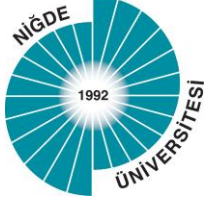


C. FİDAN, 2011

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÖMER-GECEK (AFYONKARAHİSAR) BÖLGESİ JEOTERMAL SAHASININ
SONDAJCILIK İŞLEMLERİ

CAN FİDAN

Ağustos 2011

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÖMER-GECEK (AFYONKARAHİSAR) BÖLGESİ JEOTERMAL SAHASININ
SONDAJCILIK İŞLEMLERİ

CAN FİDAN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman
Doç. Dr. M. Gürhan YALÇIN

Ağustos 2011

Can FİDAN tarafından **Doç.Dr. M.Gürhan YALÇIN** danışmanlığında hazırlanan “**Ömer-Gecek (Afyonkarahisar) Bölgesi Jeotermal Sahasının Sondajcılık İşlemleri**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji** Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç.Dr. M. Gürhan YALÇIN (Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi)

Üye : Prof.Dr. Mehmet ŞENER (Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi)

Üye : Yrd.Doç.Dr Alican ÖZTÜRK (Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi)

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 09/08/2011 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun / / 20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Nurettin ACIR
MÜDÜR

ÖZET

ÖMER-GECEK (AFYONKARAHİSAR) BÖLGESİ JEOTERMAL SAHASININ SONDAJCILIK İŞLEMLERİ

FİDAN, Can

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

Doç. Dr. M. Gürhan YALÇIN

Ağustos 2011, 73 sayfa

İnceleme alanı olan Ömer-Gecek, Afyonkarahisar iline bağlı, Afyonkarahisar Kütahya karayolu üzerinde Afyonkarahisara yaklaşık 15 km. uzaklıkta yer almaktadır.

Ömer-Gecek bölgesinde yapılan jeotermal sondaj, formasyon özelliklerine göre (alüvyon, şist, mermer) rotary sondaj makinasıyla yapılmıştır. Açılan sondajda termal su Afyon metamorfileri (mermer ve şist) içinde yer almaktadır. Delme işlemi ilk olarak 0-38 m. 26" matkapla ilerleme yapıldıktan sonra 0-38 m. 20" tecrit borusu indirilerek boru ile kuyu cidarı $1,83 \text{ gr/cm}^3$ yoğunlukta çimento ile çimentolanmıştır. Çimento donduktan sonra 17 ½ " matkapla ilerlemeye geçilmiştir. 38-337 m. arası 17 ½ " matkapla delindikten sonra, 0-337 metreye 13 ⅜" üretim borusu indirilmiştir. 0-337 m. arası 12 m^3 $1,83 \text{ gr/cm}^3$ yoğunlukta çimento şerbeti ile çimentolanmıştır. 337-683 m. 12 ¼" çapta matkapla delinmiştir. 337-495 metreye 9 ⅝ " , 495-676 metreye 6 ⅝" kapalı-filtreli casing lineer borular indirilmiştir. Yapılan kimyasal analizler sonucunda Ömer-Gecek deki termal su $\text{Na}>\text{K}>\text{Ca}>\text{Mg}$ ve $\text{Cl}>\text{HCO}_3>\text{SO}_4$ karakterli olduğu görülmektedir. Suyun debisi ortalama 90 lt/sn'dir. Jeotermal sıcak su 550 m den sonra çıkmaktadır. Su sıcaklığı max. $118 \text{ }^\circ\text{C}$ olup bölgenin en yüksek sıcak suyudur. Su, fiziksel ve kimyasal özelliğiyle konut ısıtmada kullanılabilir özelliktedir.

Anahtar sözcükler: Jeotermal enerji, yenilenebilir enerji, Ömer-Gecek.

SUMMARY

GEOHERMAL DRILLING OPERATION IN OMER-GECEK (AFYONKARAHİSAR) AREA

FİDAN, Can

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor : Associate Professor Dr. M. Gürhan YALÇIN

August 2011, pages 73

Omer-Gecek study area is a town in the vicinity of Afyonkarahisar and located 15 km on the Afyonkarahisar highway.

Geothermal drilling in the area of Omer-Gecek was performed by rotary drilling machine according to the properties of formation (alluvium, schist, marble). Geothermal water in the oparedet wellbore was found in Afyonkarahisar metomarpic rocks(marble and schist)Drilling was performed by using 26" drill up to 38 m. depht, secandly 20" isolation pipes were placed in this hole then the gap between wellbore hole and 20" pipe was filled with cement with a dansity.After hardening the filled cemant, drilling up to 337 m depth was done using 17 ½ " drill. 13 3/8" production tubing was installed for the depth of borehole (0-337 m). Again the gap between wellbore wall and 13 3/8" production pipe was filled with 1,83 gr/cm³ density. Next the borehole depth was deepand by using 12 1/4" drill up to 683 m for the section 337-495 m 9 5/8" and fort he section were installed 495-676 m 6 5/8" plane casing pipes.The thermal water in Omer-Gecek, found to be rich in Na>K>Ca>Mg and Cl>HCO₃>SO₄ as a result of the chemical analysis. The water flow rate of approximately 90 lt/sec. Geotermaal hot water appears starting from 550 m depth. Maximum temprature of the water is 118 °C which is the highest level of temprature in the region.The properties of water are suitable for residential heating.

Keywords: Geothermal Energy, renewable energy, Omer-Gecek

ÖNSÖZ

Bu çalışma değerli danışmanım Doç. Dr. M. Gürhan YALÇIN' ın katkılarıyla gerçekleşmiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın başından sonuna kadar maddi manevi yardımlarını esirgemeyen ve gerek konunun seçiminde gerekse tezin yapılmasında beni bu konuya yönlendiren başta değerli hocam sayın Doç. Dr. M. Gürhan YALÇIN'a, teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans konusuna ait arazi ve sondajcılık işlemleri ile ilgili yapmış olduğum çalışmalar sırasında bana yardımını esirgemeyen AFJET Genel Müdürü Jeo.Yük.Müh.Yusuf ULUTÜRK'e ve arkadaşlarım Feridun KARAKAYA ile Davut AVŞAR' a teşekkür ederim.

Maddi desteğinden dolayı Niğde Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP; FEB 2011/25) başkanlığına teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmalarım sırasında maddi ve manevi desteğini gördüğüm aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iii
SUMMARY	iv
ÖNSÖZ	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xii
KISALTMA VE SİMGELER	xiii
BÖLÜM I GİRİŞ	1
1.1 İnceleme Alanı	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	1
1.3 Önceki Çalışmalar.....	3
BÖLÜM II MATERYAL VE METOD.....	5
2.1 Arazi Çalışmaları	5
2.1.1 Rotary sondaj yöntemi	5
2.1.2 İnceleme alanında kullanılan rotary sondaj ekipmanları	7
2.1.2.1 Rotary sondaj makinelerinde dönme sistemi	7
2.1.2.1.1 Döner masa	7
2.1.2.1.2 Döner kafa (Hidrolik Fırdöndü).....	8
2.1.2.1.3 Turbo düzeni	8
2.1.2.2 Rotary sondajda dolaşım sistemi	9
2.1.2.3 Rotary sondajda vinç sistemi	10
2.1.2.4 Rotary sondajda transmisyon sistemi	11
2.1.2.5 Rotary sondajda delme dizisi sistemi.....	11
2.1.2.5.1 Rotary sondajda deliciler	11
2.1.2.5.1.1 Matkaplar	11
2.1.2.5.1.2 Örnek alan deliciler.....	12
2.1.2.5.1.3 Genişleticiler.....	12
2.1.2.5.2 Rotary sondajda ağırlık borusu	12
2.1.2.5.3 Rotary sondajda stabilizerler	13
2.1.2.5.4 Rotary sondajda sondaj boruları (Tijler).....	13

2.1.2.5.5 Rotary sondajda şekilli borular(Kelly)	14
2.1.2.5.6 Rotary sondajda firdöndü.....	15
2.1.2.6 Rotary sondajda taşıma dizisi sistemi.....	16
2.1.2.6.1 Rotary sondajda tamburlar.....	16
2.1.2.6.2 Rotary sondajda makaralar	17
2.1.2.6.2.1 Sabit makaralar	18
2.1.2.6.2.2 Gezici makaralar	18
2.1.2.6.3 Rotary Sondajda Kanca	18
2.1.2.6.4 Rotary Sondajda Kule.....	18
2.1.2.6.5 Rotary Sondajda Halatlar	19
2.1.2.7. Rotary sondajda dolaşım dizisi sistemi.....	20
2.1.2.7.1 Emme bölümü.....	20
2.1.2.7.1.1 Emme deposu.....	20
2.1.2.7.1.2 Emme hortumu	21
2.1.2.7.1.3 Çamur pompa deve boynu	22
2.1.2.7.1.4 Pompa emme bölümü.....	22
2.1.2.7.2 Basma bölümü	23
2.1.2.7.2.1 Pompa basma bölümü	23
2.1.2.7.2.2 Basma boruları	23
2.1.2.7.2.3 Basma hortumu	23
2.1.2.7.2.4 Deve boynu	23
2.1.2.7.3 İşlem bölümü	24
2.1.2.7.3.1 Kuyu boşluğu(Anülüs).....	24
2.1.2.7.3.2 Kuyu ağzı	25
2.1.2.7.3.3 Kırıntı eleği	25
2.1.2.7.3.4 Kanal ve oluklar	25
2.1.2.7.3.5 Dinlendirme deposu(Çamur havuzları).....	26
2.1.2.7.3.6 Ayırma silikonları	27
2.2 Laboratuar Çalışmaları	27
2.3 Büro Çalışmaları	28
2.4. Jeotermal Enerji	28
2.5. Ömer-Gecek Sahasının Jeotermal Durumu	30
BÖLÜM III ARAŞTIRMA BULGULARI	32
3.1 İnceleme Alanının Jeolojisi	32

3.1.1 Paleozoik yaşı kayalar	32
3.1.2 Senozoik yaşı kayalar	33
3.1.2.1 Gebeciler formasyonu.....	33
3.1.2.2 Afyon volkanik kayaları	34
3.1.2.3 Neojen Çökelleri.....	34
3.1.2.4 Alüvyon	35
3.1.2.5 Yamaç molozu (Birikinti konisi).....	35
3.1.2.6 Traverten.....	35
3.2 Jeotermal Sondaj İşlemleri.....	38
3.2.1 Delme.....	38
3.2.2 Tecrit.....	40
3.2.3 Teçhiz.....	42
3.2.4 İnkişaf ve üretim test çalışmaları	45
3.2.5 Çimentolama.....	48
3.2.6 Re-enjeksiyon	49
3.2.7 Su Analizi	50
3.2.8 Jeotermal Sondajcılıkta Jeoloji Mühendisinin Yeri.....	56
3.2.9 Jeotermal Sahanın Durum Raporu.....	57
BÖLÜM IV SONUÇLAR	67
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ.....	73

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1 Kuyudaki çamur kaçak zonları	39
Tablo 3.2 Sondajda kesilen litolojik birimler	40
Tablo 3.3 Ömer-Gecek Jeotermal kuyusunun teşhizi	43
Tablo 3.4 Kuyunun çamur sıcaklıkları	47
Tablo 3.5 Açılan jeotermal kuyunun kimyasal analiz sonuçla	50
Tablo 3.6 Afyon Jeotermal alanlarında açılan bazı termal kuyuların kimyasal analiz sonuçları	55
Tablo 3.7 Ömer-Gecek Jeotermal sahasında açılan kuyuların genel özellikleri	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Ömer-Gecek yol haritası.....	2
Şekil 2.1 Kanca	18
Şekil 2.2 Anülüs.....	24
Şekil 2.3 Jeotermal enerjinin oluşum modeli.....	29
Şekil 3.1 Ömer-Gecek jeotermal alanının jeoloji haritası.....	33
Şekil 3.2 Ömer-Gecek bölgesine ait jeolojik enine kesitler.....	36
Şekil 3.3 Ömer-Gecek bölgesine ait genelleştirilmiş kolan kesiti	37
Şekil 3.4 Afyon ve çevresinde bulunan termal alanların Na-K-Mg diyagramı	53
Şekil 3.5 Wenner a=50 m. için rezistivite haritası	59
Şekil 3.6 Wenner a=100 m için rezistivite haritası.....	60
Şekil 3.7 Wenner a=150 m. için rezistivite haritası.....	61
Şekil 3.8 Wenner a=200 m. için rezistivite haritası	62
Şekil 3.9 Wenner a=400 m. için rezistivite haritası	63
Şekil 3.10 Yüksek rezistiviteli taban kontur haritası	64
Şekil 3.11 Afyonkarahisar Ömer-Gecek ve yakın Çevresine kuyu noktaları.....	66

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 2.1 Rotary sondaj makinesi	6
Fotoğraf 2.2 Döner Masa	7
Fotoğraf 2.3 Döner Kafa	8
Fotoğraf 2.4 Çamur havuzları	9
Fotoğraf 2.5 Vinç sistemiyle tijlerin kuyudan çıkarılması	10
Fotoğraf 2.6 Matkaplar	11
Fotoğraf 2.7 Matkabın üzerine bağlanan ağırlık borusu	13
Fotoğraf 2.8 Tijler	14
Fotoğraf 2.9 Kelly	15
Fotoğraf 2.10 Fırdöndü	16
Fotoğraf 2.11 Tambur	17
Fotoğraf 2.12 Makara	17
Fotoğraf 2.13 Sondaj Kulesi	19
Fotoğraf 2.14 Tel halatlar	20
Fotoğraf 2.15 Emme deposu	21
Fotoğraf 2.16 Emme hortumu klapesi	22
Fotoğraf 2.17 Deve boynu	24
Fotoğraf 2.18 Kırıntı eleği	25
Fotoğraf 2.19 Kanal ve oluk	26
Fotoğraf 2.20 Çamur havuzu	27
Fotoğraf 3.1 Tecrit boruları	41
Fotoğraf 3.2 Teçhiz boruları	42
Fotoğraf 3.3 Kuyunun üretime geçmesi	46
Fotoğraf 3.4 Termometre ile yapılan ölçüm	46

KISALTMA VE SİMGELER

m	Metre
km	Kilometre
gr	Gram
cm	Santimetre
Cl	Klor
CO ₂	Karbondioksit
AFJET	Afyon Jeotermal Isıtma Tesisleri
NO ₃ ⁻	Nitrat
NO ₂ ⁻	Nitrit
SO ₄	Sülfat
HS	Hidrojen sülfür
HCO ₃	Bikarbonat
F	Flor
Na	Sodyum
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Ca	Kalsiyum
Fe	Demir
Al	Aluminyum
SiO ₂	Silika
As	Arsenik
Br	Brom

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1 İnceleme Alanı

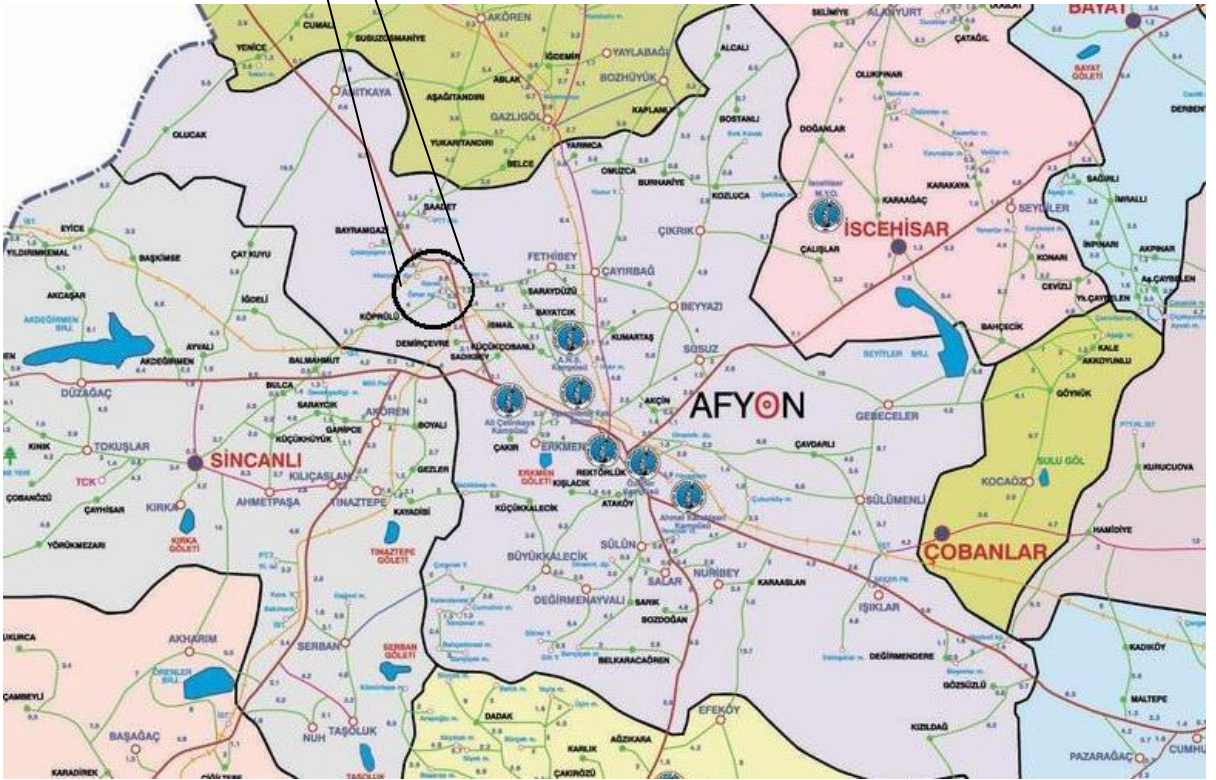
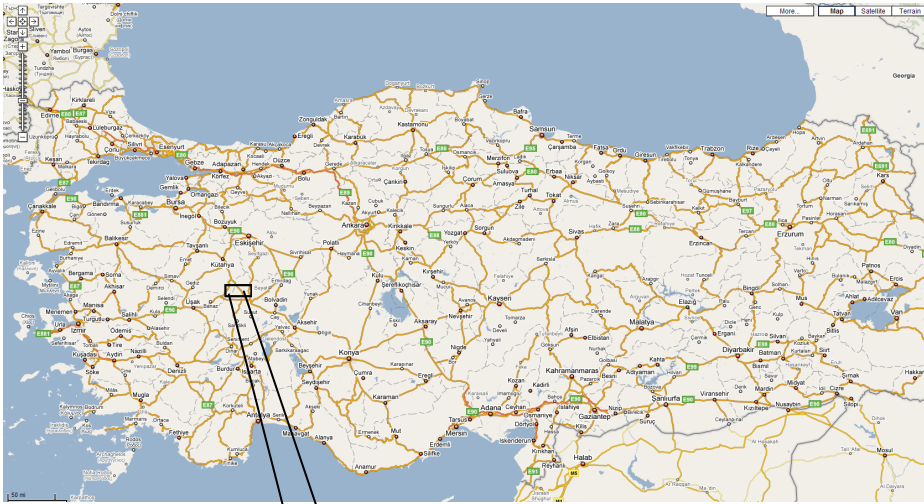
İnceleme alanı, Türkiye'nin önemli jeotermal alanlarından biri olan Ömer – Gecek jeotermal alanı Afyonkarahisar Kütahya karayolu üzerinde Afyonkarahisar'a yaklaşık 15 km. uzaklıktadır. Çalışma konusu olan jeotermal sondajcılık işlemleri Ömer – Gecek jeotermal sahasında yapılmıştır. Türkiye 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalarından Ömer – Gecek Afyonkarahisar K24-b3 paftasında yer almaktadır.

Afyonkarahisar' dan Ömer – Gecek' e 15 km. asfalt yol ile ulaşılmaktadır (Şekil 1.1). Afyon ili 28-32°D boylamları ile 36-40°K enlemleri arasında kalmaktadır. Ulaşım her mevsimde mümkündür. İnceleme alanında yer alan yerleşim merkezleri; kuzeyde Bayramgazi, batıda Köprülü, güneyde Demir çevre, Sadıkbey, doğuda Saraydüzü, Fethibey, İsmailköy, merkezde Ömer ve Gecek köyleridir, önemli yükseltiler ise; Oyuklu Tepe (1214 m), Başçakmak Tepe (1148 m) ve Çalidüzü Tepe (1129 m)'dir. Yazları sıcak ve kurak olup kışları ise soğuk ve yağışlıdır.

Ömer-Gecek çalışma alanı yaklaşık olarak denizden ortalama 1030 m yüksekliktedir. Daha çok ova görünümünde olmakla beraber; batısı ve kuzeyi ufak tepelerle çevrilidir. Güney kısmında ise tepeler daha yüksek ve dağ görünümündedir. En önemli akarsuyu Akarçaydır. Toprak; tarım arazisi, bahçe ve otlak olarak kullanılmaktadır.

1.2 Çalışmanın Amacı

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışma ile Afyonkarahisar Ömer - Gecek jeotermal alanında yapılmış olan rotary sondajcılık işlemlerinin tamamı başından sonuna kadar yapılacak teknik işlemlerin hepsi araştırılmış ve yapılan mühendislik işlemleri öğrenilmiştir. Jeoloji mühendisinin yapması gereken işlemler çıkarılmıştır. Kuyu açımında karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri belirlenmiştir. Ayrıca, sondaj sonrası kuyudan alınan jeotermal suda kimyasal analizler yaptırılmış ve jeokimyasal özellikler yorumlanmıştır.



Şekil 1.1 Ömer-Gecek yol haritası (Ölçeksiz)

1.3 Önceki Çalışmalar

Afyonkarahisar ili ve çevresinde değişik amaçlı birçok çalışma yapılmıştır. Ancak Ömer-Gecek jeotermal sahasında jeotermal sondajcılık ile ilgili uluslar arası detaylı bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Bölgede yapılan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Çalışma alanında MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) tarafından yapılan AF-1 ve AF-3 sondajlarına ilişkin kuyu bitirme raporu, kuyu bitirme raporlarında litoloji ve kuyu donanımları bulunmaktadır [1]. Yazar kuyu açımı sırasında karşılaşılan problemleri ortaya koyarak, bölgede bundan sonra açılacak termal kuyuların ne şekilde açılması gerektiği konusunda tavsiyelerde bulunmuştur.

Derinlere inen meteorik kökenli suların, magma ceplerinden kaynaklanan ısı akısının da etkisiyle sıcaklığı artmaktadır. Bu sular, sıcak ve soğuk sular arasındaki yoğunluk farkından da kaynaklanan, basınç ve bölgede yer alan faylar aracılığı ile yükselerek yüzeye ulaşmaktadır. [2] ve [3] bölgede yaptıkları incelemeler sonucunda Afyon-Ömer-Gecek jeotermal alanında yer alan sıcak suların meteorik kökenli olduğunu belirtmiştir.

Ömer-Gecek'teki sıcak suların yüksek Cl içeriğinin, bölgedeki suların derin dolaşım olmaları ve rezervuarda uzun bir geçiş dönemine sahip bulunmasından kaynaklandığı belirtilmiştir [4].

Afyon Ömer-Gecek jeotermal sisteminin modellenmesi hakkında çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, Afyon Ömer-Gecek jeotermal alanında, sıcak su dolaşım sistemini açıklamak ve mevcut işletme koşullarının sistem üzerindeki etkisini göstermektir [5].

Afyonkarahisar bölgesinin ve yakın dolayının jeolojisi hakkında çalışmalar yapılmıştır [6].

Afyonkarahisar jeotermal ısıtma sisteminde oluşan kabuklaşma ve korozyonlar hakkında çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı ısıtma kaynağı olarak jeotermal akışkanın kullanıldığı Afyonkarahisar şehir içi ısıtma şebekesindeki korozyon ve

kabuklaşma eğilimlerini; su sertlik analizleri, Langelier ve Ryznar İndexlerini kullanarak belirlemektir. [7].

Ömer-Gecek (Afyonkarahisar) Dolayının Jeolojisi Ve Suların Kökenselel Yorumu hakkında çalışmalar yapılmıştır [8]. Bu çalışması ile sahada şu anda üretilen jeotermal akışkanın sıcaklık ve debi olarak geliştirilebilirliğine ışık tutulmaya çalışılmıştır.

Termal suların Akarçay'a bırakılmasının etkileri ve uzun dönemde Eber Gölü'ndeki kirliliğe olan etkileri araştırmak için; su kuyularından ve Akarçay'dan numuneler alınarak araştırma yapılmıştır [9].

HST3D Programı kullanılarak, Ömer-Gecek jeotermal sahasında farklı derinliklerdeki kuyulara reenjeksiyon yapılması sonucunda termal akiferdeki basınç ve sıcaklık koşullarında ne tür değişikliklerin meydana geleceği ve kullanımdan dönen jeotermal suyun hangi derinliğe verilmesinin daha uygun olacağını incelemiştir [10].

MF2K-GWT matematiksel modeliyle Afyon Ovası'ndaki yeraltı sularının kirlenmesini modellemiştir. Beyazı, Susuz ve Akçin yörelerinde yüzey sularında belirgin bir kirlenme olmayacağını, fakat 250–400 m derinliklerde Cl konsantrasyonunun 600 mg/l'ye ulaşacağını vurgulamıştır [11].

Ayrıca, Ömer-Gecek bölgesinde kuyu testleri analizinde dekonvolüsyon ve uygulamaları çalışmaları yapılmıştır [12]. Dekonvolüsyon analizi ile rezervuar sisteminden en üst düzeyde ve güvenilir şekilde bilgi üretmek için kuyu basınç testlerinin nasıl tasarlanması gerektiği hakkında öneriler sunulmaktadır.

Afyon Ömer-Gecek jeotermal sahası rezistivite etütlerini yapılmıştır. Bu çalışma sonunda Ömer-Gecek jeotermal sahasının jeolojik etüt çalışmasını ve daha sonra da bölgede üretime yönelik çalışmalarında bulunmuştur[13].

BÖLÜM II

MATERYAL VE METOD

2.1 Arazi Çalışmaları

2010 Aralık ayı ve 2011 Mart ayları arasında bölgede faaliyette olan bir jeotermal alanda yapılan jeotermal sondajda rotary sondajcılık işlemlerinin tamamı başından sonuna kadar incelenmiş, her bir teknik işlem irdelenmiş ve kuyu tamamlanıncaya kadar her bir işlem resimlendirilmiştir.

2.1.1 Rotary sondaj yöntemi

Rotary sondaj sistemi, baskı altında dönen bir matkabin keskin dişleri sayesinde zemini parçalayarak kesilen parçaların bir dolaşım sıvısıyla ya da hava ve köpük yardımıyla dışarı atılması işlemidir. Rotary sondaj sistemi genellikle kolay delinebilen formasyonlarında kullanılmaktadır. Zeminin parçalanması için gerekli enerji, matkaba verilen ağırlık ve dönme hareketi sayesinde sağlanır. Matkap bir boru dizisi yardımıyla kuyuya indirilir ve döndürülür. Matkap üzerindeki ağırlık ve kesici dişleri sayesinde dönerken zemini parçalar. Zeminden kopan parçalar boru dizisinin içinden pompalanan sıvı veya hava yardımıyla boru ve delik arasında yer alan boşluktan dışarıya atılır. Dışarıya atılan bu parçalar çamur havuzlarına yollanır ve burada çökelmeye bırakılır. Bu sistem sürekli bir şekilde devam eder (Fotoğraf 2.1).



Fotoğraf 2.1 Rotary sondaj makinesi

2.1.2 İnceleme alanında kullanılan rotary sondaj ekipmanları

Rotary sondaj yönteminde kullanılan ekipmanlar şunlardır.

2.1.2.1 Rotary sondaj makinelerinde dönme sistemi

Rotary sondaj sisteminde takım dizisinin dönmesini döner masa, su başlığı ile dönme sistemini matkaba iletir.

2.1.2.1.1 Döner masa

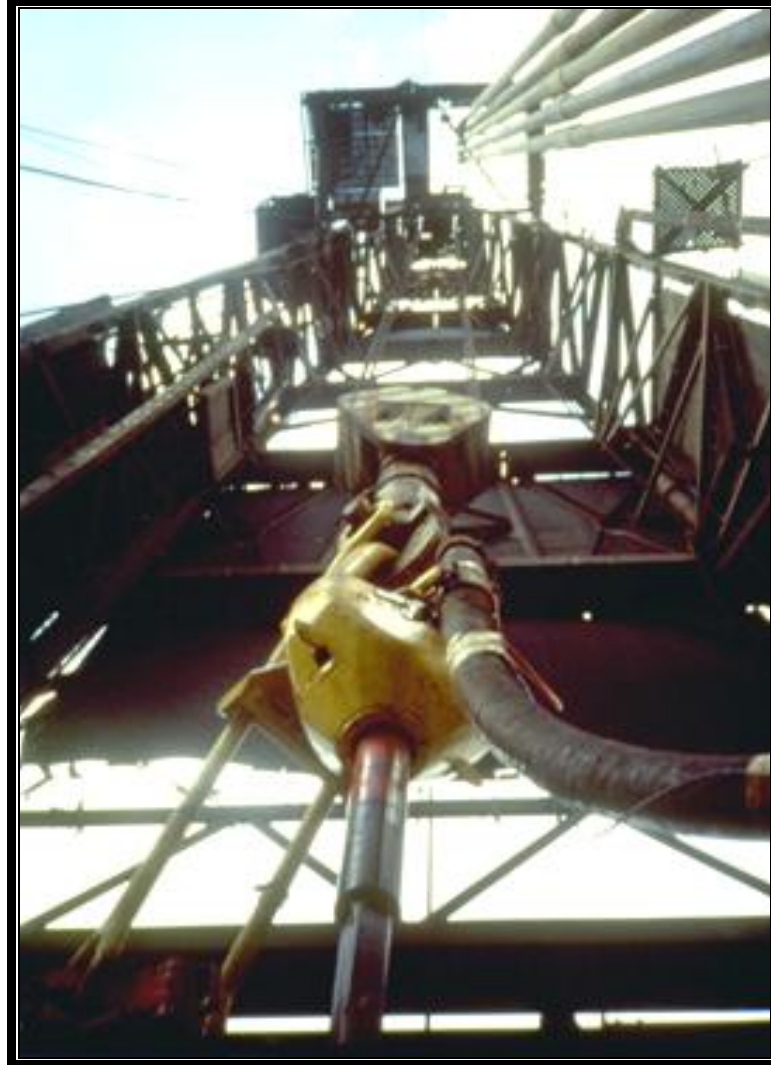
Sondaj dizisini döndüren elemandır(Fotoğraf 2.2). Ortasında matkabın rahatça geçebileceği kare kesitli bir açıklık vardır. Motorlardan aldığı yatay dönme hareketini konik bir dişli aracılığıyla düşey dönme hareketine dönüştüren 1,5 m çaplı bir masa görünümündedir.



Fotoğraf 2.2 Döner masa

2.1.2.1.2 Döner kafa (Hidrolik firdöndü)

Sondaj dizisinin en üstünde yer alan dönme hareketi sırasında dizi ile birlikte aşağı ve yukarı hareket eden bir elemandır(Fotoğraf 2.3). Döner kafaya hareket hidrolik yolla iletilir.



Fotoğraf 2.3 Döner kafa

2.1.2.1.3 Turbo düzeni

Dönme hareketinin yön değiştirmesi söz konusu değildir. Sondaj makinesinde dönme düzeneğine gerek yoktur. Sondaj dizisinde dönme hareketi gelişmez. Sadece delicinin hemen üzerindeki hidrolik türbin sayesinde delici döner.

2.1.2.2 Rotary sondajda dolaşım sistemi

Rotary sondajda, matkabın kazma şekli ve kazılan malzemenin dışarı atılması çeşitli yöntemlerle yapılır. Fakat bu dolaşım sistemi yapılırken sondaj işleminin yapılabilmesi için, matkabın çalıştırıldığı kuyunun en u noktasına dışardan hava veya özel hazırlanmış çamur ya da köpük sıvıları gönderilmesi gerekmektedir.

Rotary sondajda dolaşım sistemi çok önemlidir. Matkabın sürtünmeden oluşan ısıdan yanmaması, kazılan malzemenin matkabı sıkıştırmadan alınabilmesi için dışarı atılması ve matkabı kayganlaştırılması gerekir. Bu sebeplerden dolayı matkabın u noktasına kadar yeterli hava ya da bu amaca uygun sıvılar sondaj sırasında kesintisiz bir şekilde ulaştırılmalıdır. Fotoğraf 2.4 de görüldüğü gibi mer-Gecek'te yaptığımız sondajda matkabın u noktasına özel hazırlanmış çamur havuzları sayesinde sirkülasyon sağlanıyor.



Fotoğraf 2.4 amur havuzları

2.1.2.3 Rotary sondajda vinç sistemi

Rotary sondajda, sondaj makinesinin boru dizisini taşıması, halatlı vinç sistemiyle sağlanmaktadır. Matkabin kuyunun u noktasına kadar indirilip-çıkartılmasını sağlayan bir sistemdir. Rotary sondajda enerjiyi taşıma işine eviren önemli bir sistemdir. Fotoğraf 2.5’de tijlerin indirilip çıkarılması sondaj makinesinin vinç sistemiyle sağlanmaktadır.



Fotoğraf 2.5 Vinç sistemiyle tijlerin kuyudan çıkarılması

2.1.2.4 Rotary sondajda transmisyon sistemi

Güç kaynağı olan motordan alınan hareket; dönme, dolaşım ve vinç sistemlerine ve bunların elemanlarına sondaj dizileri ve aktarma organlarıyla iletilirler. Bu aktarma işlevine transmisyon denir.

2.1.2.5 Rotary sondajda delme dizisi sistemi

Rotary sondajda, delme dizisi elemanları önemli eleman gruplarından birisidir. Matkabin sondaj ünitesine bağlayan ve aynı anda dönme dolaşım vinç sistemlerinin kuyu içi elemanlarını oluşturan sondaj dizisidir.

2.1.2.5.1 Rotary sondajda deliciler

Rotary sondajda sondaj dizisinin en altında bulunana delme işinin doğrudan yapan elemandır.

2.1.2.5.1.1 Matkaplar

Sondaj Dizisinin ucunda yer alırlar. Takım dizisiyle birlikte dönerek veya darbeli dönerek formasyonu kırıp parçalayarak ilerlemeyi sağlarlar(Fotoğraf 2.6).



Fotoğraf 2.6 Matkaplar

2.1.2.5.1.2 Örnek alan deliciler

Karot matkaplar ve örnek alıcılar olmak üzere iki türlü olan bu delicilerin asıl amacı örnek almaktır.

2.1.2.5.1.3 Genişleticiler

Kazılmış sondaj kuyularını çeşitli amaçlar için genişletmek için kullanılan delicilerdir.

2.1.2.5.2 Rotary sondajda ağırlık borusu

Sondaj yaparken matkabın kayacı parçalayabilmesi için üzerine ağırlık vermek üzere kullanılan matkabın üzerine bağlanan borulardır. Özel çelikten yapılırlar. Et kalınlığı fazla çekme borularıdır(Fotoğraf 2.7).

Bir sondaj dizisinde birden fazla ağırlık borusu kullanılabilir. Matkaba verilecek ağırlık ile diziye bağlanacak ağırlık borusu sayısı, delinecek kayacın cinsine ve kullanılacak matkabın çapına göre seçilir. Sert kayalarda daha çok, yumuşak kayalarda daha az ağırlık borusu kullanılır. Dizinin delikte düzgün durması deliğin düşeyden fazla sapmadan ilerleyebilmesi açısından önemlidir. Döner sondajda ağırlık boruları şu amaçla kullanılırlar;

- Delici üzerine baskı yapma
- Ölü noktayı üzerine alma
- Titreşimi önleme
- Burkulmayı önleme
- Sapmayı önleme
- Matkap tüketimini azaltma



Fotoğraf 2.7 Matkabın üzerine bağlanan ağırlık borusu

2.1.2.5.3 Rotary sondajda stabilizerler

Rotary sondajda sondaj sırasında ağırlık borusu dizisinin delik içinde kendi ağırlığından dolayı bükülmesini ve sapmasını önlemesi için üzerine stabilizer parçaları takılır. Stabilizerler aşınmaya dayanıklı aletlerdir. Sondaj dizisinin uzunluğuna, delik ve boru çapına, geçilen formasyonların türüne, deliğin eğimine bağlı olarak bir veya birkaç tane kullanılabilir.

2.1.2.5.4 Rotary sondajda sondaj boruları (Tijler)

Sondaj sırasında dönme hareketini ve sondaj sıvısının matkaba iletmek üzere yerüstünden sondajın dizisinin en uç noktasına kadar bağlantıyı sağlayan borulardır. Üzerlerine binen yüksek ağırlıklara karşı dayanıklı olabilmeleri için özel malzemelerden yapılmıştır(Fotoğraf 2.8).



Fotoğraf 2.8 Tjler

2.1.2.5.5 Rotary sondajda şekilli borular(Kelly)

Döndürme düzeneğinin döner masa olduğu Rotary sondajlarda, döner masanın dönme hareketi, sondaj dizisine şekilli boru ile iletilir. Dış kesiti dörtgen, altıgen veya sekizgen iç kesiti dairesel bir borudur(Fotoğraf 2.9). Dış kesitin köşeli oluşu, içinden geçtiği döner masa tarafından kavranıp döndürülmesini sağlar. Köşeli borular firdöndüye bir ara parça ile bağlanırlar.



Fotoğraf 2.9 Kelly

2.1.2.5.6 Rotary sondajda firdöndü

Üst tarafı sabit, alt tarafı bunun içinde dönebilen iki ana parçadan oluşur(Fotoğraf 2.10). Üst parça kancaya asılı, alt parça kellye bağlıdır. İçerisinde çamurun geçebileceği bir boşluk vardır. Firdöndüler sondaj dizisinin ağırlığını taşıyabilecek güçtedirler. 250 – 300 ton yükü askıda tutabilecek kapasitede olanları vardır.

- Sondajı oluşturan işlevlerin tümünde görev alan tek parçadır.
- Alt bölümü dönerken üst bölümü sabit kalır.
- Tepeden dönerli sondajlarda döner kafa firdöndünün görevini tümüyle üstlenir.



Fotoğraf 2.10 Firdöndü

2.1.2.6 Rotary sondajda taşıma dizisi sistemi

Firdöndü bir kancaya, kanca hareketli makaraya, hareketli makara ise kulenin en üstündeki sabit makaraya tel halatla bağlıdır. Tel halat sarılı olduğu tanburun dönmesiyle sabit makaradan geçerek hareketli makarayı ve kancayı hareket ettirir ve böylelikle tüm sondaj dizisi aşağı-yukarı hareket ettirilir. Tanburlar, kule, sabit makaralar, hareketli makaralar, kanca ve halattan oluşan sisteme vinç sistemi, parçalara taşıma elamanları diziye de taşıma dizisi denir.

2.1.2.6.1 Rotary sondajda tamburlar

Rotary sondajda yükü kaldırmada tambur döndürülerek halatın sarması ve yükü yukarı doğru hareketlendirmesi sağlanır. İndirmede ise, dişli kutusu boş pozisyona getirilir ve vinç asılı yükün ağırlığı ile aşağı doğru inerken, tamburu da ters yönde döndürür(Fotoğraf 2.11).



Fotoğraf 2.11 Tambur

2.1.2.6.2 Rotary sondajda makaralar

Sondaj ünitelerinde halatların üzerinden dolandıkları iki tür makara vardır(Fotoğraf 2.12).



Fotoğraf 2.12 Makara

2.1.2.6.2.1 Sabit makaralar

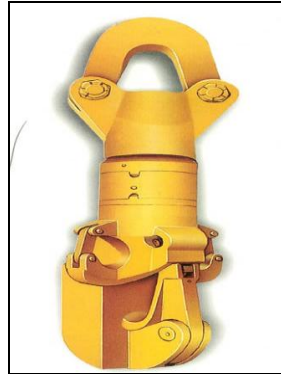
Kulenin en yüksek yerinde bir sıra gezmeyen makara vardır. Bu makara bloğuna taç denir.

2.1.2.6.2.2 Gezici makaralar

Bir mile takılı birden fazla çark içerebilirler. Her bir çark bir dil olarak adlandırılır. Tek dilli makaralar olabildiği gibi 6 dilliye kadar çıkabilir.

2.1.2.6.3 Rotary Sondajda Kanca

Döner sondajda genellikle gezici makaraya, gezici makaranın olmadığı durumlarda iş halatına doğrudan bağlıdır. Üst bölümün sabit alt bölümünün döner özelliği sondajda kolaylıklar sağlar(Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Kanca

2.1.2.6.4 Rotary Sondajda Kule

Rotary sondajda taşıma dizisi içinde yer alan, sondaj dizisinin kuyuya indirilip çıkarılmasında önemli rol oynayan bir ekipmandır. Kule boyları sondajın tipine, amacına ve ünitenin gücüne bağlı olarak 4–60 metre arasındadır(Fotoğraf 2.13).

Sondaj yapılacak yerde kurulan kulelerin devrilmeğe karşı emniyet tedbiri almak üzere, halatlarla bağlanmaları gerekir. Bağlanma, kulelerin tepesine tutturulan çelik halatların zeminde hazırlanan beton bloklara geçirilip gerdirilmesi ile yapılır. Kulelerin yüksekliği

aynı zamanda taşıma kapasiteleri ile ilgilidir. İnilecek derinlik arttıkça kullanılacak kulelerin boylarının yüksek seçilmesi gereklidir.



Fotoğraf 2.13 Sondaj Kulesi

2.1.2.6.5 Rotary Sondajda Halatlar

Rotary sondaj sisteminde kendir ve tel halatlar kullanılır. Çeşitli iş yerlerinde çekme, yük kaldırma ve kurtarma gibi işlerde kullanılır. Kendir halatlar, bitkisel kökenli halatlardır. Daha çok taşıma ve çakma gibi yan sondaj hizmetlerinde kullanılırlar. Kedi kafası ile birlikte sondore büyük kolaylıklar sağlar. Tel halatlar ise ortasında kendir veya çelikten bir öz vardır. Telciklerin sarılarak oluşturduğu tel bu özün etrafına sarılıdır(Fotoğraf 2.14).



Fotoğraf 2.14 Tel halatlar

2.1.2.7. Rotary sondajda dolaşım dizisi sistemi

Rotary sondajda kuyunun sıvı madde ile temizlenen sondaj yöntemlerinde dolaşım dizisi elemanları, sondaj ünitesi içerisinde buldukları yer ya da işlevleri bakımından üç grup halinde incelenir.

2.1.2.7.1 Emme bölümü

2.1.2.7.1.1 Emme deposu

Kuyunun temizlenmesi için kullanılacak sıvının belli bir yerde depolanması gerekir. Bu depolar büyük çaplı sondajlar için özel olarak yapılmış dikdörtgen prizma şekilli tanklar, sığ sondajlar için zemine kazılmış havuzlar, basit sondajlar içinse küçük hacimli kaplardan oluşur(Fotoğraf 2.15).



Fotoğraf 2.15 Emme deposu

2.1.2.7.1.2 Emme hortumu

Emici hortum olarak adlandırılan bu hortum çamur havuzu içindeki sıvıyı pompa yardımıyla emilmesini sağlar. Bu hortum dış etkenlere dayanıklı çelik tel örgülü genellikle 6 metre boyunda 5" çaplı olup üzeri kalın telle sarılıdır. Telin üzeri de sağlam bir şekilde bezle kaplanmıştır(Fotoğraf 2.16).



Fotoğraf 2.16 Emme hortumu klapesi

2.1.2.7.1.3 Çamur pompa deve boynu

Çamur pompası ile emme hortumunun birbirine bağlantısını sağlayan 6" kolon borusundan yapılmış ucunda flanşlar bulunan bir parçadır.

2.1.2.7.1.4 Pompa emme bölümü

Döner sondajlarda; düz dolaşimli yöntemde, çok büyük oranda pistonlu emme-basma çamur pompaları kullanılır. Ters dolaşimli yöntemde ve düz dolaşimli bazı basit ünitelerde ise, santrifüj tulumbalar pompa olarak kullanılırlar. Hangi tip tulumba kullanılırsa kullanılsın, piston veya pervanelerin havasını boşalttıkları borular emme hortumundan gelen sıvıyla dolar. Bu bölüme pompa emme bölümü denir [14].

2.1.2.7.2 Basma bölümü

2.1.2.7.2.1 Pompa basma bölümü

Emme bölümündeki sıvı, hızla dönen pervaneler veya pistonlarla basılır.

2.1.2.7.2.2 Basma boruları

Çamur pompasından çıkan sirkülasyon sıvısını kelly hortumuna ileten borular olup et kalınlığı fazla çelik borulardır.

2.1.2.7.2.3 Basma hortumu

Çamur pompası ve pompa borusundan gelen sirkülasyon sıvısını döner kafaya veya swivell' e ileten örgülü tellerle kaplanmış, siyah renkli hortumdur.

2.1.2.7.2.4 Deve boynu

Fırdöndünün giriş noktasında bulunan ve basma hortumu ile fırdöndüyü birbirine bağlayan eğik şekilli bir boru parçasıdır(Fotoğraf 2.17).

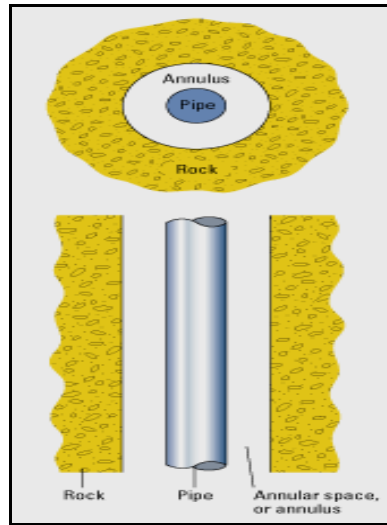


Fotoğraf 2.17 Deve boynu

2.1.2.7.3 İşlem bölümü

2.1.2.7.3.1 Kuyu boşluğu(Anülüs)

Matkabın deliklerinden çıkan sondaj sıvısı, sondaj dizisi dışı ile kuyu çeperi arasında kuyu boşluğunda hareket eder, kuyu ağzına gelir. Sondaj sıvısı ayrıca kopan zemin parçalarını kuyu boşluğundan yukarıya çıkarılmasını sağlar(Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Anülüs

2.1.2.7.3.2 Kuyu ağızı

Sondaj sıvısı kuyudan yukarı doğru çıkınca kuyu ağızından yüzeyde kazılmış kanallar yardımıyla dinlendirme havuzlarına aktarılır.

2.1.2.7.3.3 Kırıntı eleği

Kuyunun içinden gelen sondaj sıvısının içindeki zemin parçalarının sıvıdan ayrılması için kuyu ağızında kırıntı eleği bulundurulur (Fotoğraf 2.18).



Fotoğraf 2.18 Kırıntı eleği

2.1.2.7.3.4 Kanal ve oluklar

Kırıntı eleğinden süzülen sondaj sıvısı kazılarak açılan kanal veya oluklar yardımıyla dinlendirme havuzuna iletilir (Fotoğraf 2.19).



Fotoğraf 2.19 Kanal ve oluk

2.1.2.7.3.5 Dinlendirme deposu(Çamur havuzları)

Kırıntı elekleri sondaj sıvısı içindeki kırıntıları tümüyle ayırmaya yetmez. Bundan dolayı sirkülasyon halindeki sondaj sıvısını çamur havuzları içinde dinlendirerek kırıntıların tabana çökmesi sağlanır (Fotoğraf 2.20).



Fotoğraf 2.20 Çamur havuzu

2.1.2.7.3.6 Ayırma silikonları

Gelişmiş sondaj işlerinde kum, ince kum, ve siltli formasyonlardaki sondaj çalışmalarında sirkülasyon çamurunun bünyesine giren küçük parçacıkların ayrılması için tank veya havuzlara gelen sondaj sıvısı, merkez kaç prensibine göre çalıştırılan silikonlardan geçilerek çok daha iyi biçimde temizlenir.

2.2 Laboratuvar Çalışmaları

Sondaj çalışmalarının bitişinden sonra kuyudan alınan sıcak su örnekleri laboratuvarlarda incelenmiştir. Önceden hazırlanmış temiz numune kaplarına 6 farklı jeotermal su, jeotermal sondaj bitiminden sonra alınmıştır. Alınan jeotermal su Erciyes Üniversitesi laboratuvarında kimyasal analizleri yaptırılmıştır.

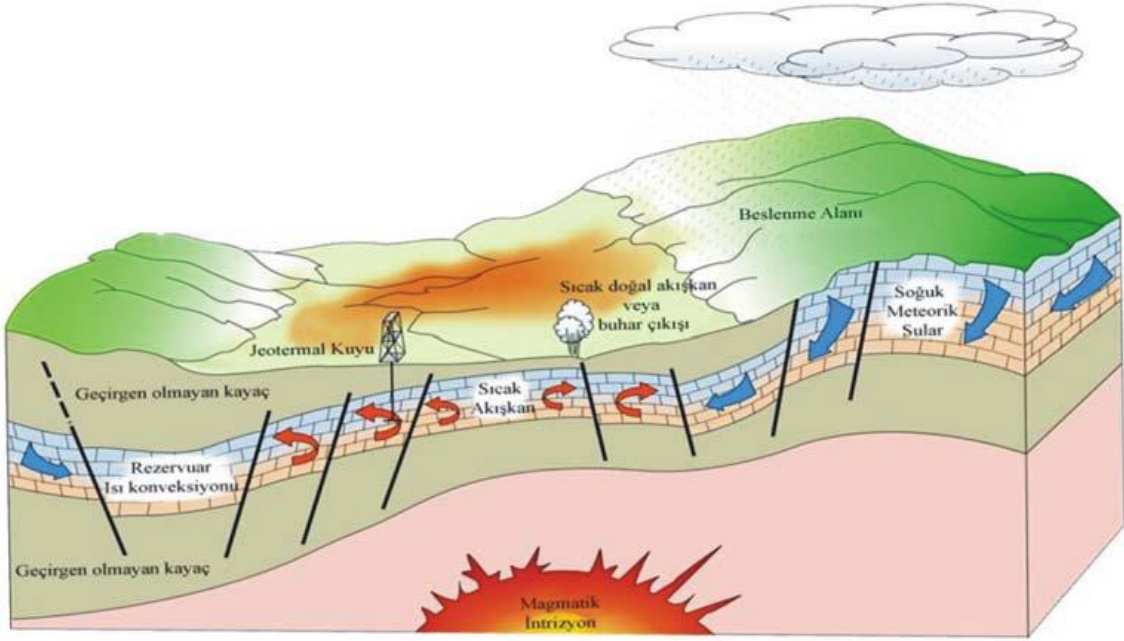
2.3 Büro Çalışmaları:

Büro çalışmaları arazi çalışmalarından önce başlatılmış ve tüm çalışmaların sonuna kadar devam ettirilmiştir. Bu çalışma konusyla ilgili rapor, yayın ve bilimsel çalışmalar araştırılmış ve konumuzla ilgili bilgiler derlenmiştir. Çalışma konumuzla ilgili yayın ve raporları derlemek için kurumların kütüphaneleri ve arşivleri taranarak çalışma alanı ile ilgili bilgiler elde edilmiştir.

2.4 Jeotermal Enerji

Fosil yakıtların neden olduğu çevre kirliliği ve kaynakların tüenecek olması yeni enerji kaynaklarının aranmasına yol açmıştır. Bu enerji kaynakların en önemlilerinden biriside jeotermal enerjidir. Gelişmekte olan ülkelerin enerji gereksinimleri giderek artmaktadır. Bu sebepten dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarından çok kapsamlı bir şekilde faydalanma yollarını araştırmaktadırlar. Tükenmez ve ya yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi de jeotermal enerjidir [15].

Jeotermal kaynak, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir(Şekil 2.3). Jeotermal enerji ise bunlardan dolayı veya doğrudan her türlü faydalanmayı kapsamaktadır. Ayrıca, herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanılan, yerin derinliklerindeki "Sıcak Kuru Kayalar" da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir [15].



Şekil 2.3 Jeotermal enerjinin oluşum modeli

Ülkelere göre değişik sınıflandırmalar olmasına rağmen jeotermal enerji, sıcaklık içeriğine göre kabaca üç gruba ayrılır:

- Düşük Sıcaklıklı Sahalar (20-70 °C sıcaklık),
- Orta Sıcaklıklı Sahalar (70-150 °C sıcaklık),
- Yüksek Sıcaklıklı Sahalar (150 °C'den yüksek)

Düşük ve orta sıcaklıklı sahalarda bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında, başta ısıtmacılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstriden (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayisinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, akışkandaki CO₂'den kuru buz eldesinde) kullanılmaktadır.

Ancak orta entalpili sahalardaki akışkanlardan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur.

Yüksek entalpili sahalardan elde edilen akışkan ise elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilir.

Jeotermal sistem üç ana unsurdan oluşmaktadır: Isı kaynağı, Plaka hareketleri sonucu mantoda oluşan yersel veya bölgesel düzensizlikler mantoda ısı anomalileri oluşturur. Bu anomalilerin tektonik hatlar ve/veya kuşaklar boyunca yer kabuğuna ulaştığı noktalardaki ısı anomali zonları ve/veya sıcak noktalar jeotermal sistemler için ısı kaynağını oluşturur. Isıyı taşıyan akışkan, Meteorik kökenli yağmur suları yeryüzüne düştükten sonra çatlaklı zonlardan süzülerek derinlerdeki ısı anomalisi etkisi ile ısınmış kayalarındaki ısıyı süpürerek yüzeye, ekonomik anlamda erişilebilecek sığ derinliklere taşıyarak sistemin çalışan jeotermal akışkanı olur. Jeotermal Rezervuar, işletilmekte olan jeotermal sistemin sıcak ve geçirgen kısmını tanımlar [15].

2.5 Ömer-Gecek Sahasının Jeotermal Durumu

Bu bölgede meteorik kökenli sular, başlıca fay sistemleri boyunca derinlere inmekte ve bölgesel gradyanın yüksek olması nedeniyle magma cep ve odacıkları tarafından ısınarak yine faylar yoluyla yükselerek önce rezervuara sonra yine fay hatları boyunca yükselerek yüzeye çıkmakta ve termal kaynakları oluşturmaktadır. Özellikle Ömer-Gecek sahasında KB-GD yönlü Araplı dere fayının jeotermal akışkanı yeryüzüne taşıyan en yüksek geçirimli zon olduğu anlaşılmıştır. Bu zondan yükselen jeotermal akışkanlar I. ve II. Rezervuar oluşturan mermer ve traki-bazaltların yayılımı boyunca Afyonkarahisar ovası ortasına doğru hareket etmektedir. Bu fayın kırılması sonucu sıcak su akiferi derinlere doğru gömülmektedir. Bundan dolayı sahanın doğusuna doğru örtü kalınlığı artmakta ve ovada basamaklı bir faylı yapı oluşmaktadır. Daha sonra soğuk yeraltı suları ile farklı oranda seyreltilmektedir[16].

[17], bu bölgede yaptığı çalışmada bölgedeki termal kuyularda sıcaklık evrelerine göre üç zon gözlemlemiştir.. Bu zonlar, sığ zon (40-50°C), geçiş zonu (60-70°C)ve Afyon metamorfitlerinden beslenen ve sıcaklığı 80-90°C derin kökenli zondur. Afyon volkanitleri ile sıcak su kaynakları civarındaki çok genç volkanizmalar birlikte yorumlandığı zaman, bölgede ki sistemin çok evreli olduğu zaten anlaşılmaktadır. Son yaşanan depremler sistemin halen ısınan bir sistem olduğu, fakat çok derin bir yapı olduğunun ispatıdır. Bu üç zonda alterasyon türleri olarak en sığ sistemde oksidasyonunun hâkim olduğu, ikinci zonda henüz soğumaya başlamış bir sistemin olduğu, derin ve en yüksek sıcaklığı gösteren zonun ise çok gazlı ve verimli olduğu gözlemlenmiştir [17]. Ömer-Gecek havzası ise derin ve burada bulunan Araplı fayı en

yüksek geçirimli zon olduğu için 80-100°C termal su almak mümkündür. Bundan dolayı sahanın en verimli olan bu zondan maksimum ölçüde faydalanmak Afyonkarahisar da jeotermal sürdürülebilirliği açısından çok önemlidir. Sahada maksimum 98°C jeotermal akışkan üretildiği için orta entalpili ve akışkan sıvının hâkim olduğu tek fazlı sistem özelliği göstermektedir.

BÖLÜM III

ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 İnceleme Alanının Jeolojisi

Ömer-Gecek jeotermal alanının jeoloji haritası şekil 3.1’de verilmiştir.

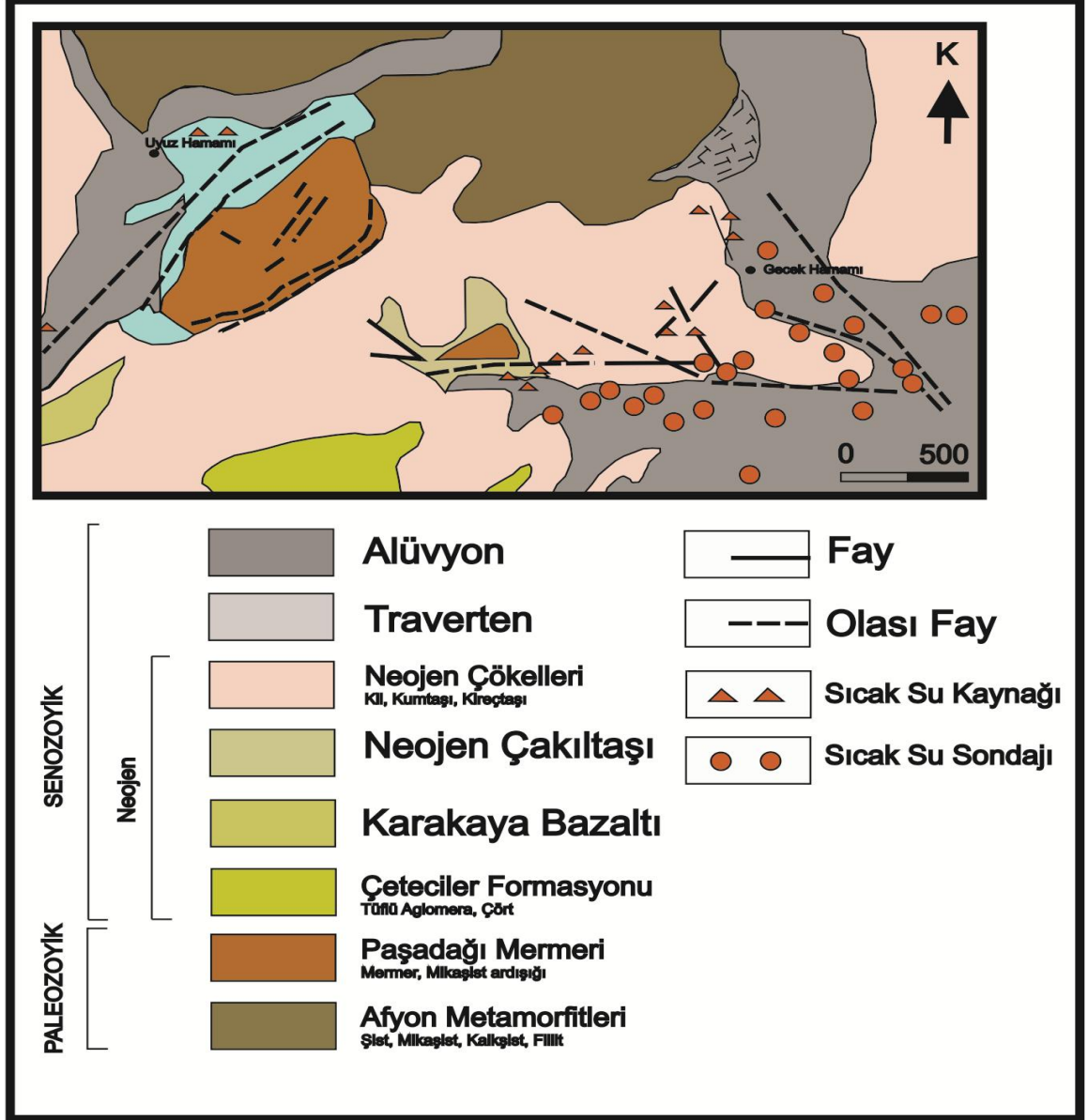
3.1.1 Paleozoik yaşlı kayalar

Çalışma alanında en yaşlı birim Paleozoik’e ait şistlerdir. Bu metamorfik temelde mikaşist, şistsel kuvarsit, kalkşist, kuvarşlı şist ve fillit egemendir. Bu metamorfik birime Afyon Metamorfikleri denir. Afyon Metamorfikleri, şistlerden ve mikaşistlerle ardalanan kristalize kireçtaşlarından oluşmuştur. Şistler çalışma alanında geniş yer kaplamaktadır. Genellikle mermerlerin altında ve bazen de Paşadağı Mermeri ile keşişirler. Şistler, sarı, kahverengi, yeşil ve gri renklerde olup; genellikle albit, klorit, muskovit, biyotit şistlerden oluşmaktadır [18].

İç Toros kuşağını oluşturan Afyon metamorfikleri çok sık kıvrımlanma gösterir. Bölgesel metamorfizma ve tektonizma sonucu genelde tabakalanmaya paralel olarak şistozite kazanmıştır. Şistozite kazanmış tabakaların kendi içinde zikzak kıvrımcıklar oluşturmuştur. Afyon metamorfiklerinin tabanı gözlenememiştir. Üst dokanağı Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı birimler tarafından diskordanslı olarak örtülmüştür. Birimin tabanı görünmediği ve kıvrımcıklı olması nedeniyle gerçek kalınlığı verilemez. Yaklaşık olarak 2000 metredir. Afyon’un kuzeybatı, kuzey kuzeybatı ve güneybatısında geniş alanlar kaplar. Ancak Tersiyer oluşukları ile örtülü olduğundan yer yer Tersiyer oluşukları içinde mostra verir [6].

Afyon Metamorfiklerinin bir üyesi olan şistler çalışma alanında kahverengi ve yeşil renklerde olup, geniş yer kaplamaktadır. Şistler granoblastik dokuda olup; yeşil şist fasiyesini temsil ederler. Şistlerin üzerinde geçişli olarak kristalize kireçtaşları (mermer) yer alır. Yer yer mikaşist ve kalkşistlerle de ardalanan kristalize kireçtaşlarının (mermer) kalınlığı en fazla 80 metredir [1].

Paşadağı Mermerleri tipik olarak Paşa Dağı'nda gözlenmiştir. Beyaz, gri renkli, sert ve kristalize görünümlüdürler. Sahada sırasıyla beyaz, yeşil, gri ve kırmızı renklerde sıralanmışlardır. Paşadağı Mermerleri tabanda şistlerle ve üstte de Tersiyer sedimentleri ile kaplanmıştır [6].



Şekil 3.1 Ömer-Gecek jeotermal alanının jeoloji haritası ([1] den değiştirilmiştir)

3.1.2. Senozoik yaşlı kayalar

3.1.2.1 Gebeciler formasyonu

Birim adını çalışma alanının dışında olan Gebeciler Beldesinden almaktadır. Mezozoik sonrası, bölge erozyona maruz kalmış ve Gebeciler Formasyonu Üst ve Orta Miyosen

yaşlı kristalize metamorfik tabana uyumsuz olarak çökelmiştir. Birim genellikle beyaz ve grimsi beyaz renklerde olup, çakıltası, kumtaşı, aglomera, tüf, tüfit, marn, killi kireçtaşı, silisli kireçtaşından oluşmuştur. Marnlı ve killi tabakaların bulunması; Gebeciler Formasyonunun, jeotermal alanın örtü kayaçları olarak düşünülmesine neden olur. Gebeciler Formasyonu, Özbekun Çakıltıları, Seydiler Tüfü, Kocatepe Trakitleri ve Akpınar Kireçtaşlarından oluşmuştur [6].

3.1.2.2 Afyon volkanik kayaları

Çalışma alanında Geç Miyosenden Erken Pliyosene kadar olan zamanda değişik aralıklarla karasal volkanizma etkili olmuştur. Bu volkanizmanın sonucu olan tüfler, aglomeralar, andezitik, trakitik, trakiandezitik, bazaltik kompozisyonda lav akıntıları yaygın olarak sadece Ömer-Gecek sahasında değil bütün Afyon sahasında gözlenebilirler [19]. Afyon Volkanikleri yüksek potasyum içeren volkanik birkaç üyeden oluşur. Afyon Volkaniklerinin bir üyesi olan Karakaya Bazaltı, arazide koyu kahverengi ve siyahımsı rengi ile hemen göze çarpar. Bu bazaltlar piroksen, ojit, biyotit (opak mineral olarak), labradoritten (porfiritik kristal olarak) oluşur. Matriks malzemesi camdır. Kristalen doku gözlenmiştir.

Magmatik etkinlikle ilgili en yaşlı kayalar, Afyon trakitik volkanizmasına bağlı trakitik, trakiandezitik ve andezitik volkanitler ile bunların tüfit, aglomera ve lahar gibi kırıntılı ürünlerdir. Alanda en genç volkanizmayı bazalt lavlardan oluşan Karakaya Bazaltları'na ilişkin volkanik etkinlik oluşturur. Söz konusu bazalt lavları en genç kırık zonlarına bağlı olarak yüzeylenirler. Orta Miyosenden, geç Üst Miyosen'e kadar bölgede yüzey volkanizmasının değişik aşamaları yaygın olarak görülür. Potasyum-Argon radyometrik yaş tayin metoduna göre 8 ile 14,75 milyon arasındadır [20].

3.1.2.3 Neojen çökelleri

Şist ve veya kristalize kireçtaşlarının üzerine açısal uyumsuzlukla Neojen çökelleri oturur. Bu birim çakıltası ile başlayıp, kumtaşı, kiltası, kireçtaşı, marn ile devam eder. Daha üstlerde ise tüfit-aglomera, çört ve lahar ile temsil edilen birimin maksimum kalınlığı 300 m dolayındadır. Traverten çökelleri ve alüvyon en genç birimlerdir [1].

3.1.2.4 Alüvyon

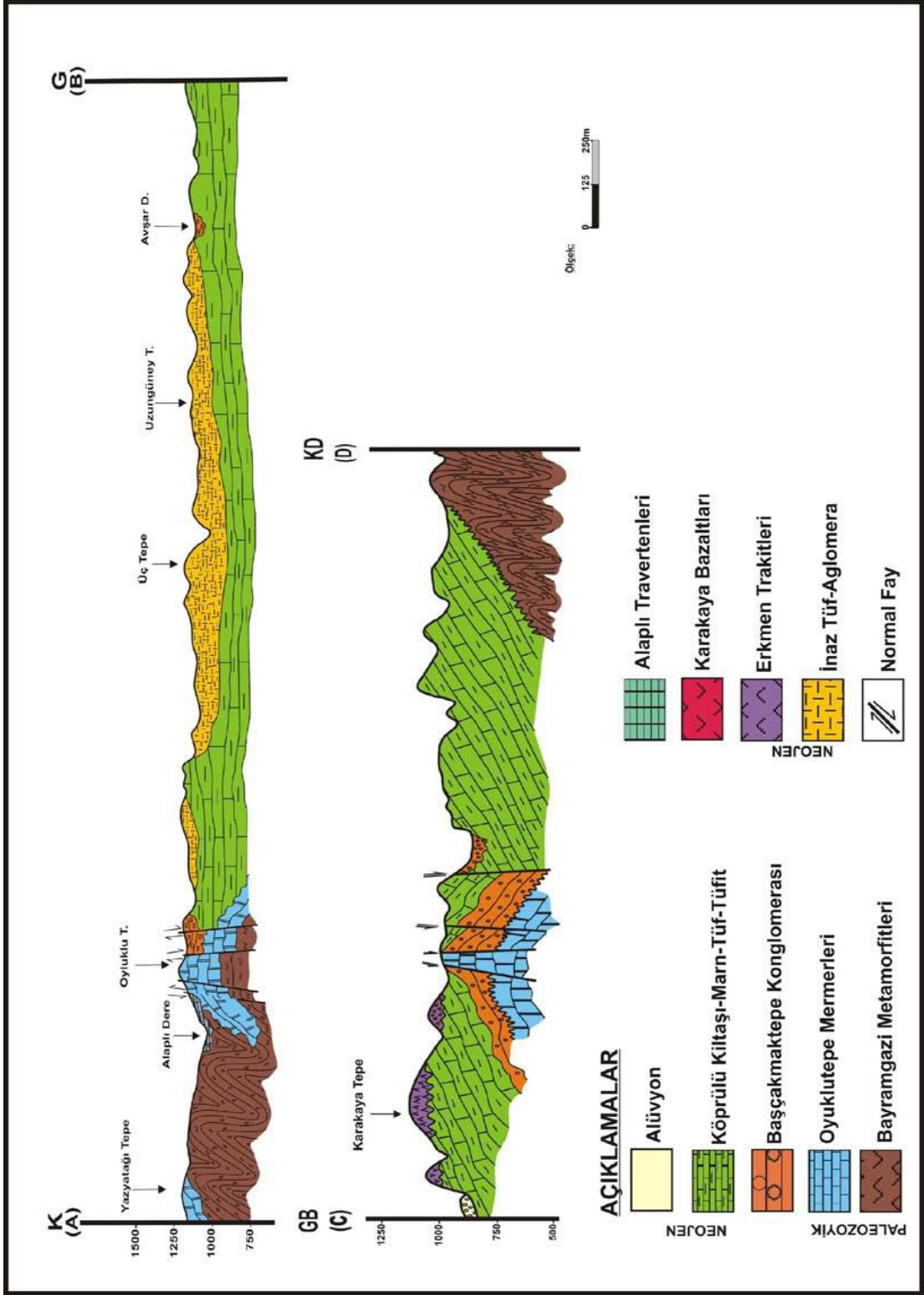
Kum, çakıl, silt ve kil boyutundaki birleşmemiş sedimentlerden oluşan alüvyonlar, ovalarda ve nehir yataklarında geniş alanlarda uzanırlar. Bu malzemeler metamorfik kayaç parçalarının, Neojen çökellerin ve volkanik kayaların yavaş hareketi sonucu oluşmuştur. Alüvyonun kalınlığı 50 ila 150 m arasındadır. Alüvyon çökelleri inceleme alanının Akarçay çevresinde ve güneybatı kesimlerinde bulunmaktadır.

3.1.2.5 Yamaç molozu (Birikinti konisi)

Yamaç molozu genellikle çalışma alanındaki tepelerin yamaç ve eteklerinde açılı ve kırıntılı olarak gözlenmiştir. Arazinin bazı bölgelerinde konik depozitlerle birlikte bulunmaktadır.

3.1.2.6 Traverten

Jeotermal suların getirdiği çözülmüş maddelerinin çökmesi sonucu oluşan travertenler, sıcak su çıkışı olan yerlerin çevrelerinde görülür. Oyuklu Tepe'de çalışma alanının batısında ve başlıca olarak Ömer ve Gecek hamam çevrelerinde gözlenmektedir. Kalınlığı 5 ila 10 m arasındadır [21].



Şekil 3.2 Ömer-Gecek bölgesine ait jeolojik enine kesitler [8]

Üst Sistem		<p style="text-align: center;">SENOZOYİK</p> <p style="text-align: center;">NEOJEN</p> <p style="text-align: center;">Üst Miyosen – Pliyosen</p> <p style="text-align: center;">Ömer-Gecek</p>	<p style="text-align: center;">PALEOZOYİK</p>	
Sistem	<p style="text-align: center;">Alaplı</p> <p style="text-align: center;">Karakaya</p> <p style="text-align: center;">Erkmen</p> <p style="text-align: center;">Naz</p> <p style="text-align: center;">Köprülü</p> <p style="text-align: center;">m2</p> <p style="text-align: center;">T1T6</p> <p style="text-align: center;">NÇ</p> <p style="text-align: center;">m1k</p> <p style="text-align: center;">Pzmr</p> <p style="text-align: center;">Pzş</p>			
Seri				
Formasyon				
Üye				
Simge				
Kalınlık (m)				
Q	Trv	25		
		50		<p>9-Alüvyon</p> <p>8-Traverten</p> <p>7-Bazalt Kahverengi, kırmızı-mor renkli, akıntı yapılı, altıgen soğuma sütunlu ve tablamsı bazalt volkanizması</p> <p>6-Traki-andezit Kahve-mor renkli, sert yapılı 10cm'ye ulaşan sanidin kristalleri içerir.</p> <p>5-Tüf-Aglomera Süt beyaz renkli, kalın katmanlı, kuvars, plajiyoklas-oligoklas, andezin-biyotit lamelleri ve opak taneler içerir.</p> <p>4-Kilitaşı-Marn-Tüf Gösel, orta-ince tabakalı kilitaşı-çamurtaşı ve marn ardalanması</p> <p>3-Konglomera Kalın kötü katmanlanmalı, taban konglomerası-kumtaşı. Silttaşı ve Kilitaşı ardalanmalı</p> <p>Uyumsuzluk</p> <p>2-Mermer Sert, kristalize mermer, yer yer karstik boşluklu kalın tabakalanmalı, kıvrımlı</p> <p>1-Şist Kuvars-muskovit-serisit şist, kuvars-albit-klorit şist, meta kumtaşı, metakonglomera ve kalkışist ardalanmalı</p>
		200		
		250		
		300		
		250		
		250		
		250		
		250		

Şekil 3.3 Ömer-Gecek bölgesine ait geliştirilmiş kolan kesiti (ölçeksiz)[8]

3.2. Jeotermal Sondaj İşlemleri

3.2.1. Delme

Afyonkarahisar Ömer-Gecek jeotermal sahasında AFJET tarafından konut ısıtması için yapılan jeotermal sondaj özel bir şirket tarafından yapılmıştır. Sondaj rotary sondaj makinası ile yapılmıştır. Jeotermal sahada, yapılacak çalışmalara uygun ekipman şantiyeye götürülerek delme işlemlerine başlanmıştır.

Delme işlemi sırasında matkapların delinecek formasyona göre uygun seçilmesi gerekir. Delme işlemi şu şekilde yapılmıştır. 0-38 m. 26" matkapla ilerleme yapıldıktan sonra 0-38 m. 20" tecrit borusu indirilerek boru ile kuyu cidarı 1,83 gr/cm³ yoğunlukta çimento şerbeti ile çimentolanmıştır. Çimento prizlendikten sonra 17 ½ " matkapla ilerlemeye geçilmiştir. 38-337 m. arası 17 ½ " matkapla delindikten sonra, 0-337 metreye 13 3/8" üretim borusu indirilmiştir. Borulama dizaynında flot-color alt tapa ve üst tapa olmak üzere iki tapa kullanılmıştır. 0-337 m. arası 12 m³ 1,83 gr/cm³ yoğunlukta çimento şerbeti ile çimentolanmıştır. Çimento şerbetinin anülüsten geldiği görülmüş ve çimento prizlendiği anda çimentolama operasyonu bitirilmiştir.

Kuyu başı hazırlıkları tamamlandıktan sonra preventer konularak flot color kesildi.

337-683 m. 12 1/4" çapta matkapla delinmiştir. 337-495 metreye 9 5/8 ", 495-676 metreye 6 5/8" borular indirilmiştir.

Delme işlemi esnasında olarak sirkülasyonda olan sondaj sıvısının devamlı olarak kontrol edilmesi lazımdır. Eğer bir çamur kaçağı olursa takım sıkışmasına ve formasyonun hasar görmesine neden olabilir. Bu kuyudaki çamur kaçak zonları Tablo 3.1 de verilmiştir.

Tablo 3.1 Kuyudaki çamur kaçak zonları

Derinlik(m)	Kaçak Miktarı(m³)
456	1
504	1,3
560-563	3
600	Su ilavesinde kısmi kaçak
672	Tam Kaçak

650 ±50 m. olarak planlanan bu kuyu delme işlemi esnasında 456 metreden 665 metreye kadar kısmi kaçaklar oluşmuştur. 672. metrede kuyu tam kaçak yapmış ve çamur sirkülasyonu bir daha sağlanamamıştır. Gerekli teçhiz, ölçümler yapıldıktan sonra kuyu 23.03.2011 tarihinde bitirilmiştir. Delme işlemi esnasında kesilen litolojik birimler Tablo 3.2' de verilmiştir.

Tablo 3.2 Sondajda kesilen litolojik birimler

Derinlik(m)	Litoloji
0-10	Nebati Toprak
10-40	Alüvyon
40-100	Az killi kumlu çakıl
100-140	Az çakıllı kil
140-180	Konglomera
180-200	Kıltaşı
200-220	Az çakıllı kil
220-240	Konglomera
240-270	Kıltaşı
270-290	Kuarsit
290-312	Az kumlu çakıl
312-337	Mermer
337-400	Şist
400-420	Çakıltaşı
420-444	Şist
444-470	Kuarsit
470-616	Şist
616-624	Mermer
624-672	Mermer bloklu Şist
672	TAM KAÇAK

3.2.2 Tecrit

Jeotermal sondajlarda tecrit işlemi önemli bir yere sahiptir. Sondaj kuyularında tecrit işlemleri şu maksatla yapılmaktadır;

- Yüzeydeki kötü suyu, sanayi atıklı veya her ne sebeble olsun zararlı olduğu anlaşılan suların kuyunun içerisine girmesini engeller.
- Farklı akifer özelliklere sahip seviyelerdeki suların birinin diğerlerinin özelliğini bozmasını engeller
- Artezyen akiferlere ait suyu kontrol ederek diğer formasyonlara geçmesini engeller.

Özetle yeraltındaki suyun her türlü kirlenip kalitesinin düşmesini engellemek için boru, beton, kil veya çimento şerbetiyle kapatılmasına tecrit denilir.

Tecrit kuyu açılırken veya kuyu tamamlandıktan sonra yapılan en önemli işlerden biridir.

Ömer-Gecek' te yapılan sondaj sahasının yanından Akarçay deresi geçmektedir. Bu derenin suyunun çoğu atık sulardan oluşmaktadır. Akarçay' ın suyunun sondaj kuyusuna girmemesi için sondaj kuyusunda 38 m. 20" muhafaza borusuyla tecrit edilmiştir. Kuyu cidarı ve muhafaza borusu arasındaki boşluğa $1,83 \text{ gr/cm}^3$ özkütleli çimento şerbetiyle dolduruldu ve en az 12 saat çimentonun donması beklenmiştir. Daha sonra $17 \frac{1}{2}$ " lik matkapla delinmeye başlanmıştır.



Fotoğraf 3.1 Tecrit boruları

3.2.3 Teçhiz

Delme işlemi bitirildikten sonra kuyunun teçhizine sıra gelmektedir. Jeotermal kuyularda yüksek basınç ve yüksek sıcaklık söz konusu olduğundan kuyu içinde kullanılan boruların uygun seçilmesi çok önemlidir(Fotoğraf 3.2).

Sondaj kuyusundan bir metre derinlikte alınan kırıntı numuneler değerlendirilerek filtre boruların konulacağı yerler belirlenir. Teçhiz borusunun rahatça indirilebilmesi ve kuyu çapı teçhiz çapının en az iki misli olmalıdır.

Ömer-Gecek sahasında yapılan teçhiz işlemi aşağıdan yukarıya şu şekilde yapılmıştır (Tablo 3.3).



Fotoğraf 3.2 Teçhiz boruları

Tablo 3.3 Ömer-Gecek Jeotermal kuyusunun teçhizi

		Boru çapı	Derinlik (m)	Boru Tipi
1	Filtreli	6 5/8 "	495–676 m.	Kapalı Filtreli Casing Linner boru
2	Filtreli	6 5/8 "		
3	Filtreli	6 5/8 "		
4	Filtreli	6 5/8 "		
5	Filtreli	6 5/8 "		
6	Filtreli	6 5/8 "		
7	Filtreli	6 5/8 "		
8	Filtreli	6 5/8 "		
9	Filtreli	6 5/8 "		
10	Kapalı	6 5/8 "		
11	Filtreli	6 5/8 "		
12	Filtreli	6 5/8 "		
13	Filtreli	6 5/8 "		
14	Filtreli	6 5/8 "		
15	Filtreli	6 5/8 "		
16	Filtreli	6 5/8 "		
17	Kapalı	6 5/8 "		

Tablo 3.3 (Devam) Ömer-Gecek Jeotermal kuyusunun teçhizi

18	Filtreli	9 5/8 "	337-495 m.	Kapalı- Filtreli Casing linner boru
19	Kapalı	9 5/8 "		
20	Filtreli	9 5/8 "		
21	Filtreli	9 5/8 "		
22	Filtreli	9 5/8 "		
23	Filtreli	9 5/8 "		
24	Filtreli	9 5/8 "		
25	Filtreli	9 5/8 "		
26	Filtreli	9 5/8 "		
27	Filtreli	9 5/8 "		
28	Kapalı	9 5/8 "		
29	Filtreli	9 5/8 "		
30	Filtreli	9 5/8 "		
31	Filtreli	9 5/8 "		
	Kapalı	13 3/8 "	0-337 m.	Kapalı Casing üretim borusu (Arkası çimentolu)
	Kapalı	20"	0-38 m.	Kapalı kaynaklı tecrit borusu (Arkası çimentolu)

Bu kuyuda yapılan teçhizde 17 adet 6 5/8" 2 si kapalı boru, 14 adet 9 5/8 " 3 ü kapalı olmak üzere 339 m. uzunluğunda borulanmıştır. Bunların üzerine 34 adet 316m. tij ve 6 m. kafa eklenerek teçhiz işlemi tamamlanmıştır.

Jeotermal sondaj kuyularının üretime geçtikten sonra bir takım olumsuzluklar yaşamamak için teçhiz işleminin yapılması için boruların dikkatli seçilmesi gerekmektedir.

3.2.4 İnkişaf ve üretim test çalışmaları

Kuyu geliştirme(inkişaf) işlemi kuyuda bulunan kum çakıl gibi ince malzemeleri ve sondaj çamuru artıklarını dışarı atmak için yapılır. Ayrıca filtreli boruların civarındaki formasyonların oturmasını sağlar. Jeotermal kuyularının geliştirilmesi çok önemli olup güçlü bir kompresörle su berraklaşana kadar geliştirilmelidir.

Ömer-Gecek teki sondajda kuyuya kompresörle hava basılmıştır. Hava basılırken 5 dk. geçmeden kuyu artezyen yaparak üretime geçilmiştir(Fotoğraf 3.3). Kuyudan yaklaşık 80-100 lt/sn debide akış sağlanmıştır.

Sondaj akışkanı olarak kullanılan çamurun sıcaklığı kuyu ağzında sürekli olarak ölçülür ve gözlenecek ısı artışlarına göre sıcak bir zona girildiği tespit edilebilir. Termometre ile alınan ölçüler giriş ve çıkış çamur sıcaklığı olarak kayıt edilir(Fotoğraf 3.4).



Fotoğraf 3.3 Kuyunun üretime geçmesi



Fotoğraf 3.4 Termometre ile yapılan ölçüm

Bu kuyuda maksimum termometre ile yapılan ölçümde sıcaklığın 118 C° olduğu tespit edilmiştir. Kuyudan alınan Amerad ölçülerinde 440metrede statik basınç 40 bar ve sıcaklık 105 derece, 610 metrede statik basınç 57 bar ve sıcaklık 118 derece olarak ölçülmüştür. Kuyunun derinliklerine göre çamur sıcaklıkları Tablo 3.4 de verilmiştir.

Tablo 3.4 Kuyunun çamur sıcaklıkları

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)
70	22-24
180	24-28
199	28-33
230	34-38
255	34-39
274	36-40
342	40-42
352	42-48
380	44-50
400	48-51
446	48-52
456	53-58
484	55-59
495	55-60
500	62
504	63
552	56-63
558	58-66
560	64-74
590	70
600	62-68
622	69-74
630	74-75
648	74
660	75
672	TAM KAÇAK

3.2.5 Çimentolama

Jeotermal kuyularda, sondaj sırasında çeşitli amaçlara yönelik olarak değişik tipte çimentolamalar yapılır. Casing çimentolamaları haricinde yapılan çimento basma işi, genel olarak, sondaj için sıkıntı yaratan zonların kapatılmasını sağlamak üzere uygulanan tapa çimentolamadır. Bu seviyeler, çeşitli kaçak formasyonları ile yıkıntı yapan formasyonlardır. Yeterli hacimde hazırlanan çimento şerbeti, sondaj takım dizisi içinden basınçlı olarak anılan bu formasyonlara basılır [22].

Normal sondaj şartlarında, rezervuara yaklaştıkça, sıcaklık değerlerinde artış görülür (çamurun kuyudan çıkış sıcaklığı). Bu durum çamur ve çimento için kritik olmaya başlar. Sıcaklık karışımın jeolojik özelliklerini, ötelenmesini, pompalama zamanını ve çimentonun mukavemetini etkiler. Çimentolama öncesi, sondaj sırasındaki çamur çıkış sıcaklığı çok dikkatli takip edilerek kuyu dibi şartlarına göre, çamur katkı maddelerinin planlaması yapılır. Sıcaklığın 110°C nin üzerinde olduğu yerlerde, çimento mukavemetini korumak amacıyla % 30-40 arasında Silis unu, % 0,2-0,4 oranında geciktirici katılmalıdır [22].

Geciktiricinin az ya da çok kullanılmasının pratikte görülen bir takım sakıncaları vardır. Az kullanılması halinde, çimento şerbeti kuyu dibine ulaştığında yüksek sıcaklıkla karşılaşarak aniden prizlenmeye başlamakta ve anülüs tam doldurulamayan pompalama yapılamaz hale gelmektedir. Geciktiricinin yeterinden çok kullanılması halinde ise prizlenme günlerce sürmekte, eğer casing seviyesi altında çok yüksek gaz basıncı içeren formasyon var ise bu gaz, çimento içinde yükselerek yüzeye kadar oluşan ve ileride tehlikeli olabilecek mikro anülüs oluşturmaktadır [22].

Çimentolama öncesi, kuyuya basılacak çimento ve katkı maddeleri miktarının hesaplanması gerekir. Bunlardan önce, kuyu içinde çimento şerbeti ile doldurulacak hacimler ve üst tapanın, alt tapa üzerine oturmasını sağlayacak öteleme sıvısının miktarlarının da, yine hacim hesaplarından giderek, bulunması gerekir. Jeotermal sahalarda çimento şerbetinin yeterli dayanımda olması için 1,80 gr/cm³ yoğunlukta olması gereklidir [22].

3.2.6 Reenjeksiyon

Bir jeotermal rezervuarın ömrünü uzatmak ve çok daha fazla enerji çekebilmek için tüm dünyada reenjeksiyon çalışmaları gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Geri basım işleminde en önemli nokta geri basım yapılacak sondaj kuyusunun en doğru şekilde seçimidir.

Suyun etken olduğu jeotermal rezervuarlardan çok yüksek miktarlarda sıcak su üretimi yapılır. Üretilen sıcak suyun bir kısmı sıcak su olarak doğrudan kullanılırken geri kalan önemli bir kısmı ise merkezi jeotermal ısıtma sistemlerinde ısısı alındıktan sonra artık su olarak kalır. Artık su saha yakınındaki deniz, göl ve akarsu gibi yerlere verilebilirse de, her jeotermal sahanın yakınında bu tür olanaklar bulunmayabilir. Kaldı ki olsa bile hem en doğru çözüm değildir ve hemde bazı çevre sorunları kaçınılmazdır. Dolayısıyla doğru olanı, suyu geldiği yere veya uygun yeraltı formasyonlarına basmaktır.

Reenjeksiyon rezervuar basıncını koruduğundan dolayı jeotermal sahalardan üretimi arttırmak için en iyi yöntem olması ile beraber, termal suların taşıdığı kimyasal maddelerden doğaya zarar vermeden kurtulmak için de iyi bir yöntemdir. AFJET'in kullandığı jeotermal suyun geri dönüş sıcaklığı 45 °C olup, bu su reenjeksiyon olayı yapılmaya başlanmadan önce Akarçay nehrine bırakılmaktaydı. Özellikle reenjeksiyon için açılmış olan R-240 kuyusunun kullanılmamasından sonra, üretimi düşük olan diğer kuyuların reenjeksiyon için ne kadar uygun olduklarına dair testler yapıldı. AF-1, R-260, AF-3, AF-4 ve AF-22 kuyularının reenjeksiyona uygunlukları test edildi. AF-4 ve AF-22 kuyuları reenjeksiyon için en iyi kuyular olduğuna karar verildi [23].

Tekrar-basma işleminin önemli sebepleri şunlardır;

- 1) Yeryüzünde üretildikten sonra kalan artık sudan kurtulmak.
- 2) Rezervuar basıncını korumak.
- 3) Rezervuardan daha fazla ısı üretimini sağlamak
- 4) Atık sudaki termal enerjiyi tekrar sağlamak
- 5) Rezervuar basıncının düşümünün yüzeyde oluşturduğu çökme ve kaymaları önlemek

3.2.7 Su analizi

Sondaj çalışmalarının bitişinden sonra kuyuya inhibitör eklenmeden önce alınan sıcak su örnekleri laboratuvarlarda incelenmiştir. Önceden hazırlanmış temiz numune kabında 6 adet jeotermal su örneği jeotermal sondaj bitiminden sonra alınmıştır. Alınan Jeotermal su Erciyes Üniversitesi laboratuvarında bazı anyon ve kation oranları belirlenmiştir(Tablo 3.5).

Tablo 3.5 Açılan jeotermal kuyunun kimyasal analiz sonuçları

Örnek	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Kuyudan alınırken sıcaklığı	105 °C	103 °C	108 °C	107 °C	105 °C	109 °C
Analiz anındaki sıcaklık	22	21	20	24	23	22
Klorür mg/l	1752,6	1877	1910	1690	1807	1745
Nitrat mg/l	29,4	31,2	30,5	28,8	29,1	32,2
Sülfat mg/l	457	453	450	462	455	458
Nitrit mg/l	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2
Florür mg/l	7,4	8,1	6,8	7,5	7,1	7,6
Orto-Fosfat mg/l	0	0	0	0	0	0
Sodyum mg/l	1650	1720	1743	1675	1648	1632
Potasyum mg/l	116,2	121	120	119	118	122
Kalsiyum mg/l	57,6	63,2	68,4	58,3	59,1	59,7
Magnezyum mg/l	18	17	17,5	19,2	18,3	17,6
Amonyum mg/l	0	0	0	0	0	0

- **Klorür:** Sıcak akışkanlardaki klorür, deniz suyundan, evaporitlerden, yağmur ve kar suyundan ya da atmosferden gelebilir. Sıcak akışkanlardaki klorür miktarı yağışlı bölgelerde az, kurak bölgelerde çoktur. Jeotermal kaynaklarda yüksek klor konsantrasyonları doğrudan derin bir rezervuar kayaktan beslenmeye işaret eder [24]. Bu durumda soğuma ya da soğuk su ile karışım en alt düzeyde olmalıdır. Sıcak veya kaynayan sulardaki düşük Cl^- seviyeleri, yeraltı suyu seyrelmelerini yansıtır. Cl^- içeriğinin artması deniz suyu ile ilişkiyi gösterir. 1000 mg/lit ve üzerinde Cl^- içeren sular Cl^- tipli sulardır [24].

- **Nitrat ve Nitrit:** Nitrat (NO_3^-) ve nitrit (NO_2^-) yaygın olarak bulunan iyonlardır. Her ikisi de, bitkilerde, toprakta, suda bulunan organizmalarca ve yıldırım sonucu, azotun oksidasyonu ile oluşan ürünlerdir. Nitratlar (NO_3^-) organik maddelerin çözünmesiyle oluşan son ürün olarak bilinmektedir. Nitrat, oksitlenmiş azotun en kararlı formudur. Nitratlar, inorganik gübreler olarak yaygınca kullanılmaktadırlar. Nitrat ayrıca patlayıcı yapımında, kimya endüstrisinde yükseltgeyici olarak ve yiyecek korunmasında da kullanılmaktadır. Nitrat eriyebilme ve toprağın geçirgen özelliği nedeniyle kaynak sularına karışabilmektedir. Nitrit ise organik maddelerin ayrışması sırasında meydana gelen bir ara ürün olarak bilinmektedir [25].
- **Sülfat (SO_4):** Sıcak akışkanlardaki sülfatın büyük bir kısmı jips ve anhidritten ileri gelmektedir. Bunların dışında az miktarda piritin oksidasyonu ile oluşan demir sülfattan, magnezyum ve sodyum sülfattan gelebilir. Derin kökenli jeotermal akışkanlarda SO_4^{2-} konsantrasyonu genellikle düşüktür. (<50 mg/kg), ancak hidrojen sülfürün (HS^-) oksidasyonu ile SO_4^{2-} konsantrasyonu artar [24].

Sülfat derişimide termal sahalar için iyi bir belirteçtir. Sıcak akışkanlardaki sülfatın büyük bir kısmı jips ve anhidritten ileri gelmektedir. Fakat çalışma sahasında jips ve anhidrit olamadığına göre, buradaki sülfatın Afyon Volkanitleri içindeki piritin oksidasyonu ile oluşan demir sülfattan, magnezyum ve sodyum sülfattan gelebilir. Derin kökenli jeotermal akışkanlarda SO_4^{2-} konsantrasyonu genellikle düşüktür. (<50 mg/kg), ancak hidrojen sülfürün (HS^-) oksidasyonu ile SO_4^{2-} konsantrasyonu artar [24]. Cl^- konsantrasyonlarından büyük ya da yaklaşık eşit olan yüzey sularındaki yüksek SO_4^{2-} konsantrasyonu genellikle yüzeye yakın sular içinden buhar yoğunlaşmasının varlığını göster. Bunun yanında düşük SO_4^{2-} derişimlerinde HCO_3^- 'ün diğer bir kaynağının bakterisel sülfat indirgenmesi olabilir [4].

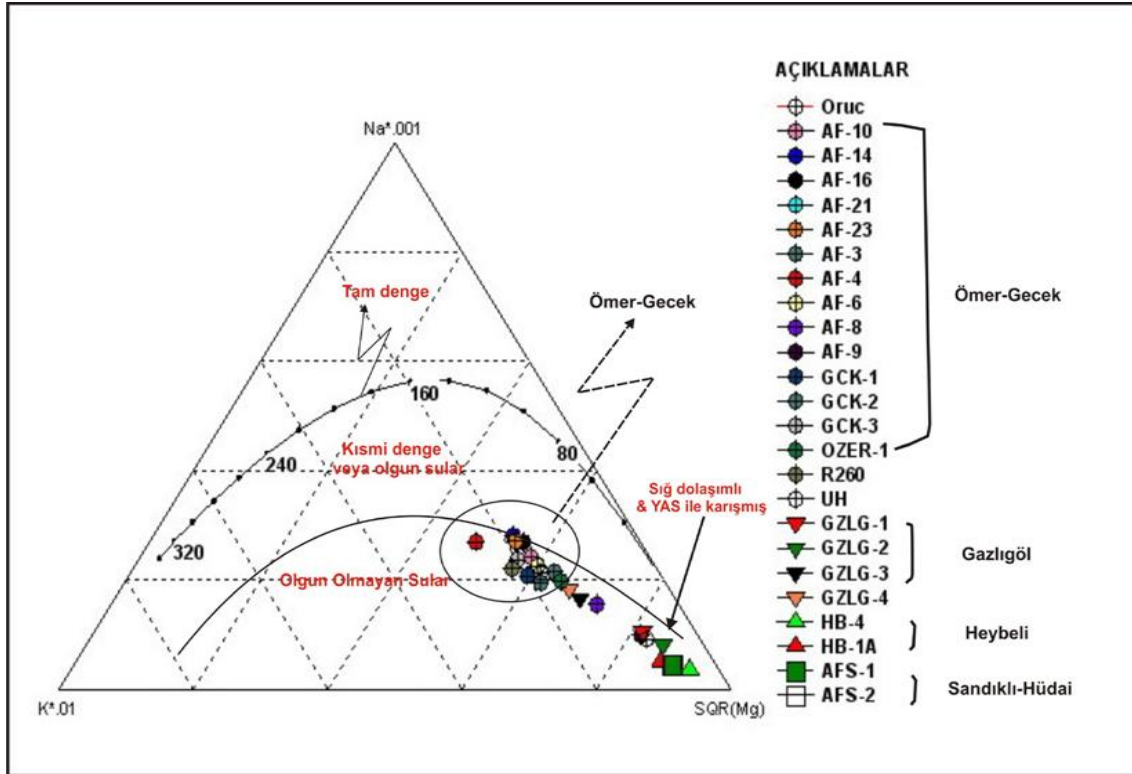
- **Florür:** Doğal sularda florun kaynağı florit, apatit, mika ve amfibol gibi minerallerdir. Genellikle anyon değişimi sonucunda kaolinitlerin adsorbsiyonu ile oluşur. PH=6 ise adsorbsiyon en yüksek seviyededir (

pH>7.5 ve pH <4 olduğunda desorpsiyon gelişir). Alkalin sular genel olarak yüksek F^- içerir. Deniz sularının F^- içeriği <1 mg/l'tir [26]'e göre deniz suyu kaolinitin adsorpsiyonu sunucunda bazı alkali suların F^- içeriği >1mg/l'tir. Jeotermal akışkanlarda F^- içeriği genellikle 10 mg/l'ten düşüktür. F^- kayaç su etkileşimi sonucu farklı mineral fazlarında (mikaların yapısında) bulunabilir. CO_2 basıncı yüksek ise kalsiyum ortamda bulunan F^- ile bileşik oluşturur. Yüksek F^- konsantrasyonu ortamda düşük kalsiyuma işaret eder. Ender olarak F^- değerleri meteorik sular içindeki volkanik gazların (HF^-) yoğunlaşması ile üretilebilir. Bu durumda F^- çok yüksek Cl^- ve SO_4^{-2} değerleri ile birlikte oluşur [24]. Yüksek F^- konsantrasyonları sedimanter kayaçlara göre, riyolet, pomza ve obsidiyen gibi volkanik kayaçların su-kayaç etkileşimindeki önemini gösterir [27].

- **Sodyum (Na) ve Potasyum (K):** Sıcak sulara en çok plajiyoklazların ayrışması ve kil minerallerinin baz değişimi sonucu karışır. Mağmatik ve metamorfik kayaçlar içerisinden çıkan sıcak akışkanlarda 1-20 mg/l'te arasında sodyum bulunur. Sodyum (Na^+) ve potasyum (K^+) konsantrasyonu mineral-akışkan dengesine bağlı olarak sıcaklık ile kontrol edilir. Sodyum jeotermal akışkanının ana katyonudur ve konsantrasyonu yaklaşık 200–2000 mg/l'tir [24]. Potasyum iyonu da jeotermal akışkandaki major katyondur. Ancak jeotermal sulara potasyum sodyuma göre daha düşük seviyelerde bulunur (yaklaşık 1/10'u kadar). Na^+/K^+ oranı yüksek sıcaklıklı zonlar için iyi bir yol göstericidir. Düşük Na^+/K^+ oranı yüksek sıcaklığa işaret eder. Düşük Na^+/K^+ ($\sim <15$) yüzeye hızlı ulaşan suları belirtir. Bu durum yüksek akışa sahip yapılarla veya daha geçirgen zonlarla ilgilidir. Na^+/K^+ oranının yüksek olması yanıl akışın yüzeye yakın reaksiyonların varlığının ve jeotermal iletken soğumanın göstergesidir [24]. Ömer- Gecek jeotermal havzasında sodyum iyonu yüksek değerler vermektedir.
- **Magnezyum(Mg):** Sıcak akışkanlarda kalsiyumdan sonra en fazla rastlanan katyondur. Sıcak akışkanlara çoğunlukla magnezyumlu kalker, dolomit ve

serpantizasyon sonucu açığa çıkan magnezyum karbonatın eritilmesi ile karışır. Yeraltı sularında magnezyum değeri 1-40 mg/l arasında değişmektedir ve genelde kalsiyum miktarından daha azdır. Deniz suyunda ise Mg^{+2} iyonları Ca^{+2} iyonlarına göre, normal sulara oranla 5 kat daha fazla bulunmaktadır. Çok yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerde ise magnezyumun ikincil alterasyon minerallerinden illit, montmorillonit ve özellikle klorit tarafından soğrulması nedeniyle magnezyum miktarı çok düşük değerlere inebilmektedir (0,1 mg/l gibi) [28].

Afyon ve çevresinde bulunan sondaj kuyularının Na-K-Mg diyagramı şekil 3.4 de verilmiştir.



Şekil 3.4. Afyon ve çevresinde bulunan termal alanların Na-K-Mg diyagramı [32]

Şekilde görüldüğü gibi Ömer-Gecek jeotermal sahasındaki sular olgun olmayan sular kategorisine girerken Sandıklı Hüdai ve Gazlıgöl jeotermal sahalarındaki sular ular sığ dolaşimli, yeraltı suyu ile karışmış sular sınıfına girmektedir.

- **Kalsiyum (Ca):** Kalsiyum yeraltı sularına kalsiti aragonit, dolomit, jips, anhidrit, fluorit gibi silikatlı olmayan minerallerin ve albit, anortit, piroksen ve amfibol gibi silikatlı minerallerdeki kalsiyumun çözünmesi ile karışabilir [29]. Suda bulunan H⁺ iyonu kalsiyumun eritilmesini kolaylaştırır. Suyun pH değeri suyun içerisindeki kalsiyum iyonlarının miktarlarını ve çökelişini doğrudan etkiler. pH değeri artınca kalsit çökelişini gözlenir. Atmosfer basıncının ve sıcaklığın artması, sudaki kalsiyum miktarını fazlalaştırır. Genel olarak yeraltı sularında Ca²⁺ değeri 10- 100 mg/l arasında olup bazen bu miktarın 500-1000 mg/l' ye ulaştığında görülebilir [30].

Tablo 3.6 Afyon Jeotermal alanlarında açılan bazı termal kuyuların kimyasal analiz sonuçları (mg/l) [8]

Kuyu No	T (C)	pH	EC	K+	Na+2	Ca+	Mg+	HCO3+	SO4-	Cl+	Fe	Al	SiO2	B	As	Br
AF-1	63	7.2	6950	84.7	1369	120	12.77	1033	387	1850	0.55	0.023	90.4	5.54	2.9	0.4
R-260	94	7.5	4234	120	1940	186	5.40	1239	508	1945	0.40	0.020	105	9.0	2.2	0.2
AF-3	90	8.3	4950	110	1525	59.12	15	867	497	1780	0.10	0.02	88	11.9	2.0	0.3
AF-4	88	8.3	6950	124	1600	110	20	879	509	1918	0.10	0.01	107	9	1.9	0.2
AF-5	85	7.2	5500	100	1350	134	10	1130	434	1540	0.10	0.01	59	9	3.2	0.1
AF-6	90	8.0	6950	120	1560	165	12	110	502	1907	0.40	0.01	95	8.6	2.8	0.2
AF-7	82	7.9	7000	128	1600	68	15	883	633	2021	0.50	0.02	111	9.4	1.5	0.0
AF-8	89	7.0	7000	124	1540	210	25	1348	495	1959	0.20	0.01	55	8.6	1.2	0.2
AF-9	82	6.99	4275	57.6	777.5	142.5	23.5	917.3	213	830	0.131	0.023	141.9	3.45	1.3	0.3
AF-10	90	7.7	6400	105	1440	95	42	665	496	1814	0.01	0.04	103	8.4	1.4	0.1
AF-11	84	7.65	5450	121	1778	128	12.45	1120	483	1900	0.52	0.023	129.2	7.94	3.5	0.5
AF-14	86	7.67	5750	120.9	1852	112.8	10.94	926	501	1989	0.066	0.069	126.2	7.79	4.0	0.5
AF-16	80	7.68	4550	111.8	1729.7	135.4	12.77	890.6	492	1930	0.098	0.032	131.2	7.53	3.2	0.5
AF-21	84	7.61	4790	119.8	1763.5	135.9	12.68	757	501	1910	0.178	0.024	128	7.75	3.5	0.6
AF-23	94	7.94	6400	120	1760.5	146.8	12.46	899.5	489	1879	0.064	0.034	128.1	7.82	3.6	0.5
ÖMER	50	6.80	3634	117.3	1200	234	38.5	1111	855.4	1177	0.050	0.030	94	7.60	2.2	0.2
GCK-1	42	6.3	3750	108	1301	163	19.3	1153	525	1505	0.040	0.033	86	88.2	2.6	0.1
GCK-2	41	6.7	3940	147	1541	157.6	24.5	1206	509	1784	0.052	0.045	90	6.9	3.5	0.2
GZL-1	63	7.45	-	80.2	940	53	15.3	2471	<10	225	2.2	0.02	36	12	-	-
GZL-2	64	7.05	-	88	1088	40	15.6	2934	15.4	157	<0.1	<0.02	164	14.8	-	-
AFS-1	71	6.49	1528	39	270	164	28	573	490	107	0.1	0.164	64	0.8	-	-
AFS-2	69	6.79	1494	38	265	162	28	567	484	105	0.1	0.1	64	0.8	-	-
HB-4	56	6.6	3570	69.1	587	115	220	1603	812	159	<0.1	<0.1	40	4.2	-	<0.1
HB-1A	56.3	6.7	3890	73.7	478	296	66.2	1539	757	179	<0.1	<0.1	40	3.3	-	<0.1

3.2.8 Jeotermal sondajcılıkta jeoloji mühendisinin yeri

Jeotermal enerjinin oldukça önemli bir kaynak olduğu açıktır. Gelişmekte olan ülkelerde fosil yakıtların yerine yenilenebilir, tükenmez, güvenilir ve çevre dostu jeotermal kaynaklar kullanılmaktadır. Bunun en büyük nedeni, jeotermal enerjinin doğrudan ve dolaylı kullanımdaki özellikleridir. Bu sebeplerden dolayı jeotermal sondajcılıkta jeolojik özelliklerin bilinmesi, doğru yorumlanması ve sondaj sırasında bunlardan yararlanılması hiçbir zaman küçümsenmemelidir. Jeotermal kuyusu açmak oldukça masraflı ve sorumluluk isteyen bir iştir. Bunun içinde jeotermal sondajda jeoloji mühendisinin yeri oldukça önemlidir.

Jeoloji mühendisi, yapılacak sondajın güvenli düşük maliyetli ve kısa süreli yapılabilmesi için özen gösterir. Jeotermal sondaj sırasında, lokasyona ait jeolojik özellikleri gözeterek daha önceden bir program hazırlar. Bu kapsamda zamanı iyi kullanarak, sondaj makine ve personelinin en uygun biçimde kullanılmasını sağlar. Yapılacak işin doğru bir şekilde tamamlanmasını sağlamak için tüm işlemlerin denetimlerini de jeoloji mühendisi üstlenmek durumundadır. Sondaj sırasında gelişen bir küçük bir farklılık büyük sorunlar oluşturabilir.

Bu nedenle Jeotermal sondaj kuyularında önceden yapılmış olan program ve teknik yönergeler ışığı altında yapılan delme işleminin bütün aşamalarının kontrolü, sondaj başında jeoloji mühendisi tarafından denetlenmelidir.

Sondaj tekniğinin zemine uygunluğu, teçhizatın doğru seçimi, yeraltı su durumunda iç/dış su kotları, statik ve dinamik su seviyeleri, kuyu içi temizliği, formasyon numunelerin alınışı ve dikme kesit oluşturma, muhafaza borusu (tecrit) gerekliliği, kuyu borulama (teçhiz), kuyunun temizlenmesi, inkişaf, su tecrübesi, farklı saha deneylerinin gerçekleştirilmesi gibi konularda başta sondör ve yardımcı personele yol gösterilmelidir. Tüm bu çalışmalar jeoloji mühendisi tarafından kontrol edilir.

Aksi durumda, sondajın açılması ve tamamlanması aşamalarında teknik sorunlar olabilir. Bunlar için birkaç örnek verilecek olursa;

Uygun lokasyon işlemleri olmadığı durumlarda sondaj işlemlerinin tamamında risk alınmış olur.

Delimi yapılacak formasyonlara uygun ekip ve ekipman olmadığı durumlarda, aşırı masraf ve zaman kaybı olur.

Uygun tecrit işlemleri olmadığı durumlarda formasyon özelliklerine bağlı olarak kuyu ağzı problemleri oluşabilir.

Uygun ve düzenli kırıntı numune alınmadığı durumlarda, dikme kesit yanlış oluşturulur ve buna bağlı teçhiz ve formasyon tanımlamaları yanlış olur.

Uygun teçhiz uygulanmadığında kuyunun geleceği risk altına girer, verim azalır veya verim hiç olmaz.

Kuyuda doğru inkişaf olmaz ise kuyu veriminde düşme olur ve kuyu tabanı dolgu malzeme pompajda problemler oluşturur.

Su tecrübesi doğru yapılmadığında su seviyeleri yanlış tanımlanır ve buna bağlı pompaj sorunları oluşur.

Doğru ve teknik olarak alınmayan su örneklerinde yanlış analiz sonuçları elde edilir ve buna bağlı yanlış yatırımlar olur.

Tüm bu yanlış işlemlerin olmaması tecrübeli jeoloji mühendisleri aracılığıyla aşılabilir. Aksi durumda, işveren tüm bu işlemleri jeoloji mühendisinin kontrolünde çalışması gereken sondörler aracılığıyla aşmak durumundadır. Jeolojiyi bilmeyen, teknik özelliklerden anlamayan sondörlerle bunları aşmak kesinlikle yanlıştır.

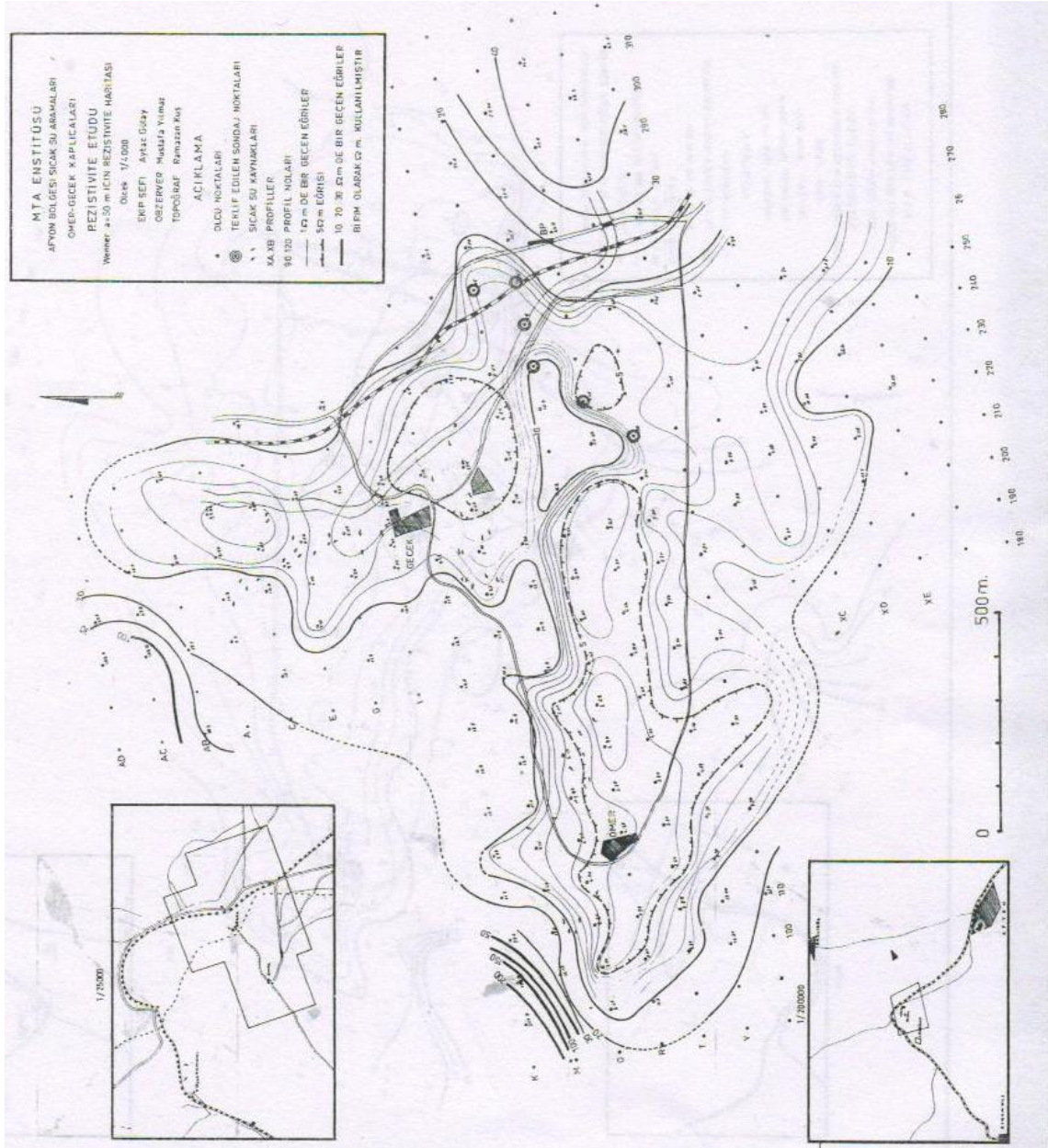
3.2.9 Jeotermal sahanın durum raporu

Merhum Aytaç Gülay 5 ekim1969 yılında Afyon Ömer-Gecek bölgesinde kaplıcalara jeotermal su temini için rezistivite etütleri yapmıştır. Yazara göre; Jeotermik enerji arama amaçlı yapılan çalışmalarda uygulanan öz direnç yöntemi doğrudan doğruya

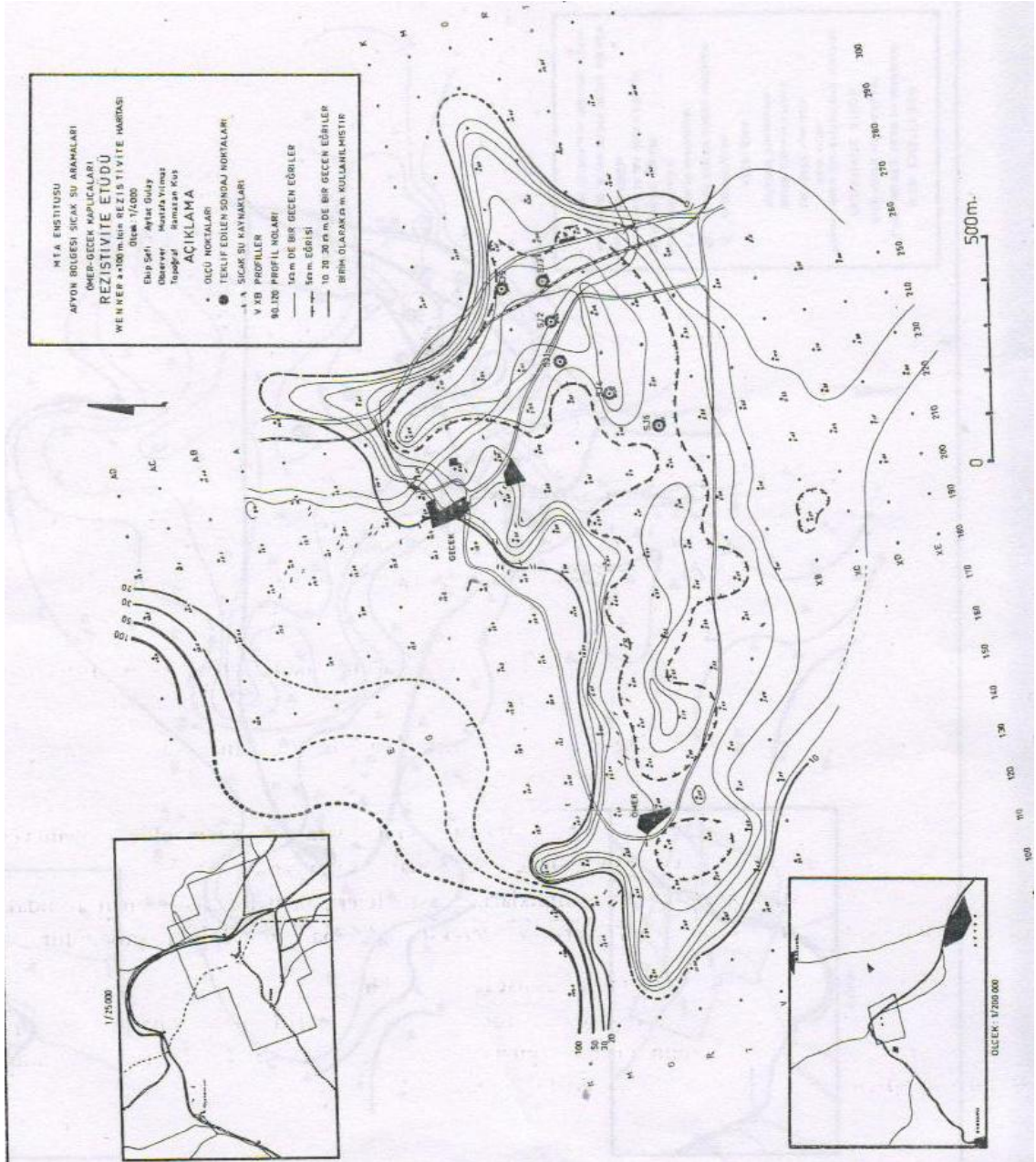
kayaçların akım- temperatur ilişkileri ile ilgilidir. Akımın yer içindeki yayılmasını etkileyen faktörlerden birisi olarak tanımlanan temperatur, bazı çalışmalarda önemszenmesi gereken bir değişken olarak alınması gereklidir.

Araştırmalara Ömer-Gecek sıcak su kaynaklarının yakınlarından başlanarak, kısa bir süre sonrada sahada formasyonlar için elektrik bakımından birim kabul edilebilecek neticeler alınmış; yani formasyonların rezistiviteleri hakkında gerekli bilgiler elde edilmiş ve bu esas üzerinden hareketle etüt geliştirilmiştir(Şekil 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10). Bu genişleme, Ömer civarında başlanan etüde Gecek ve güneydoğusu ile devam edilerek tamamlanmıştır. Etüt elektrik sondaj ve Wenner uygulaması şeklinde olmuş, açılım ise maksimum akım elektrotları aralığı 1200 m. olarak alınmıştır [13].

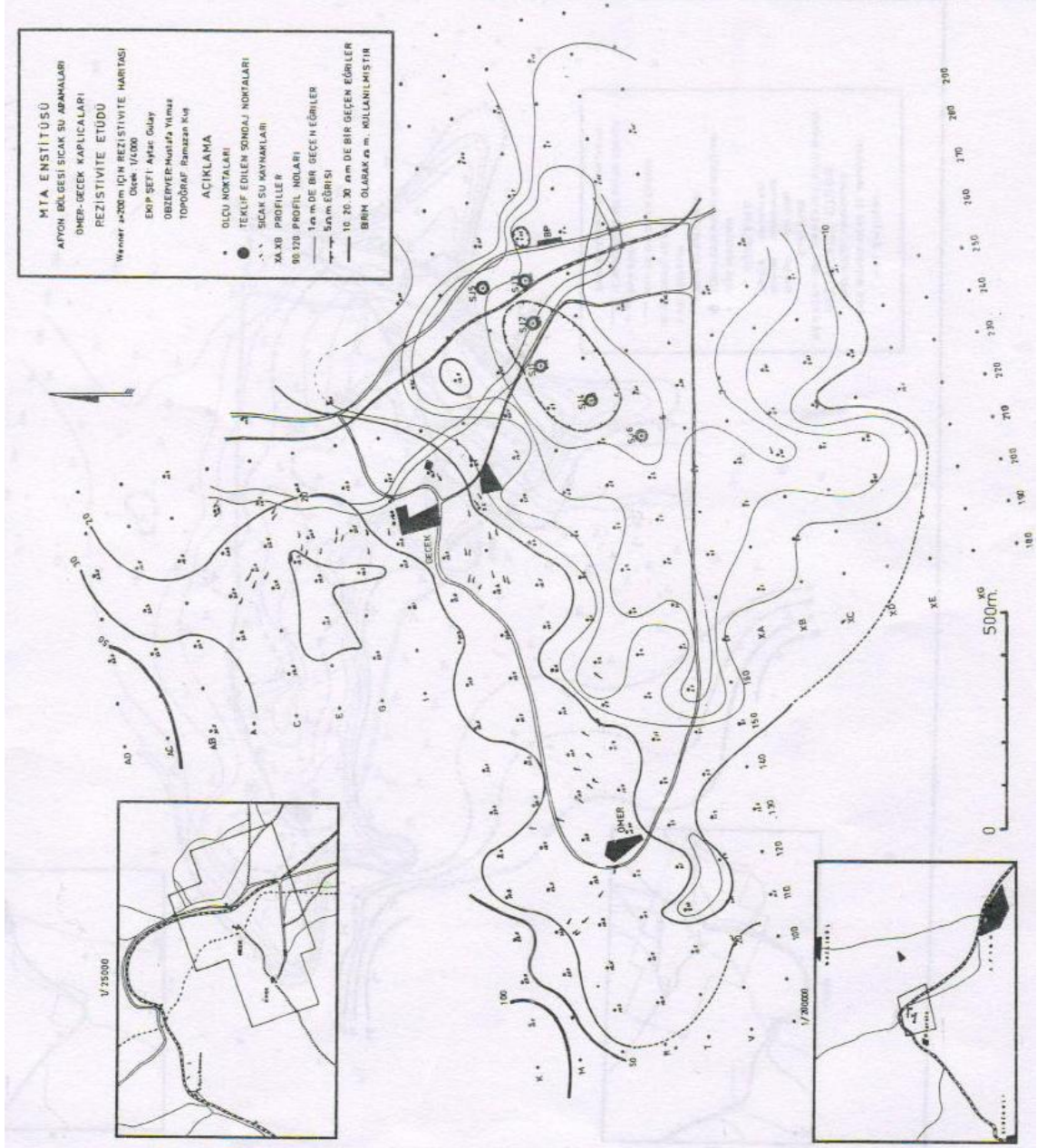
Ömer-Gecek sahasında gözlenen en belirgin durum ise şu ana kadar açılan termal kuyuların derinliklerinin sığ olarak açıldığı ve rezervuar tam olarak kesilemediği için mevcut termal sudan fazla yararlanılmadığını görölmektedir(Tablo 3.7). Sahanın mevcut durumuna bakılırsa 98-100°C deki suların bulunduğu saha sınırlıdır. Bunun nedeni ise kuyuların birçoğu sığ olarak bitirilmiş olmasıdır. Ömer-Gecek havzasında Aytaç GÜLAY' ın yapmış olduğu rezistivite çalışmaları göstermiştir ki mevcut zondan daha yüksek sıcaklık elde etmek için mevcut kuyuların daha derin açılmalı ve bu alanda fazla miktarda akışkan üretmek yerine kuyular derinleştirilerek 2. 3. rezervuarın kesilerek ısıdan fazla miktarda yararlanmalıdır.



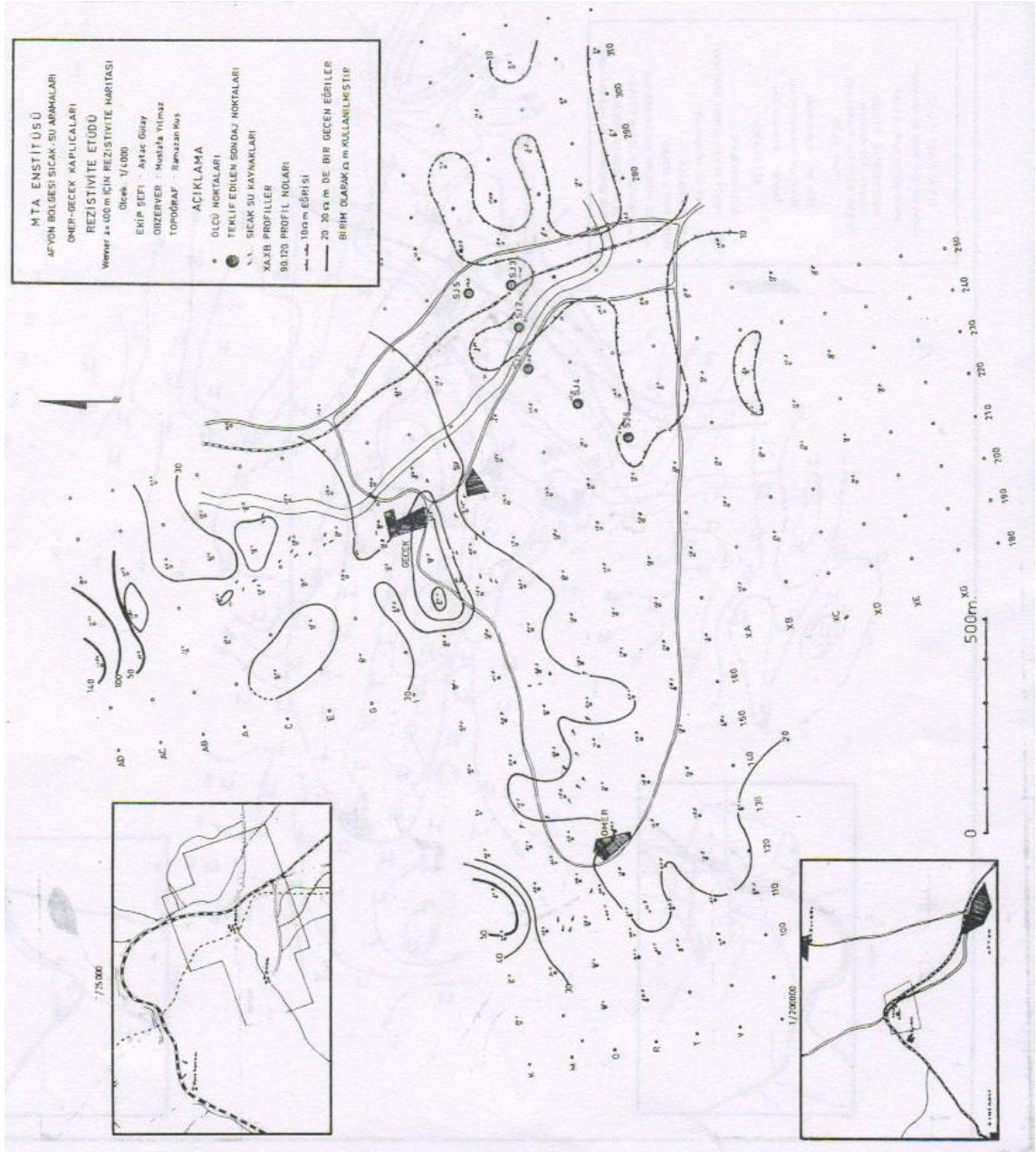
Şekil 3.5 Wenner a=50 m. için rezistivite haritası [13]



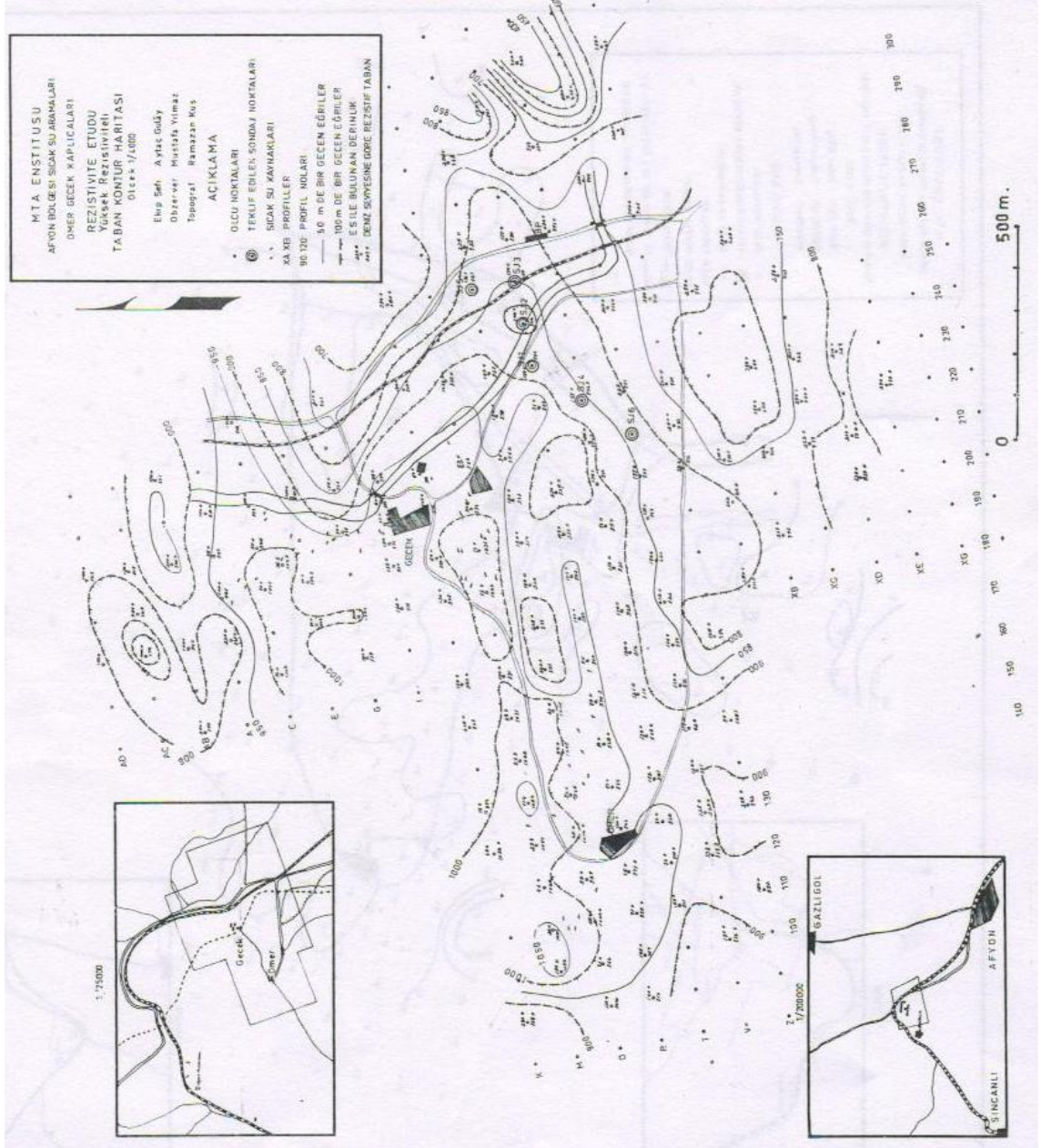
Şekil 3.6. Wenner a=100 m için rezistivite haritası [13]



Şekil 3.8 Wenner a=200 m. için rezistivite haritası [13]



Şekil 3.9 Wenner a=400 m. için rezistivite haritası [13]

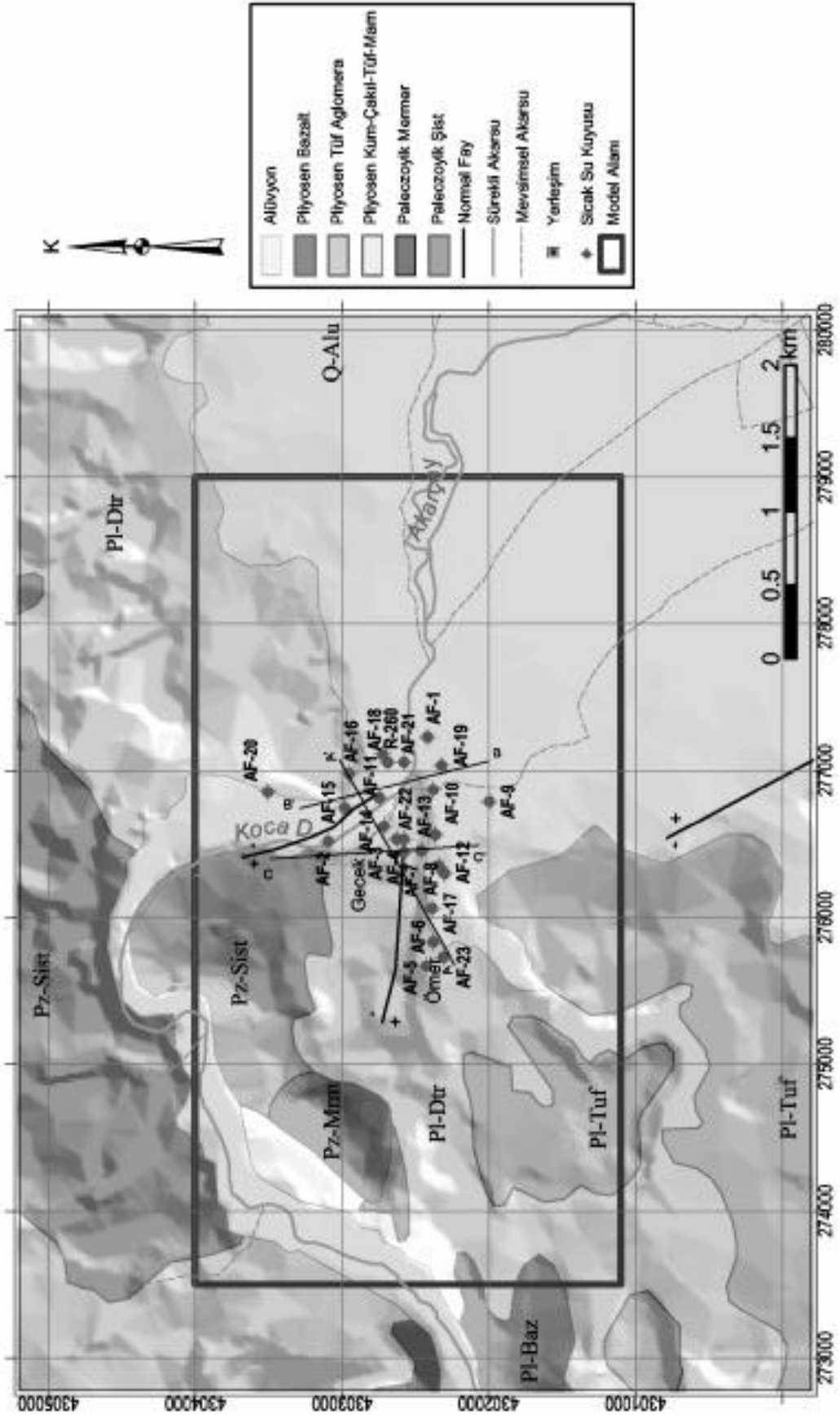


Şekil 3.10 Yüksek rezistiviteli taban kontur haritası [13]

Afyonkarahisar’ da bulunan AFJET (Afyon Jeotermal Isıtma Tesisleri) tarafından bölgenin jeotermal enerji ile ısıtılması için bölgedeki jeotermal suların yararlanılmaktadır (Tablo 3.7).

Tablo 3.7 Ömer-Gecek Jeotermal sahasında açılan kuyuların genel özellikleri (AFJET)

Sıra No	Kuyu Adı	Derinlik	Debi (lt/sn)	Kuyubaşı Sıcaklığı (°C)	Kullanım Şekli
1	AF-1	910.00	20.00	107.00	Devre dışı
2	AF-2	56.80	150.00	98.00	Blow out
3	AF-3	250.00	110.00	97.00	Devre dışı
4	AF-4	125.70	80.00	97.00	Reenjeksiyon
5	AF-5	207.40	15.00	79.00	Devre dışı
6	AF-6	211.40	10.00	92.00	Devre dışı
7	AF-7	210.00	3.00	100.00	Devre dışı
8	AF-8	250.00	10.00	91.00	Devre dışı
9	AF-9	320.00	66.00	51.00	Oruçoğlu
10	AF-10	320.60	100.00	98.00	Turunç Kuyusu
11	AF-11	184.30	55.50	104.00	Üretim
12	AF-13	560.00	81.00	50.00	Reenjeksiyon
13	AF-14	122.2	27.00	95.00	Üretim
14	AF-15	215.00	-	-	Devre dışı
15	AF-16	215.00	37.50	100.00	Üretim
16	AF-17	260.00	27.00	100.00	Gözlem Kuyusu
17	AF-18	363.00	40.00	105.00	Üretim
18	AF-19	305.00	-	-	Gözlem
19	AF-20	230.00	27.00	101.00	Gözlem
20	AF-21	180.00	64.00	101.00	Üretim
21	AF-22	227.00	35.00	50.00	Reenjeksiyon
22	AF-23	250.00	50.00	100.00	Ömer Termal
23	R-260	165.00	22.00	100.00	Gözlem
24	DSİ	530.00	20.00	40.00	Devre dışı



Şekil 3.11 Afyonkarahisar Ömer-Gecek ve yakın Çevresine kuyu noktaları [31]

BÖLÜM IV

SONUÇLAR

Afyonkarahisar Ömer-Gecek jeotermal sahasında AFJET tarafından yapılan jeotermal sondaj konut ısıtması için açılmıştır. Çıkarılan sıcak su, fiziksel-kimyasal özellikleri ile konut ısıtmada kullanılabilir niteliktedir.

Bu çalışma kapsamında Afyonkarahisar Ömer-Gecek jeotermal alanında yapılan jeotermal sondajda masif kayaç bulunmaması ve zeminin yumuşak olmasından dolayı darbeli sondaj makinesi yerine rotary sondaj makinası kullanılmıştır. Darbeli sondaj yöntemi çok uygun bir yöntem değildir.

Afyonkarahisar Ömer-Gecek bölgesindeki jeotermal su, paleozoyik yaşlı Afyon metamorfileri yani mermer ve şist seviyelerinin içinde yer almaktadır. Sıcak su kaynağı bu seviyeler olarak düşünülmüştür. Üst zonlarda gözlenen sıcak su fay hatları ile yukarılara hareket etmiş veya sıcak merkezin ısıttığı sular olarak düşünülmüştür. Kısaca, sıcak suların beslenmesi ise yüksek kısımları yüzeyleyen Afyon metamorfileri ile birimin örtülü olduğu kısımlarda ise örtü kayacın geçirimli kısımlarından ve fay hatları aracılığıyla yan havzalardan gerçekleşmektedir.

Jeotermal sistemin ısı kaynağını, jeotermal gradyan ve volkanik kayaçları oluşturan magma cepleri oluşturmaktadır. Kuyu su sıcaklığının bölgedeki en yüksek sıcaklık değerine sahip olması (max: 118 °C) sıcak merkezin en yakın noktasına yaklaşılmış olduğunu işaret etmektedir. Yada, soğuk suların etkisinin en az olduğu merkez olarak düşünülebilir.

Açtığımız kuyunun delme işlemi ilk olarak 0-38 m. 26" matkapla ilerleme yapıldıktan sonra 0-38 m. 20" tecrit borusu indirilerek boru ile kuyu cidarı 1,83 gr/cm³ yoğunlukta çimento ile çimentolanmıştır. Çimento donduktan sonra 17 ½ " matkapla ilerlemeye geçilmiştir. 38-337 m. arası 17 ½ " matkapla delindikten sonra, 0-337 metreye 13 3/8" üretim borusu indirilmiştir. 0-337 m. arası 12 m³ 1,83 gr/cm³ yoğunlukta çimento şerbeti ile çimentolanmıştır. 337-683 m. 12 1/4" çapta matkapla delinmiştir. 337-495 metreye 9 5/8 " , 495-676 metreye 6 5/8" kapalı-filtreli casing lineer borular indirilmiştir.

Kuyunun inkişafi, kompresörle hava basılarak yapılmıştır. Fakat hava basımından 5 dakika geçmeden kuyu artezyen yaparak üretime geçmiştir. Bu kuyuda maksimum termometre ile yapılan ölçümde sıcaklığın maksimum 118 C° olduğu tespit edilmiştir. Kuyudan yaklaşık 80-100 lt/sn debide akış sağlanmıştır.

Kimyasal analizler sonucunda jeotermal alanda bulunan termal suların Na>K>Ca>Mg ve Cl>HCO₃>SO₄ karakterli olduğu görülmektedir. Bu karakterden sapmalar ise soğuksu karışımın fazla olduğu ve gaz çıkışlarının etkili olduğu örneklerdir. Uygulanan jeotermometrelere göre hazne kaya sıcaklığının muhtemelen 115–150 °C civarındadır. Genelde sıcak suların kimyasal karakterleri sistemin oldukça yüksek bir ısıya sahip olduğunu göstermektedir.

Açılan Jeotermal kuyuda yapılan analizler sonucunda termal suyun Na ve Cl oranı yüksektir. Diğer kuyuların analiz sonuçlarına göre GCK-2 kuyusuyla birbirine yakın değerler vermektedir.

Donanımsız ve tecrübesiz açılan ve kuyu derinliği sığ tutulan kuyulardan kaçınılmalıdır. Bunun yerine, tecrübeli, yeterli donanıma sahip ekip ve ekipman düşünülmelidir. Çok sondaj yapmak yerine teknik özellikleri tam olan derin kuyular açılmalıdır.

Jeotermal alanlarda re-enjeksiyon mutlaka yapılmalıdır: Jeotermal rezervuarların korunması ve çevreye jeotermal akışkanın kontrolsüz atılmaması ve reenjeksiyonu için mutlaka denetlenmelidir. İnceleme alanında, artezyen nedeniyle yapılamayan re-enjeksiyonlarda, çevreye ve hazneye zarar vermeden çözüm yolları teknik olarak aranmalıdır.

Jeotermal sondajların jeotermal sondaj bilgisine sahip olmayan mühendisler veya sondörler tarafından yapıldığı bilinmektedir. Bunların yeni kanuni düzeltmeler yapılarak denetlenmesi ve jeotermal sondaj tekniği konusunda bilgili mühendislerin denetiminde yapılması gerekmektedir.

Jeotermal kuyularda en çok rastlanan problemlerden biride yüksek sıcaklık ve basınçtan dolayı meydana gelebilecek takım sıkışmalarıdır. Bunu önlemek için her iki metre de bir metre geri çekilerek ilerlenmeli yani rayba denenmelidir. Ayrıca, ilerlemeye ara verildiği zamanlarda, takım güvenli seviyeye kadar çekilerek takım sıkışması önlenmelidir.

İlerleme sırasında kısmi kaçaklar olmuştur. Bunlardan önemlisi, 560 ve 563 metre arasında 3 metre küp çimento basılarak kaçak durdurulmuştur. Ancak, kuyunun son seviyelerinde, 672 metrede aşırı kaçaklı seviyeye girilmiştir. Kaçağın kapanamaması ve sirkülasyonun çamurunun döngüsünün sağlanamaması nedeniyle kuyu ilerlemesine son verilerek kuyu tamamlanmıştır. Kaçaklı zona çimento şerbeti basılarak kuyu kaçağı engellenmiştir.

Fosil yakıtlara dayalı enerji üretimine oranla daha ucuz, yenilenebilir, temiz ve yerli enerji kaynağı olması nedeniyle jeotermal kaynakların araştırılması ve geliştirilmesine öncelik verilmeli, bu sektörde yatırımlar arttırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Erişen, B., Afyon bölgesi Ömer-Gecek jeotermal alanında yapılan AF-1 ve AF-3 sondajlarına ilişkin kuyu bitirme raporu, MTA Der. Rap. No:5623, (yayınlanmamış), 1976.
- [2] Ercan,, T., Ölmez E., Matsuda, JX, Nagao, K., and Kita, L, Chemical and Isotrope features of hot and mineral waters and their gas content from. Northern and Western Anatolia. Energy Bull. Of Turkey, 1994.
- [3] Şimşek, Ş., Isotope survey of geothermal systems of central Anatolia. IAEA Coordinated Research Program between HU-UKAM and IAEA,, Research Contract No:6716/RB, Final Report, 1993.
- [4] Mutlu, H., Afyon jeotermal alanındaki termal suların jeokimyasal değerlendirmesi; jeotermometre uygulamaları ve akışkan-mineral dengesi, Doktora Tezi, 1996.
- [5] Akan, B., Afyon Ömer-Gecek Su Akiferi Hidrojeolojik Modeli, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Hidrojeoloji Anabilim Dalı Doktora Tezi, 2002.
- [6] Metin, S., Genç, Ş.ve Bulut, V., Afyon ve dolayının jeolojisi. MTA derleme No:8103, Ankara. (yayınlanmamış), 1987.
- [7] Büyüksağış, A., Afyonkarahisar Jeotermal Isıtma Sisteminde Oluşan Kabuklaşma ve Korozyon, 2007.
- [8] Ulutürk, Y., Ömer-Gecek (Afyonkarahisar) Dolayının Jeolojisi Ve Suların Kökensel Yorumu, Doktora tezi, 2009.
- [9] Doğdu, M.Ş., Akarçay (Afyon) Havzası'nda jeotermal kökenli yüzey suyu ve yeraltısuyu kirliliğinin araştırılması.Doktora Tezi Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayınlanmamış), 2001.

- [10] Akan, B., Afyon Ömer-Gecek jeotermal sisteminde reenjeksiyon uygulamalarının rezervuar sıcaklığı üzerine etkilerinin modellenmesi, 2003.
- [11] Atilla A.Ö., Afyon Ovası soğuk su akifer sisteminde kirlenme modeli, Yerbilimleri Dergisi, 2003.
- [12] ONUR, M., Kuyu Testleri Analizinde Dekonvolüson ve Uygulamaları, TESKON 2007, TMMOB Makine Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir, 25-28 Ekim 2007.
- [13] Gülay, A., Afyon-Ömer-Gecek jeotermal enerji , Rezistivite etüt ve sonuçları. Türkiye 1. Jeotermal Enerji Simpozyumu, Ankara., 2-7 Kasım 1971.
- [14] Akpınar, K., Su kuyularının açılması ve işletilmesi, sorunlar ve çözümleri, Ankara, 1999.
- [15] Jeotermal Enerji ve Türkiye, Ders notları, Prof. Dr. Mehmet ŞENER.
- [16] Termal ve Maden Suları Konferansı, Afyonkarahisar, 2008.
- [17] Karamanderesi, İ. H., Afyonkarahisar Jeotermal Sahalarının Jeolojik ve Mineralojik Evrimi. Termal ve Maden Suları Konferansı, 2008.
- [18] Öktü, G., Kara, İ. ve Önder, İ., Afyon ilinde yeralan Ömer-Gecek-Uyuz Hamamı Alaplı-Kızık Hamamı ve Gazlıgöl jeotermal sahalarının detay etüdü, MTA Rapor No:10027, (yayınlanmamış), 1997.
- [19] Keller, J. Villari . L., Rhyolitic ignimbrites in the Afyon-Central Anatolia. Bulletin of Volcanology, 1982.
- [20] Besang, C., Eckhart, F.J., Harre, W., Kreuzer, H.,Muller, P., Radiometrische Alterbestimmungen an Neogenen Eruptigesteinen der Turkei, 1977.

- [21] Çevikbaş, A., Ercan, T. ve Metin, S., Geology and regional distribution neogene volcanics between Afyon-Şuhut, Middle east Technical University Journal of Pure and Applied Science, 1988.
- [22] Jeotermal Enerji Semineri Bildirileri, İzmir, 2003 .
- [23] Durak, S. ve Küçük, O., Afyon Ömer-Gecek sahası test raporu, MTA Genel Müdürlüğü Raporu, (yayınlanmamış), 2000.
- [24] Nicholson, K., Geothermal Fluids, Chemistry and Exploration Techniques. Springer Verlag, 1993.
- [25] Eleroğlu, H., Sarıca, M., Kanatlı Üretiminde İçme Suyu Kalitesi, Sivas, 2002,
- [26] Hounslow, A.W., Back, D.B., Evaluation of Chemical Data from Water Supplies in Southwestern Oklahoma. Final report to the Oklahoma Water Resources Board, 1985.
- [27] Mahon, W.A., Silica of hot water discharged from drill holes at Wairakie, 1966.
- [28] Şahinci, A. Karst, D.E.Ü. Müh. Fak. Yayınları, İzmir, 1991.
- [29] Ergüvanlı, K. ve Yüzer, E., Yeraltı suları jeolojisi, İTÜ Maden Fakültesi, 1973.
- [30] Tarcan, G. Yeraltı su kimyası ders notları, 2004.
- [31] Tezcan. L.. Doğdu. N.. Akan. B. ve Atilla. A.O., , Akarçay Havzası Hidrojeolojisi ve Yeraltı Suyu Akım Modeli. Final Rapor, Cilt I, Hacettepe Üniversitesi Uluslararası Karst ve Su kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara, 2002.
- [32] Giggenbach, W. F., Geothermal solute equilibria derivation of Na-K-Ca-Mg geoindeicators, Geochim Cosmochim, 1988.

ÖZGEÇMİŞ

Can Fidan 26.02.1985 tarihinde Afyonkarahisar'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Afyonkarahisar'da tamamladı. 2004 yılında girdiği Niğde Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden Haziran 2009'de mezun oldu. Öğrenim hayatına 2009 yılında girdiği Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği A.B.D.'da Yüksek Lisans eğitimi ile devam etmektedir.