ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİKİLİ – KAYNARCA (İZMİR) CİVARI JEOTERMAL SAHASININ KUYU VERİLERİ İLE REZERVUAR POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Düzgün ESİNA

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2014

Her hakkı saklıdır

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

09.06.2014

Düzgün ESİNA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DİKİLİ – KAYNARCA (İZMİR) CİVARI JEOTERMAL SAHASININ KUYU VERİLERİ İLE REZERVUAR POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Düzgün ESİNA

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Turhan AYYILDIZ

Bu tez çalışmasında Miyosen-Pliyosen yaşlı Yuntdağı volkaniklerinin (I, II ve III) rezervuar potansiyeli araştırılmıştır. Volkanikler petrografik olarak hipokristalin dokulu andezit bileşimindedir. Yoğun killeşme olduğu gözlenmiştir. Kayaçlarda yoğun olarak efektif olmayan gaz boşluk gözeneklilik tespit edilmiş olup fay zonlarına yakın alanlarda çatlak gözeneklilik artış gösterdiği petrografi ve kuyu loglarından tespit edilmiştir. MTA tarafından açılan kuyulardan T1 (Yuntdağı I) ve K1 (Yuntdağı (III-I) alınan karotlardan elde edilen tapalardan gözeneklilik-geçirgenlik analiz sonuçları sırasıyla % 14, 9, 6,9, 3,6 ve 1,25, 0,01, 267,62mD'dir. C7 kuyusu çevresinde yapılan jeofizik (rezistivite) çalışmalar düşük özdirenç anomalilerinin etkisinin derinlere doğru azaldığını göstermektedir. Bu veriler jeotermal sistemin sığ-orta derinlikli ve rezervuar içerisindeki akışkan hareketinin yanal yönde olduğunu göstermektedir. Petrografik, petrofiziksel ve jeofiziksel veriler, Yuntdağı I ve III volkaniklerinin öncelikle 650-700 m' ye kadar ve 1450 – 1500 metreleri arasında yüksek gradyanlı fakat akışkan problemi olan ikinci rezervuar kaya seviyesinin olduğunu işaret etmektedir.

Haziran 2014, 77 sayfa

Anahtar Kelimeler: Jeotermal enerji, kuyu logu, Dikili-Kaynarca, volkanik rezervuar

ABSTRACT

Master Thesıs

THE STUDY OF GEOTHERMAL POTENTIAL OF DIKILI-KAYNARCA (IZMIR) REGION BY USING WELL DATAS

Duzgun ESINA

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Geological Engineering

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Turhan AYYILDIZ

In this thesis, Miocene to Pliocene aged Yuntdağı volcanics (I, II and III) were investigated by in terms of reservoir potential. Volcanic compositions are hipocrystalline texture andesitic by petrographic determination. Clay formation was densely observed. Ineffective gas escape porosity was determined by petrographic examination, and also fracture porosity were densely observed and its increasing close to fault zones through petrographic and well logs. Porosity – permeability analysis results are 14. 9, 6.9 and 3.6 % and 1.25, 0.01 and 267.62 mD, respectively from plugs of K1 (Yuntdagi III, I) and T1 (Yuntdagi I) wells, drilled by MTA. Geophysical studies (resistivity) of around C7 well indicate that low resistivity anomaly effects decrease towards to the depths. These data indicate that geothermal system is shallow-middle depth and fluid flow within reservoir is lateral direction. Petrographical, petrophysical and geophysical data indicate that there is primarily reservoir till 650-700 meter and secondary high gradient with not having fluid level is between 1450 and 1500 meter of Yuntdagi I and III volcanics.

June 2014, 77 pages

Key Words: Geothermal energy, well logs, Dikili – Kaynarca, volcanic reservoir

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının olgunlaştırılmasında ve sonuçlandırılmasında bilgisi ve önerileriyle beni yönlendiren danışman hocam, Sn. Doç. Dr. Turhan AYYILDIZ'a (Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı) teşekkür ederim. Ayrıca, jeofizik sismik çalışmaları sonuçlarını tezimde kullanmama izin veren ve bana her zaman destek olan YDA Grup Yönetim Kurulu Başkanı Sn. Hüseyin ARSLAN'a teşekkürlerimi sunarım. Karot örnekleri üzerinden hazırlanan ince kesitlerin yorumlanması hususunda yardımlarını esirgemeyen Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyeleri Sn. Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU' na ve Sn. Yrd. Doç. Dr. Zehra KARAKAŞ'a, yapmış olduğu inceleme ve değerlendirme için Sn. Yrd. Doç. Dr. Özgür AVŞAR'a (Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi) ayrı ayrı teşekkür ederim. Yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen MTA Jeotermal Dairesi Başkanlığı'ndan Sn. Düzgün ÇAM'a, uzun bir tez sürecinde göstermiş oldukları anlayıştan dolayı kıymetli aileme teşekkürlerimi sunarım.

Düzgün ESİNA
Ankara, Haziran 2014

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI

ETİK……i

ÖZET……ii

ABSTRACT……iii

TEŞEKKÜR……iv

SİMGELER DİZİNİ……vii

ŞEKİLLER DİZİNİ……viii

ÇİZELGELER DİZİNİ……x

1. GİRİŞ……1

1.1 Bölgede Yapılan Önceki Sondaj Çalışmaları……2

2. ÇALIŞMANIN AMACI……7

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR……8

4. BÖLGESEL JEOLOJİ……12

4.1 Stratigrafi……13

4.1.1 Çamoba Formasyonu……14

4.1.2 Kınık Formasyonu……15

4.1.3 Kozak Plütonu……15

4.1.4 Yuntdağı Volkanikleri I (Tyu I)……15

4.1.5 Demirtaş Proklastikleri……16

4.1.6 Yuntdağı Volkanikleri II (Tyu II)……16

4.1.7 Yuntdağı Volkanikleri IIII (Tyu III)……17

4.1.8 Dededağ Bazaltları……19

4.1.9 Alüvyon……19

4.2 Yapısal Jeoloji……22

5. HİDROJEOLOJİ……23

6. MATERYAL VE YÖNTEM……24

7. DİKİLİ KAYNARCA JEOFİZİK ÇALIŞMALAR……27

7.1 Özdirenç-Düşey Elektrik Sondajı (DES) Verileri ve Değerlendirilmesi……27

7.1.1 Dk-1 Profili……29

7.1.2 Dk-2 Profili……30

7.1.3 Dk-3 Profili……31

7.1.4 Dk-4 Profili 32
7.1.5 Dk-5 Profili 33
7.2 Özdirenç Seviye Haritaları 34
7.3 Jeoelektrik Temel ve Seviye Haritalarının Yorumu 43
8. K1, T1, C7 SONDAJ KUYULARINA AİT ELDE EDİLEN VERİLER 45
8.1 C7 Sondaj Kuyusu Sonuçları 48
8.1.1 C7 Kuyusu sıcaklık ölçümleri 48
8.1.2 C7 Jeotermal sondaj kuyusunda yapılan kuyu tamamlama testleri 49
8.1.3 C7 Kuyusu statik sıcaklık - basınç testi 50
8.1.4 C7 Kuyusu basınç düşüm testi 51
8.1.5 C7 Kuyusu su kaybı testi 52
8.1.6 C7 Kuyusu enjektivite testi 53
8.2 K1 ve T1 Kuyularına Ait Elektrik, Yoğunluk (Density), Gamma Ray - Neutron Logları İle Çamur Kaçaklarının Değerlendirilmesi 54
8.2.1 Elektrik logları (SP – Rezistivite Logları) 54
8.2.2 Yoğunluk (Density) logları 54
8.2.3 Gamma Ray – Neutron logları 54
8.3 K1 ve T1 Kuyularında Çamur Kaçaklarının Termik Logu ve Neutron Logu ile İlişkilendirilmesi 54
8.3.1 K1 Kuyusu değerlendirmeleri 54
8.3.2 T1 Kuyusu değerlendirmeleri 59
9. YUNTDAĞI VOLKANİKLERİNE AİT DERİNLİK KAYAÇ - KAROT ÖRNEKLERİNİN PETROGRAFİK İNCELENMESİ 61
10. GÖZENEKLİLİK VE GEÇİRGENLİK ANALİZLERİ 69
11. TARTIŞMA VE SONUÇLAR 71
KAYNAKLAR 75
ÖZGEÇMİŞ..... 77

KISALTMALAR DİZİNİ

MTA	Maden Tetkik ve Arama
DES	Düşey Elektrik Sondaj
KD-GB	Kuzeydoğu – Güneybatı
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
JICA	Japonya Uluslararası İşbirliği Örgütü
BKB-DGD	Batı Kuzeybatı – Doüu Güneydoğu
SP	Doğal Potansiyel
AŞ	Anonim Şirketi
Tic	Ticaret
San	Sanayi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 İzmir ili Dikili İlçesi çalışma alanını gösterir yer bulduru haritası 2
Şekil 1.2 Dikili – Kaynarca mevkii sondaj lokasyonları 6
Şekil 4.1 Biga yarımadası – Menderes masifi'nin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti 13
Şekil 4.2 Dikili - Bergama arası dikme kesiti 14
Şekil 4.3 Dikili - Bergama yolu üzerinde Yuntdağı III'e ait kızılımsı adezitler …… 17
Şekil 4.4 Yuntdağı III seviyelerine ait altere andezitler 18
Şekil 4.5 Dikili - Bergama yolu üzerinde Yuntdağı III seviyelerine ait gri renkli andezitler 19
Şekil 4.6 Dikili - Bergama arası geniş alüvyon düzlük 20
Şekil 4.7 Dikili - Kaynarca Civarının Jeoloji Haritası 21
Şekil 4.8 Dikili - Kaynarca jeotermal alanı ve civarının tektonik haritası 22
Şekil 6.1 T1 (solda) ve K1 (sağda) kuyularına ait karot örnekleri 24
Şekil 6.2 Gözeneklilik (sağ taraftaki) ve geçirgenlik (sol taraftaki) analiz araçları 25
Şekil 7.1 DES ölçümü arazi uygulamasına ait saha fotoğrafı 27
Şekil 7.2 Çalışma alanı DES noktalarını ve kesit profilini gösteren lokasyon haritası.. 28
Şekil 7.3 Dk-1 Profili görünür özdirenç kesiti 29
Şekil 7.4 Dk-2 Profili görünür özdirenç kesiti 30
Şekil 7.5 Dk-3 Profili görünür özdirenç kesiti 31
Şekil 7.6 Dk-4 Profili görünür özdirenç kesiti 32
Şekil 7.7 Dk-5 Profili görünür özdirenç kesiti 33
Şekil 7.8 500 metre görünür özdirenç seviye haritası 35
Şekil 7.9 600 metre görünür özdirenç seviye haritası 36
Şekil 7.10 700 metre görünür özdirenç seviye haritası 37
Şekil 7.11 800 metre görünür özdirenç seviye haritası 38
Şekil 7.12 900 metre görünür özdirenç seviye haritası 39
Şekil 7.13 1000 metre görünür özdirenç seviye haritası 40
Şekil 7.14 1250 metre görünür özdirenç seviye haritası 41
Şekil 7.15 1500 metre görünür özdirenç seviye haritası 42
Şekil 7.16 Jeoelektrik temel birimlere giriş haritası 43

Şekil 8.1 K1, T1, C7 kuyularının korrdinatlarına göre konumları 46
Şekil 8.2 Karşılaştırmalı kompozit kuyu logları 46
Şekil 8.3 C7 Jeotermal sondajı kuyu tamamlama testlerini yapan alet.....49
Şekil 8.4 C7 Jeotermal sondajı statik sıcaklık – basınç profilleri 51
Şekil 8.5 C7 Jeotermal sondajı basınç düşüm (fall off) testi 51
Şekil 8.6 C7 Jeotermal sondajı su kaybı profili 52
Şekil 8.7 C7 Jeotermal sondajı enjektivite endeksi grafiği.....53
Şekil 8.8 K1 kuyusu birleştirilmiş kuyu ölçüleri 500 – 700 m arası kesiti.....57
Şekil 8.9 K1 kuyusu birleştirilmiş kuyu ölçüleri 1400 – 1500 m arası kesiti.....58
Şekil 9.1 T1 kuyusu 215. metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı 61
Şekil 9.2 K1 kuyusu 167. metreye ait örneğin tek ve çift nikol fotomikrografı 62
Şekil 9.3 K1 kuyusu 1046. metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı 63
Şekil 9.4 K1 kuyusu 1046,5. metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı 64
Şekil 9.5 K1 kuyusu 1047. metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı 65
Şekil 9.6 K1 kuyusu 1047,5.metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı 66
Şekil 9.7 K1 kuyusu 1379. metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı 67
Şekil 9.8 K1 kuyusu 1380. metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı 68

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Dikili – Bergama alanındaki gradyan sondajları 3
Çizelge 1.2 Kaynarca sahasında MTA tarafından açılan sıcak su sondajları 4
Çizelge 1.3 Kaynarca sahasında Dikili Belediyesi'ne ait sıcak su sondajları 4
Çizelge 1.4 Kaynarca sahasında özel şahıslara ait sıcak su sondajları 5
Çizelge 8.1 C7 kuyusuna ait litolojik değerlendirmeler 47
Çizelge 8.2 T1 kuyusuna ait litolojik değerlendirmeler 47
Çizelge 8.3 Çamur çıkış sıcaklıkları 48
Çizelge 8.4 Maksimum termometre ile ölçülen sıcaklıklar 49
Çizelge 8.5 Basınç – sıcaklık ölçüleri 50
Çizelge 8.6 Sıcaklık ölçüleri 52
Çizelge 8.7 C7 kuyusuna ait enjektivite endeksi değerleri 53
Çizelge 8.8 K1 kuyusunda Amerada ve termik log ile alınan sıcaklık ölçümleri 55
Çizelge 8.9 K1 kuyusunda Amerada ile alınan sıcaklık ölçümleri ve gradyan değerleri 56
Çizelge 8.10 T1 kuyusu termik log ölçüm değerleri 60
Çizelge 10.1 Yuntdağı I andezitlerine ait karot örneklerinin gözeneklilik - geçirgenlik ve tane yoğunluğu değerleri 69

1. GİRİŞ

Çalışma alanı, Batı Anadolu'da İzmir ilinin 100 km kuzeyinde yer alan Dikili-Kaynarca civarı ve çevresidir (Şekil 1.1). Bu bölgede Maden Tetkik ve Arama (MTA) ve özel şirketler tarafından seracılık ve ısıtma amaçlı birçok tamamlanmış ve yapılmakta olan jeotermal sondajlar bulunmaktadır. Bu sondajlar genellikle özel firmalar tarafından seracılık faaliyetleri, sağlık ve temizlik amacıyla gerçekleştirilmiştir. Fakat dünya ülkelerinin ve ülkemizin gereksinim duyduğu temiz enerji ihtiyacı çerçevesinde de bu bölgede şehir ısıtmacılığı ve elektrik enerjisi üretme amaçlı sondajlarda son zamanlarda hızlanmıştır.

İnceleme alanında jeotermal ile ilgili çalışmalar 1968 yılında başlamıştır. 1977 yılına kadar çeşitli aralıklarla yapılan çalışmalardan sonra, derinlikleri 50-80 m arasında değişen 10 adet gradyan kuyusu açılmıştır.

Çalışma içersindeki K1 derin sondajında ölçülmüş olan akifer sıcaklığı ile çeşitli jeotermometre yöntemleri ile hesaplanan akifer sıcaklıkları bir bütün olarak değerlendirildiğinde Dikili Jeotermal Alanı 'nın 100 – 120 $^{\circ}$C, Kaynarca Jeotermal Alanı'nın 130 – 150 $^{\circ}$C akifer sıcaklığına sahip olacağı tahmin edilmektedir (Özen ve Tarcan, 2005) .Yüksek sıcaklığa sahip akifer hedeflenmesinden sonra, bölgede derin sondaj çalışmaları daha da hızlanmıştır. İnceleme alanında yapılan sığ ve derin sondajlı araştırmalara karşılık, jeotermal sahada hazne kaya (rezervuar kaya) olarak düşünülen Yuntdağı Formasyonu hakkında araştırma verileri bulunmamaktadır. Ayrıca bölgede yapılan jeofizik araştırmaları da genel olarak kurum ve şirket raporlarında kalmıştır. Bu çalışma ile inceleme alanında önceden MTA tarafından açılmış K1 kuyusu ile sahada özel bir şirket tarafından yapılmış olan jeofizik verileri, yine MTA tarafından açılmış olan T1 ve özel şirket tarafından açılan C7 kuyusundan elde edilen jeolojik ve jeofizksel veriler değerlendirilecektir.



Şekil 1.1 İzmir ili Dikili İlçesi çalışma alanını gösterir yer bulduru haritası (1/ 1 700000 ölçekli Türkiye Karayolları Haritasından alınmıştır)

1.1 Bölgede Yapılan Önceki Sondaj Çalışmaları

Dikili - Kaynarca jeotermal alanı ve çevresinde MTA ve diğer kuruluşlar tarafından, değişik yıllarda araştırma ve üretim amaçlı açılmış birçok jeotermal sondajı bulunmaktadır. MTA tarafından ilk gradyan sondajları, 1977 yılında Dikili- Kaynarca – Bergama – Çandarlı jeotermal alanlarının değişik noktalarında yapılmıştır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 Dikili-Bergama jeotermal alanındaki gradyan sondajları (Yılmazer ve Can 1978'den alınmıştır)

Kurum	**Kuyu No**	**Kuyunun Koordinatları**	**Tarih**	**Derinlik (m)**	**Sıcaklık (°C)**
MTA	DG-1	X: 43 26 224 Y: 01 03 827 Z: 52,9 m	1977	60	20.2
MTA	DG-2	X: 43 27 872 Y: 01 01 696 Z: 169,2 m	1977	52	Ölçülemedi
MTA	DG-3	X: 43 26 229 Y: 01 00 883 Z: 56,7 m	1977	60	19.9
MTA	DG-4	X: 43 28 168 Y: 01 00 181 Z: 196,2 m	1977	71.5	22.2
MTA	DG-5	X: 43 26 683 Y: 04 98 502 Z: 101,4 m	1977	80	29.2
MTA	DG-6	X: 43 24 959 Y: 04 96 800 Z: 10,4 m	1977	71	25.9
MTA	DG-7	X: 43 21 982 Y: 04 91 304 Z: 39,3 m	1977	58.5	29.5
MTA	DG-8	X: 43 21 107 Y: 04 93 218 Z: 115 m	1977	58.5	26.5
MTA	DG-9	X: 43 19 830 Y: 04 94 132 Z: 26,9 m	1977	58.5	25.1
MTA	DG-10	X: 43 13 143 Y: 04 80 014 Z: 42,4 m	1977	71.5	21.5

Kaynarca sahasında, MTA tarafından sonraki yıllarda araştırma amaçlı üç adet gradyan sondajı, bir adet derin araştırma sondajı ve İzmir Valiliği adına konut ve sera ısıtmacılığı amaçlı bir adet (T1) jeotermal sondajı yapılmıştır (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2 Kaynarca sahasında MTA tarafından açılan sıcak su sondajları (Manav 2005'den değiştirilerek alınmıştır)

Kurumu	**Kuyu No**	**Kuyunun Koordinatları**	**Tarih**	**Derinlik (m)**	**Sıcaklık (°C)**	**Debi (l/s)**
MTA	DG-1 (Yeni)	X: 43 24 604 Y: 04 97 272 Z: 7,5 m	1987	683	101.4	-
MTA	DG-2 (Yeni)	X: 43 25 579 Y: 04 98 844 Z: 35 m	1987	201.5	31	-
MTA	DG-3 (Yeni)	X: 43 23 485 Y: 04 96 096 Z: 9,3 m	1987	201.2	44	-
MTA	K-1	X: 43 24 144 Y: 04 96 992 Z: 7 m	1989	1500	130	Üretim yok.
İzmir Valiliği	T1	X: 43 24 405 Y: 04 97 670 Z: 9 m	2004	357	130.7	40.6
İzmir Valiliği	T2	X: 43 24 375 Y: 04 97 891 Z: 9 m	2004	356	99.8	46.7
İzmir Valiliği	T3	X: 43 24 418 Y: 04 97 490 Z: 8 m	2005	547	90.7	45

Alanda Dikili Belediyesi tarafından konut ısıtmacılığı amacıyla açtırılan üç adet sıcak su sondajın özellikleri ise çizelge 1.3'de verilmiştir.

Çizelge 1.3 Kaynarca sahasında Dikili Belediyesi'ne ait sıcak su sondajları (Veriler, Belediye yetkililerinden alınmıştır).

Kurumu	**Kuyu No**	**Kuyunun Koordinatları**	**Tarih**	**Derinlik (m)**	**Sıcaklık (°C)**	**Debi (l/s)**
Dikili Belediyesi	B-1	X:43 24 567 Y:04 97 293 Z:8 m	1993	33.5	119	30(P)
Dikili Belediyesi	B-2	X: 43 24 532 Y: 04 97 326 Z: 8 m	1993	26.8	120	21(P)
Dikili Belediyesi	B-3	X: 43 24 450 Y: 04 97 372 Z: 8 m	1993	Bilgi Yok		

Kaynarca sahasında ayrıca, sera ısıtmacılığı amacıyla şahıslar tarafından açılan sıcak su kuyuları bulunmaktadır (Çizelge 1.4)

Çizelge 1.4 Kaynarca sahasındaki özel şahıslara ait sıcak su sondajları
(Veriler şirket yetkililerinden alınmıştır, kesin ölçümlere dayanmamaktadır)

Kurumu	**Kuyu No**	**Kuyunun Koordinatları**	**Tarih**	**Derinlik (m)**	**Sıcaklık (°C)**	**Debi (l/s)**
Agrobay Seracılık	AG-0	X: 43 24 418 Y: 04 98 252 Z: 8 m	2002	256	97	40
Agrobay Seracılık	AG-1	X: 43 24 389 Y: 04 98 311 Z: 9 m	-	208	Reenjeksiyon sondajı	
Agrobay Seracılık	AG-2	X: 43 24 469 Y: 04 98 269 Z: 8 m	2004	254	95	20
Agrobay Seracılık	AG-3	X: 43 24 378 Y: 04 97 970 Z: 8 m	-	392	95	15
Agrobay Seracılık	AG-4	X: 43 24 338 Y: 04 98 083 Z: 8 m	-	410	95	30
Ak Celep Seracılık	C-1	X: 43 24 046 Y: 04 98 803 Z: 8 m	-	80	-	Üretim Yok
Ak Celep Seracılık	C-2	X: 43 24 046 Y: 04 98 670 Z: 10 m	-	90	85	Bilinmiyor
Zeytindalı Tesisleri	Z-1	X: 43 24 964 Y: 04 97 393 Z: 11 m	2004	252	45	3-5
Zeytindalı Tesisleri	Z-2	X: 43 24 852 Y: 04 97 381 Z: 9 m	2004	118	36	-
YDA Tarım	C7	X: 43 24 852 Y: 04 97 381 Z: 9 m	2012	432	77	70
Demirören Enerji *		X: 505315 Y: 4321010 Z: 10 m	2012	1600	?	?
Demirören Enerji *		X: 501887 Y: 4323868 Z: 21 m	2012	1881	?	-
Sanko Enerji *		X: 04 98 852 Y: 43 22 670 Z: 7 m	2012	1300	27-28	5-6

*Demirören Enerji'ye ait sondaj verileri Jeoloji Mühendisi Osman Nuri Albayrak'tan, Sanko Enerji'ye ait sondaj verileri Jeoloji Mühendisi Mehmet Nuri Hamut'tan alınmıştır .



Şekil 1.2 Dikili – Kaynarca mevkii sondaj lokasyonları haritası (Esina, D., 2012, C7 jeotermal sondajı kuyu bitirme raporu)

2. ÇALIŞMANIN AMACI

Dikili – Kaynarca alanı jeotermal amaçlı çalışmaların gerçekleştirildiği bir alandır. Genelde sıcak suyun alındığı bölüm; bölgede yüzeyleyen Yuntdağ Volkanikleri seviyeleridir. Bununla birlikte, Dikili – Kaynarca sahasında yapılmış sondajlarda kesilen volkanik kayaç seviyelerinin hazne kaya (rezervuar) özelliklerine dönük bir araştırma bulunmamaktadır. Bu amaçla MTA Kütüphane ve Dökümantasyon Dairesi Başkanlığı'ından alınan izinle K1 ve T1 kuyuları rapor ve karot örnekleri üzerinde çalışılarak çalışma alanında MTA tarafından açılmış olan T1 ve K1 kuyuları ile bölgede yeni açılan C7 kuyularından elde edilen veriler yardımıyla Yuntdağı volkaniklerinin hazne kaya karakteristiklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Proje teknik yürütücülüğü Düzgün Esina tarafından yapılan C7 jeotermal sondaj kuyusu için jeotermal ruhsat alanında yapılmış olan jeofizik çalışmaların, Düşey elektrik sondaj (DES) verileri, elektrik özdirenç veri sonuçları ile derin seviyelerin tektonik ve litolojik olarak akışkan üretimine elverişli olup olmadığı K1 jeotermal sondaj kuyusu ile birlikte değerlendirilmesi ve yaklaşıma gidilmesi, muhtemel sıcak su alınabilecek seviyelerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Ayrıca, C7 kuyusu sondaj tamamlama testlerinin sonucunda elde edilen değerlerin T1 kuyusu sonuçları ile birlikte değerlendirilip Yuntdağı Volkaniklerinin andezitik seviyeleriyle ilgili bir yaklaşım hedeflenmiştir. C7 jeotermal sondaj kuyusundan karot alınamamış olsa dahi, MTA Karot Bilgi Bankası'ndan K1 ve T1 kuyularına ait elde edilen karot numunelerinden petrografik analizler yapılarak, andezitik kayaçların kırık çatlaklarındaki boşluk gözeneklilikleri ve geçirgenliklerine dönük veriler ile birlikte hazne kaya karakteristiğine ait bir yaklaşım yapılması amaçlanmıştır.

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dikili ilçesi ve çevresinde değişik zamanlarda, birçok araştırmacı tarafından yapılmış jeoloji, volkanizma, sıcak su ve bölgesel tektonik amaçlı etütler bulunmaktadır. Bu araştırmalar ve sonuçları aşağıda kısaca özetlenecektir.

Salomon-Calvi (1939), İzmir ve Dikili'de 22 Eylül 1939'da meydana gelen 9 şiddetindeki (Mercalli-Sierberg ölçeğine göre) depremi incelemek amacıyla, bu bölgedeki sıcak suları da araştırmıştır. Araştırıcıya göre depremden sonra, eski kaynakların (5 adet - 90°C) yakınlarında maksimum 92°C sıcaklıkta iki yeni kaynak daha ortaya çıkmıştır. Kaynakların; D-B yönlü bir çatlaktan sızıp alüvyon içerisinde dağıldığını belirtmiştir.

Salomon-Cavli (1940), 1939 yılındaki çalışmasından bir yıl sonra, Dikili'deki 92°C'lik sıcak kaynaklardan yararlanılması amacıyla bölgede yeni bir etüt yapmıştır. Bu çalışmasında, Kaynarca'daki sıcaklıkları 92°C'yi bulan karbonat ve demir hidroksit çökeltili 20-30 adet eski kaynak ile depremden sonra ortaya çıkan kaynakların kökenini muhtemelen Pliyosen yaşlı lavlara bağlamıştır. Yapılacak sondajlardan sonra burada elektrik üretilebileceğini ve ayrıca sıcak sulardan "Glauber" tuzu (Mirabillit, $Na_2SO_4.10.H_2O$) elde edilebileceğini belirtmiştir.

Ataberk (1940), Dikili-Kaynarca Çiftliği sıcak suları hakkında yaptığı çalışmada; depremden sonra ortaya çıkan kaynaklardan birinin sıcaklığının 96°C olduğunu belirtmiştir. Bataklık oluşturan sıcak su çıkışlarının hepsinin ölçülmesi mümkün olmadığı için, suların toplandığı küçük ve büyük göllerden akan suyun debisi ölçülmüş ve 22.8 lt/sn bulunmuştur. Alüvyondan çıkan bu kaynakların bir doğrultu üzerinde bulunmadığını ortaya koymuştur. Yapılacak sondajda yüksek sıcaklıkta ve debide su elde edilebileceğini belirtmiştir.

Bistritschan (1957), Bergama, Dikili ve Menemen ilçelerindeki sıcak suların özelliklerini ve kullanım şekillerini incelemiştir. Bergama Grabeni'nin kuzey kenarı

boyunca andezit ve andezitik tüflerin yüzeylenmekte olduğunu, vadi düzlüğündeki bataklıkta sıcaklığı 91°C'yi bulan yaklaşık 25 adet sıcak su kaynağı bulunduğunu belirtmiştir. Sıcak su kaynaklarının tedavi edici özellikleri ortaya çıkarıldıktan sonra, sağlık tesisi kurulmasının söz konusu olabileceğini belirtmiştir.

Ekingen (1970), Dikili-Bergama-Kınık karayolunun kuzey ve güneyinde yer alan 1100 km^2'lik bir alanda jeoloji ve rezistivite ile tespit edilen yapıları incelemek ve görülemeyen yükselim ve kırıkları saptamak amacıyla gravite etüdünde bulunmuştur. Araştırıcıya göre, Dikili ve Kıroba yükselimleri arasındaki graben jeotermal alan olarak tanımlanmıştır ve bu alan yeterince kırıklı yapı sunmaktadır. Araştırıcıya göre, örtü kaya geçirimsiz tüfler ve tüflerin örttüğü Neojen formasyonları, hazne kayaç ise Kozak ve Zeytindağ' da yüzlek veren kireçtaşlarıdır.

Özçiçek (1970), "Batı Anadolu Jeotermik Enerji Araştırmaları Projesi" kapsamında, jeolojik yapıyı aydınlatmak ve jeotermal enerji yönünden olumlu sahaları tespit etmek amacıyla, Dikili-Bergama yöresinde elektrik-rezistivite etüdünde bulunmuştur. Bu çalışmada, hazne ve örtü kayaların elektrik özellikleri saptanmış, kalınlıkları belirlenmiştir. Kaynarca yöresinde; tabanda bir yükselme ve daha ileride alçalmayla meydana gelmiş bir çukurluk olduğu ve bu çukurluğun KD-GB yönlü muhtemel bir fayla sınırlandığını belirtilmiş ve bu bölgede gradyan sondajları önermiştir.

Demirörer (1972), İzmir-Bergama-Güzellik kaplıcası civarında ve ova yakınlarında yaptığı rezistivite çalışmasını, Dikili çevresinde Özçiçek (1970) tarafından yapılan rezistivite etüdüyle birleştirmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre; Dikili-Bergama jeotermal alanlarında altı adet sondaj önerilmiştir.

Öngür (1972), Dikili-Bergama jeotermal alanında, jeotermal enerji olanaklarını ortaya çıkarmak için bir çalışma yapmıştır. Bölgeyi genel olarak hidrotermal bir saha olarak değerlendiren araştırmacı; Kozak formasyonu'na ait kireçtaşlarını hazne kaya, aynı formasyonun şist, fillit ve grovakları ile Neojen'in killi tortulları ve altere lavları örtü kaya olarak belirlemiştir. Kaynarca alanında altı adet olmak üzere tüm Dikili-Bergama sahasında 15 adet gradyan sondajı önermiştir.

Akyürek ve Soysal (1978), Kırkağaç, Soma, Ayvalık ve Bergama çevresindeki çalışmalarında, Kazdağ Masifi ile Menderes Masifi arasında kalan alanın 1/25 000 ölçekli jeoloji haritalarını tamamlamışlardır.

Yılmazer ve Can (1978), Dikili-Bergama yöresinin jeotermal enerji yönünden önemini ortaya koymak amacıyla, toplam derinliği 641.5 m olan 10 adet gradyan sondajı yapmışlardır. DG-7 sondajı civarında önemli bir aykırılık (anomali) saptanmış ve Kaynarca sahasının seracılık ve şehir ısıtmacılığı açısından önemli olduğunu belirtmiştir.

Ercan vd. (1984) İzmir ve Balıkesir illerinde geniş bir alanda, jeolojik harita alımı ile magmatik kayaçların petrolojik ve kökensel yorumlarına ilişkin bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Yılmazer ve Özgüler (1986), Dikili ve Bergama'yı içine alan sahada, jeoloji, jeofizik, jeokimya ve gradyan sondajı çalışmalarını değerlendirip, Kaynarca jeotermal alanında derin araştırma sondajı yapılmasını önermişlerdir.

Japon International Cooperation Agency (JICA) (1987), Dikili-Bergama jeotermal alanında, özellikle Kaynarca sahasında jeolojik haritalama, jeofizik etütleri, gradyan sondajları ve jeokimyasal çalışmalar (kimyasal analizler, izotop, toprak gazı ölçümleri) ve hidrotermal alterasyon incelemelerini kapsayan ayrıntılı bir çalışma yapmıştır. Detay jeolojik incelemede Yuntdağı volkaniklerini evrelerine ayırmışlardır. Ayrıca yapılan gradyan sondajları da önemli aykırılıklar (anomaliler) vermiştir.

Yılmazer vd. (1990), Dikili-Kaynarca jeotermal alanındaki ilk derin araştırma sondajını yapmışlardır. 1500 m' lik K-1 sondajında, 130°C sıcaklık ölçülmesine rağmen akışkan elde edilememiştir.

Dönmez vd. (1998), "Batı Anadolu'nun Jeolojisi Projesi" kapsamında Menderes Masifi ve çevresinin jeolojik problemleri ile İzmir kuzeyindeki Tersiyer volkaniklerinin

sorunlarını çözmek ve eksik olan 1/25000 ölçekli jeoloji haritalarını tamamlamak amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Araştırıcılara göre; İzmir'in kuzeyinde yüzeylenen en yaşlı kayaçlar Permiyen yaşlı kireçtaşı bloklarıdır. Eosen-Oligosen arası meydana gelen volkanizma Erken Miyosen yaşlı Soma formasyonu tarafından örtülürken, Dumanlıdağ grubunu da içine alan volkanizma Orta Miyosen'e kadar devam etmiş, Genç Miyosen'de tüm birimleri uyumsuz olarak örten gölsel Aliağa formasyonu çökelmiş, bazik karakterli Kılıçdağ volkanikleri ise, en genç volkanizma olarak eski birimleri kesip yüzeylemiştir.

Manav (2005), Dikili-Kaynarca jeotermal alanında, İzmir Dikili İlçesi Köylerine Hizmet Götürme Birliği (BİRLİK) adına T-1 sondajını yapmıştır. 357 m' lik sondajdan 130,7°C sıcaklık ve 40,6 l/s debide akışkan elde edilmiştir.

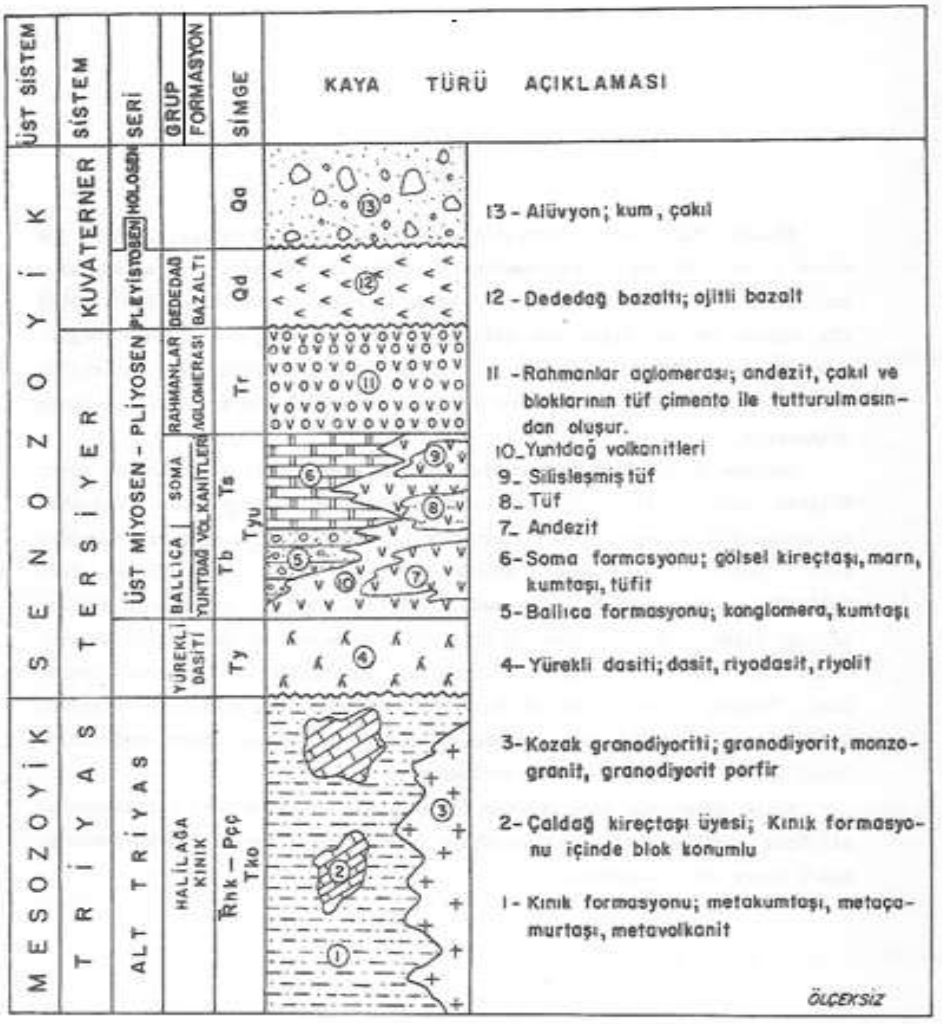
Esina (2012), Dikili – Kaynarca alanında, YDA Tarım Tic. ve San. A.Ş., adına C-7 sondajını yapmıştır. 432 m'lik sondajdan 80°C sıcaklık ve yaklaşık 70 l/s debide akışkan Yuntdağı volkaniklerinden elde edilmiştir.

Yukarıdaki önceki çalışma özetleri, bölgede genelde genel jeoloji ve sondaj yeri önerisi üzerine gerçekleşen çalışmalar olduğunu göstermektedir. Ayrıca çalışmalar genelde rapor olarak düzenlenmiş olup bilimsel değerlendirmeler bulunmamaktadır.

4. BÖLGESEL JEOLOJİ

Çalışma alanı Biga Yarımadası ile Menderes Masifi arasında kalan bölgede yer alır (Akyürek,1989). Bölge Karbonifer'den Permo-Triyas'a (Hersiniyen-Kimmerid) kadar değişik yaşlarda çeşitli kaya türleri içeren Sakarya Zonu üzerinde, kuzeyde Karakaya süturu ile güneyde İzmir-Ankara süturu arasında konumlanmaktadır.

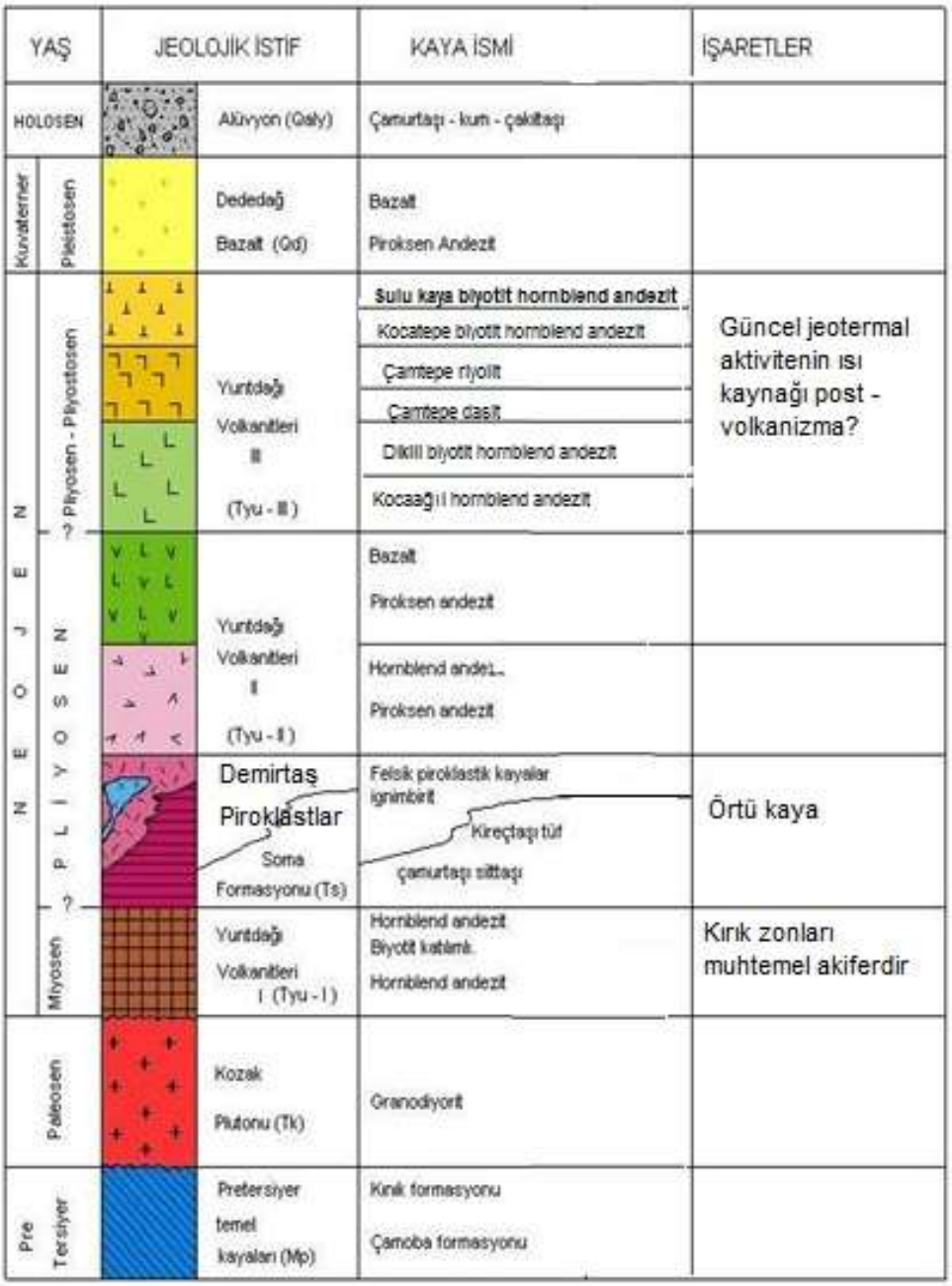
Biga yarımadası-Menderes masifi arasındaki bölgede otokton olarak Alt Triyas'tan Kuvaterner'e kadar çökel, magmatik ve metamorfik kayaçlar yüzeylemektedir.Allokton olarak saptanan Permiyen yaşlı Çamoba formasyonunun Çaldağ kireçtaşı üyesi, Alt Triyas yaşlı Halilağa grubuna ait Kınık formasyonu içinde çeşitli boyutlarda bloklar halinde izlenir. Kozak granodiyoriti, Kınık formasyonunu kesmiştir. Bölgede Kozak granodiyoritine bağlı olarak Yürekli dasiti ile Üst-Miyosen Pliyosen yaşlı Yuntdağ volkanikleri ve bunlarla eş yaşlı olan Ballıca formasyonu, Soma formasyonu ve Rahmanlar aglomerası yüzeyler. Bölgede en genç volkanizma ürünü olarak Dededağ bazaltı ayırtlanmıştır (Şekil 4.1) (Akyürek 1989).



Şekil 4.1 Biga yarımadası – Menderes masifi'nin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Akyürek 1989)

4.1 Stratigrafi

Kaynarca bölgesini de içine alan Dikili-Bergama jeotermal alanı ve çevresinde en altta Pre-Tersiyer yaşlı Çamoba ve Kınık formasyonları (Mp) yer alır. Bu formasyonların üzerinde Paleosen yaşlı Kozak plütonu (Tk) yer alır. Tüm bu birimlerin üzerinde ise alttan üstte doğru sırayla; Yuntdağ Volkanikleri-I (Tyu-I), Pliyosen yaşlı Soma Formasyonu (Ts), Demirtaş Piroklastikleri (Tp), Yuntdağ Volkanikleri-II (Tyu-II), Yuntdağ Volkanikleri-III (Tyu-III) bulunmaktadır. Kuvaterner'e ait birimler ise Dededağ Bazaltları (Qd) ve alüvyon olarak ayırtlanmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Dikili-Bergama alanının dikme kesiti (Anonymous 1987'den değiştirilerek alınmıştır)

4.1.1 Çamoba Formasyonu

Pre-Tersiyer yaşlı Çamoba formasyonu (Akyürek ve Soysal 1978), İzmir-Dikili karayolunun doğusunda ve Zeytindağ belde merkezi civarında gözlenir. Formasyon

genel olarak konglomera, kumtaşı ve silttaşı ile üç farklı kireçtaşı üyesinden meydana gelmiştir.

4.1.2 Kınık Formasyonu

Pre-Tersiyer yaşlı, konglomera, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ve kireçtaşından oluşan Kınık formasyonu (Akyürek ve Soysal 1978) gelir. Hafif olarak metamorfizma geçirmiş olan birim, içerisinde spilit ve diyabaz bulundurur.

4.1.3 Kozak Plütonu

Paleosen yaşlı ; Dikili-Bergama hattının kuzeyinde geniş yayılıma sahip büyük bir plütondur. Genel olarak granodiyorit, monzogranit ve monzodiyorit bileşimindedir. Plüton, yaşlı birimlere ait anklavlar içerir ve sık sık aplit damarları ve granodiyorit porfiri dayklarıyla kesilmiştir. JICA tarafından 1987 yılında tanımlanmıştır.

4.1.4 Yuntdağı Volkanikleri-I (Tyu-I)

Yuntdağ Volkanikleri-I JICA tarafından 1987 yılında tanımlanmıştır. Hornblend andezitleri, çalışma alanının kuzeyinde KD, KB yer almaktadır. Arazinin kuzeyinde, Boz Tepe zirvesi hariç tüm volkanikler Yuntdağı Volkanikleri-I'e aittir (Şekil 4.7). Bu kayaçların çoğu doğrudan ve yatay olarak piroklastikler tarafından örtülür (Şekil 4.2).

Yuntdağ Volkanikleri-I kayaçları, başlıca hornblend andezit lavları olmak üzere ara sıra araya giren aynı kökenli tüf breşlerinden oluşur. Çoğunlukla hidrotermal alterasyona uğramış ve açık griden koyu yeşilimsi griye rengi değişmiş altere kayaçlardır. Kayaçların içerisindeki bazı çatlaklar silis mineralleri, kalsit ve jipsle doldurulmuştur. Ayrıca kayaç içerisinde silisifiye altere zonlar ve killi zonlar sıkça bulunur (Anonymous 1987).

Yuntdağ Volkanikleri-I kayaçları genellikle Pre-Tersiyer yaşlı kayaçların üzerine gelir ve maksimum kalınlıkları 1500 m'ye kadar ulaşır. Saha içerisindeki mostralar jeotektonik noktalardan kabaran kayaçlardır. Yuntdağ Volkanikleri-I kayaçlarının oldukça çatlaklı olması nedeniyle, nitel verilere göre bunların jeotermal rezervuarı olabileceği kabul edilmiştir (Anonymous 1987).

4.1.5 Demirtaş Piroklastikleri (Tp)

Demirtaş Piroklastikleri doğrudan Yuntdağ Volkanikleri-I kayaçlarını üzerler ve kalınlıkları her bir mostrada birkaç metreden, birkaç yüz metreye kadar değişir. Kayaçlar, sahada Yuntdağ Volkanikleri-II kayaçlarına ait piroksen andezit veya bazaltlarla üzerlenir (Şekil 4.2).

Kayaçlar, çoğunlukla felsik piroklastik kayaçlardan ve dasitik lavlardan oluşmuşlardır. Bu kayaçların suda depolandığını gösteren herhangi bir delil bulunmamakta olup karasal olarak depolanmışlardır. Demirtaş Piroklastikleri'nin kalınlığı 100 m'den azdır. Fakat Kaynarca alanı ve çevresindeki depresyon zonunda kalın bir şekilde depolandığı görülmektedir (Anonymous 1987).

4.1.6 Yuntdağ Volkanikleri-II (Tyu-II)

Yuntdağ Volkanikleri-II, JICA tarafından 1987 yılında tanımlanmıştır. Bazalt andezitleri, çalışma alanının güney batısında gözlenirler. Bazalt ve piroksen andezit lavlarından oluşan Yuntdağ Volkanikleri-II piroklastik kayaların üzerinde yer almaktadır ve Yuntdağ Volkanikleri-III tarafından örtülmüştür. Bu lavlar aynı bölgede yaygın olarak bulunan piroklastik kayalar üzerinde akmışlardır. Bunlar çalışma alanında mafik volkanizmanın yüzeyde katılaşmış tek kayaçlarıdır (Anonymous 1987).

4.1.7 Yuntdağ Volkanikleri-III (Tyu-III)

Yuntdağ Volkanikleri-III JICA tarafından 1987 yılında tanımlanmıştır. Biyotit-hornblend-andezitleri, petrografik ve stratigrafik özelliklerine dayandırılarak altı ayrı lav gruplarına ayrılabilir. Bu lavlar, Koca Ağıl hornblend andeziti, Dikili biyotit-hornblend andeziti, Çam Tepe dasiti, Çam Tepe riyoliti, Koca Tepe biyotit-hornblend andeziti ve Sulu Kaya biyotit-hornblend andeziti olarak isimlendirilmiştir.

Koca Ağıl hornblend andeziti; Piroksen-hornblend andezitten oluşmuşlardır ve Yuntdağ Volkanikleri-III'ün en mafik lavlarıdır. Bu lavların masif koyu gri rengi, fenokristalleri ve bol çatlaklı yapısı ayırt edici özelliğidir. Çok kırıklı oldukları için sığ sıcak suların bu kayaçlarda depolandığı olasıdır (Anonymous 1987).



Şekil 4.3 Dikili- Bergama yolu üzerinde Yuntdağı III' e ait kızılımsı andezitler

Dikili biyotit – hornblend andeziti; Kaynarca çevresinde yaygın olarak bulunurlar. Masif ve kızılımsı, koyu gri renkte hornblend – biyotit andezitlerden oluşurlar (Şekil 4.3).

Çam Tepe Dasiti; Dikili biyotit – hornblend andezitlerini üzerler. Lavlar iri taneli biyotit ve plajiyoklaz fenokristallerince zengin dasitlerden ibarettir (Anonymous 1987).

Çam Tepe Riyoliti; Bu lavlar Çam Tepe dasit ve Dikili biyotit – hornblend andezitlerini üzerler. Açık gri, masif riyolit ve az ince taneli kuvars ve biyotit fenokristallerinden ibarettir, bol çatlaklıdır (Şekil 4.4) (Anonymous 1987).



Şekil 4.4 Yuntdağı III seviyelerine ait altere andezitler (Yer: Ovacık mevkii)

Koca Tepe Biyotit – Hornblend Andeziti; Dikili lavlarına benzer biyotit – hornblend andezitten oluşmuştur. Fakat bu lavlardaki fenokristaller Dikili lavlarının fenokristallerinden daha iridir (Şekil 4.5) (Anonymous 1987).

Sulu Kaya Biyotit – Hornblend Andeziti; Bu lavlar, Dikili lavlarını doğrudan üzerler. Kocatepe lavlarına benzer oluşmuş, volkanizmanın en genç periyodunda çıkmıştır (Anonymous 1987).



Şekil 4.5 Dikili – Bergama yolu üzerinde Yuntdağı III volkaniklerine ait gri renkli andezitler

4.1.8 Dededağ Bazaltları (Qd)

Dikili-Bergama jeotermal alanında en son volkanik ürün Dededağ Bazlatları olup, en genç birim alüvyonlardır (Şekil 4.2).

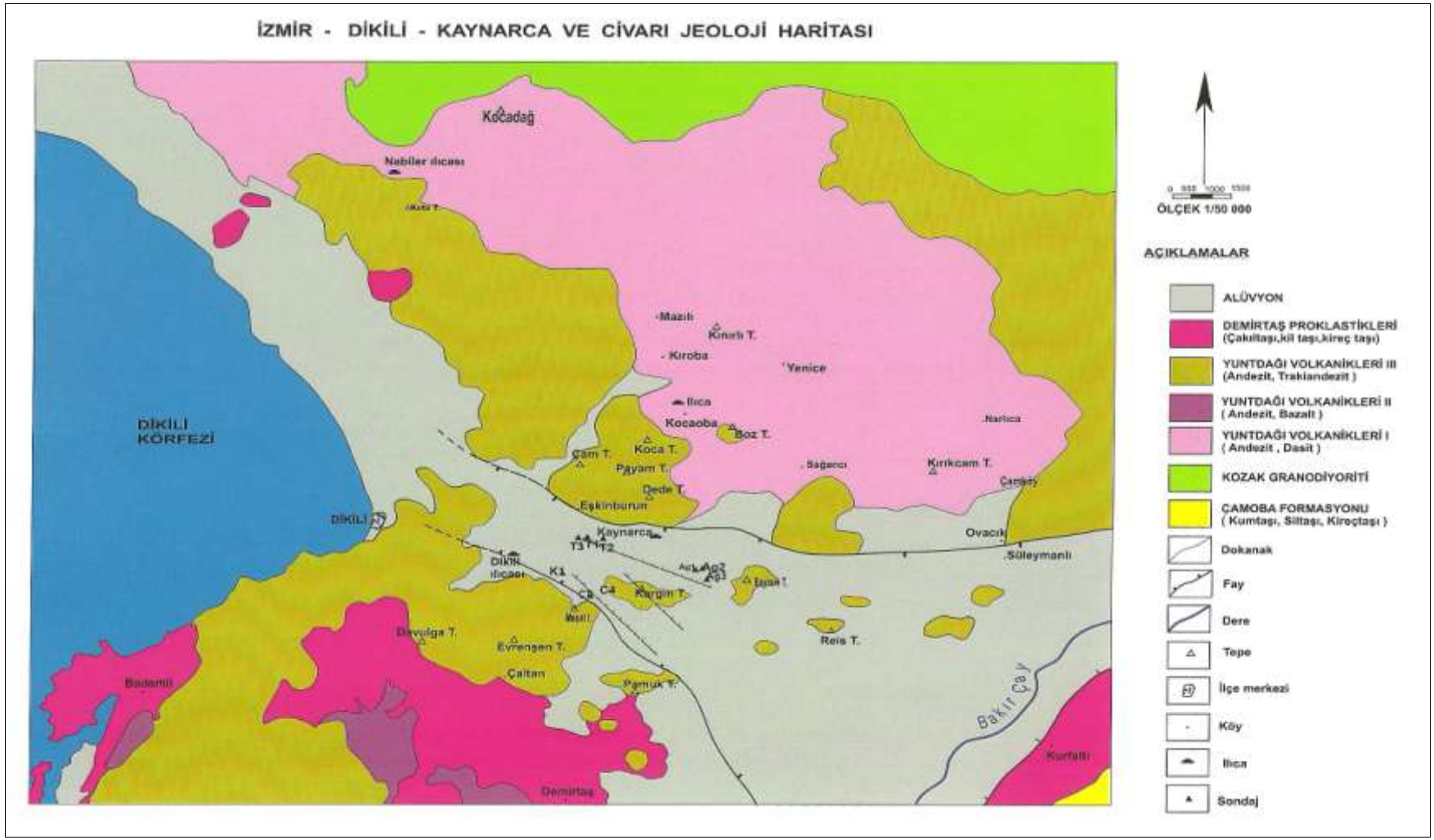
Bu bölgede en genç volkanik aktivite, üst Manto ile ilişkili olarak meydana gelen, piroksen andezit olarak adlandırılan Dededağ bazaltlarıdır (Şekil 4.2). Çalışma alanı yakın civarında gözlenmez.

4.1.9 Alüvyon (Qaly)

Çalışma alanında Dikili-Kaynarca, Bergama arasındaki geniş düzlüklerde genellikle volkanik kayaların aşınmasından oluşan, kalınlıkları bulundukları yere göre değişen alüvyonlar yer almaktadır (Şekil 4.2 ve Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Dikili – Bergama arasındaki geniş alüvyon düzlük

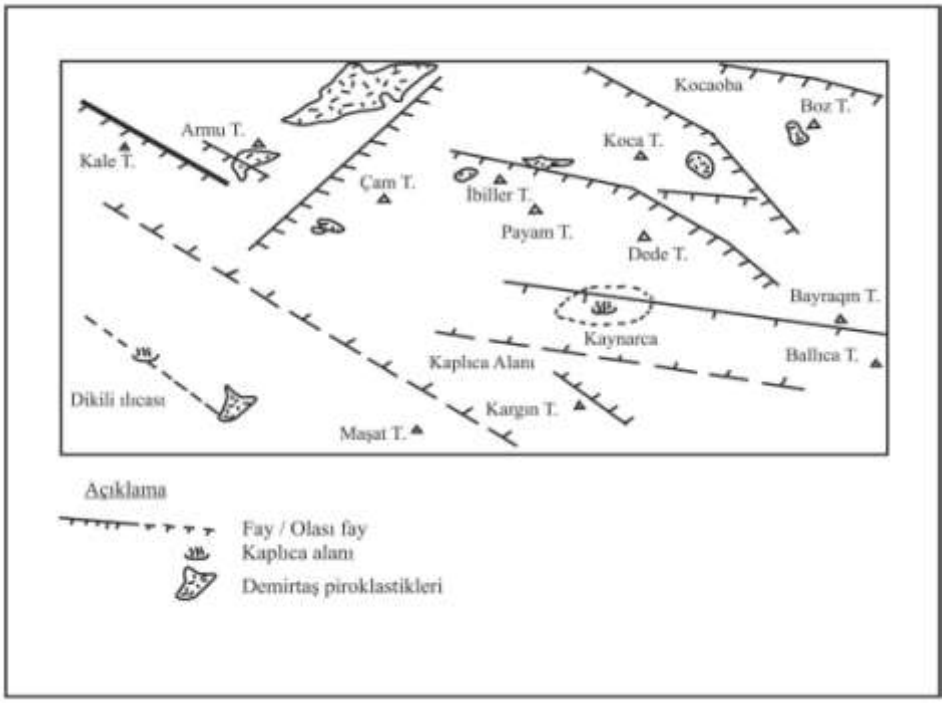


Şekil 4.7 İzmir Dikili Kaynarca Civarının Jeoloji Haritası (Manav 2005 ve Anonymous 1987'den değiştirilerek alınmıştır)

4.2 Yapısal Jeoloji

Batı Anadolu'da Miyosen-Pliyosen'de meydana gelen sıkışmayı K-G yönlü genişleme takip etmiştir. Bu tektonik hareketlerin sonucunda Dikili-Bergama grabeni oluşmuştur. Dikili-Bergama grabeninde çok sayıda jeotermal alan geniş alanlarda yayılmıştır. Bölgedeki en yüksek sıcaklığa sahip Kaynarca sahası da bunlardan biridir (JICA, 1987).

JICA, 1987 yılında Dikili-Bergama jeotermal alanında yapmış olduğu çalışmalardan; Kaynarca sahasının kuzeyinde BKB-DGD doğrultulu, GB' ya eğimli ve güneyinde aynı doğrultuda, KD' ya eğimli faylar tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Bu faylar, KB-GD doğrultulu depresyon zonundan Kaynarca'nın batısına ve BKB-DGD doğrultulu depresyon zonundan Kaynarca' nın doğusuna kadar görülür (Şekil 4.7).



Şekil 4.8 Dikili-Kaynarca jeotermal alanı ve civarının tektonik haritası (Anonymous 1987' den değiştirilerek alınmıştır)

5. HİDROJEOLOJİ

Bakırçay Havzası'nın kuzey kesimlerinde yer alan, Dikili-Bergama jeotermal alanları, Türkiye'nin en önemli jeotermal alanlarından birisidir. Bu jeotermal alan içerisinde kalan Kaynarca jeotermal alanı bölgedeki en yüksek sıcaklığa sahiptir. Önceki araştırmalarda 96 °C sıcaklık ve 200 lt/s debide olduğu belirtilen kaynakların bir kısmı, sahada gelişigüzel şekilde açılan sondajlarla kurumuştur. Bu çalışma sırasında sıcaklıkları 80 °C'ye varan kaynaklar ölçülmüştür. Debileri ölçülemeyen kaynaklar kanaletlerle Bakırçay Nehri'ne akıtılmaktadır.

Kaynarca alanında, Yuntdağ Volkanikleri olarak adlandırılan Neojen yaşlı andezit, dasit ve riyolit bileşenli volkanik kayaçlar çok geniş ve kalın bir yayılım sunar (Şekil 4.5). Bu volkaniklerden Yuntdağ Volkanikleri-I aynı zamanda sıcak suların büyük bir çoğunluğunun alındığı seviyelerdir. Bu alanda örtü kaya özelliğinde kaya birimi yoktur. Ancak bu volkanikler içinde oluşan ayrışma killeri yer yer ikincil örtü kaya özelliği gösterebilirler.

Kaynarca jeotermal alanında, jeotermal aktivitenin oluşmasında ısı kaynağının Yuntdağ Volkanikleri-III andezit, dasit ve riyolitlerinin olduğu düşünülmektedir. Yuntdağ Volkanikleri-III'ün (Tyu-III) tektonik hatlar üzerinde dizilmiş lav domları şeklinde olduğu ve daha yaşlı Yuntdağ Volkanikleri-I hornblend andezitleri (Tyu-I)'in üzerine aktıkları görülmektedir. Bu evredeki genç volkanik aktivite derinlerde henüz sıcaklıklarını kaybetmemiş ancak katılaşmış magma odalarına sahiptir. Derinlere süzülen meteorik sular sıcak magma odaları tarafından ısıtılarak jeotermal aktivitenin meydana gelmesine sebep olmuştur. Son volkanizma sonrası bölgede meydana gelen büyük tektonizma sonucunda faylar ve grabenler oluşmuştur. Tektonizmanın etkisiyle kayaçlarda ikincil geçirgenlik gelişmiştir. Derinlere inerek ısınan meteorik sular fay ve kırıklar boyunca yukarı doğru hareket ederek sıcak su hazne kayalarını meydana getirmişler ve Yuntdağ Volkanikleri-I andezitlerini (Tyu-I)'i hidrotermal alterasyona uğratmışlardır (Peker ve Güdücü 2005).

6. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, YDA Tarım Gıda Sanayi ve Ticaret AŞ.'nin İzmir ili Dikili ilçesi Kaynarca mevkiinde bulunan ruhsat alanında yapılan ön değerlendirme, jeofizik - sismik çalışmalar ve açılmış olan C7 kuyusuna ait kuyu ilerleme ve bitirme çalışmalarından, kuyu tamamlama testleri Sıcaklık Logu, Su Kaybı Profili, Enjektivite Testi çalışmalarından faydalanılmıştır. Bölgede daha önce özel firmalar tarafından yapılan sondaj çalışmalarına ait raporlar incelenmiştir. Tez gerekçesinde sunulan; MTA tarafından açılmış olan K1,T1,T2 ve T3 kuyularından, T2 ve T3 sondaj kuyuları için gerekli izinlerin alınamamasından dolayı sadece K1 ve T1 kuyularına ait (Şekil 6.1), üzerinde çalışılan kuyu raporları ve karot örnekleri çalışmanın materyalini oluşturmuştur. Karot numuneleri üzerinden T1 kuyusundan 1 adet, K1 kuyusundan 7 adet ince kesit yapılarak minerolojik-petrografik değerlendirmeler yapılmıştır.



Şekil 6.1 T1 (solda) ve K1 (sağda) kuyularına ait karot örnekleri (MTA Karot Bilgi Bankası'ndan alınmıştır)

Ayrıca MTA tarafından T1 kuyusu için alınan Termik logundan, K1 kuysu için de Sıcaklık, Elektrik, Yoğunluk (Density), Gamma Ray ve Nötron logları incelenmiştir.

Petrografik çalışmaların yapıldığı ince kesitler TPAO Araştırma Merkezinde yaptırılmıştır. Petrografik çalışmalar, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi jeoloji Mühendisliği bölümünün Petrografi Laboratuvarında Leitz marka mikroskoplarda ve gerekli resimler ise bu mikroskoplara bağlı Leitz marka fotoğraf makinesi ile çekilmiştir.

Nicel araştırmalar için TPAO Araştırma Merkezindeki imkânlar kullanılmıştır. Bu araştırmalar için gözeneklilik- geçirgenlik analizleri yapılmıştır (Şekil 6.2)



Şekil 6.2 Gözeneklilik (sağ taraftaki) ve geçirgenlik (sol taraftaki) analiz araçları

Gözeneklik ve geçirgenlik analizleri kuyulardan alınan karotlardan alınan tapalar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu analizler aşağıdaki işlemler yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin Teste Hazırlanması: Tapa örnekleri, öncelikle vakum altında ve alkol içerisinde bekletilerek içerisindeki artıklardan temizlenmiştir. Temizlenen örnekler sıcaklık kontrollü bir fırında 70 °C sıcaklıkta kurutulduktan sonra boyutları ve ağırlıkları ölçülerek teste hazır hale getirilmiştir.

Gözeneklilik ve Tane Yoğunluğu Ölçümü: Gözeneklilik değerleri, "Vinci Technologies He Porosimeter Production Series" marka helyum porozimetresi ve "Boyle Kanunu" yardımıyla ölçülmüş, bu ölçümlerden elde edilen veriler, örneklere ait tane yoğunluğu değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Hava Geçirgenliği Ölçümü: Ölçüm, "Vinci Technologies GasPerm Production Series" marka cihaz içerisindeki "Hassler" tipi karot hücresine yerleştirilen örnek içerisinden kuru hava geçirilerek "steady - state" koşullarda yapılmış ve "Darcy Kanunu" yardımıyla hesaplanmış, ölçülen hava geçirgenliği (K_{hava}) değerleri, Klinkenberg düzeltimi ile eşdeğer sıvı geçirgenliği (Kı) değerlerine dönüştürülmüştür.

Bu tez çalışmasının sahibi olan Jeoloji Mühendisi Düzgün ESİNA tarafından, sondaj uygulaması da yürütülen, YDA TARIM AŞ.'ne ait Dikili – Bergama arası olan jeotermal ruhsat alanında, ERA Energy Ltd. Şti. tarafından Schlumberger sistemi ile 31 adet değişik noktada Jeofizik Düşey Elektrik Sondaj ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümlere ait düşey elektrik sondaj verileri ve elektrik özdirenç verileri bu tez çalışmasında yorumlanmıştır.

Çalışmalar, jeofizik DES yöntemi olan Schlumberger elektrot dizilimi ile yapılmıştır (Şekil 7.1). Kullanılan cihaz, 6 Amper, 5.5 Kw gücünde doğru akım çıkışlıdır. 31 noktada DES ölçüsü alınmıştır. Ölçü nokta aralıklarındaki mesafeler jeolojik yapının durumuna göre değişmektedir. Araştırma derinliği de, topografyanın durumuna ve hedeflenen araştırmaya bağlı olarak değişmektedir (Anonim 2012).

7. DİKİLİ- KAYNARCA JEOFİZİK ÇALIŞMALARI

7.1 Özdirenç-Düşey Elektrik Sondajı (DES) Verileri ve Değerlendirilmesi

ERA Energy şirketi tarafından YDA Tarım, Gıda ve San. AŞ adına Dikili – Kaynarca bölgesindeki jeotermal ruhsat alanında 2012 yılında jeofizik çalışmalar yapılmıştır (Şekil 7.1-7.2). Bu çalışmalar jeofizik mühendisleri Remzi BİLGİN ve Abdullah YILMAZ tarafından yürütülmüştür. Sahada elde edilen jeofizik verilerin kullanılması ile alakalı izinler YDA Tarım AŞ' den alınmıştır. DES' lerden elde edilen veriler MTA Jeotermal Dairesi Başkanlığı'nda çalışan Jeoloji Mühendisi Düzgün ÇAM ile değerlendirilmiştir ve verilere ait kesitler ve profiller aşağıda yorumlanmıştır.

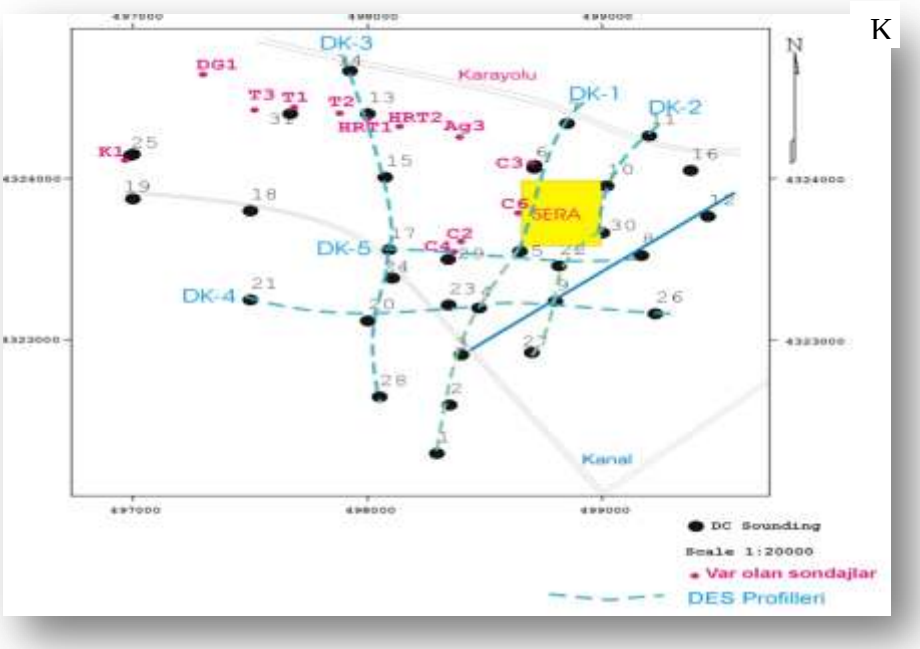


Şekil 7.1 DES ölçümü arazi uygulamasına ait saha fotoğrafı (Yer: C7 kuyusu çevresi)

Jeofizik (jeoelektrik) arazi uygulamaları kapsamında özdirenç-düşey elektrik sondaj (DES) ölçümleri, Schlumberger elektrot dizilim yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Potansiyel fonksiyonunun gradient (eğim) değerinin ölçüldüğü bu sistemde, hem istenen etkin penetrasyon derinliği sağlanmakta hem de jeotermal aktivitenin elektrik parametrelere yaptığı etkiler daha iyi saptanabilmektedir. Bu amaçla belirli profiller

boyunca DES ölçüleri alınmıştır (Şekil 7.2). Beş adet profilden oluşan bu hatlar aşağıda açıklanacaktır.

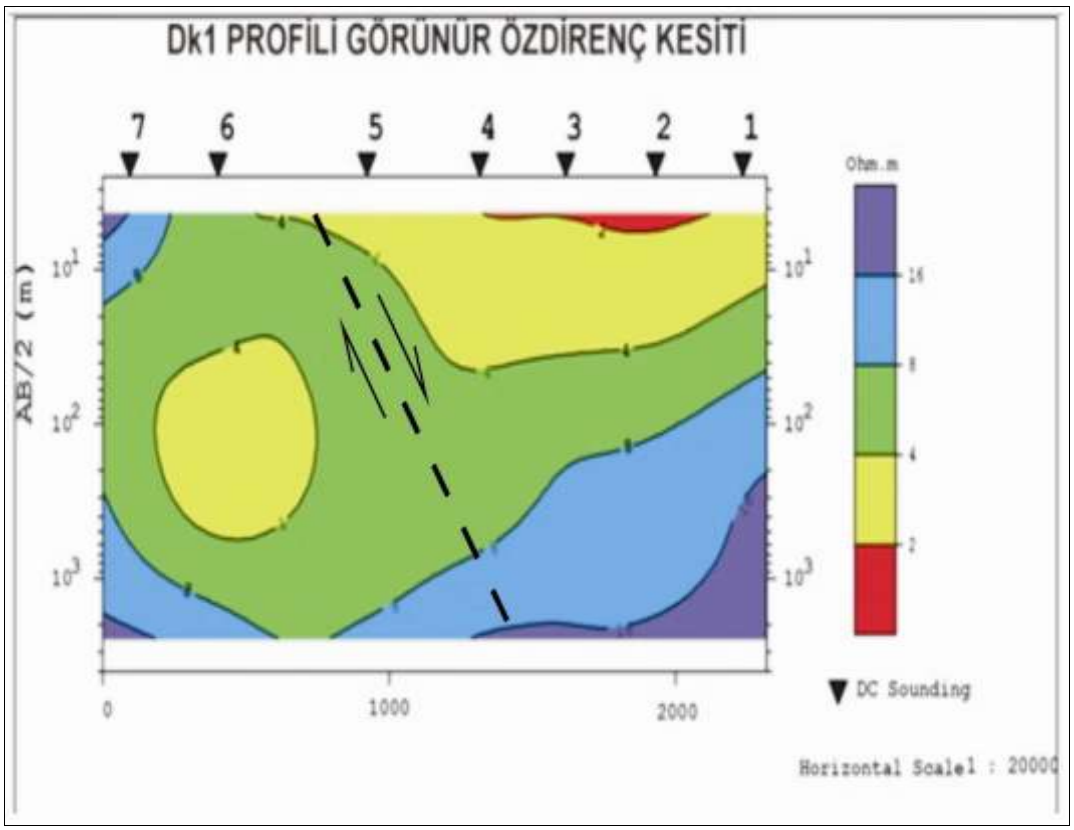
Düşey elektrik sondaj (DES) verilerinden elde edilen özdirenç değerlerinin litoloji, tektonik ve jeotermal akışkan dolaşımına bağlı alterasyonlarla ilişkisi, örtü kalınlığı, örtü altındaki temelin morfolojik yapısı ve jeotermal sistemin özellikleri açıklanmaya çalışılmıştır. Örtü işlevi gören Neojen birimler düşük özdirenç değerleriyle karakterizeyken, temel oluşturan kaya birimleri yüksek özdirenç değerleri üretirler. Bu farklılık jeolojik birimlerin birbirinden ayırt edilmesini sağlar. DES verilerinden üretilen eş özdirenç ve jeoelektrik yapı kesitlerinin değerlendirilmesiyle örtü birimler ile temel birimler ayrılmıştır. Ayrıca çalışma alanında tektonik yapı (faylar, alçalan ve yükselen bloklar gibi) ile örtü birimlerin kalınlığı ve taban topografyası belirlenmiştir.



Şekil 7.2 Çalışma alanı DES noktalarını ve kesit profilini gösteren lokasyon haritası (Anonim 2012)

7.1.1 DK-1 Profili

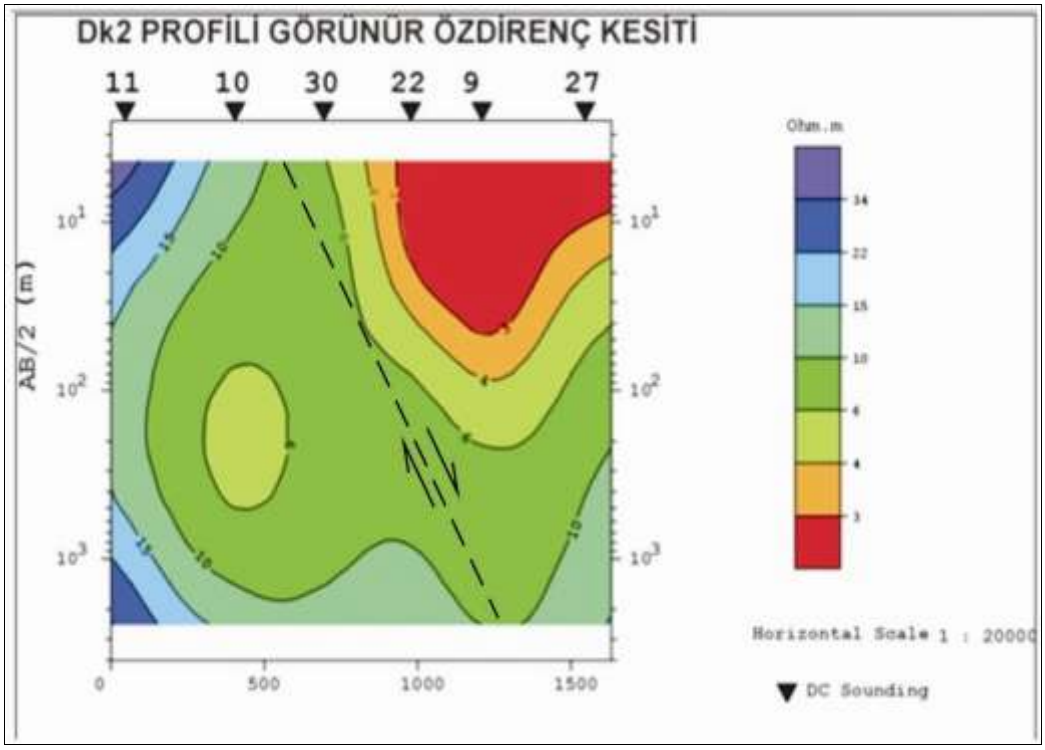
Çalışma sahasının ortasında yaklaşık kuzey-güney yönlü bir doğrultuya sahip olan DK-1 profili 7 adet DES noktasından oluşmaktadır. DK-1 profili incelendiğinde 6 numaralı DES noktası itibariyle bir düşük özdirenç kapanımının olduğu görülmektedir. Bu düşük özdirenç anomalisinin eğim atım karakterli bir fay süreksizliğinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Şekil 7.3).



Şekil 7.3 Dk-1 Profili görünür özdirenç kesiti (Anonim 2012'den değiştirilerek alınmıştır)

7.1.2 DK-2 Profili

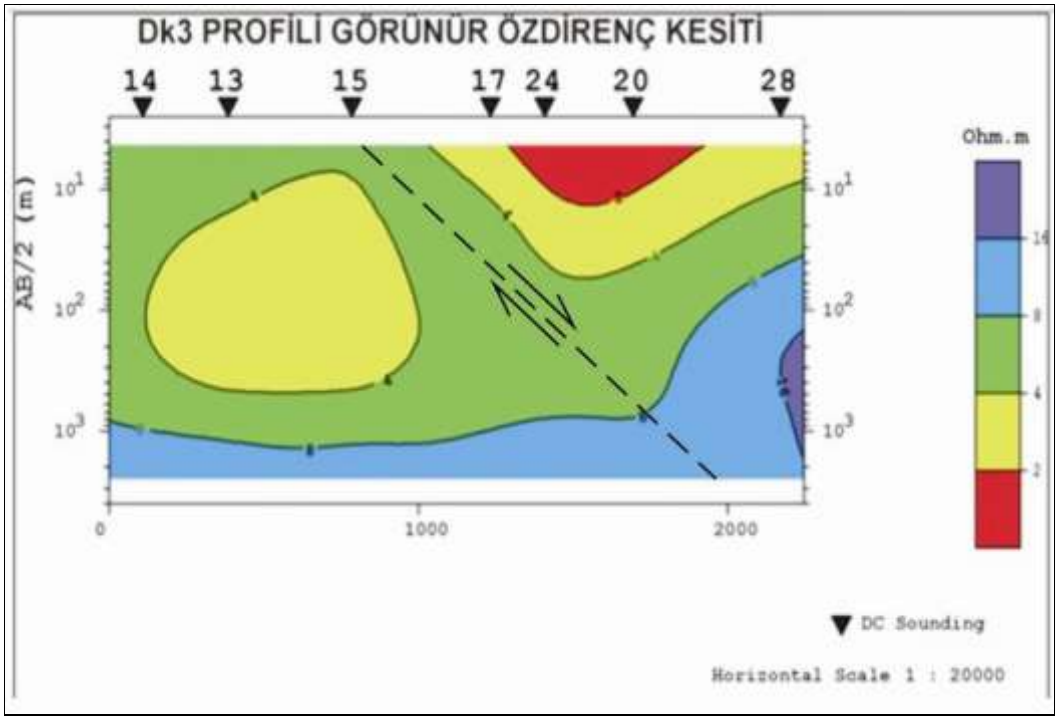
Yaklaşık kuzey-güney doğrultulu olan ve 6 adet DES noktasından oluşan DK-2 profili Şekil 7.2' de görülmektedir. Şekil 7.4'de görülen DK-2 görünür özdirenç kesiti incelendiğinde 30 numaralı DES noktasından itibaren daha düşük rezistiviteli bir zonun başladığı görülmektedir. Bu düşük özdirenç anamolisinin tektonik süreksizlikle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Profilin K – G olduğu ele alındığında fay süreksizliğinin muhtemel doğrultusu yaklaşık olarak doğu – batı olarak görülmektedir. Ayrıca, bu düşük özdirenç anamolisinin fayı'ın tali kollarından kaynaklı bir yapı sunduğu ele alınabilir.



Şekil 7.4 Dk-2 Profili görünür özdirenç kesiti (Anonim 2012'den değiştirilerek alınmıştır)

7.1.3 DK-3 Profili

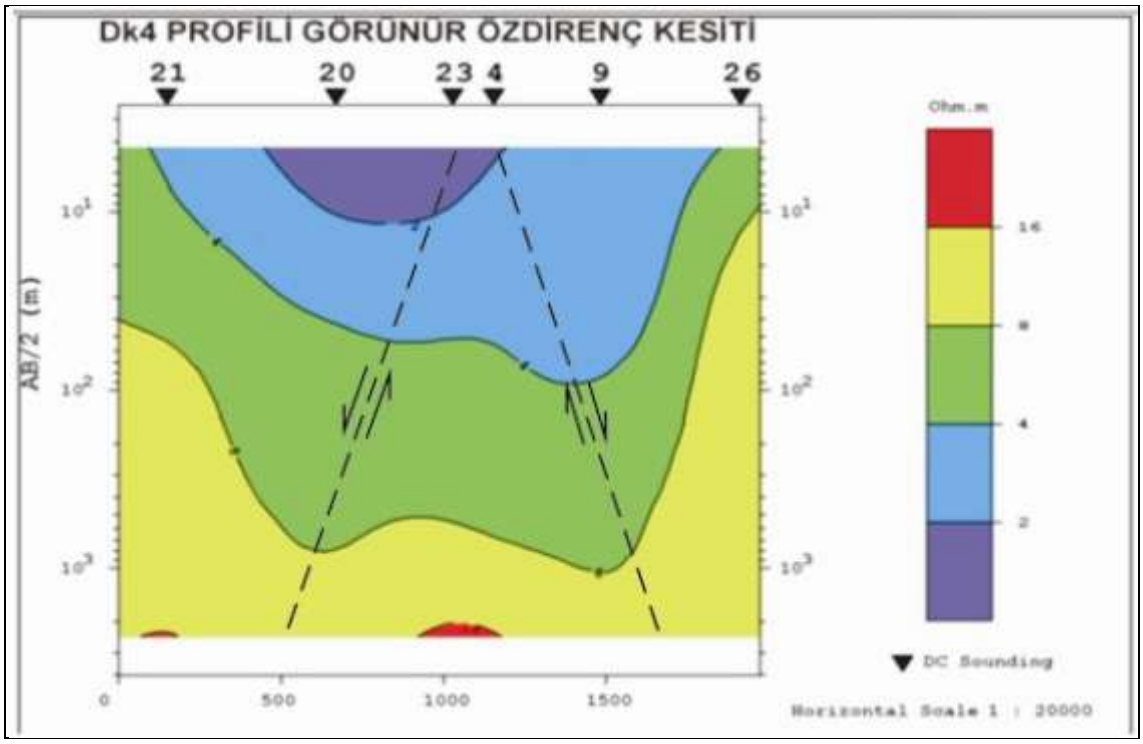
Yaklaşık olarak K - G yönlü bu profilde yedi noktada DES ölçüsü alınmıştır. DK- 3 görünür özdirenç kesitinde 15 numaralı DES noktasından itibaren belirgin bir özdirenç farklılaşması gözlenmektedir (Şekil 7.5). Bu özdirenç anamolisi yaklaşık olarak D – B doğrultulu, muhtemelen eğim atım bileşeni baskın bir fay süreksizliği tarafından kontrol edilmektedir.



Şekil 7.5 Dk-3 Profili görünür özdirenç kesiti (Anonim 2012'den değiştirilerek alınmıştır)

7.1.4 DK-4 Profili

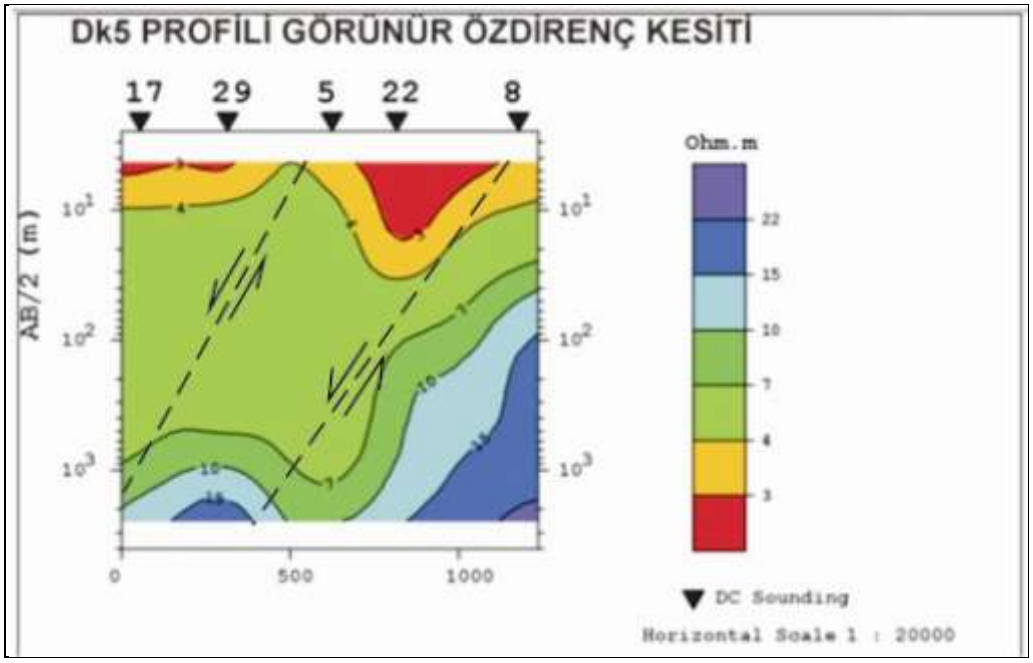
D-B yönlü bu profilde 6 adet DES ölçüsü vardır (Şekil 7.6). DK-4 özdirenç kesiti imcelendiğinde profilin hem batı hem de doğu yönünde özdirenç anomalileri yaratan 2 farklı tektonik süreksizlik göze çarpmaktadır. Bu tektonik süreksizliklerin olasılıkla eğim atım karakteri baskın faylar olduğu düşünülmektedir.



Şekil 7.6 Dk-4 Profili görünür özdirenç kesiti (Anonim 2012'den değiştirilerek alınmıştır)

7.1.5 DK-5 Profili

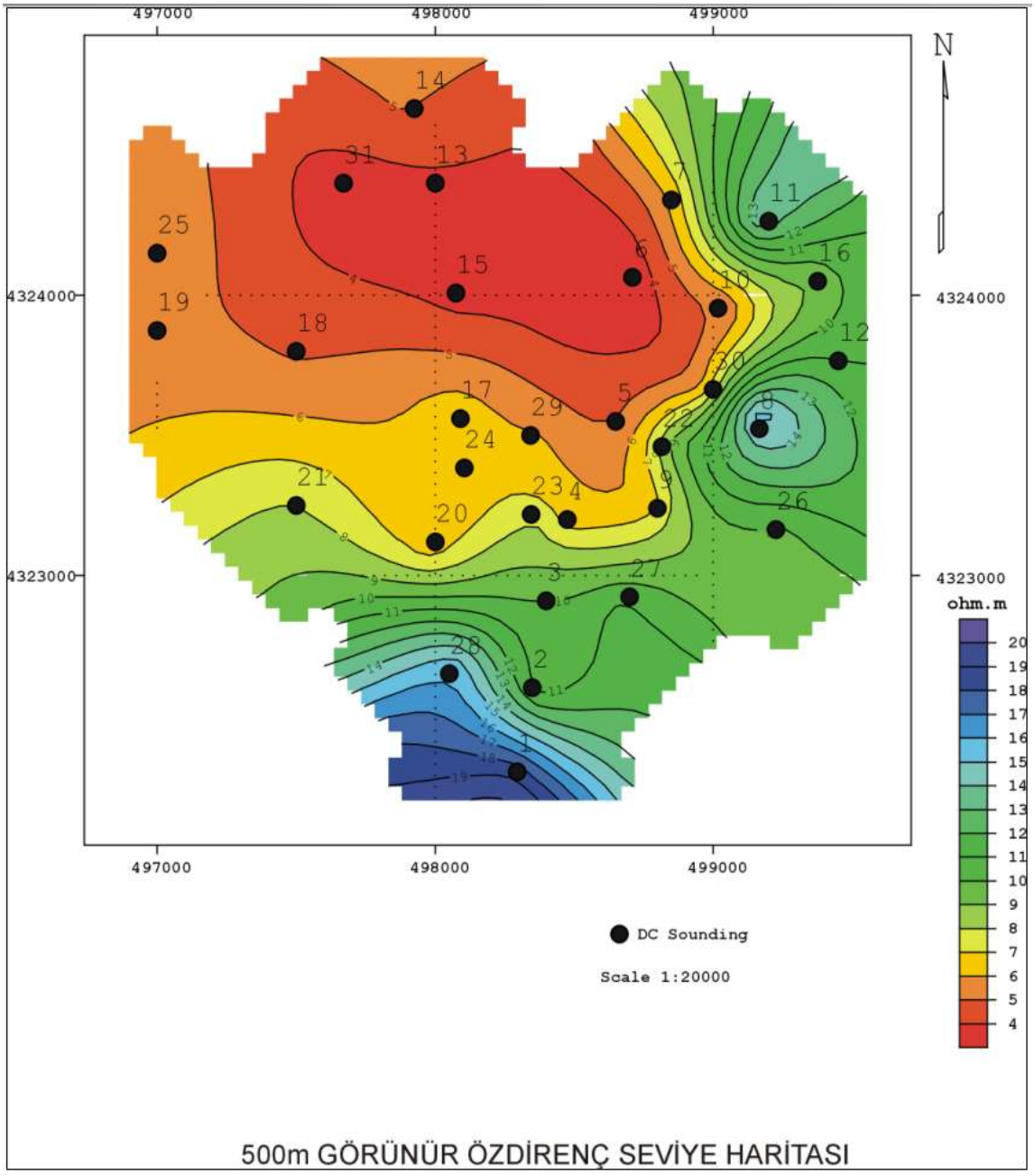
Çalışma sahasını ortasından, D-B doğrultulu profil beş adet DES ölçüsünden oluşmaktadır (Şekil 7.2). DK-5 profili incelendiğinde 8 numaralı DES noktasından itibaren başlayan ve doğuya doğru devam eden özdirenç kırılmaları görülmektedir (Şekil 7.7). Bu durum olasılıkla yaklaşık olarak K-G doğrultulu ve batıya eğimli faylar tarafından şekillendirilmektedir.



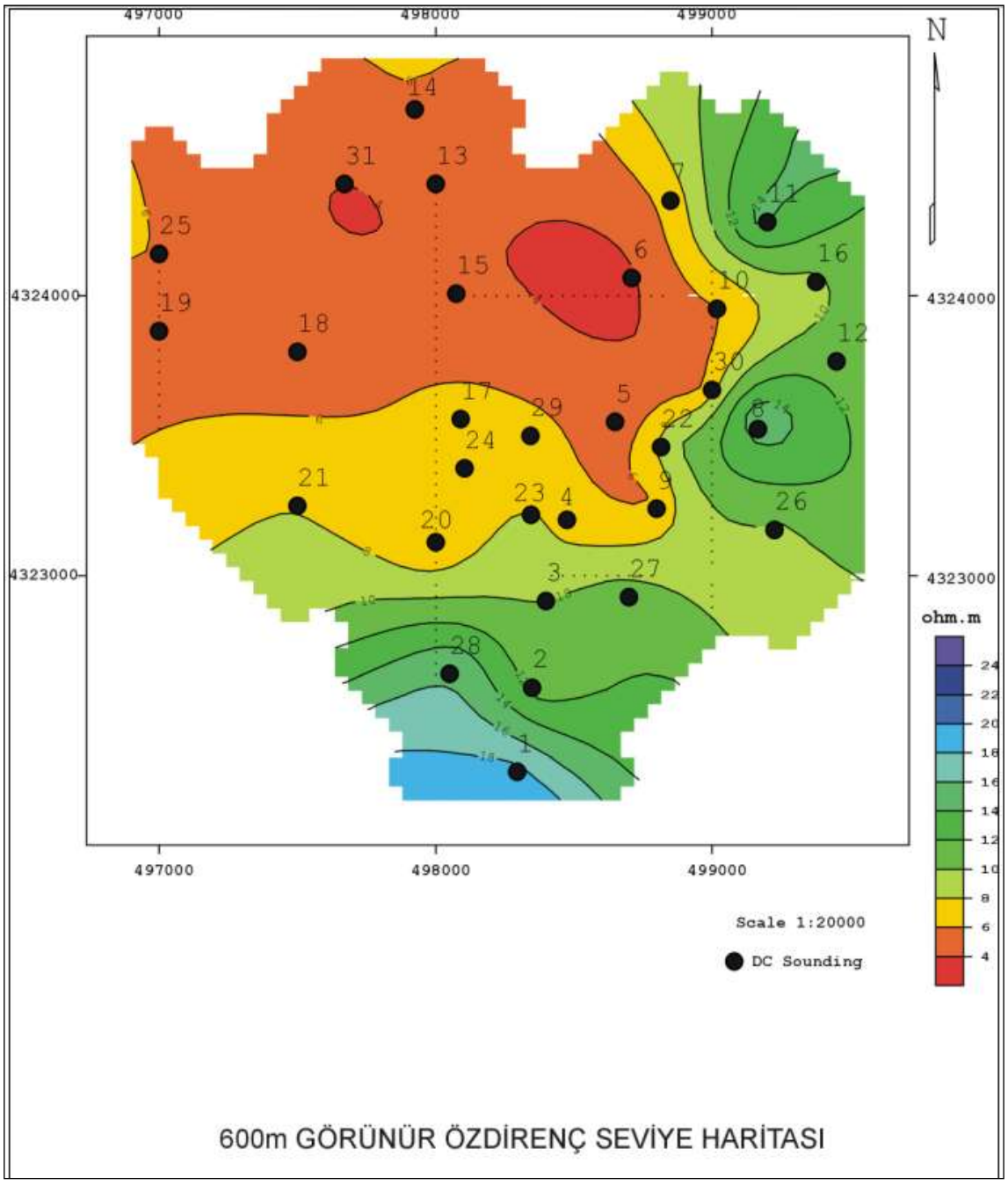
Şekil 7.7 Dk-5 Profili görünür özdirenç kesiti (Anonim 2012'den değiştirilerek alınmıştır)

7.2 Özdirenç Seviye Haritaları

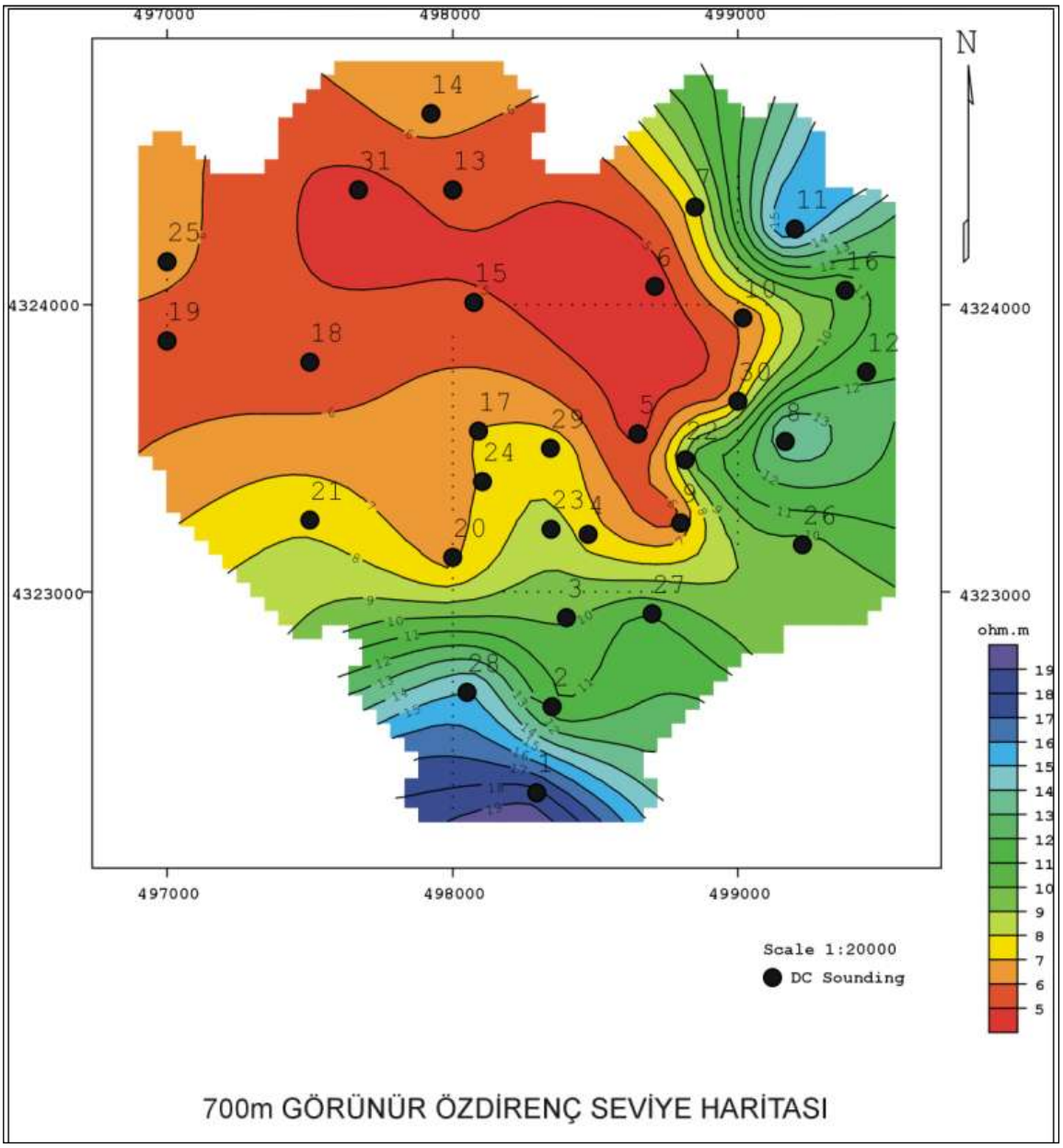
Özdirenç seviye haritaları, yanal yöndeki özdirenç dağılımına bağlı olarak yeraltındaki farklı jeolojik birim ve yapıların belli derinlikteki elektriksel özelliklerini ve yanal özdirenç değişimlerini yansıtmaktadır. Aşağıda verilen özdirenç seviye haritalarında görüldüğü gibi sahanın kuzey kısmı daha düşük özdirenç değerleriyle karakterizedir. Bu durum sahanın kuzeyinin jeotermal açıdan daha aktif olduğunu göstermektedir. Şekil 7.8'de verilen 500 m seviye haritasında 6,13,15,31 nolu DES noktalarını içerisine alan, 4 ohm.m den daha düşük özdirenç değerlerine sahip kontur kapanımı görülmektedir. 600 m seviye haritasında ise daralan bu anomali 6 ve 31 nolu DES noktaları çevresinde kapanım yapmaktadır(Şekil 7.9). 700 m seviye haritasında bu düşük özdirençli kapanım alanı 5,6,13,15,31 nolu DES noktalarını kapsayacak şekilde genişlemekte ancak özdirenç değeri artarak 5 ohm.m olmaktadır (Şekil 7.10). 800 m seviye haritasında ise 5 ohm.m özdirençli bu kapanım 5 ve 6 nolu DES noktaları civarında sınırlanmaktadır (Şekil 7.11). 900 m seviye haritasında artarak 6 ohm.m değerine ulaşan özdirenç kapanımları 5, 6 ve 31 nolu DES noktaları civarında gözlenmektedir(Şekil 7.12). 1000 m seviye haritasında ise 6 ohm.m lik kapanım değerleri 5 ve 6 nolu DES noktaları çevresinde sınırlanmaktadır (Şekil 7.13). Özdirenç kapanım değerleri 1250 m seviye haritasında 5 ve 6 nolu DES noktaları çevresinde 7 ohm.m değerine kadar, 1500 m seviye haritasında ise 9 ohm.m değerine kadar artarak etkisini kaybetmektedir(Şekil 7.14 - 7.15).



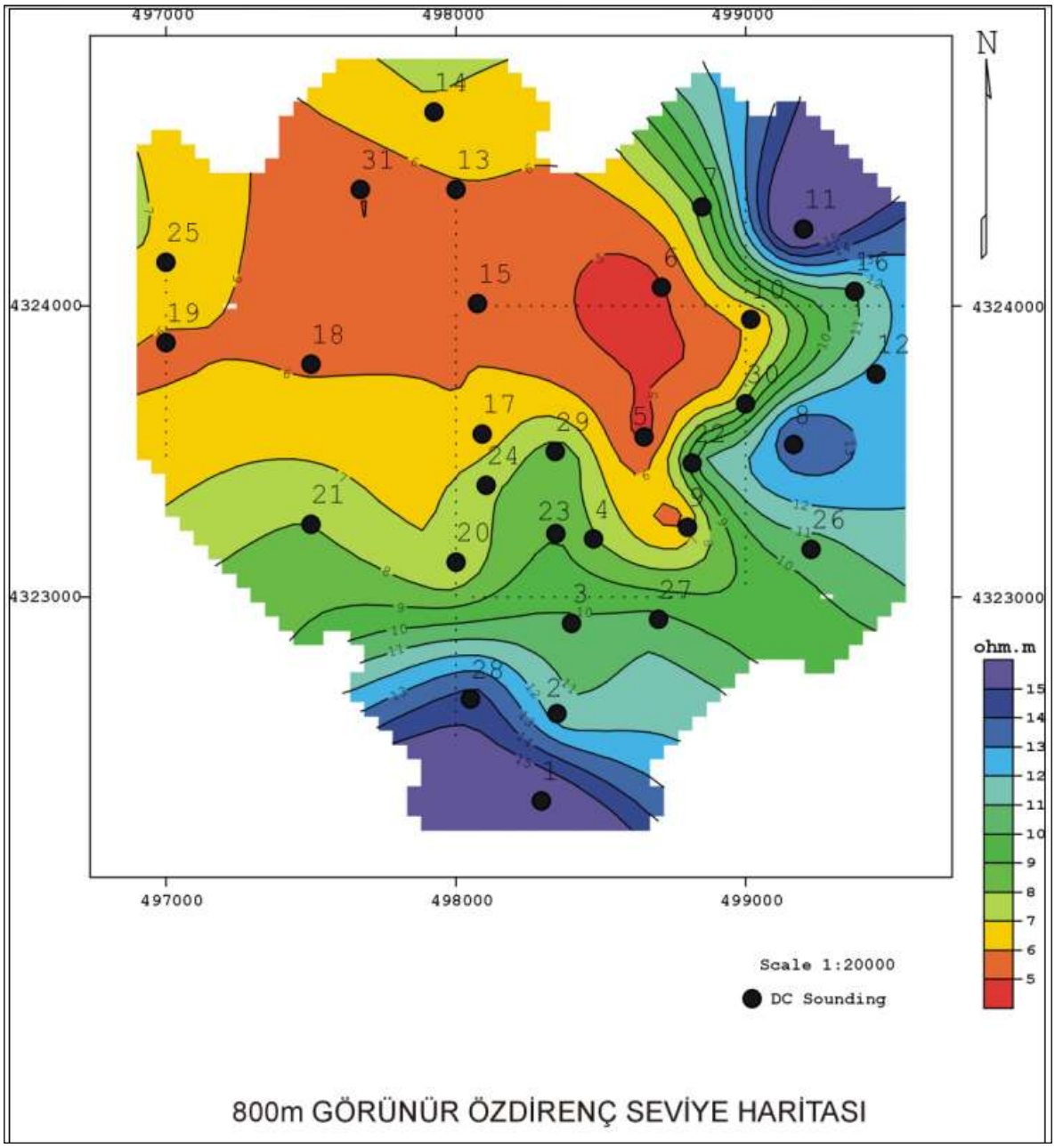
Şekil 7.8 500 Metre görünür özdirenç seviye haritası (Anonim 2012'den alınmıştır)



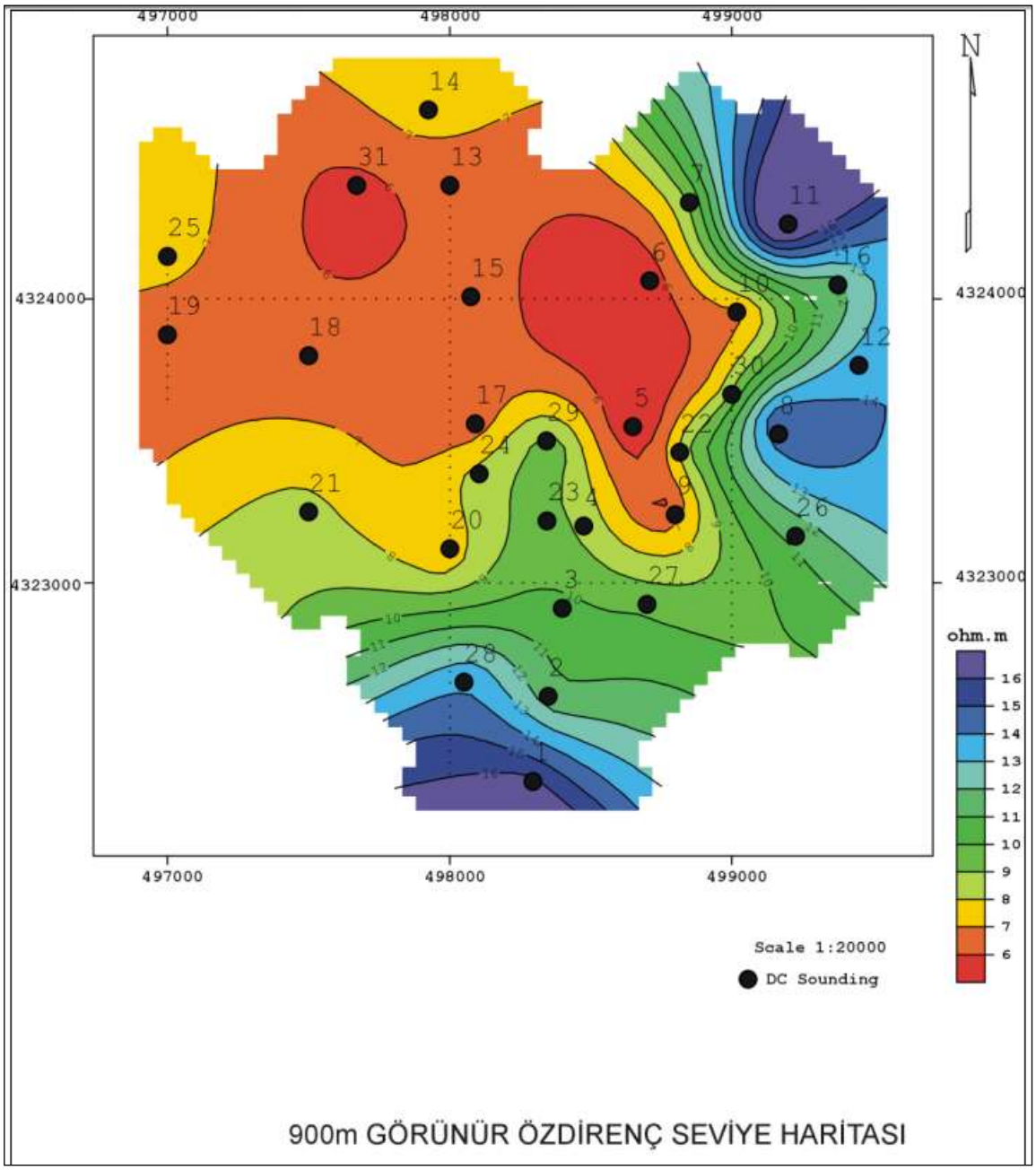
Şekil 7.9 600 Metre görünür özdirenç seviye haritası (Anonim 2012'den alınmıştır)



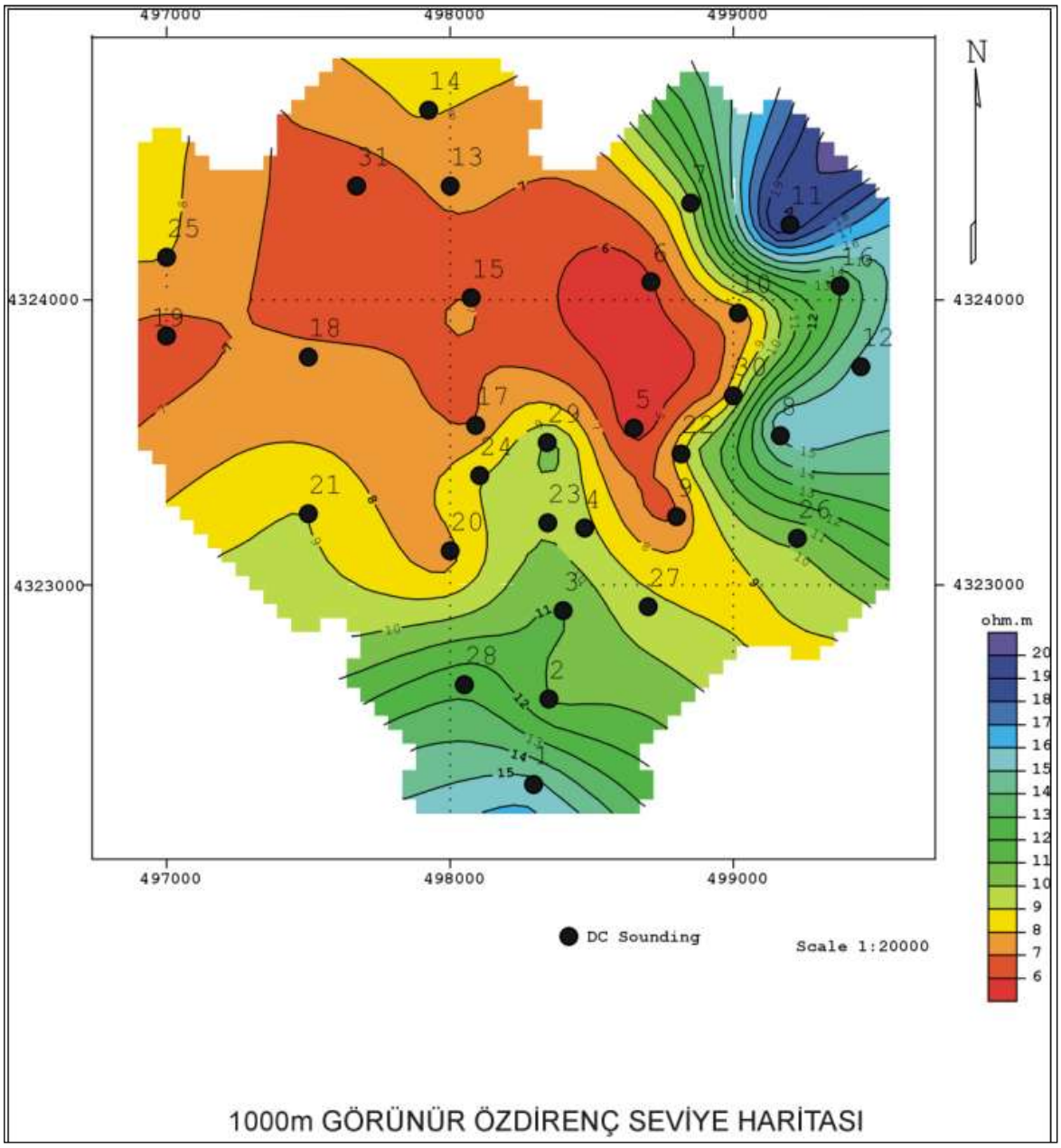
Şekil 7.10 700 Metre görünür özdirenç seviye haritası (Anonim 2012'den alınmıştır)



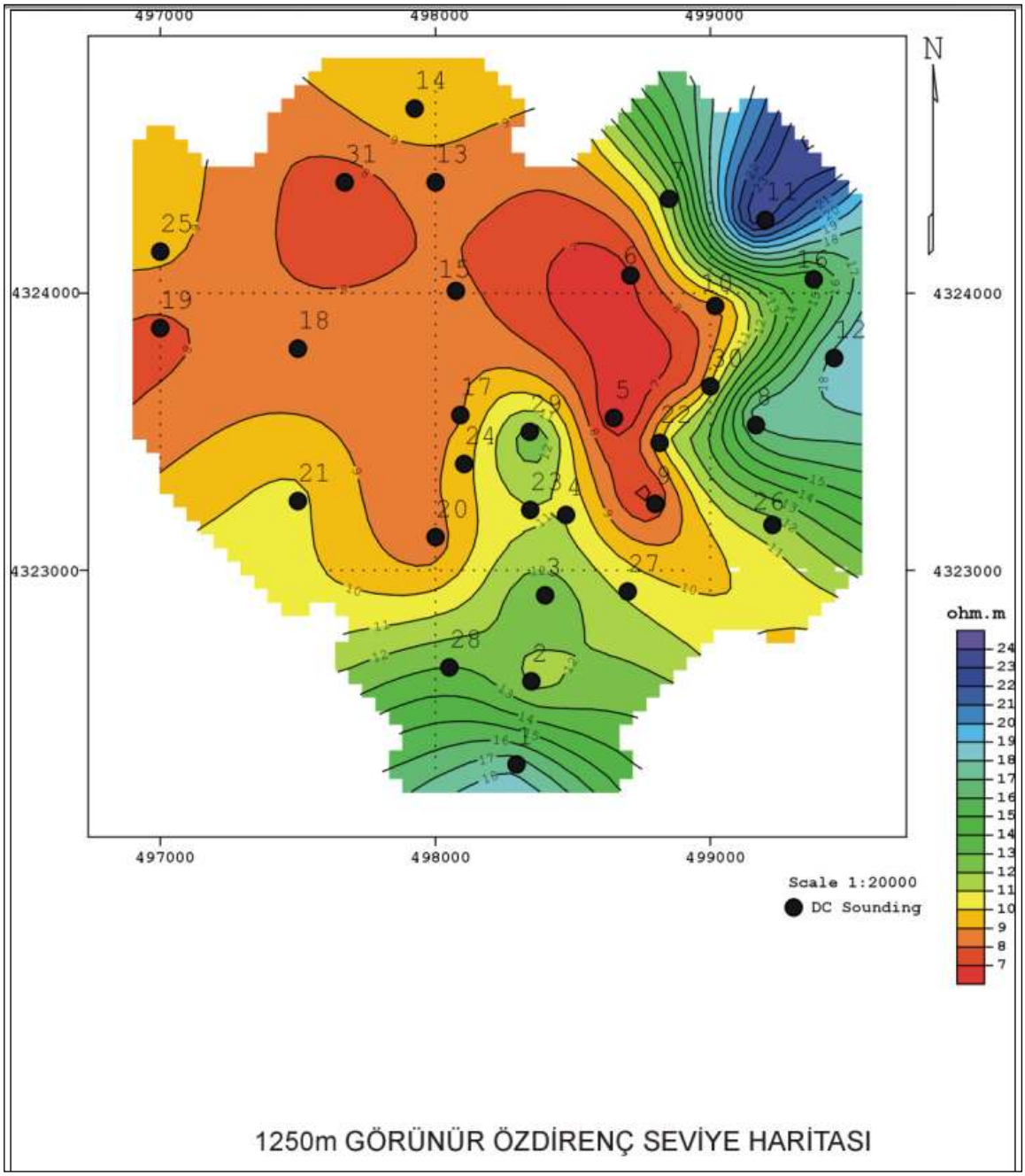
Şekil 7.11 800 Metre görünür özdirenç seviye haritası (Anonim 2012'den alınmıştır)



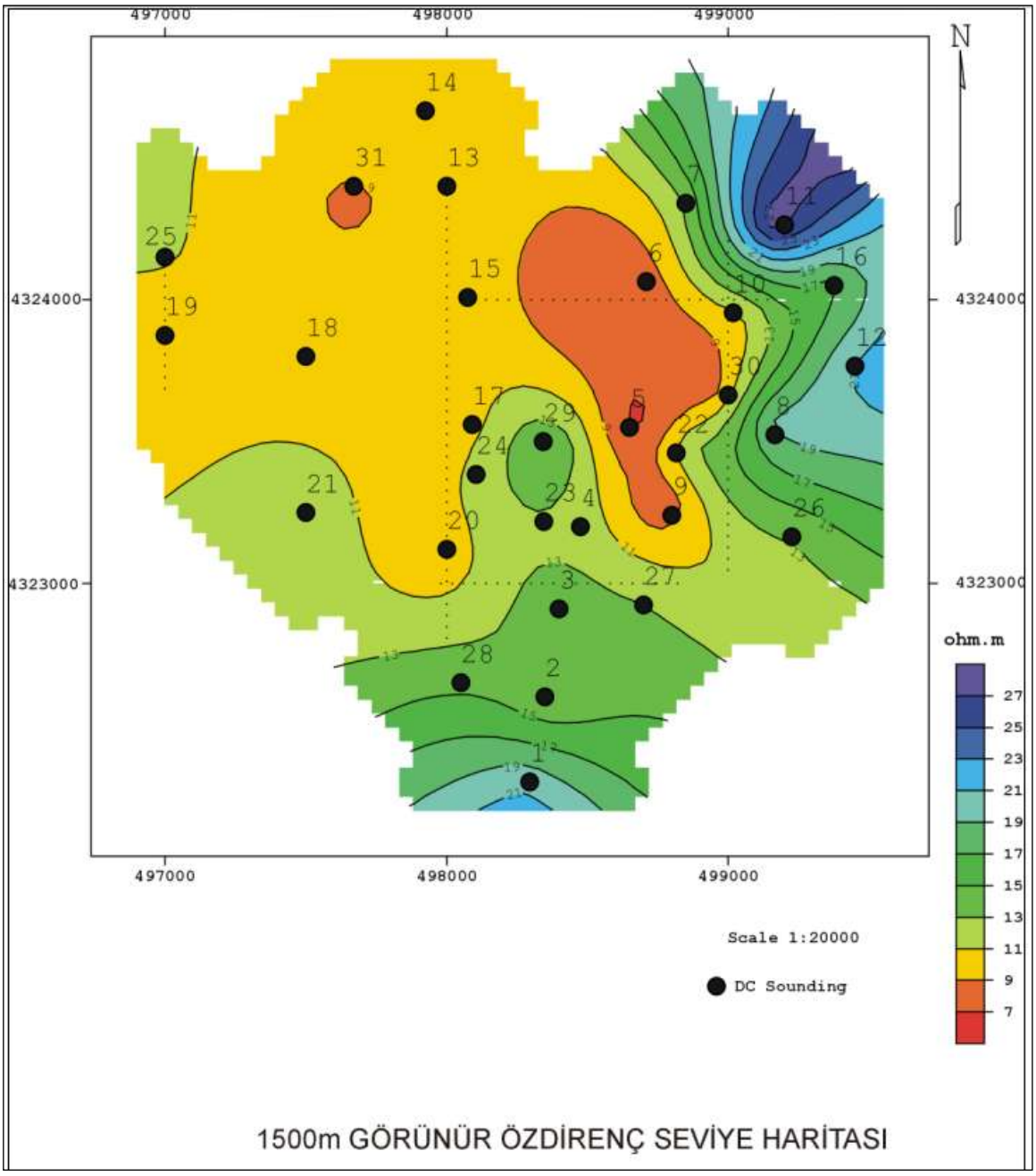
Şekil 7.12 900 Metre görünür özdirenç seviye haritası (Anonim 2012'den alınmıştır)



Şekil 7.13 1000 Metre görünür özdirenç seviye haritası (Anonim 2012'den alınmıştır)



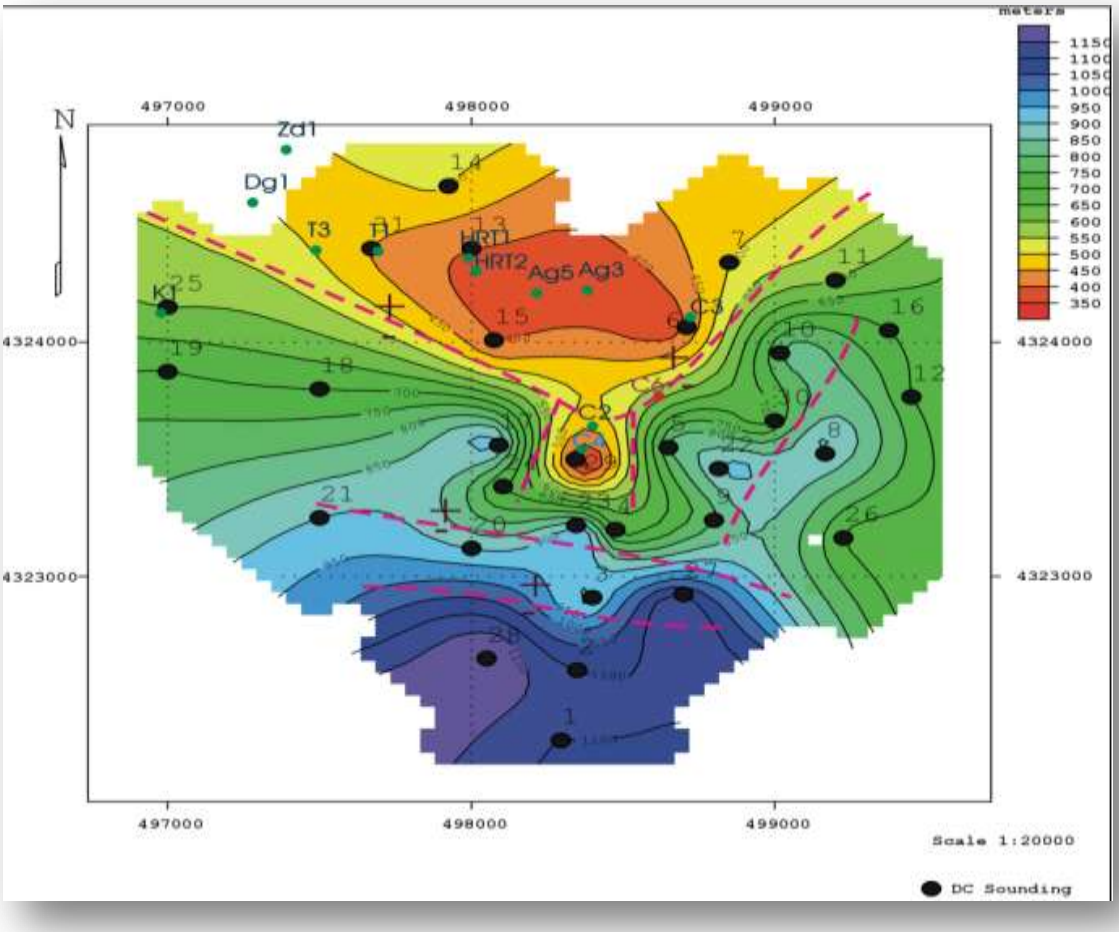
Şekil 7.14 1250 Metre görünür özdirenç seviye haritası (Anonim 2012'den alınmıştır)



Şekil 7.15 1500 Metre görünür özdirenç seviye haritası (Anonim 2012'den alınmıştır)

7.3 Jeoelektrik Temel ve Seviye Haritalarının Yorumu

Çalışma sahasında 31 noktada DES ölçüsü alınmıştır. Ölçülerden elde edilen verilerle oluşturulan jeoelektrik temel haritası şekil 7.16'da verilmiştir. Buna göre sahada örtü birimler yaklaşık 350 m ile 1200 m arasında kalınlık oluşturmaktadır. Sahanın güneyinden kuzeyine doğru örtü kalınlığı azalırken temel sığlaşmakta ya da yükselmektedir. Kuzeyden güneye doğru temelde gözlenen bu derinleşme basamak fay sistemi ile şekillenmiştir. Çalışma sahasının güneyinde örtü kalınlığı yaklaşık 1200 m'ye kadar ulaşmaktadır (Şekil 7.16).



Şekil 7.16 Jeoelektrik temel birimlere giriş derinlik haritası (Anonim 2012'den alınmıştır)

Genel olarak şekil 7.16 incelendiğinde, sahada kuzeyden güneye doğru gidildikçe düşük rezistiviteye sahip birimlerin kalınlığının arttığı görülmektedir.

Jeotermal amaçlı yapılan kuyular sahanın daha çok kuzeyinde yoğunlaşmış durumdadır (Şekil 7.16). Sahanın kuzeyinde düşük rezistiviteli birim kalınlığının daha az olması, sahanın bu kısmında düşük rezistiviteli jeotermal sistemi kontrol eden fayların orta-sığ derinlikte olduğunu göstermektedir.

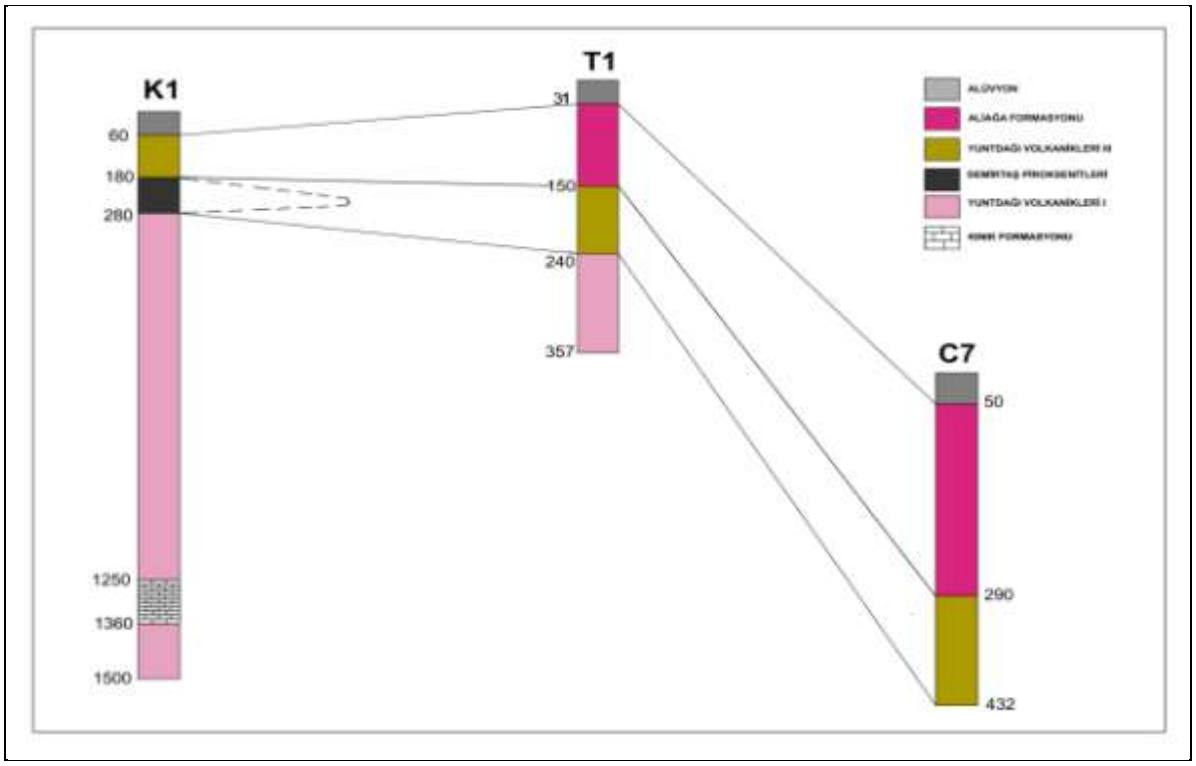
8. K1, T1, C7 SONDAJ KUYULARINA AİT ELDE EDİLEN VERİLER

İnceleme alanında açılan üç kuyuda (T1, K1 ve C7) sırasıyla 357 m, 432 m ve 1500 m kalınlık kesilmiştir (Şekil 8.1). İlk 30-60 m aralılarında Kuvaterner birimleri kesilmiştir (Şekil 8.2). Daha sonra T1 (150 m) ve C7 (290 m) kuyularında Aliağa Formasyonu kesilmiştir. C7 kuyusunda Aliağa Formasyonundan sonra Yuntdağı Volkanikleri III 432 m' ye kadar kesilmiş ve sıcak suya ulaşılmıştır. Bununla birlikte, Yuntdağı I birimine girilmeden kuyu bu seviyede bitirilmiş ve üretime açılmıştır (Esina 2012). T1 kuyusunda ise Aliağa Formasyonu'ndan sonra Yuntdağ III kesilmiş (100 m) ve kuyu Yuntdağ I seviyesi içerisinde tamamlanmıştır (Manav 2005).

Fakat K1 kuyusunda bu birim geçilmemiş olup Kuvaterner birimlerinden sonra Yuntdağı Volkanikleri III' e girilmiştir. 100 m bu birim kesildikten sonra, Demirtaş piroksenitleri kesilmiş (100 m) ve birim hâkim olarak Yuntdağı Volkanikleri I'de ilerlenerek tamamlanmıştır.



Şekil 8.1 K1, T1, C7 kuyularının koordinatlarına göre konumları



Şekil 8.2 Karşılaştırmalı kompozit kuyu loğları

Çizelge 8.1 C7 Kuyusuna ait litolojik değerlendirmeler (Esina 2012'den alınmıştır)

Derinlik (m)	Litoloji
0 – 50	Alüvyon, gri, yer yer siyah renkli kum, kil ve silt
50 – 82	Volkanik çakıl, koyu gri renkli, taneleri volkanik kaya, ara maddesi tüf piroklastik kayaç
82 – 128	Tüf-Aglomera, volkanik kökenli konglomera ve kayaç parçaları, kuvarsit ve andezit
128 – 290	Volkanik kil matriksli, aglomera - volkanik kökenli taneli çakıl Tüf-Aglomera, volkanik taneler ve ikincil oluşum olarak kuvarsit
290 – 306	Gri, yeşil yer yer beyazımsı – açık krem renkli andezit ve dasitten oluşur, pirit dolgulu biyotitli andezit (Yuntdağı III)
306 -402	Yuntdağı III andezitleri (çatlak ve oksidasyon yaygın)
402-408 408 – 432	Tam Kaçak zonu yakalandığından dolaşım olmaması nedeniyle numune alınamamıştır

Çizelge 8.2 T1 Kuyusuna ait litolojik değerlendirmeler (Manav 2005'ten alınmıştır)

Derinlik (m)	Litoloji
0 – 31	Alüvyon, gri, yer yer siyah renkli çakıl kum, kil ve siltten oluşmuştur. Taneleri silisleşmiş volkanik kaya kırıntıları (andezit traki-andezit) gibi malzemelerdir.
31 – 150	Koyu gri, yeşilimsi renkli, taneleri volkanik kaya (andezit, traki-andezit ve dasit), ara maddesi tüf olan piroklastik kayaç, tüf ve silisifiye volkanik camdan oluşan birim yaygın olarak kil arabantları içerir.Andezitler koyu gri renkli biyotit ve piroksen mineralleridir. Birim genel olarak kloritleşme ve silisleşme gösterir. Bol pirit dolgulu ve oldukça altere ve çatlaklıdır.
150 – 240	Gri, yeşil, kiremit kırmızımsı ve bordo renklerde andezit ve traki-andezitlerden meydana gelir. Alterasyon ve kloritleşme egemen olarak gözlenir (Yuntdağı III).
240 – 357	Gri, yeşil, yer yer beyazımsı renkli andezit ve dasitten oluşur. Açık renkli mineralleri plajiyoklaz ve kuvars, koyu renkli mineralleri biyotit ve amfiboldür. Pirit boldur (Yuntdağı I)

8.1 C7 Sondaj Kuyusu Sonuçları

Bu sondaj YDA Tarım Gıda San. ve Tic. AŞ., tarafından 2012 yılında (X: 4323520, Y: 498090) açılmıştır. GSE Energy Jeofizik Hizmetleri tarafından yapılmış olan C7 kuyusundan elde edilen sıcaklık ve kuyu tamamlama testleri hakkında bilgi verilecektir.

8.1.1 C7 kuyusu sıcaklık ölçümleri

C7 kuyusundan elde edilen sıcaklık ölçümleri çizelge 8.3'de verilmiştir. Kuvaterner ve Aliağa formasyonlarında ölçülen sıcaklık değerleri 30,5 – 45°C arasındadır. Buna karşılık Yuntdağı III formasyonu' na girildikten sonra 45,5°C derece ile başlayan sıcaklık değerleri 400 metreden itibaren 79°C derece sıcaklık değerlere ulaşılmıştır (Çizelge 8.4)

Çizelge 8.3 Çamur çıkış sıcaklıkları (Esina 2012)

Derinlik (m)	**Sıcaklık (°C)**	**Derinlik (m)**	**Sıcaklık (°C)**	**Derinlik (m)**	**Sıcaklık (°C)**
0-10	31,9	150-160	36,7	300-310	43
10-20	34,3	160-170	40,1	310-320	45,5
20-30	34,1	170-180	40,9	320-330	45
30-40	34.6	180-190	41,4	330-340	48
40-50	35,7	190-200	41,4	340-350	46
50-60	36,4	200-210	41,6	350-360	48,5
60-70	37,3	210-220	42,7	360-370	45,5
70-80	30,7	220-230	42,8	370-380	44,5
80-90	31,5	230-240	43,2	380-390	47
90-100	33,2	240-250	43,1	390-400	37
100-110	32,6	250-260	43,5	400-406	40
110-120	32,5	260-270	40	406-408	49
120-130	33,2	270-280	43,5	408-432	Tam kaçak
130-140	36,1	280-290	45		
140-150	36,6	290-300	45,5		

Çizelge 8.4 Maksimum termometre ile ölçülen sıcaklıklar (Esina 2012)

Derinlik (m)	**Sıcaklık (°C)**
395	49
402	59
404	69
406	79

8.1.2 C7 Jeotermal Sondaj Kuyusunda Yapılan Kuyu Tamamlama Testleri

C7 jeotermal sondaj kuyusu bitirildikten sonra Şekil 3'de ok ile gösterilen teknik ekipman ile statik sıcaklık-basınç, basınç düşüm testi, su kaybı testi ve enjektivite testleri yapılmıştır. Bu testlerin sonucunda kuyu tabanına doğru kademeli bir basınç-sıcaklık artışı olduğu ve yapılan enjektivite testi sonucunda da yüksek geçirgenlikli bir fay zonunun kesildiği anlaşılmıştır.



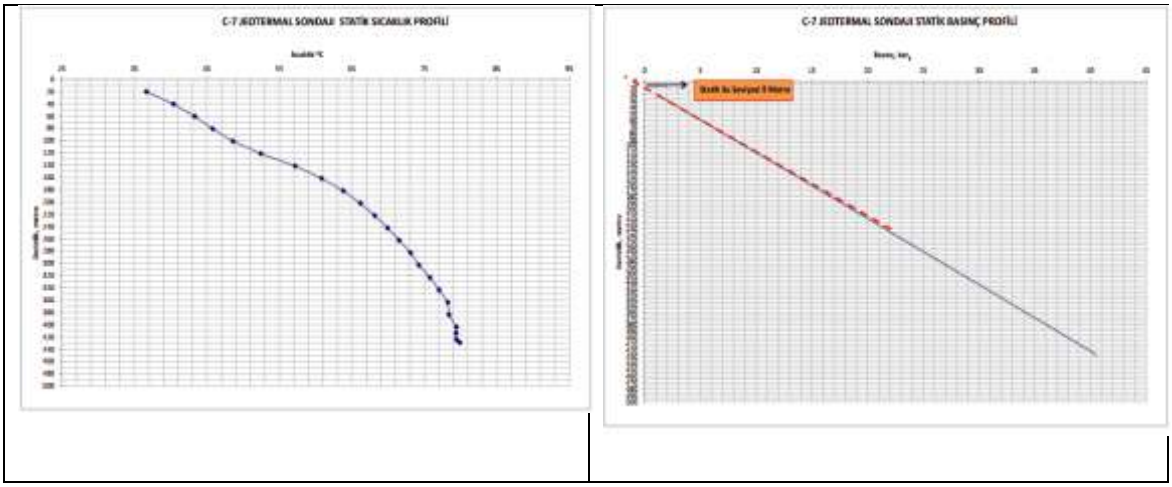
Şekil 8.3 C7 Jeotermal sondajı kuyu tamamlama testlerini yapan alet

8.1.3 C7 kuyusu statik sıcaklık – basınç testi

C7 Jeotermal sondaj kuyusu tamamlanmasının ardından alınan sıcaklık-basınç profilinden de görüldüğü üzere kademeli bir sıcaklık ve basınç artışı çizelge 8.5'de ve şekil 8.4'de görülmektedir.

Çizelge 8.5 Basınç - sıcaklık ölçüleri (Esina 2012)

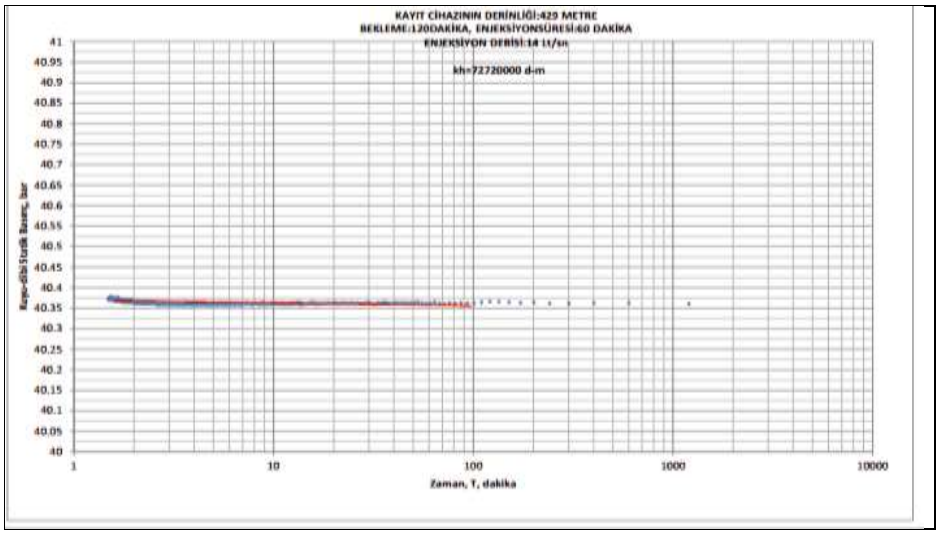
Derinlik(m)	**Basınç(bar)**	**Sıcaklık(ºC)**
0		
20	1.15	36.67
40	3.10	40.40
61	5.07	43.35
81	7.05	45.81
101	9.02	48.62
121	11.01	52.44
141	12.98	57.19
162	14.94	60.83
182	16.90	63.82
202	18.88	66.17
222	20.81	68.16
242	22.76	69.92
263	24.72	71.52
283	26.69	73.11
303	28.62	74.24
323	30.60	75.76
343	32.55	77.03
364	34.49	78.23
384	36.46	78.39
404	38.38	79.43
414	39.36	79.39
424	40.34	79.41
429	40.49	79.87



Şekil 8.4 C7 Jeotermal sondajı statik sıcaklık ve basınç profilleri

8.1.4 C7 kuyusu basınç düşüm testi

60 dakika, 10 lt/sn enjeksiyondan sonra ölçüm cihazı 429 metrede 120 dk bekletilerek basınç düşüm testi yapılmıştır. Alınan ölçülerin yorumlanmasında "k.h" değeri 72720000darcy-metre bulunmuştur. Bu değer çok yüksek geçirgenlikli bir fayın varlığını göstermektedir. Build-up eğrisi şekil 8.5'de yer almaktadır.



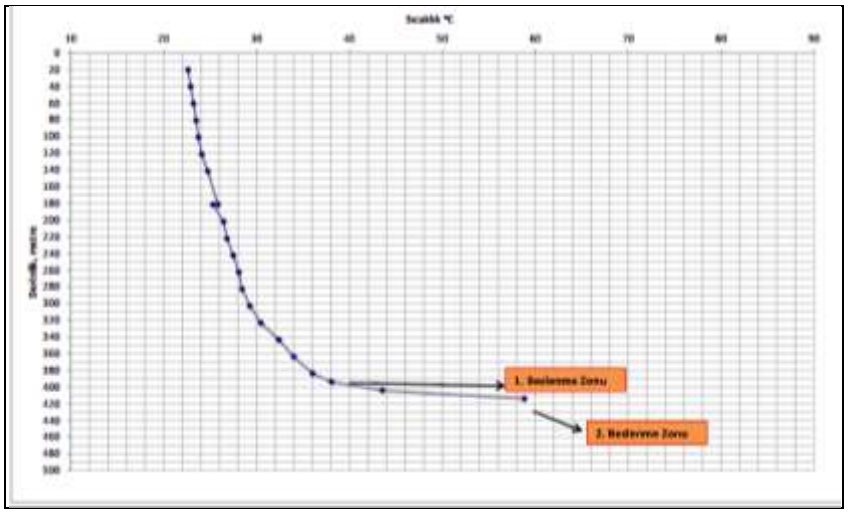
Şekil 8.5 C7 Jeotermal sondajı basınç düşüm (fall off) testi

8.1.5 C7 kuyusu su kaybı testi

Yapılan su kaybı testinde kuyuya10 lt/sn su basılarak sıcaklık ölçümü alınmıştır (Çizelge 8.6). Şekil 8.6'dan de görüleceği üzerine alınan bu sıcaklık profili yorumlandığında, kuyunun kuyu tabanından beslendiği gözlenmiştir.

Çizelge 8.6 C7 kuyusunun derinliğe göre ölçülen sıcaklık ölçüleri (Esina 2012)

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)
20	22.63	182	25.31	343	32.40
40	22.92	202	26.46	364	34.00
61	23.22	222	26.83	384	36.04
81	23.51	242	27.49	394	38.07
101	23.74	263	28.09	404	43.53
121	24.10	283	28.45	414	58.84
141	24.74	303	29.28	424	70.61
182	25.85	323	30.45		



Şekil 8.6 C7 Jeotermal sondajı su kaybı profili

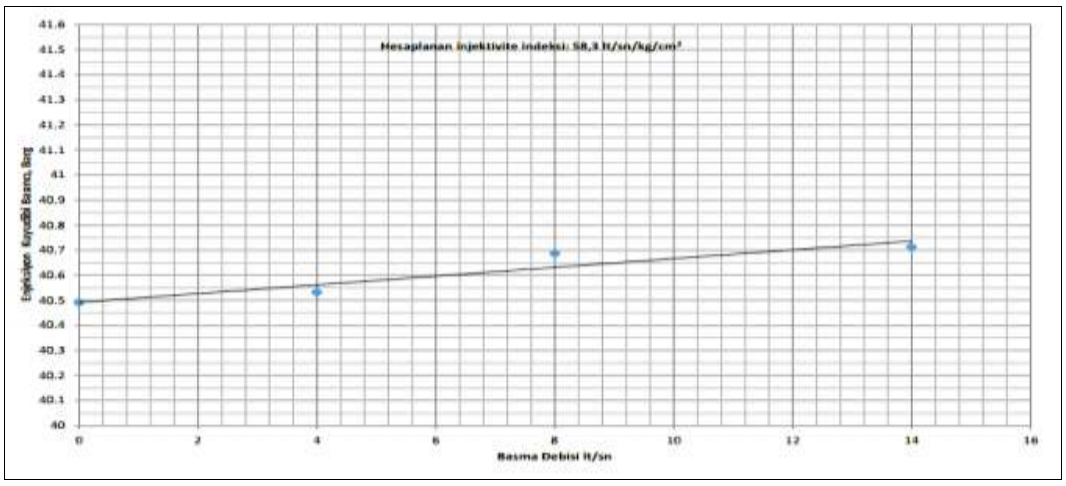
Su kaybı grafiğinde görüleceği gibi basılan su iki farklı bölgeden hazne kayaya kaçmıştır. Bunlardan asıl üretim zonu 415 m' de diğer üretim zonu ise kuyu tabanındadır.

8.1.6 C7 kuyusu enjektivite testi

Kullanılan ölçüm cihazı 429 m' ye inilip 4 lt/sn debide 20 dakika, 8 lt/sn debide 20 dakika ve 14 lt/sn debide 30 dakika su basılarak 3 debili enjektivite testi yapılmış ve enjektivite endeksi 58,3 lt/sn/bar bulunmuştur (Çizelge 8.7). Bu elde edilen enjektivite değeri, yüksek geçirgenlikli bir fayın varlığını göstermektedir (Şekil 8.7).

Çizelge 8.7 C7 kuyusuna ait enjektivite endeksi değerleri (Esina 2012)

C7 Jeotermal Sondajı Enjektivite Endeksi		
Enjeksiyon Debisi (lt/sn)	Kuyudibi Enjeksiyon Basıncı (Barg)	Pws
0	40.490.042	
4	40.531.286	
8	40.686.376	
14	40.713.099	
Hesaplanan Enjektivite indeksi: 58.3 (lt/sn)/(Barg)		



Şekil 8.7 C7 Jeotermal sondajı enjektivite endeksi grafiği

Hesaplanan enjektivite endeksi 58,3lt/sn/kg/cm^2 'dir. Elde edilen yüksek enjektivite endeksi yüksek geçirgenlikli bir fay'ın varlığını göstermektedir.

8.2 K 1 ve T 1 Kuyularına Ait Elektrik, Yoğunluk (Density), Gamma Ray-Neutron Logları ile Çamur Kaçaklarının Değerlendirilmesi

8.2.1 Elektrik Logları (SP ve Rezistivite Logları)

Elektrik logu doğal potansiyel (SP) ile alınan logdur. SP kuyunun doğal potansiyelini vermektedir. Bu log ile beslenme bölgeleri ve suyun tatlı – tuzlu olduğu belirlenir. Elektrik rezistivite logu ile formasyonların özdirenç değerleri ölçülür ve bu log ile formasyonların sınırları ile sıcak su bölgeleri belirlenir.

8.2.2 Yoğunluk (Density) Logları

Kayaçların yoğunluk değişimlerinin kuyu boyunca gözlenebildiği ve sürekli kaydının alınmasını, yoğunluk farklılıklarıyla birlikte formasyon içindeki potansiyelin saptanmasını sağlar.

8.2.3 Gamma Ray – Nötron Logları

Gamma Ray ve Nötron logları birlikte alınan loglardır. Gamma – Ray logu ile formasyonun doğal radyoaktivitesi ölçülürken, Nötron logu ile de birimlerin gözenekliliği ölçülür.

8.3 K1 ve T1 Kuyularında Çamur Kaçaklarının, Termik Logu ve Nötron Logu ile İlişkilendirilmesi

8.3.1 K1 Kuyusu Değerlendirmeleri

K1 jeotermal sondaj kuyusunda 580 – 700 metreler arasında kaçaklı olarak ilerlenmiş ve bu seviyeler arasında yaklaşık 90 m^3 çamur kaçağı ölçülmüştür.

Çizelge 8.8 K1 Kuyusunda *Amerada* [1] ve termik log ile alınan sıcaklık ölçümleri (Yılmazer vd.1990)

Derinlik	1. Ölçü (°C)	2.Ölçü (°C)	3. Ölçü (°C)	4. Ölçü (°C)	Gradyan (m)
200	49.86	49.58	48.23	50.2	
400	55.36	57	56.4	62.5	16.2
500	59.4	60.8	59.73	69.9	13.5
600	63.96	66.5	64.53	77.3	13.5
650	65.52	68.2	68.62	81.1	13.2
700	75.95	75.95	79.46	86.4	9.4

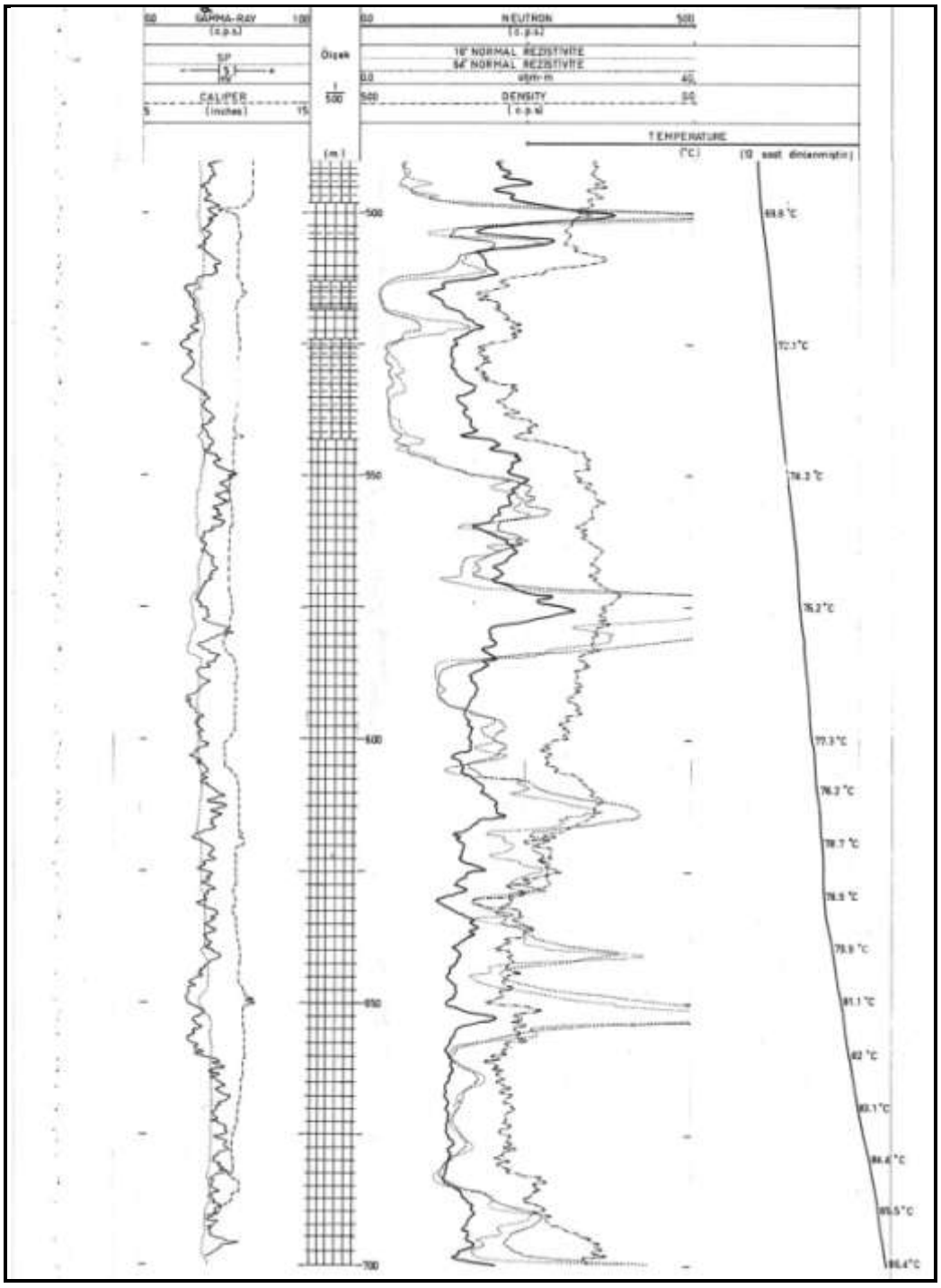
K1 jeotermal sondaj kuyusu 700 m delindikten sonra Amerada ve termik log ile alınan sıcaklık ölçümleri Çizelge 8.8' de görülmektedir. Burada değerlendirilmekte olunan ilk 3 ölçü Amerada ile kuyudan elde edilmiş sıcaklık ölçüleri iken 4. Ölçü termik log ile alınmıştır ve bu ölçüye göre gradyan hesaplanmıştır. Yukarıda belirtildiği üzere 580 – 700 metreler arasında da kaçakların bol olduğu görülmektedir ve fay zonuna denk gelmektedir. Çizelge 8.8' de görüldüğü gibi 650 – 700 metre arası gradyan 9,4 olarak hesaplanmıştır. 650 – 700 m arasının sıcaklığı 120 °C hesaplanmış olan birinci hazne kaya seviyesi olduğu anlaşılmıştır. Çizelge 8.8' deki sıcaklıklar çok geniş aralıkta ölçüldüğünden genel bir fikir vermektedir. Şekil 8.8 - 8.9'da Birleştirilmiş Kuyu Ölçüleri üzerinde ele alınan Nötron logu değerlendirildiğinde her ne kadar büyük değişikliklerin olmadığı görülse de rezervuar olduğu düşünülen seviyeler, sıcaklık ölçüleri ile karşılıklı değerlendirilebilmektedir. Genel bir fikir edinmek için Amerada ile alınan sıcaklıklar çizelge 8.9'da verilmiştir. Buradaki gradyan hesaplamalarından 1450 – 1500 metreleri arasında da yüksek gradyanlı bir hazne kaya seviyenin daha varlığı anlaşılmıştır.

[1] Amerada, kuyuda kademeli olarak sıcaklık artışını kaydeden alet.

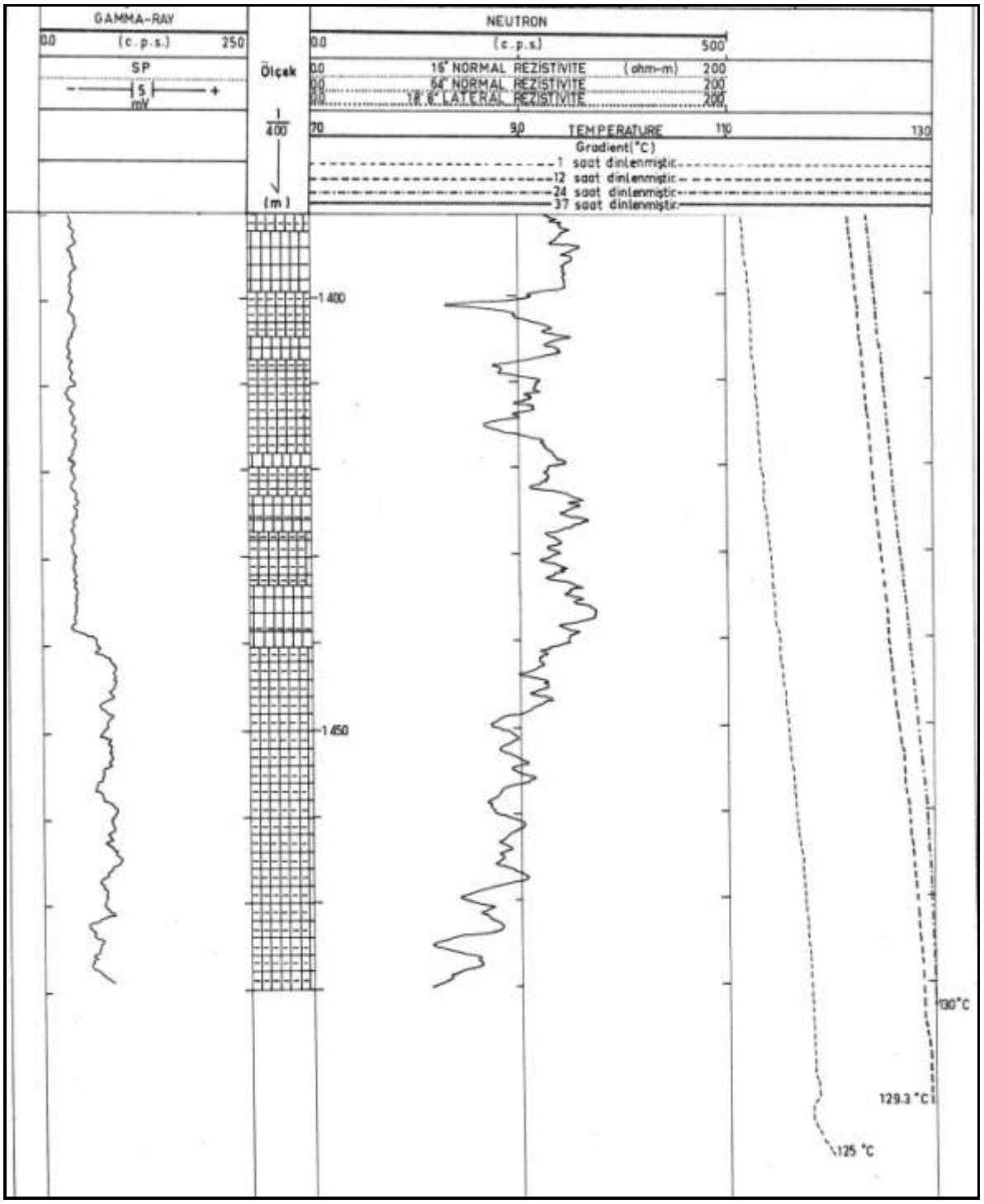
Çizelge 8.9 K1 kuyusundan Amerada ile alınan sıcaklık ölçümleri ve hesaplanan gradyan [2] değerleri (Yılmazer vd. 1990)

Derinlik (m)	**Sıcaklık (°C)**	**Gradyan (°C/10 m)**
800	78.6	0.17
900	80.3	0.35
1000	83.8	0.17
1100	85.48	0.36
1200	89.12	0.47
1250	91.5	0.166
1300	92.33	0.55
1350	95.09	0.66
1400	98.4	0.5
1425	99.64	0.66
1450	101.3	1.27
1475	104.47	2.69
1500	111.19	

[2] Gradyan, ortalama her 33 m' de 1^0C sıcaklık artışıdır.



Şekil 8.8 K1 kuyusu birleştirilmiş kuyu ölçüleri 500 – 700 m arası kesiti (K1 birleştirilmiş kuyu ölçüleri 41536/46 numaralı kesitten alınmıştır).



Şekil 8.9 K1 kuyusu birleştirilmiş kuyu ölçüleri 1400 – 1500 m arası kesiti (K1 birleştirilmiş kuyu ölçüleri 41536/47 numaralı kesitten alınmıştır).

8.3.2 T1 Kuyusu değerlendirmeleri

T-1 sondajında, sığ hazne kaya içerisinde, kaçaklı olarak ilerlenmiş ve bu seviyeler (31-109 metreler arası) 8 kez tapa çimento yapılarak kapatılmıştır. 36-124 metreler arasında kümülatif olarak 360m^3 kaçak ölçülmüştür. Sondajda, 336-341 metreler arasında kesilen fay zonunda ise yaklaşık 100 m^3 kaçak olmuştur.

T-1 sondajı, 357 metrede bitirildikten sonra 10-11.09.2004 tarihlerinde GR-Nötron, Yoğunluk (density), caliper, SP- Rezistivite ve iki kez termik ölçüsü alınmıştır. Tüm ölçüler; 336-341 metreler arasındaki fay zonunu kesin olarak vermiştir. Termik log ölçüleri çizelge 8.10'da verilmiştir. Sondaj sirkülasyonunun tamamlanmasından 30 saat sonra birinci sondaj sirkülasyonunun tamamlanmasından 44 saat sonra da ikinci termik log ölçümü yepılmıştır. İki aşamalı termik log alımı ile, kuyuda bir sıcaklık artışı olup olmadığının ya da bir soğuk su girişinin olması ile kuyuda bir soğuma olup olmadığının görülmesi amaçlanmıştır.

I: 1. Termik log (Sirkülasyondan 30 saat sonra; 10.09.2004 tarihinde).
II: 2. Termik log (Sirkülasyondan 44 saat sonra; 11.09.2004 tarihinde).

Çizelge 8.10 T1 kuyusu termik log ölçüm değerleri (Manav 2005)

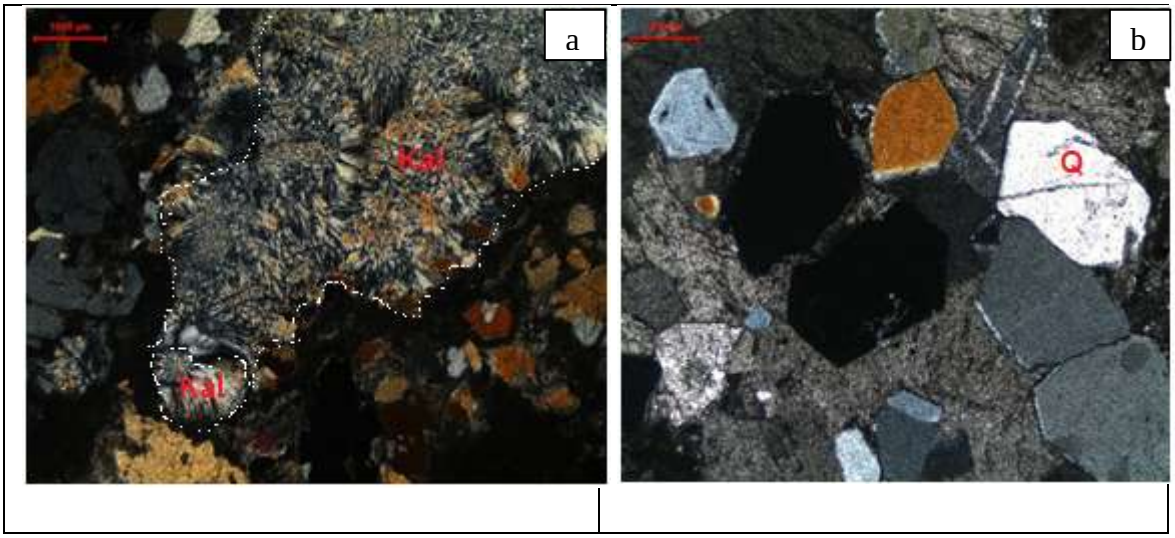
Derinlik (m)	**Sıcaklık (^{O}C)**		**Derinlik (m)**	**Sıcaklık (^{O}C)**		**Derinlik (m)**	**Sıcaklık (^{O}C)**	
	I	II		I	II		I	II
5	28.2	28.2	135	95.4	96.5	265	107.9	110.9
10	48.0	48.9	140	95.3	96.5	270	108.2	111.0
15	66.4	67.7	145	95.5	96.7	275	108.6	111.2
20	70.2	70.9	150	95.5	96.9	280	108.9	111.4
25	72.3	73.1	155	95.7	97.1	285	109.6	111.7
30	74.3	76.2	160	96.1	97.3	290	109.7	111.8
35	82.1	83.5	165	96.4	97.5	295	109.8	112.1
40	86.6	88.6	170	96.8	97.6	300	110.1	112.5
45	89.0	91.6	175	97.5	98.0	305	110.4	112.9
50	90.0	92.5	180	98.0	98.4	310	110.6	113.4
55	90.8	93.2	185	98.1	98.7	315	111.0	113.7
60	91.5	93.7	190	98.8	99.0	320	111.4	114.1
65	92.1	94.4	195	99.2	99.2	325	112.3	114.9
70	93.0	95.2	200	99.5	99.7	330	113.4	116.0
75	93.1	95.1	205	99.8	100.1	335	114.8	116.9
80	93.2	95.2	210	102.0	100.4	340	113.1	117.4
85	93.2	95.4	215	101.9	103.7	345	108.2	109.8
90	92.7	94.4	220	102.1	107.9	350	111.5	109.6
95	93.3	95.2	225	104.0	109.0	354	116.9	117.3
100	93.6	95.4	230	105.1	109.9			
105	93.8	95.5	235	106.0	110.2			
110	94.1	95.7	240	106.4	110.4			
115	94.3	95.8	245	106.8	110.4			
120	94.4	95.9	250	106.9	110.3			
125	94.6	96.1	255	106.6	110.4			
130	94.6	96.3	260	107.2	110.7			

9. YUNTDAĞI VOLKANİKLERİNE AİT DERİNLİK KAYAÇ- KAROT ÖRNEKLERİNİN PETROGRAFİK İNCELENMESİ

Bu safhada MTA tarafından açılmış olan 1500 m' lik K1 ve 357 m' lik T1 kuyularından elde edilmiş karot numuneleri üzerinde tapa örneği alınmıştır. Bu örneklerden T1 kuyusu için 1 adet, K1 kuyusu için de 7 adet ince kesit yaptırılmış ve petrografik değerlendirmeler yapılmıştır.

Örnek No 1: T1 – 215 m

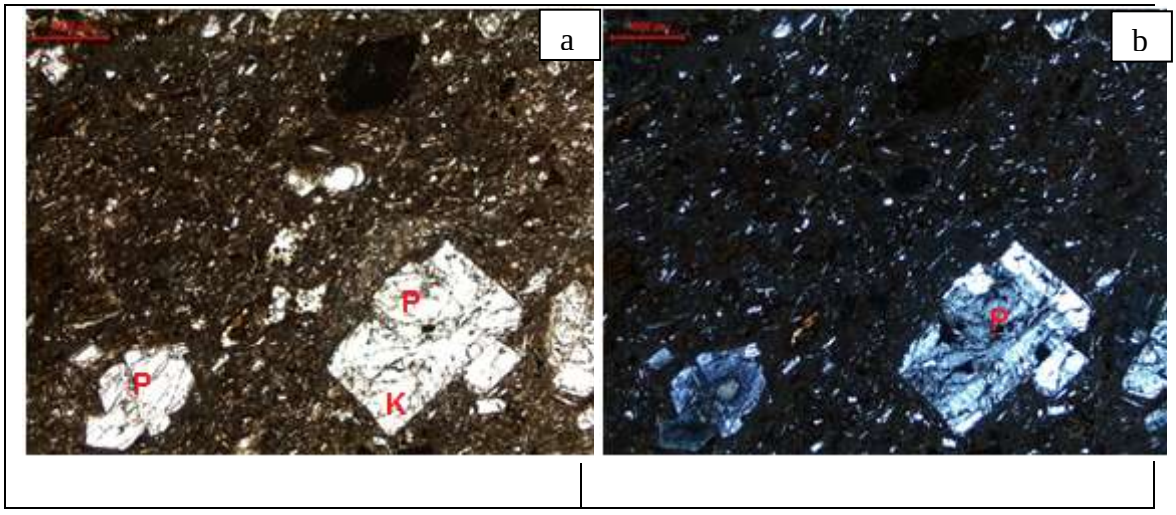
Örnek hidrotermal akışkanlardan etkilenmiş granit porfir olarak tanımlanmış bir kayaçtır. Öz şekilli kuvars, plajiyoklaz minerallerinin yanı sıra boşluklarda kalsedon gelişimi izlenmiştir (Şekil 9.1). Ayrıca, hidrotermal aktiviteler neticesinde kalsit oluşumlarına da rastlanılmıştır. Yuntdağ III volkaniklerine ait bir örnektir.



Şekil 9.1 T1 kuyusu 215. metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı
a. Kalsedon (kal) oluşumlarını., b. Kuvars (Q) ile porfirik dokunun görünümü

Örnek No 1: K1 – 167 m

Plajiyoklaz mineralinin sönme açısına göre labrador türü bir plajiyoklaz olması nedeni ile kayaç andezit olarak isimlendirilmiştir. Kayaç polisentetik ikizlenme gösteren plajiyoklaz, hornblend, biyotit fenokristallerinden oluşmaktadır (Şekil 9.2.a,b). Hamur malzemesi plajiyoklaz mikrolitleri ile volkan camından ibarettir. Kayacın genel dokusu hipokristalin porfirik dokudur. Ayrıca akma dokusu (trakitik doku) da izlenmektedir. Plajiyoklaz fenokristallerinde killeşme, özşekilli hornblend minerallerinin kenarlarından itibaren başlayan opazitleşme yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 9.2.b). Bazı hornblend ve biyotit fenokristalleri tamamen opaklaşmıştır. Fenokristallerde izlenen killeşme, opazitleşme, opaklaşma gibi alterasyonlar ortama bir suyun gelimini işaret etmektedir.

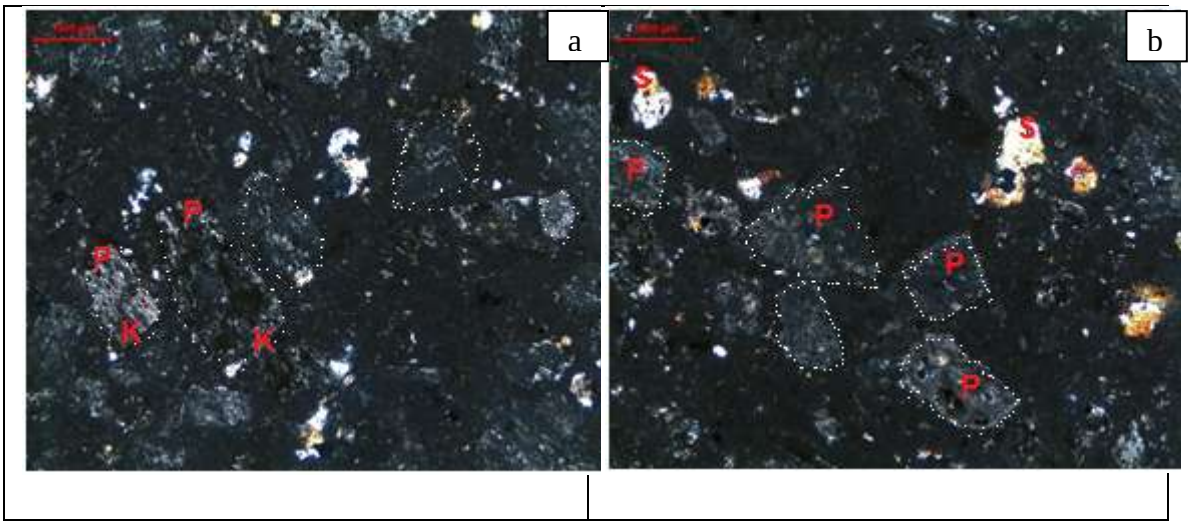


Şekil 9.2 K1 kuyusu 167. metreye ait örneğin tek ve çift nikol fotomikrografı

a. Tek nikol., b. Çift nikol., fotomikrografındaki hipokristalin porfirik dokulu polisentetik ikizlenmeli ve killeşmeleri (K) gösteren plaziyoklaz (P) fenokristallerinin görüntüsü

Örnek No 2: K1-1046 m

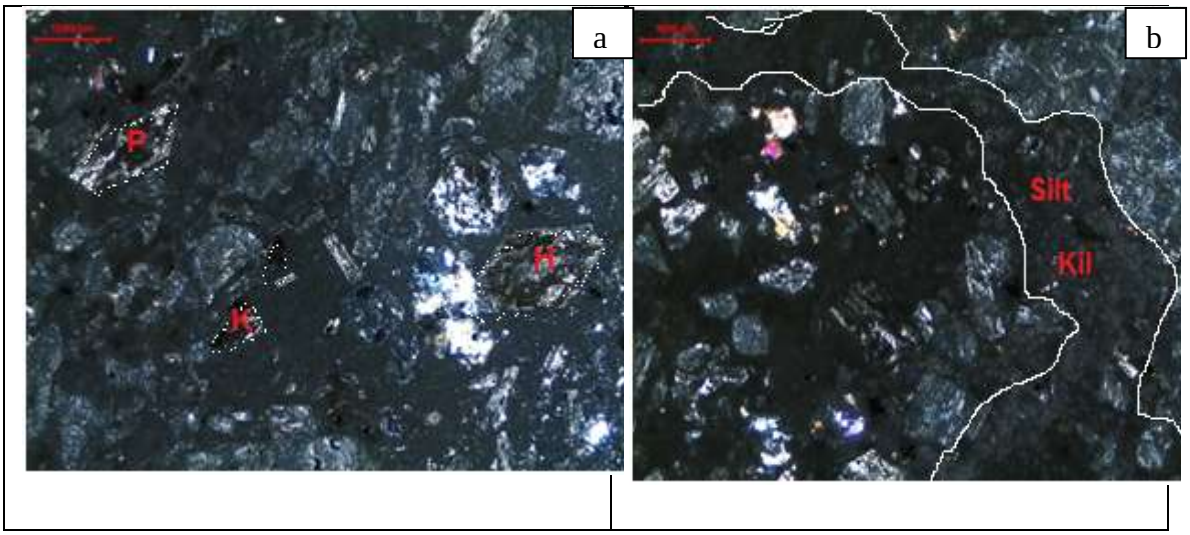
Plajiyoklaz fenokristallerinin tamamında killeşme mevcuttur. Tek nikolde toprağımsı gri renkte izlenen plajiyoklaz fenokristalleri killeşme nedeni ile çift nikolde izotrop bir görünüm sergilemişlerdir (Şekil 9.3.a). Genel anlamda killeşme mevcut olup, kayaç andezitik kayaçtır. İkincil silisleşmeler yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 9.3.b). Yuntdağ I volkaniklerine ait bir örnektir



Şekil 9.3 K1 kuyusu 1046. metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı a.b. Kil tipi (K) altere olan plajiyoklaz (P) fenokristalleri ile ikincil silisleşme (S) çift nikol görünümleri

Örnek No 3: K1-1046,50 m

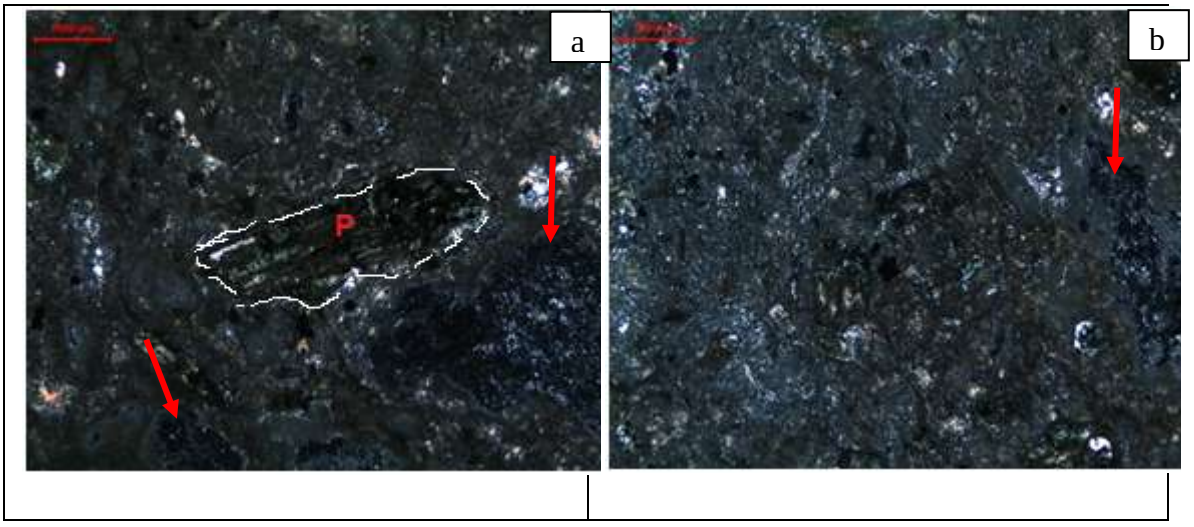
Plajiyoklaz fenokristalleri aşırı derecede killeşmiş olmaları nedeniyle çift nikolde yine izotrop görünüm sergilemektedirler (Şekil 9.4.a). Andezit olarak tanımlanan örnekteki kırık ve çatlaklar silt ve kil boyutundaki malzeme ile doldurulmuştur (Şekil 9.4.b). Bu da ortamda bir akışkanın varlığını göstermektedir. Örnek içersinde yer yer çok ince tane boyutuna sahip çamurtaşı olarak tanımlanabilecek sedimanter kayaç kırıntıları bulunmaktadır. Bu da kayacın kataklazma geçirmiş olabileceğini düşündürmektedir. Yuntdağ I volkaniklerine ait bir örnektir.



Şekil 9.4 K1 kuyusu 1046,5. metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı
a. Hornblend (H), killeşmiş plajiyoklaz (P) fenokristalleri ile b. çatlakları boyunca izlenen silt – kil boyu malzemenin dolgu malzemesi olarak çift nikol görünümü

Örnek No4: K1- 1047 m

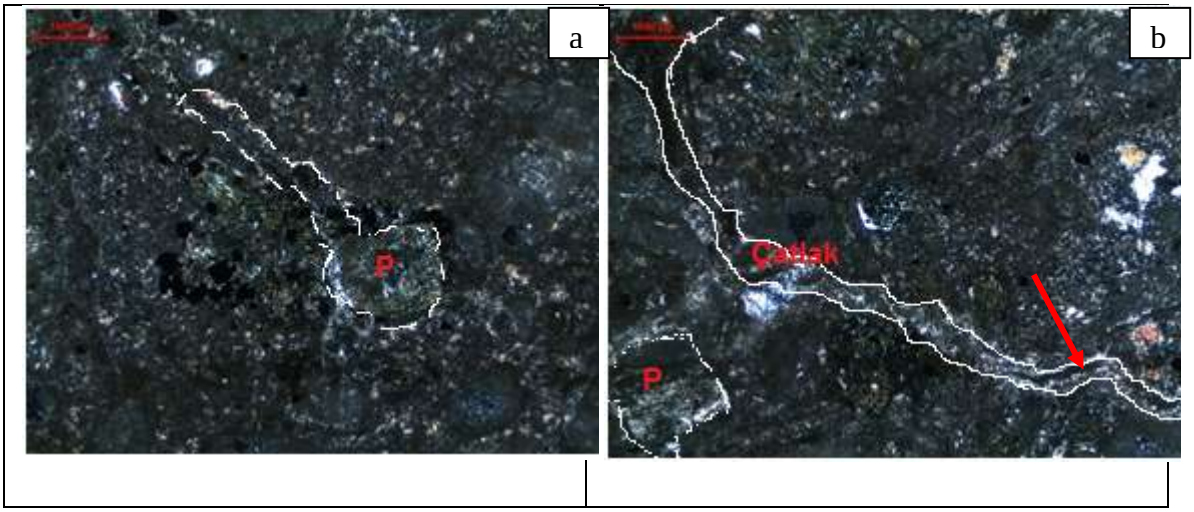
Plajiyoklaz fenokristalleri tamamen killeşmiştir. Killeşmenin yoğun olarak izlendiği plajiyoklaz minerallerinin büyük bir bölümünde merkezden itibaren bir gözenek gelişimi izlenmektedir (Şekil 9.5a.b). Bu da ortama gelen suların plajiyoklaz mineralini alterasyona uğratmasının yanı sıra gözenek gelişimini sağladığını göstermektedir. Ortama gelen akışkanların etkisi ile plajiyoklaz mineralleri; büyük bir bölümünün yıkanması nedeni ile sadece kristal morfolojileri ile tanımlanmışlardır. Plajiyoklazlar mikroskopta tek nikolde gözenek gelişimi şeklinde izlenmekte olup çift nikolde izotrop bir görünüm sergilemektedirler. Plajiyoklaz mineraline ait optik özellikler tanımlanamamıştır. Ayrıca kayaçta gaz boşluğu gözenekliliği yaygın olup ikincil kuvars mineralleri ile doldurulmuştur. Kayaçtaki gözeneklilik plajiyoklaz minerallerindeki yıkama izleri ortama bir su geliminin de bir fay ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Örnekteki kırık ve çatlaklarda izlenen silt-kil boyu malzeme birikimini desteklemektedir. Yuntdağ I volkaniklerine ait bir örnektir.



Şekil 9.5 K1 kuyusu 1047. metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı
a.b., gaz boşluğu gözenekliliği (↓) ile plajiyoklaz (P) minerallerinin çift nikol görünümü

Örnek No 5: K1-1047,5 m

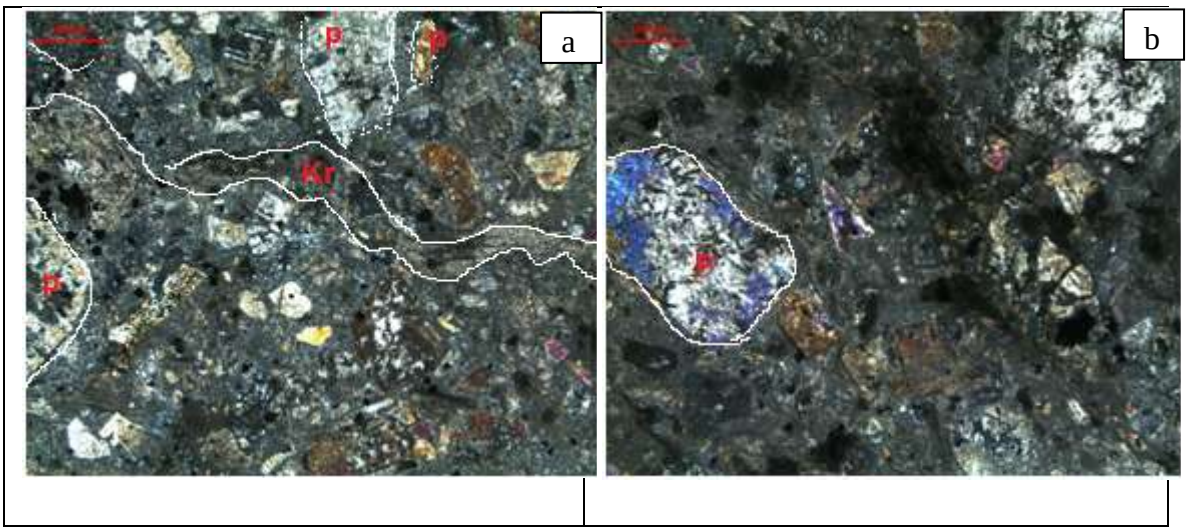
Kayaç ileri derecede killeşme gösteren plajiyoklaz fenokristalleri ile biyotit ve hornblend minerallerinden oluşan andezit olarak tanımlanan kayaçtır. Hipokristalin porfirik dokulu kayacı oluşturan plajiyoklaz minerallerinde erime boşlukları ve killeşmeler yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 9.6.a). Ayrıca gözenek boşluklarında öz şekilsiz ikincil kuvars gelişimi izlenmiştir. Kayaç içersinde çatlak boyunca gelişen gözeneklilik hakimdir (Şekil 9.6.b). Yuntdağı I volkaniklerine ait bir örnektir.



Şekil 9.6 K1 kuyusu 1047,5. metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı
a. Plajiyoklaz fenokristali, b. çatlak ve gözenek gelişiminin çift nikol görünümü

Örnek No 6: K1- 1379 m

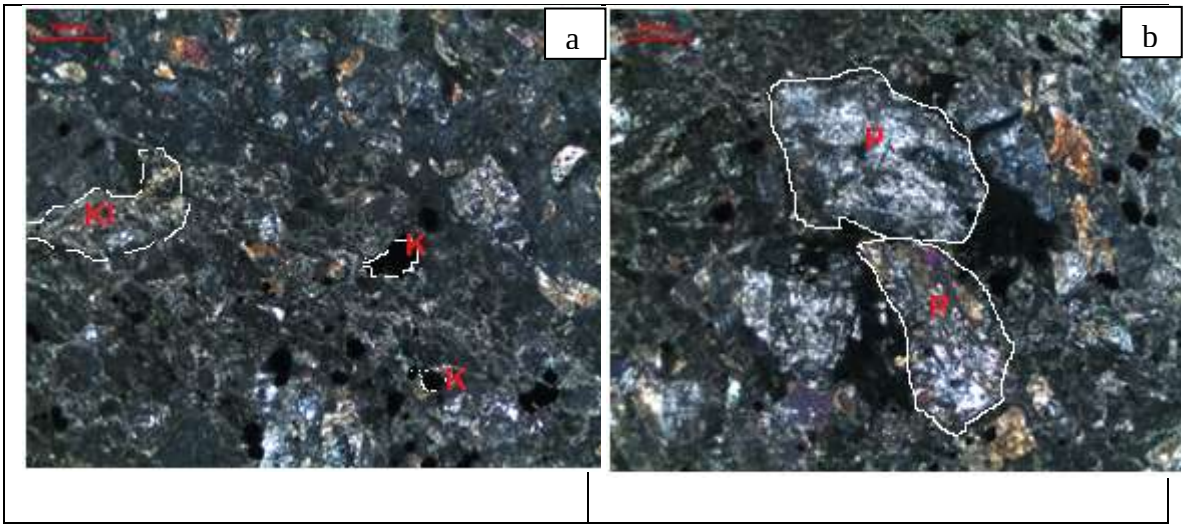
Örnekte, kil tipi alterasyonun yoğun olarak izlendiği özşekilli plajiyoklaz fenokristallerinden oluşmaktadır. Ayrıca biyotit ve hornblend mineralleri belirlenmiştir. Kırık ve çatlaklar boyunca karbonatlaşma ve kloritleşme izlenmiştir(Şekil 9.7.a). Kırıklar boyunca izlenen klorit mineralleri kayacın gözenekliliğini azaltmıştır. Plajiyoklaz fenokristallerinde gözeneklilik izlenmemiştir. Kayaç parçalı ve kırıklıdır. Andezit kayaç parçaları karbonat bir matriks ile bağlanmıştır. Bu da ortamda faylanmanın etkili olduğu ve kataklazma geçirdiğini göstermektedir. Yuntdağ I volkaniklerine ait bir örnektir.



Şekil 9.7 K1 kuyusu 1379. metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı
a.b. killeşmenin egemen olduğu plajiyoklaz (P) fenokristallerinde ve kırık çatlaklarda karbonat (Kr) bağlayıcının çift nikol görünümü

Örnek No 7: K1-1380 m

Örnek bol kırık ve çatlaklı olup, kırık ve çatlakları tek nikolde yeşil renk ile karakterize olan klorit, kil ve karbonat mineralleri ile doldurulmuştur (Şekil 9.8.a). Plajiyoklaz fenokristallerinin tamamında killeşme hâkimdir (Şekil 9.8.b). Ayrıca örnekte opak mineraller yoğun olarak izlenmiştir. Kayaç porfirik bir dokuda olup andezit olarak tanımlanmıştır. Plajiyoklaz fenokristallerinde izlenen kil tipi alterasyonun serisit boyutundaki illit minerallerinden oluşabileceği düşünülmektedir. Yuntdağ I volkaniklerine ait bir örnek olup bir kırık hattına ait gözükmektedir.



Şekil 9.8 K1 kuyusu 1380. metreye ait örneğin çift nikol fotomikrografı
a. Klorit(Kl) ve killerin (K) çift nikol görünümü b. Plajiyoklazlardaki (P) killeşme (K) ve çatlaklardaki,

Petrografik olarak incelen örneklere bakıldığında genel olarak ana kayacın hipokristalin dokulu andezit bileşimli olup, bol kırık – çatlak içerdikleri görülmüştür. Ayrıca petrografik olarak incelen örneklerde, Yuntdağı volkaniklerinin piroksen – hornblend - biyotit andezitlerinin hidrotermal alterasyondan etkilenmiş olduğunu göstermektedir. Kil oluşumları, silis ve karbonat içerikleri ele alındığında da rezervuar kaya içerisinde bir akışkan dolaşımının olduğunu işaret etmektedir.

10. GÖZENEKLİLİK – GEÇİRGENLİLİK ANALİZLERİ

Gözeneklilik ve geçirgenlik analizleri incelemesinde T1 kuyusundan 1 adet, K1 kuyusundan 3 adet derinlik karot kayaç örneği üzerinde çalışılmıştır. İnceleme alanındaki Yuntdağı I formasyonu' na karşılık gelen seviyelerden alınmış olan karot örnekleri üzerinden gözeneklilik ve geçirgenlik analizleri yapılmıştır. Üretim seviyelerinden ve üretim olmayan seviyelerden alınan gözeneklilik ve geçirgenlik değerleri arasında bir yaklaşıma gitmek için bu değerlendirme ele alınmıştır. T1 kuyusu 336 metreden sonra kaçaklı ilerlenmiş olup 357 metrede alınan karot ile tamamlanmıştır (Manav 2005). T1 kuyusuna ait gözeneklilik değerleri üretim seviyesinden alınmış olan bir örnekle temsil edilmektedir. K1 kuyusu gözeneklilik değerleri ise üretim olmayan seviyeleri temsil etmektedir. İncelenen kayaç örnekleri volkanik birimlere ait olduğu için burada ölçülen değerlerin büyük bir bölümü ikincil gözeneklilik değerleridir. Bir önceki bölümde yapılan petrografik analizlerden görüldüğü üzere kuyu açılan yerlerdeki örnekler bir fay zonu üzerindedir. Kırık ve çatlaklar ile efektif olmayan boşluk gözenekler bağlantılı hale gelerek kayacın geçirgenlik değerlerini artırmış olmalıdır. Alınan tapalardan ölçülen gözeneklilik değerleri % 3,6 – 14,9 arasında olup geçirenlik değerleri 0.02 – 287,62mD arasındadır (Çizelge 10.1). Gözeneklilik ve geçirgenlik verileri Loverson (1967) değerlendirmesine göre sırasıyla orta-iyi ve zayıf-iyi arasında değişmektedir.

Çizelge 10.1 Yuntdağ I andezitlerine ait karot örneklerinin gözeneklilik-geçirgenlik ve tane yoğunluğu değerleri

Örnek Adı	Derinlik (m)	Gözeneklilik (%)	K_{hava} (md)	K_l (md)	Tane yoğunluğu (g/cm3)
T1	357	14,9	1,78	1,25	2,66
K1	1379	3,6	0,02	0,01	2,73
K1	1046,5	8	0,02	0,01	2,68
K1	1047	6,9	287,62	267,62	2,61

T1 kuyusu gözeneklilik değerine bakıldığında üretim zonuna da karşılık gelen bu seviyede gözeneklilik değeri oldukça yüksektir. T1 kuyusu yukarıda da belirtildiği üzere 336. metreden sonra tam kaçakla – sirkülasyonsuz devam etmiş ve fay zonundan

akışkan üretimi gerçekleşmiştir. Alınan karot üzerinden elde edilen gözeneklilik ve geçirgenlik değeri de akışkan dolaşımını ve bu sayede oluşan alterasyonu doğrulamaktadır. K1 kuyusu örnekleri ele alındığında üretim seviyelerine karşılık gelmese de; yapılan petrografik analizler ile birlikte düşünüldüğünde gözeneklilik ve geçirgenlik verileri birbirini destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Yoğun killeşmenin ve çatlak dolgularının gözlendiği örneklerin (K1: 1046,5 ve 1379 m örnekleri) geçirgenlikleri oldukça zayıftır, ancak gözeneklilik değerleri ise ikincil kuvars minerallerinin oluşturduğu gaz boşluğu gözenekliliği ile iyi değerler sunmaktadır. Bu örneklerin tane yoğunluğu değerleri kırık-çatlak dolgusu içermeyenlere oranla daha yüksek değerler göstermektedir. Bunun yanında 1379. metreden alınan örneğin diğer seviyelerden alınan örneklere karşın geçirgenlik ve gözeneklilik değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Petrografik analizlerden elde edilen veriyle birlikte; kırıklar boyunca izlenen klorit minerallerinin kayacın gözeneklilik değerini azalttığını düşündürmektedir. Ayrıca, andezitlerin karbonat matriksi ile bağlanması da geçirgenliğin azalmasına neden olabileceğini düşündürmektedir.

11. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

İnceleme konusunu oluşturan Yuntdağı Volkanikleri bölgedeki sıcak su için hedef seviye olmasına karşılık bugüne kadar üzerinde petrofiziksel anlamda araştırma bulunmamaktadır. Bölgede yapılan araştırmalara göre Yuntdağ Volkanikleri üç seviyeye ayrılarak incelenmektedir. Buna karşılık, açılan sondajlarda genellikle I ve III seviyelerinin kesildiği kompozit kuyu loglarına geçilmiştir. Bu çalışma sırasında açılan C7 kuyusunda da benzer durumla karşılaşılmıştır. Bu durumda yüzey verileri ile korelasyon imkanı ve II nolu seviyenin değerlendirmesi yapılamamaktadır. Muhtemelen II no' lu seviye açılan kuyulara göre yüksek kotta kalmış olmalıdır veya kesinti örneklerinden ayrılamamıştır. Bu nedenle, yüzey verilerine göre bazalt ve piroksen andezit olarak değerlendirilen bu seviyeleri yakalayabilmek için petrografik determinasyonlar yapılmıştır. Buna karşılık, kayaç bileşimleri bu veriyi desteklemediği için çalışma konusu olan kuyularda II no' lu seviyenin kesilmemiş olduğunu söyleyebiliriz.

C7 sondajının da içersinde bulunduğu çalışma sahasında 31 noktada alınan DES ölçümleri ile örtü ve temel birimlerinin jeoelektrik özellikleri belirlenerek kalınlık ve derinlikleri hesaplanmış, tektonik yapıyla jeotermal sistem arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Bu verilere göre; eğim atım özelliği baskın görünen fayların etkisiyle oluşmuş kırık, çatlaklar (ikincil gözeneklilik) akışkan dolaşımına ortam hazırlamaktadır. Deformasyona uğramış yüksek iletkenliğe sahip jeolojik ortamlar içerisinde hareket eden akışkan, sahip olduğu sıcaklık, su, gaz ve buhar etkisiyle yan kayaçları alterasyona uğratmakta ve düşük özdirenç anomalilerine sebep olmaktadır. Söz konusu alterasyon zonları sahanın kuzeyinde yoğunlaşmaktadır. Sahanın kuzeyinde düşük rezistiviteli birim kalınlığının daha az olması, sahanın bu kısmında üretim zonuna karşılık gelen jeotermal sistemi kontrol eden fayların orta – sığ derinlikte olduğunun açılan T1, K1, C7 ve bölgede yapılan diğer sondaj çalışmalarının sondajlarının sonuçlarından da gözlenmektedir. Sahanın kuzeyinde düşük özdirenç anomalilerinin etkisini derinlere doğru kaybettiği görülmektedir. Bu durum çalışma sahası içerisinde kalan kısmında jeotermal sistemin sığ-orta derinlikli ve rezervuar içerisindeki akışkan hareketinin yanal

olduğunu göstermektedir. Bu veriler ışığında yapılacak sondaj çalışmalarında Yuntdağı I ve III seviyeleri hedef alınmalıdır.

Buna karşın, sahanın güneyinde düşük rezistiviteli birimlerin kalınlığı ya da bu düşük rezistiviteli anomaliye neden olan tektonik yapı derinleşirken yüzeysel bir jeotermal anomali gözlenmemektedir. Bu çelişkinin sebebi olasılıkla sahanın kuzeyden güneye doğru basamak fay sistemine göre derinleşmesi ve jeotermal sistemin örtülü bir karakter kazanmasıyla açıklanabilir.

Elektrik üretim amaçlı açılan K1 kuyusu sondajında da görüldüğü üzere; Yuntdağı I seviyelerine karşılık gelen metrelerde rezervuar kaya seviyelerinin olduğu görülmüştür. 650 – 700 m arasının sıcaklığı 120 °C hesaplanmış olan birinci rezervuar kaya seviyesi, 1450 – 1500 metreleri arasında da yüksek gradyanlı bir seviyenin daha olduğu anlaşılmıştır. 2011 yılından bu yana, koordinatları bölgede yapılan sondaj çalışmaları kısmında belirtilmiş olan Demiröreen Enerji AŞ'ne ait 1881 m ve 1600 m, bir diğeri de Sanko Enerji AŞ. tarafından açılan 1300 metrelik 3 adet derin jeotermal kuyu tamamlanmıştır. Bu üç kuyuda da jeotermik gradyana bağlı kademeli bir taban sıcaklığı artışı olmasına rağmen akışkan varlığı tespit edilememiştir. K1 kuyusu bitirme raporunda 1450-1500 metreler arası olarak ikinci bir rezervuar zonu belirtilmiş olmasına rağmen sondaj esnasında da ciddi bir kaçak zonu geçilmemiş olması düşündürücüdür. Jeofizik veriler neticesinde derin aramacılığı teşvik eden düşük rezistivite değerlerinin tektonik yapı ile ilişkili olarak derinlere doğru kalınlığının artıyor olmasının tartışmalı olduğu düşünülmektedir.

Ancak, her iki durumda da derinde var olduğu sayılan düşük rezistiviteye neden olan anomalinin sahanın güney kısmında hedeflenecek olan daha derin bir sondaj çalışması ile kontrol edildiğinde doğrulanabileceği düşünülmektedir.

C7 jeotermal sondaj kuyusu bitiminde yapılan kuyu tamamlama testleri sonucunda, üretim zonunda yüksek geçirgenlikli bir fay zonunun varlığı kanıtlanmıştır. Aynı durum T1 jeotermal sondaj kuyusu için de geçerlidir. Her iki kuyuda da ana kayacı andezit

olan Yuntdağı Volkanikleri seviyelerine karşılık gelen fay zonundan akışkan üretimi elde edilmektedir

Başta 1987 yılında JICA tarafından yapılan detaylı çalışmanın ve incelenen K1, T1 ve C7 sondajları ayrıca bölgede yapılan diğer sondajların, neticesinde görüldüğü üzere Yuntdağı Volkanikleri' nin rezervuar kaya potansiyeli iyi seviyeler olduğu belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre I ve III seviyelerinin rezervuar kaya potansiyeli yüksektir.

İnceleme alnında yüzeyleyen Yuntdağı Volkanikleri I ve III volkanik seviyelerin rezervuar karakterleri incelenmiştir. Petrografik değerlendirmeler sonucunda Yuntdağı Volkanik seviyelerinin hipokristalin dokulu andezitlerden ve ikincil çatlak gözenekliliğinin hâkim ol oluştuğu tespit edilmiştir.

Genelde petrografik veriler kayacın andezit bileşiminde olduğunu göstermekte ve bazı zonlarda hidrotermal akışkanlardan etkilendiğini, yoğun killeşmelerin kısmen silisleşme- olduğu tespit edilmiştir. Karot örneklerinden silisleşme-karbonatlaşma zonları tespit edilmiştir. Bu zonlar doğal çatlak oluşturacak seviyelerdir.

Silis-karbonat içeren seviyeler akışkan dolaşımının etkisinde olduklarından muhtemel kırık – çatlak oluşumunun gelişebileceği aralıklardır. Açılan sondaj kuyularından sonik log alınamaması ve bu zonların çatlak potansiyeli hakkında değerlendirme yapılamamış olsa dahi hidrotermal etkilerin gözlendiği seviyelerin çatlama – kırık potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir.

Çalışma alnında genelde büyük fay zonuna karşılık gelen ve tam kaçak ile kırıntı dahi alınamayan seviyelerden akışkan üretiminin yapılmış olduğu görülmüştür. Ancak petrografik determinasyonlar neticesinde; hidrotermal alterasyona sebep olan bir akışkan dolaşımının yüzeyden derine hareket ettiği anlaşılmıştır. Gözeneklilik – geçirgenlik analizlerinin sunmuş olduğu veriler neticesinde; büyük fay zonuna karşılık gelen üretim seviyelerinin üst kesimlerinde kesilen faydan elde edilen akışkanı

soğutacak bir soğuk su dolaşımı olmadığı belirlendiği taktirde gözenekliliği ve geçirgenliği iyi olduğu düşünülen altere andezit seviyelerinden alınacak sıcak suyun üretiminin artırılabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda kuyu üretim dizaynlarında bu çatlaklı yapı sunan kesimlerinin de ele alınabileceği önerilmektedir.

.

KAYNAKLAR

Akyürek, B. 1989. Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Ayvalık – J17 Paftası : MTA Gen.Md., Der. Rap. No: 22, Ankara, 12 s.(yayımlanmış).

Akyürek, B. ve Soysal, Y. 1978. Kırkağaç-Soma (Manisa)-Savaştepe-Korucu-Ayvalık (Balıkesir) - Bergama (İzmir) Civarının Jeolojisi : MTA Gen.Md., Der. Rap. No : 6432, Ankara, 65 s.(yayımlanmamış).

Anonim. 2012. Jeotermal Kaynak Arama Değerlendirme Raporu: YDA Tarım Gıda San. ve Tic AŞ (yayımlanmamış).

Anonymous. 1987. JICA. The Pre-feasibility Study on the Dikili-Bergama Geothermal Development Project in the Republic of Turkey, Final Report (Progress Report I, 1986; Progress Report II, (1987): MTA Gen.Md., Der.Rap.No: 8333, Ankara, 228 s.(yayımlanmamış).

Atabek, S. 1940, Sarayköy ve Dikili Civarındaki Sıcak Suların Tetkikatı : MTA Gen.Md., Der.Rap. No: 1182, Ankara, 4 s.(yayımlanmamış).

Bistritschan, K. 1957. İzmir Vilayeti'nin Bergama, Dikili ve Menemen Kazaları dahilinde bulunan sıcak su ve maden suyu kaynakları hakkında rapor: MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 2620, Ankara, 27 s., (yayımlanmamış).

Demirörer, M. 1972. İzmir Dikili – Bergama Jeotermal Sahası, Bergama Çevresi Rezistivite Etüdü : MTA Gen.Md., Der. Rap. No: 5478, Ankara, 17 s.(yayımlanmamış).

Dönmez, M., Türkecan, A., Akçay, A.E., Hakyemez, Y. ve Sevin, D. 1998. İzmir ve Kuzeyinin Jeolojisi, Tersiyer Volkanizmasının Petrografik ve Kimyasal Özellikleri : MTA Gen. Md., Der. Rap. No: 10181, Ankara, 123 s.(yayımlanmamış).

Ekingen, A. 1970. Jeotermik enerji araştırmaları, Dikili – Bergama gravite etüdü: MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 10181, Ankara123 s., (yayımlanmamış).

Ercan, T., Türkecan, A., Günay, E., Çevikbaş, A., Ateş, M., Can, B. ve Erkan M. 1984. Dikili – Çandarlı – Bergama (İzmir) ve Ayvalık – Edremit – Korucu (Balıkesir) jeolojisi ve magmatik kayaçların petrolojisi: MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 7600, Ankara, 70 s., (yayımlanmamış).

Esina, D. 2012. C7 jeotermal sondajı kuyu bitirme raporu: YDA Tarım Gıda San. ve Tic. AŞ (yayımlanmamış).

Loverseen, A. İ. 1967. Geologie of Petroleum: W. H. Free and Comp., SanFrancisco

Manav, E. 2005. İzmir-Dikili-Kaynarca, T-1 jeotermal sondajının kuyu bitirme raporu: MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 10846., (yayımlanmamış).

Öngür, T. 1972. Dikili-Bergama Jeotermal Araştırma Sahasına İlişkin Jeoloji Raporu: MTA Gen.Md., Der.Rap.No: 5444, Ankara, 73 s.(yayımlanmamış).

Özçiçek, B. 1970. Jeotermik Enerji Araştırmaları, Dikili-Bergama Rezistivite Etütleri Raporu : MTA Gen. Md., Der. Rap. No: 4314, Ankara, 11 s.(yayımlanmamış).

Özen, T. ve Tarcan, G. 2005. Dikili-Kaynarca (İzmir) Jeotermal Sistemlerinin Hidrojeolojik ve Jeokimyasal Değerlendirilmesi: DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 7 Sayı: 2 s. 87-100.

Peker, B. ve Güdücü, A. 2005. İzmir-Dikili-Kaynarca, T-2 ve T-3 jeotermal sondajları kuyu bitirme raporu: MTA Genel Müdürlüğü, (yayımlanmamış).

Salomon-Calvi, W. 1940 Dikili'deki 92 ^{O}C 'lik Sıcak Membalardan İstifade : MTA Gen. Md., Der. Rap. No:1155, Ankara, 5 s, (yayımlanmamış).

Öngür, T. 2013. Web Sitesi : http://tahirongur.blogspot.com.tr/ ,Erişim tarihi: 14.09.2013

Yılmazer, S. ve Can, A.R. 1978. Dikili-Bergama Gradyan Sondajları Değerlendirme Raporu : MTA Gen. Md., Der. Rap. No: 6645, Ankara, 41 s. (yayımlanmamış).

Yılmazer, S. ve Özgüler, M.E. 1986. Dikili-Bergama Jeotermal Alanında Jeoloji ve Jeofizik Etütleri : MTA Gen.Md., Der.Rap.No: 8244, Ankara, 19 s.(yayımlanmamış).

Yılmazer, S., Gevrek, A.İ., Sünger, Z., Üstün, Z. ve Çetiner, L. 1990. İzmir-Dikili-Kaynarca Jeotermal Sahası Kaynarca-1 Derin Jeotermal Sondajı Kuyu Jeolojisi Bitirme ve Değerlendirme Raporu: MTA Gen. Md., Der. Rap. No: 9466, Ankara, 43 s.(yayımlanmamış).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Düzgün ESİNA

Doğum Yeri : Tunceli

Doğum Tarihi : 26/04/1985

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : İncesu Anadolu Lisesi (2003)

Lisans : Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü (2008)

Lisans (Misafir Öğrenci) : Hannover Leipniz Üniversity (2008)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurumlar

Transatlantik Petoroleum: 2010 – 2011

Doğuş İnşaat AŞ: 2011 – 2012

Geodes Jeoteknik Etüt ve Danışmanlık : 2012 – Halen

Ulusal Kongre

Esina, D. ve Ayyıldız, T. 2013. Dikili - Kaynarca jeotemal sahası ve açılan C7 kuyusuna ait Yuntdağı Volkanikleri'nin rezervuar karakteri. II. Sondaj Sempozyumu Bildiri Özleri ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi 9-11 Aralık 2013, ANKARA, s.65.

Diğer Yayınlar

Esina, D. 2012. C7 jeotermal sondajı kuyu bitirme raporu: YDA Tarım Gıda San. ve Tic. AŞ (yayımlanmamış).

Esina, D. 2013. G1 jeotermal sondajı kuyu bitirme raporu: YDA ERDİL Enerji Üretim San. ve Tic. AŞ (yayımlanmamış).