki örtüsü gibi olumsuz şartlar, yer seçimi ve açılım doğrultularını etkilemişlerdir. Bu nedenle alanda bu şartlardan en az etkilenebilecek yer ve doğrultular seçilmiştir. Buna rağmen özellikle topografik koşullar ve yanal jeolojik formasyon değişimleri ölçülere olumsuz etki etmiştir.

Elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile görünür özdirenç haritaları, yer elektik haritaları ve görünür özdirenç kat haritaları oluşturulmuştur. Düşük özdirenç

değerli alanlar tespit edilmiştir. Elde edilen düşük özdirençli anomalilerin, tamamen ortamın termal akışkanla sature olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Çalışma sahasından elde edilen bu haritaların değerlendirilmesi sonucu, hazne kayanın yeri, derinliği ve uzanımı, örtü kaya kalınlığını ve hazne kayaç sınırları belirlenmiştir.

Bölge genelinde özdirenç değerleri birkaç on ohm.m ‘den başlayıp bin ohm.m ‘yi geçen değerlere ulaşmıştır. Genelde düşük özdirenç değerleri (2 - 90 ohm.m) 300-500 metre derinliklere kadardır. Özdirenç değerleri derine gittikçe artma eğilimindedir. Örtü kayaç olarak tanımlanan Neojen yaşlı kayaçların özdirenci 18-55 Ohm.m, taban kabul edilen metamorfiklerin özdirençleri ise 75-120 Ohm.m arasında hesaplanmıştır. Bununla birlikte, bazı ara katmanlarda nispeten düşük özdirenç değerleri (100 - 200 ohm.m) gözlenmiştir.

En düşük özdirenç değerleri DES11’de 14,63 Ohm.m, DES12’de 2.37 Ohm.m, DES29’da 13,4 Ohm.m, DES30’da 7,3 Ohm.m, DES31’de 12,61 Ohm.m, DES35’te 3.3 Ohm.m dir. Düşük özdirenç değerlerinin olduğu bu anomali noktalarında jeotermal açıdan bir potansiyelin varlığı olduğu söylenebilir.

Kesitler arasında yaklaşık benzerlik olmakla birlikte özellikle B-B’ kesitinde yanal yönde belirgin uyumsuzluklar görülmektedir. Elektrik özdirenç değerleri açısından sıcak suya işaret edecek değerler bulunduğu söylenememekle birlikte, sözü edilen uyumsuzlukların jeolojik ve tektonik açıdan değerlendirilmesi yararlı olabilir.

Çalışma alanı Gediz Grabeni içinde yer almamakla beraber, Gediz ayrılma fayı ile doğrudan etkileşim halinde olan bir fayın varlığı da net olarak tespit edilememiştir.

Çalışma alanının G-GD-D kesimlerinde yapılacak sondaj çalışmalarında ısı etkisinin görüneceği ancak debi konusunda sıkıntılar yaşanılacağı düşünülmektedir.

Saha yüzeyde genel olarak yüksek özdirençli birimlerin hakim olduğu bir yapı sergilemesi dolayısıyla, bilindik anlamda (geçirimsiz örtü kayasıcak akıskanın içinde bulunduğu geçirimli hazne kaya-ısıtıcı) bir jeotermal saha olmayabilir. Bunun için sahada belirlenen bu anomali bölgelerinde mekanik sondaj çalısmalarını gerçeklestirmek daha akılcı olur.

KAYNAKLAR

AKKUŞ, İ., KOÇAK,A., MERTOĞLU, O. (2000). Geothermal Energy Utilization Development inTurkey. *Proceeding World Geothermal Congress.* (85-91).

AKTUNA, M. (1965). Nazilli-Aydın Hattı kuzeyindeki versanların jeolojisi hakkında. *Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi.* (65).(1-11).

ANGELİER, J.,DUMONT, J.F., KARAMANDERESİ, İ.H., POİSSON, A., ŞİMŞEK,Ş. VE UYSAL, Ş. (1981). Analyses of fault mechanisms and expansion of South western Anatolia since the late Miocene. *Tectonophysics.* (79). (11-19)

ARSLAN, S., DARICI, M. (2001). Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli. *Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; temelleri ve tasarımı Seminer kitabı*. Basım Yeri: TMMOB MMO /2001/270

COHEN, H.A.,DART, C.J., AKYÜZ, H.S., BARKA, A. (1995). Syn-rift sedimentation and structural development of the Gediz and Buyuk Menderes Graben. *J.Geol. Soc.,* (152). (628-638)

DORA, O., KUN, N., CANDAN,O. (1992). Menderes Masifi Metamorfik tarihçesi ve jeotektonik konumu,*Türkiye Jeoloji Bülteni*,35,1-14

EMRE, T. (1996). Geology and the Tectonics of the Gediz Graben. *Turkish Journal of Earth Science*,171-185

ERDEN, F. (1965). Salihli-Manisa gravite Etüdü. *MTA Raporu*. (3931).Yayınlanmamış. Basım Yeri:Ankara

EVİRGEN, M.M. (1979). Menderes masifi metamorfizmasına petroloji, petrokimya, ve orojenez açısından yaklaşımlar, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara,198s (Yayımlanmamış)

GÜLAY, A. (1970). Manisa-Salihli, Caferbeyli-Köseli, Kurşunlu-Allahdiyen-Çamur Kaplıcaları yöreleri rezistivite raporu. *MTA Raporu.*(4853). Yayınlanmamış. Basım Yeri:Ankara

KARAMANDERESİ, İ.H. (1971). Turgutlu-Salihli (Manisa) arası Gediz nehri güneyinin jeolojisi, hidrojeoloji ve jeotermik etüdüne ait rapor. *MTA Raporu.*(4684). Yayınlanmamış. Basım Yeri:Ankara

KARAMANDERESİ, İ.H. (1972). Urganlı Kaplıcaları (Manisa-Turgutlu) civarının detay jeolojisi ve jeotermal alan olanakları hakkında rapor. *MTA Raporu.*(5462). Yayınlanmış. Basım Yeri:Ankara

KARAMANDERESİ, İ.H. (1981). Alaşehir-Turgutlu-Salihli (Manisa) yöresi jeoloji haritası. *MTA Arşivi.*(38417). Yayınlanmamış. Basım Yeri:Ankara

KAYA, O. (1982). Tersiyer sırt yitmesi: Doğu Ege Bölgeler yapısı ve mağmatikliği için olasılı bir mekanizma. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve volkanizması paneli.* Basım Yeri: Ankara, (39-58)

KETİN, İ. (1968). Türkiye'nin genel tektonik durumu ile başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler. *Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi.* (71).(129-134).

KOÇAK, A. (2000). Türkiye'de Jeotermal Enerji Aramaları ve Potansiyeli. *Türkiye 8.Enerji Kongresi.* (109-124). Basım Yeri : Ankara

KOÇYİĞİT, A. (1984). Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi tektonik gelişim. *Türkiye Jeoloji Bülteni.* (27). (1-16)

ÖZÇİÇEK, B. (1969). Manisa-Turgutlu-Salihli Jeotermik enerji araştırmaları. Kendirlik ve Allahdiyen yöreleri rezistivite etüdleri. *MTA Raporu.* (4029). Yayınlanmamış. Basım Yeri:Ankara

ÖZTURK, A. VE KOÇYİĞİT, A. (1983). Menderes grubu kayaların temel-örtü ilişkisine yapısal bir yaklaşım, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni,*26,99-106

PURVİS, M. & ROBERTSON, A. (2005). Sedimentation of the neogene – recent Alasehir (Gediz) continental graben system used to test alternative tectonic models for western Turkey., *Sedimentary Geology* 173, 373-408

SEYİTOĞLU, G., SCOTT, B.C. (1991). Late Cenozoik crustal extension and basin formasion in west Turkey. *Geological Magazine* (128). (155-166)

SİNEM TEMİMHAN (2005) Salihli Kurşunlu Kaplıcaları ve Civarının Jeotermal Potansiyelinin Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi)

SÖZBİLİR,H. (2002). Geometry and origin of folding in the Neogene sediments of the Gediz Graben western Anatolia, *Turkey. Geodinamica Acta*, 15, 277-288

ŞENER, Ç., YÜCEL, M., KARAGÖZ, Ş. (1993). Manisa-Turgutlu-Salihli-Alaşehir sahası jeotermal enerji aramaları jeofizik etütleri. *MTA Raporu.*(9625). Basım Yeri:Ankara

TARCAN G., FİLİZ Ş.,GEMİCİ, U. (1998). Hydrogeological and geochemical study of the Salihli (Manisa) geothermal fields. *Bulletin of TPJD*,10,61-86

YILMAZER, S. (2003). *Salihli Belediyesi adına Kurşunlu Kaplıcalarında yapılan sıcak su kuyusu lokasyon çalışması raporu*. Basım Yeri: İzmir

YÜCEL, M. , SENER, C., 1993, Manisa-Turgutlu-Salihli-Alasehir Jeotermal Enerji Aramaları Jeofizik Etüdü, MTA Ankara

ÖZGEÇMİŞ

1982 Hatay ilinin Antakya, merkez ilçeside doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Antakya'da tamamladı. 2006 yılında Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2007 yılından bu yana Antakya'da serbest Jeoloji Mühendisi olarak çalışmakta.