



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

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**AKSARAY İLİNDEKİ JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLARININ
POTANSİYELİ VE ISITMA SİSTEMİNDE KULLANIMINA YÖNELİK
ARAŞTIRMALAR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra ZENGİN

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Hatim ELHATİP**

AKSARAY, 2014

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 122301401 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, "Esra ZENGİN", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "AKSARAY İLİNDEKİ JEOTERMAL KAYNAKLARIN POTANSİYELİ VE ISITMA SİSTEMİNDE KULLANIMINA YÖNELİK ARAŞTIRMALAR" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Jüri Üyeleri: Prof. Dr.Hatim ELHATİP (Danışman)
Aksaray Üniversitesi



Jüri Üyeleri: Prof. Dr.Mustafa AFŞİN
Aksaray Üniversitesi



Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Levent ALTAŞ
Aksaray Üniversitesi



Teslim Tarihi: 04.07.2014

Savunma Tarihi: 21.07.2014

ÖNSÖZ

Zengin bir jeotermal potansiyele sahip olan Aksaray’da kaynakların ısıtma, termal turizm ve seracılık alanlarında değerlendirilmesinin kapsamlı bir şekilde incelenerek değerlendirilmesi gerekmektedir. Yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarından biri olan jeotermal kaynakların hem ısıtma alanında hem termal turizm alanında hem de seracılık alanında kullanılması ilin ekonomik açıdan kalkınmasına çok büyük katkılar sağlayacaktır.

Çalışmamızda il genelindeki termal suların potansiyelini ve ısıtma sisteminde kullanım imkanlarını belirlemeye yönelik araştırmalar yapılmıştır. Araştırmamızda jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerde ve şehir merkezinde bulunan çok sayıda konut ve iş yerinde jeotermal ısıtma sistemlerinin kullanılabileceği görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Çalışmam süresince değerli bilgilerini, ilgisini ve desteklerini esirgemeyen, bu tezin hazırlanmasındaki yardımları için danışman hocam Prof. Dr. Hatim Elhatip'e , maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen canım aileme içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	i
TEŞEKKÜR	ii
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Termal Su Kaynaklarının Oluşumu ve Kullanım Alanları.....	3
2.2. Jeotermal Enerjinin Oluşumu ve Sınıflandırılması	4
2.3. Jeotermal Enerjinin Kullanımı	6
2.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji ve Uygulama Alanları	9
2.5. Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri.....	12
2.5.1. Avantajları.....	12
2.5.2. Dezavantajları	14
2.6. Jeotermal Kaynakların Isıtmacılıkta Kullanım Olanakları.....	14
2.6.1. Jeotermal akışkanların konut ısıtmasında kullanılması	15
2.6.2. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemleri	17
2.7. İnceleme Alanına İlişkin Literatür Özeti	18
3. MALZEME VE YÖNTEM	20
4. BULGULAR.....	22
4.1. İnceleme Alanının Jeolojisi ve Hidrojeolojisi	22
4.1.1. Genel jeoloji.....	22
4.1.1.1. Tamadağ ve Bozcadağ formasyonları.....	22
4.1.1.2. Karakaya ultramafitleri ve Baranadağ plütону	24
4.1.1.3. Çayraz formasyonu.....	24
4.1.1.5. Göstük tüfi/ ignimbiriti.....	24
4.1.1.7. Selime tüfleri.....	25
4.1.1.9. Hasandağı külleri	25
4.1.2. İnceleme alanının jeolojisi.....	27

4.1.2.1. Tuzlusu jeotermal alanı	27
4.1.2.2. Ziga jeotermal alanı	27
4.1.2.3. Narlıgöl (Acıgöl) jeotermal alanı	27
4.1.3. Birimlerin hidrojeolojik özellikleri	28
4.2. Aksaray İlindeki Jeotermal Kaynaklar	29
4.2.1. Ihlara jeotermal alanı	29
4.2.2. Iısu jeotermal alanı	30
4.2.3. Narlıgöl (Acıgöl) jeotermal alanı	31
4.2.4. Tuzlusu jeotermal alanı	32
4.2.5. Ziga jeotermal alanı	33
4.3. Su Kimyası Çalışmaları	34
4.3.1. Yarı logaritmik Schoeller diyagramı	34
4.3.2. Su kaynaklarının iyon karakteristikleri	36
4.3.3. Piper üçgen diyagramı	37
4.4. Suların Mineral Doygunlukları	38
4.5. Jeotermometre Uygulamaları	40
4.5.1. Silis jeotermometreleri	41
4.5.2. Birleşik jeotermometreler	43
4.4. Aksaray'daki Termal Su Kaynaklarının Potansiyeli, Rezervuar	
Sıcaklığı ve Isıtma Sistemlerinde Kullanım Olanakları	45
4.4.1. Aksaray'daki jeotermal potansiyel	45
4.4.2. Aksaray Ziga jeotermal sahasının konut ısıtma potansiyeli	47
5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR	51
KAYNAKLAR	54
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AKSARAY İLİNDEKİ JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLARININ POTANSİYELİ VE ISITMA SİSTEMİNDE KULLANIMINA YÖNELİK ARAŞTIRMALAR

Esra ZENGİN

T.C.

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hatim Elhatip

Aksaray jeotermal enerji kaynakları açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Söz konusu kaynakların verimli kullanılması halinde dünyada ve ülkemizde bazı bölgelerde uygulandığı gibi konut ısıtması, sera ısıtması gibi farklı kullanım alanları mümkündür.

Bu çalışmada, Aksaray ili sınırları içerisinde bulunan beş jeotermal enerji kaynağının jeotermometre hesaplamalarıyla rezervuar sıcaklıklarının tahmini ve sahip oldukları termal su sıcaklıklarıyla konut ısıtmasında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Sıcak su kaynaklarının hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik parametreleri yerinde ölçülmüş, laboratuvarda ise kation ve anyon analizleri yapılmıştır. Alandaki jeotermal kaynakların sıcaklıkları 26 ile 72 °C arasında, elektriksel iletkenlik değerleri ise 472 ile 9820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir. İyon içeriklerine göre Ilısu sondaj Na-Ca-Mg-HCO₃, İhlara sondaj Ca-Mg-Na-HCO₃, Narlıgöl termal suları Ca-Na-HCO₃, Tuzlusu kaynakları Na-Cl-HCO₃ ve Ziga sondaj sıcak suyu ise Na-Ca-Cl-HCO₃ tipi sular grubuna girmektedir.

Termal su örneklerinin mineral doygunluk değerleri hesaplamalarına göre kalsit, dolomit minerallerine doymuş, jips ve halit minerallerine ise doymuş olmadıkları belirlenmiştir. Silis jeotermometresi ile yapılan hesaplamalarda Ilısu sondaj 102-152 °C, İhlara sondaj 100-151 °C, Narlıgöl 98-148 °C, Tuzlusu 41-93 °C ve Ziga sondaj 48-100°C rezervuar sıcaklıkları vermiştir.

Gerçekleştirilen analizler sonucunda Aksaray'daki jeotermal enerji kaynaklarının sıcaklıklarının bölgesel konut ısıtmasında kullanıma uygun olduğu belirlenmiştir.

2014, 70 sayfa

Anahtar Kelimeler: Jeotermal Enerji, Jeotermometre, Konut Isıtması, Aksaray.

ABSTRACT

Master Thesis

THE POTENTIAL of GEOTHERMAL ENERGY RESOURCES in AKSARAY and INVESTIGATIONS REGARDING THE USAGE of GEOTHERMAL ENERGY in HEATING SYSTEMS

Esra ZENGİN

T.R.

Aksaray University Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hatim Elhatip

Aksaray has a significant potential of geothermal energy resources which have various usage areas like residential and greenhouse heating as it is implemented in Turkey and some other countries when used efficiently.

In this study, reservoir rock temperatures of the five geothermal energy resources in Aksaray were estimated by using the geothermometers calculations. Also depending on their thermal water temperatures usability in residential heating was investigated. In order to determine the hydrochemical characteristics of thermal water resources, pH, temperature, electrical conductivity parameters measured in place and, cation and anion analysis conducted in laboratory. The temperatures of geothermal resources varied between the 26 and 72 °C. Their electrical conductivity degrees varied between 472 and 9820 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Depending on their ion contents Iısu drilling Na-Ca-Mg-HCO₃, Ihlara drilling Ca-Mg-Na-HCO₃, Narlıgöl thermal waters Ca-Na-HCO₃, Tuzlusu resources Na-Cl-HCO₃ and Ziga drilling Na-Ca-Cl-HCO₃ type of water groups.

According to the mineral saturation value calculations of thermal water samples we determined that they are saturated calcite and dolomite but gypsum and halite unsaturated. In calculations made with silica geothermometer reservoir rock temperatures were as follows; Iısu drilling 102-152 °C, Ihlara drilling 100-151 °C, Narlıgöl 98-148 °C, Tuzlusu 41-93 °C and Ziga drilling 48-100°C, respectively.

Depending on the results of the analysis it is proved that the temperatures of geothermal energy resources in Aksaray are suitable for the usage in regional residential heating.

2014, 70 pages

Key Words: Geothermal Energy, Geothermometer, Residential Heating, Aksaray.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Aksaray ili jeotermal alanları ve örnekleme noktaları	2
Şekil 2.1.	Jeotermal ısı üretim yöntemleri.....	3
Şekil 2.2.	Jeotermal sistem ve elemanları	5
Şekil 2.3.	Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre kullanım alanları.....	7
Şekil 2.4.	Entegre jeotermal uygulamalar	8
Şekil 2.5.	Türkiye’de önemli jeotermal alanlar, sıcak ve mineralli su kaynaklarının dağılımı.....	9
Şekil 2.6.	Üretilen kWh başına sera gazı emisyon aralıkları.....	13
Şekil 2.7.	Jeotermal kaynakların ısıtmasında kullanım alanları	15
Şekil 2.8.	Sera yapısı	17
Şekil 3.1.	Arazi çalışmalarında kullanılan ölçüm cihazları.....	20
Şekil 3.2.	Dionex ICS-1000 ion chromatography (İyon Kromatografi)	21
Şekil 4.1.	Aksaray ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (URL-3)	23
Şekil 4.2.	Ziga jeotermal alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.....	28
Şekil 4.3.	Ihlara kaynağı.....	29
Şekil 4.4.	Ilısu termal su kuyusu	30
Şekil 4.5.	Narlıgöl (Acıgöl) krater gölü.....	31
Şekil 4.6.	Tuzlusu termal kaynakları.....	32
Şekil 4.7.	Ziga (Yaprakhisar) termal su kuyusu	33
Şekil 4.8.	Ziga Kaplıcaları.....	33
Şekil 4.9.	Çalışma alanından alınan sıcak sulara ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı.....	34
Şekil 4.10.	Çalışma alanından alınan sıcak sulara ait Piper diyagramı	37
Şekil 4.11.	Çalışma alanındaki jeotermal suların doygunluk indisi diyagramı	40
Şekil 4.12.	Çalışma alanından alınan sıcak suların silis jeotermometrelerine göre hesaplanan tahmini hazne kaya sıcaklıkları	43
Şekil 4.13.	Çalışma alanından alınan sıcak suların Na-K-Mg üçgen diyagramındaki konumları	44
Şekil 4.14.	Aksaray’da ısıtmada kullanabilecek termal kaynaklar ve merkezden uzaklıkları.....	47
Şekil 4.15.	Aksaray ili Ziga-Yaprakhisar jeotermal sahası	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Rezervuar sıcaklığı 140 °C ‘den yüksek olan jeotermal sahalar	10
Çizelge 2.2. Türkiye’nin jeotermal enerji doğrudan kullanımı	11
Çizelge 2.3. Mevcut jeotermal bölgesel ısıtma sistemleri	11
Çizelge 2.4. Düşük sıcaklık uygulamaları	12
Çizelge 2.5. Güç santrallerinin karşılaştırılması.....	13
Çizelge 2.6. Türkiye İç Anadolu’da jeotermal enerji ile ısıtılan bazı yerleşim bölgeleri ve halkın ödediği aylık jeotermal ısınma ve sıcak su ücretleri (2005/2006 sezonu) ve katılım bedelleri.....	16
Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki suların kimyasal analiz sonuçları.....	35
Çizelge 4.2. Çalışma alanından alınan sıcak sulara ait su tipi sınıflaması	36
Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki jeotermal suların doygunluk indisi değerleri	39
Çizelge 4.4. Silis jeotermometre eşitlikleri.....	42
Çizelge 4.5. Sıcak su kaynakları için silis jeotermometreleri ile hesaplanan tahmini rezervuar sıcaklıkları	42
Çizelge 4.6. Aksaray’daki jeotermal kaynakların mevcut durumları, değerlendirilme olanakları ve hesaplanan rezervuar sıcaklıkları	45
Çizelge 4.7. İç Anadolu Bölgesi’ndeki kurulu jeotermal merkezi ısıtma sistemleri ile ilgili özellikler	46
Çizelge 4.8. Terme ve Simav jeotermal alanları kuyularına ait sıcaklık-debi değerleri ve uygulanabilirliği	46
Çizelge 4.9. Eski yapıların aylara göre toplam ısı kaybı ve ısıtılacak konut sayısı	49
Çizelge 4.10. Yönetmeliğe uygun yapıların aylara göre toplam ısı kaybı ve ısıtılacak konut sayısı	49

SİMGELER DİZİNİ

GW	Gigawatt
GWe	Gigawatt elektrik
$\text{kJ/kg}^0\text{C}$	Özgöl ısı birimi
km	Kilometre
KWe	Kilowatt elektrik
l/s	Litre/saniye
m	Metre
meq/l	Miliekivelan/litre
mg/l	Miligram/litre
MWe	Megawatt elektrik
MWt	Megawatt ısı
pH	Hidrojen iyonu aktivitesi
T	Sıcaklık (^0C)
$\mu\text{S/cm}$	Mikrosiemens/santimetre

KISALTMALAR DİZİNİ

DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
Eİ	Elektriksel İletkenlik
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
GD-KB	Güneydoğu – Kuzeybatı
JMIS	Jeotermal Merkezi Isıtma
KD-GB	Kuzeydoğu – Güneybatı
KSO	Konya Sanayi Odası
SI	Doygunluk İndisi

1. GİRİŞ

Nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojiye yaşanan gelişmeler nedeniyle tüm dünyada enerjiye olan ihtiyaç artmaktadır. Bu nedenle mevcut enerji kaynaklarının yanı sıra, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim başlamıştır. Ayrıca fosil enerji kaynaklarının sınırlı olması ve ekolojik dengede geri dönüşü olmayan tahribatlara yol açmaları yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimini tetiklemiştir.

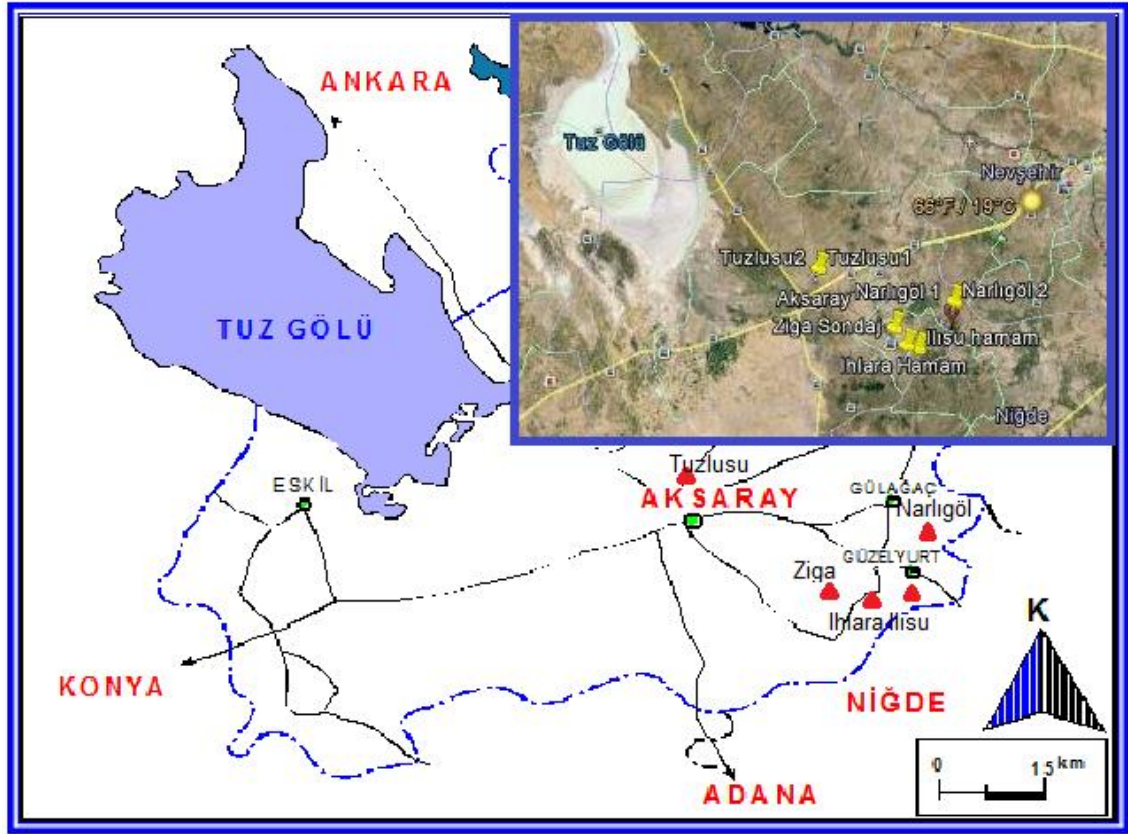
Temiz, yenilenebilir ve sağlıklı enerji kaynaklarından en önemlilerinden birisi jeotermal enerjidir. Jeotermal enerjinin denetimli kullanılması durumunda kendini yenileyebilme özelliği ve çevre kirliliği açısından çok az sorun yaratması, ekonomik olması ve akışkan sıcaklığına göre çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olması gibi avantajları vardır.

Jeotermal enerji maliyetinin, ısıtmacılıkta alternatif kaynaklara göre oldukça düşük olması nedeniyle, jeotermal kaynaklar bulunduğu yörelerde, öncelikli enerji kaynağı olarak dikkate alınmalıdır. Ucuz, ekonomik ve temiz enerji sağlayan jeotermal kaynakların öncelikli olarak devreye alınması jeotermal enerji kullanılan yörelere ve ülkemize önemli ölçüde ekonomik ve sosyal katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmasının amacı, Aksaray ilindeki farklı jeotermal enerji kaynaklarının hidrokimyasal verilerle değerlendirilip su tiplerini ortaya koymak, çeşitli jeotermometre eşitlikleri ile kaynakların rezervuar sıcaklıklarını hesaplamak ve sahip oldukları potansiyellerle bu jeotermal kaynakların konut ısıtmasında kullanılabilirliğini araştırmaktır.

Doğu-batı ve kuzey-güney yönleri arasında uzanan ana bağlantı yollarının kavşağında yer alan; kuzeyden Kırşehir, doğudan Nevşehir, güneydoğudan Niğde, kuzeybatıdan Ankara, batı ve güneyden Konya illeri ile çevrili olan Aksaray ili sınırları içerisinde bulunan Ilısu, Ihlara, Narlıgöl (Acıgöl), Tuzlusu, Ziga jeotermal sahalarını çalışma alanını oluşturmaktadır. (Şekil 1.1.).

Ziga, Ilısu ve Ihlara jeotermal alanları Aksaray İlının doğusunda Güzelyurt ilçesinde, Tuzlusu kaynağı Hamamboğazı mevkiinde yer almaktadır. Narlıgöl (Acıgöl) kaynağı , göl alanının güney yarısı Niğde İli idari sahası içerisinde kalırken, kuzeyde kalan diğer yarısı ise, Aksaray İli idari sahası içerisinde yer almaktadır.



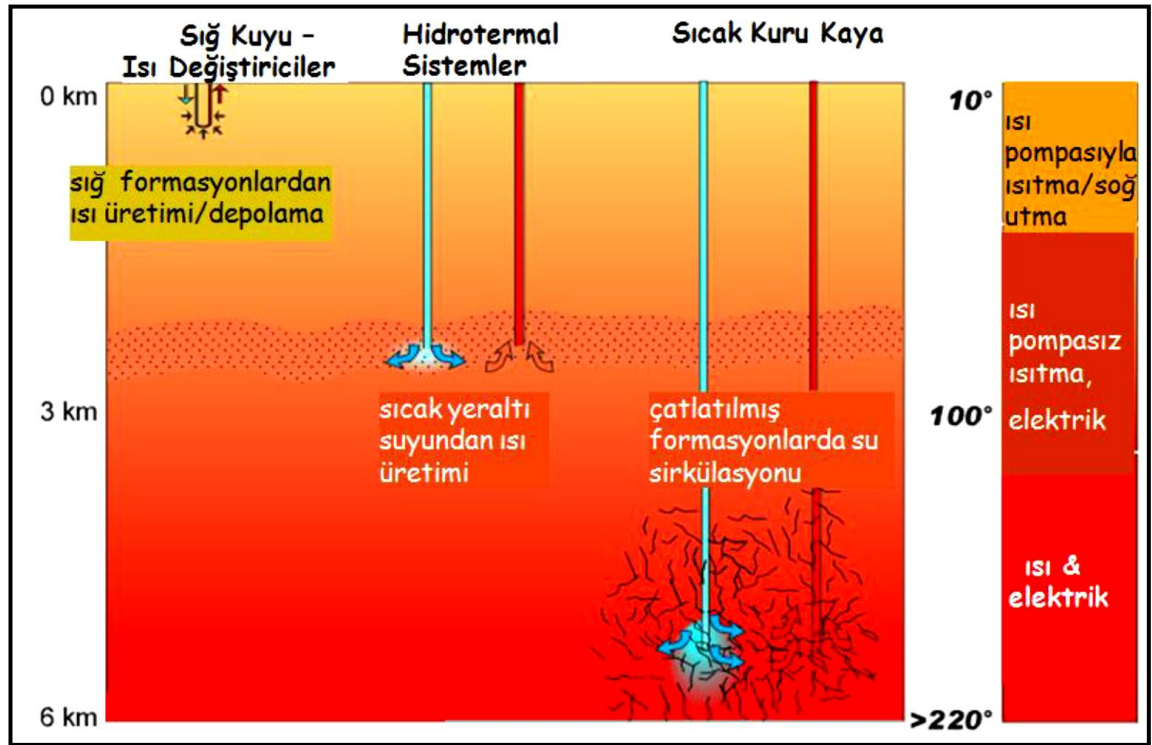
Şekil 1.1. Aksaray ili jeotermal alanları ve örnekleme noktaları

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Termal Su Kaynaklarının Oluşumu ve Kullanım Alanları

Jeotermal enerji; yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yüzey sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buharın yeryüzüne taşıdığı ısı enerjisi olarak tanımlanabilir. Bu enerjiyi yeryüzüne taşıyan akışkana jeotermal akışkan denir.

Yerin derinliklerinde var olan bu ısı kaynağı henüz soğumamış bir magma kütlesi veya genç volkanizmayla ilgilidir. Yeraltına sızan meteorik sular, burada gözenekli ve geçirimli özellikleri bulunan hazne kayalarda toplanır. Hazne kayalar üzerinde geçirimsiz örtü kaya vardır. Isı bu şekilde yerkabuğunun kırık ve çatlakları boyunca dolaşan sularla yeryüzüne aktarılabildiğinden, hidrotermal sistemler söz konusu olur. Yerkabuğu içinde doğal su dolaşımına izin verecek nitelikte kırık yoksa ve yine de ısı birikimi varsa oluşturulacak yapay kırıklar içinde dolaştırılacak akışkanlarla yine enerji elde edilmesi mümkündür. Bu sistemlere sıcak kuru kaya denmektedir (Şimşek, 2011).



Şekil 2.1. Jeotermal ısı üretim yöntemleri (Satman, 2013)

Jeotermal akışkanı meydana getiren sular genellikle meteorik kökenli olduklarından yeraltındaki rezervuarlar hidrolik döngü ile sürekli beslenmekte ve kaynaklar yenilenmektedir. Bu nedenle beslemenin üzerinde kullanım olmadıkça jeotermal kaynakların azalması söz konusu değildir.

2.2. Jeotermal Enerjinin Oluşumu ve Sınıflandırılması

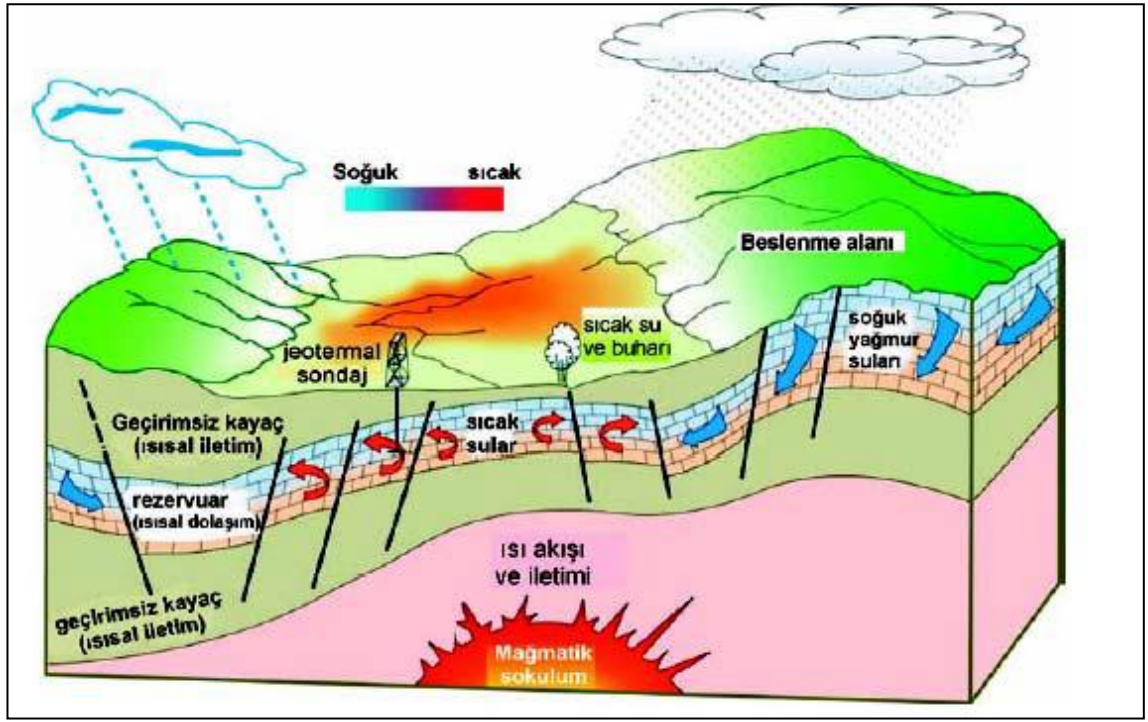
Bir jeotermal sistemin dört ana ögesi vardır. Bunlar; ısı kaynağı, rezervuar (hazne kaya), örtü kaya ve beslenmedir.

Isı kaynağı: Yüksek sıcaklıklı (600 °C den büyük) magmanın yerkabuğuna yakın bulunduğu derinliklerdir. Sokulum ve volkanik kayalarla ilişkilidir. Genç magma sokulumları büyük miktarda ısı verebilir. Bu gibi alanlar genelde Senozoyik yaşlı volkanik etkinlikteki bölgelerdir. Özellikle Kuvaterner yaşlı yükselmeler ile magma yaklaşımları ve Tersiyer sonu ile Kuvaterner'deki çökelme, graben alanları ısı kaynağı açısından uygun bölgelerdir.

Hazne kaya: Suyu biriktirerek ve dolaşımını sağlayarak ısı çıkışına izin veren geçirgen kayalardır. İyi bir hazne kaya olması için; sıcak akışkanın yeteri kadar depolanabilmesi için gözenekliliğin fazla olması, sıcak akışkanın kaya içinde dolaşabilmesi için gözeneklerin bağlantılı ve hidrolik iletkenlik katsayısının yüksek olması gerekir. Hazne kayanın geniş beslenme alanları ile meteorik sularla hidrolik ilişkide bulunması gerekir.

Örtü kaya: Hazne kayanın sıcaklığı doğal olarak kaybetmemesi için düşük geçirgenliğe sahip örtü kaya ile korunması gerekir.

Beslenme alanı: Hazne kayayı besleyecek yüzey veya yeraltısularının bulunmasına bağlıdır. Eğer hazne kaya yeterince beslenemiyorsa jeotermal alanlarda açılan kuyularda başlangıçta verim yüksektir. Ancak zaman içinde debi ve basınç düşümü sonucu kuyular ekonomik olmaktan çıkabilir (Şimşek, 2011).



Şekil 2.2. Jeotermal sistem ve elemanları (Açıkkalp, 2008)

Jeotermal sistemler sıcaklıklarına göre sınıflandırılabilir:

- 1) Termal olmayan sistemler: Jeotermal gradyan her km'de 10-40 °C artar.
- 2) Semi-termal sistemler: Jeotermal gradyan her km'de yaklaşık olarak 70 °C artar.
- 3) Hipertermal sistemler: Bu alanlarda jeotermal gradyan oldukça farklı değerlere çıkabilir. Bazı alanlarda sıcaklığın her metrede bir arttığı görülür.

Hidrotermal sistemler sıcak su ve buhar egemen sahalar olmak üzere ikiye ayrılır. Sıcak su egemen sistemlerde akışkanı basınç denetler. Sıcak su egemen sistemler üç grupta incelenir;

- 1) Düşük Sıcaklıklı Sistemler: Hazne sıcaklığı 50 °C az olan sistemlerdir.
- 2) Orta Sıcaklıklı Sistemler: Hazne sıcaklığı 50-150 °C arasındaki sistemlerdir.
- 3) Yüksek Sıcaklıklı Sistemler: Hazne sıcaklığı 150 °C' den fazla olan sistemlerdir.

Buhar egemen sistemler genelde hazne sıcaklığı 150 °C' den daha yüksek olup, yüzeye buhar şeklinde gelen ve yaklaşık 200 -240 °C sıcaklıkları bulan sistemlerdir.

2.3. Jeotermal Enerjinin Kullanımı

Fosil kökenli enerji kaynaklarının sınırlı rezervi, çevreye olumsuz etkisi ve 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizi; yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılmasına hız kazandırmıştır (Tamyerli, 2007).

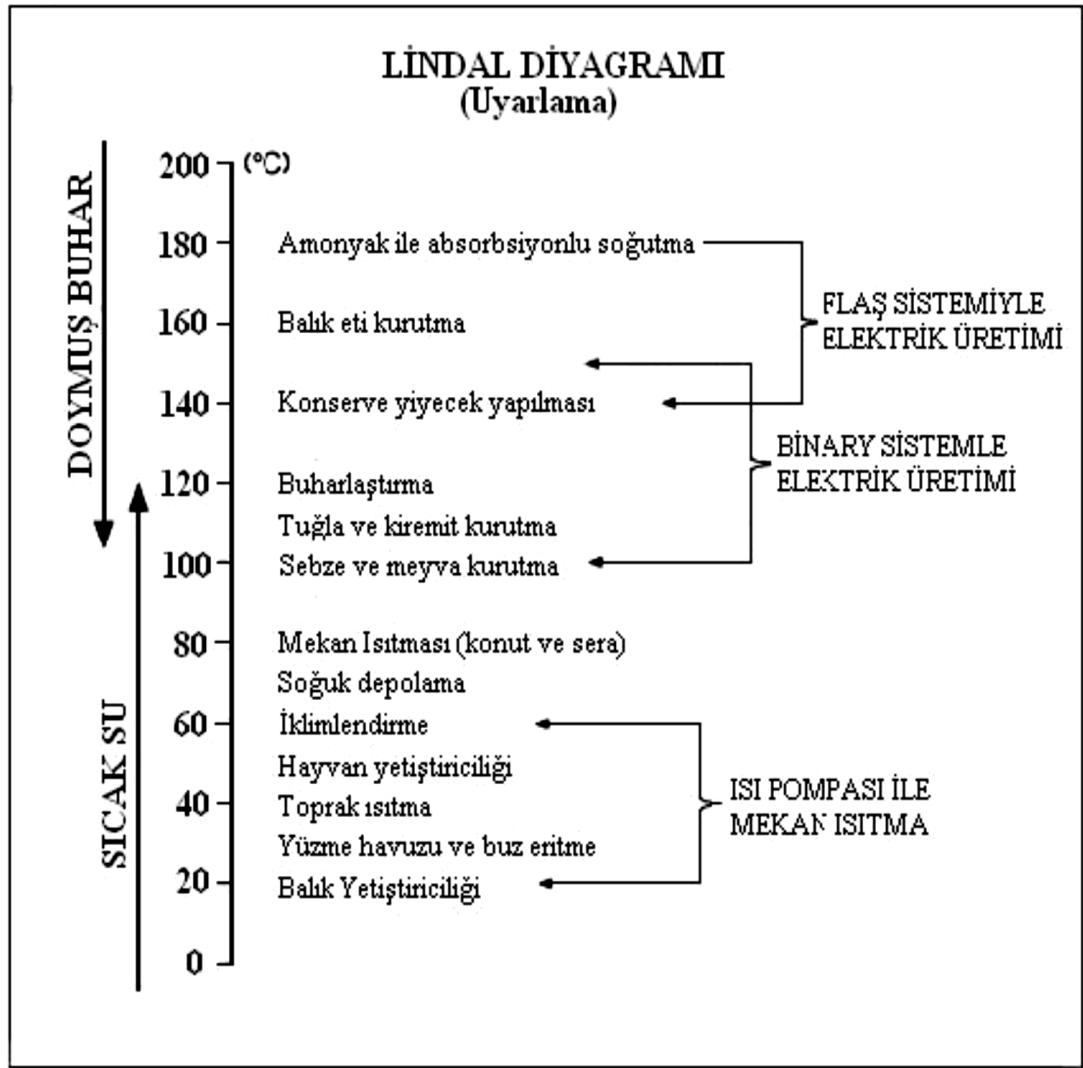
Temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen jeotermal enerjinin, çok çeşitli kullanım alanları vardır ve günümüzde gelişen teknoloji ile yeni kullanım alanları ortaya çıkmaktadır. Jeotermal sistemlerde entegrasyon, jeotermal akışkanların çeşitli sıcaklık kademelerine göre farklı alanlarda değerlendirilmesi, jeotermal yatırımları daha da ekonomik hale getirmektedir. Jeotermal enerjinin başlıca kullanım alanları; elektrik üretimi ile konut ve sera ısıtmacılığıdır.

Jeotermal enerji, ayrıca tropikal bitki ve balık yetiştirilmesinde, hayvan çiftlikleri ile cadde ve hava alanı pistlerinin ısıtılmasında, yüzme havuzu, termal tedavi merkezleri ve diğer turistik tesislerde kullanılmaktadır.

Bunların yanı sıra yiyeceklerin kurutulması ve sterilizasyonunda, konservecilik, kerestecilik ve ağaç kaplama sanayinde, kâğıt ve dokuma endüstrisinde, ağartma maddesi olarak derilerin kurutulması ve işlenmesinde, şeker, ilaç ve pastörize süt fabrikalarında ve soğutma tesislerinde kullanılmaktadır.

Ayrıca jeotermal akışkandan çeşitli kimyasal maddeler de elde edilmektedir. Jeotermal enerjiden maksimum düzeyde yararlanmak, söz konusu akışkanın enerjisini en verimli şekilde kullanmak için, dış hava sıcaklığının ve uygulama yerinin ortam sıcaklığının bilinmesi gerekir (Tamyerli, 2007).

Jeotermal enerjinin akışkan sıcaklığına bağlı kullanım yerleri Şekil 2.3.’de verilmiştir.



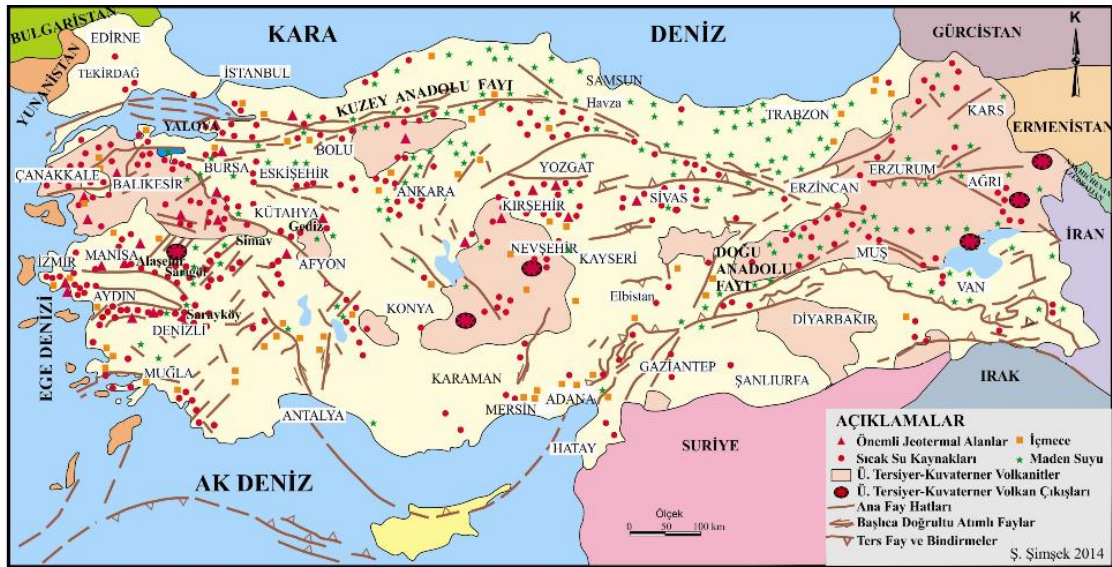
Şekil 2.3. Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre kullanım alanları
(Lindal Diyagramı) (Tamyerli, 2007)

Bunun yanı sıra, orta sıcaklıklı sahalardaki jeotermal akışkanlardan elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Yüksek sıcaklığa sahip jeotermal alanlardan elde edilen akışkan ise, elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılmaktadır (Şekil 2.4.).

Şekil 2.4. Entegre jeotermal uygulamalar

2.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji ve Uygulama Alanları

Türkiye Alp-Himalaya Tektonik Kuşağı’nın Akdeniz Bölümünde yer almaktadır. Aynı zamanda bu genç kuşak önemli bir jeotermal potansiyeldir. Jeotermal alanlar; Batı Anadolu’daki graben sistemlerinden, Orta ve Doğu Anadolu’ daki yaygın volkanizma ve tektonizmadan ve sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay hattından kaynaklanmaktadır. Termal ve mineralli su kaynaklarının dağılımı yukarıda konu edilen zonlar boyunca gelişmiştir (Şimşek, 2006) (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. Türkiye’de önemli jeotermal alanlar, sıcak ve mineralli su kaynaklarının dağılımı (Şimşek, 2014)

Türkiye’de ekonomik olarak kullanılabilir yaklaşık 186 jeotermal alan ve 1500 civarında sıcaklıkları 20-240°C aralığında değişen sıcak ve mineralli su kaynağı belirlenmiştir (Mertoğlu vd., 2010).

Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyada yedinci, jeotermal enerjinin elektrik dışı uygulamalarında ise beşinci sırada yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın % 94’ü düşük ve orta sıcaklıklı olup, doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral eldesi vs.) için uygun olup, % 6’sı ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur (URL-1).

Ülkemizde, son yıllardaki artışla turizm ve sağlık amaçlı termal tesis sayısı 350’ye ulaşmıştır. Ayrıca 2002 yılında 500 dönüm olan sera ısıtması, 2013 yılı sonu itibariyle 2924 dönüme; 2002 yılında 30.000 olan konut ısıtması, 2013 yılı sonu itibariyle 89.443 konuta yükselmiştir.

Türkiye'nin jeotermal ısıtma potansiyelinin 31 500 MWt (5 000 000 konut eşdeğeri jeotermal ısıtma) olduğu tahmin edilmektedir. Bunun anlamı, mevcut konutların %30'unun jeotermal enerji ile ısıtılabiliridir. Ancak, bugünün teknik ve ekonomik şartlarına göre bu potansiyel 1 000 000 konut eşdeğeridir (Şimşek vd., 2005).

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından bugüne kadar 576 adet, 328.711 m sondajlı arama yapılarak 227 adet saha keşfedilmiş ve doğal çıkışlar hariç, açılan kuyularda 4.900 MWt ısı enerjisi elde edilmiştir (URL-1).

Türkiye'de bulunan jeotermal sahalardan çok az sayıdaki saha, bugünün teknolojik ve ekonomik imkanlarına göre elektrik üretimine uygundur. Türkiye'nin ilk jeotermal enerji santrali 1984 yılında (20,4 MW kapasiteli) Denizli (Kızıldere)'de hizmete açıldı. Kızıldere jeotermal sahasının rezervuar sıcaklığı 200-242°C'dir.

Aydın (Germencik) sahasında rezervuar sıcaklığı 232°C olan ve 47,4 MW kapasiteli santral ve Çanakkale (Tuzla)' da 174°C rezervuar sıcaklığına sahip sahada 46 MW kapasiteli santral elektrik üretimi yapmaktadır. Çizelge 2.1.'de rezervuar sıcaklığı 140 °C 'den yüksek olan jeotermal sahalar verilmiştir.

Çizelge 2.1. Rezervuar sıcaklığı 140 °C 'den yüksek olan jeotermal sahalar

Jeotermal Saha	Rezervuar Sıcaklığı
Denizli-Kızıldere Sahası	242 °C
Aydın - Germencik -Ömerbeyli Sahası	232 ° C
Manisa –Salihli-Göbekli Sahası	182 ° C
Çanakkale- Tuzla Sahası	174 ° C
Aydın-Salavatlı Sahası	171 °C
Kütahya-Simav Sahası	162 °C
Manisa- Salihli-Caferbey Sahası	150 °C
İzmir- Seferihisar Sahası	153 °C
İzmir-Balçova Sahası	142°C
Aydın-Yılmazköy Sahası	142 °C

Bugüne kadar bulunan jeotermal alanların % 95'i ısı uygulamalara uygun sıcaklıkta olup, 30°C'nin üzerindeki toplam 170 jeotermal saha Türkiye sathına dağılmış olmakla birlikte, çoğu Batı, Kuzey-Batı ve Orta Anadolu'da toplanmıştır. Balneolojik amaçlı

kullanımlar için sıcaklık alt sınırı 20°C olarak kabul edilmekte olup 600 kaynak grubuyla Türkiye, Avrupa’da jeotermal enerji potansiyeli bakımından ilk sırada yer almaktadır (Çizelge 2.2.).

Çizelge 2.2. Türkiye’nin jeotermal enerji doğrudan kullanımı (Satman, 2013)

Uygulama	Toplam Kurulu Kapasite, MWt	Dünya Kurulu Kapasite, MWt
Bölge ısıtması	792	5391
Banyo-Havuz-Kaplıca	552	6689
Sera Isıtması	483	1544
Isı Pompaları	38	35236
Diğerleri	219	1723
Toplam	2084	50583

Türkiye’de ısıtmada kullanılan bazı jeotermal sahalar ve akışkan sıcaklıkları Çizelge 2.3.’te verilmiştir (Şimşek, 2006). Düşük sıcaklık uygulamaları ise Çizelge 2.4.’te verilmiştir (Mertoğlu, 2005).

Çizelge 2.3. Mevcut jeotermal bölgesel ısıtma sistemleri

Jeotermal Sahanın Adı	Akışkan Sıcaklığı (°C)	Konut Sayısı
Balçova (İzmir)	137	12500
Simav (Kütahya)	120	3200
Narlıdere (İzmir)	98	1500
Afyon	95	4500
Kozaklı (Nevşehir)	90	1000
Salihli (Manisa)	94	3000-24000
Kızılcahamam (Ankara)	80	2500
Gönen (Balıkesir)	80	3400
Diyadin (Ağrı)	70	400
Sandıklı (Afyon)	70	3200-5000
Kırşehir	57	1800

Çizelge 2.4. Düşük sıcaklık uygulamaları (Mertoğlu, 2005)

İsim	Kullanım Amacı	Sıcaklık (°C)
Afyon – Oruçoğlu	Termal tesis	48
Bolu – Karacasu	Termal tesis	44
Rize – Ayder	Kür merkezi	55
Hatay – Kumlu	Termal tesis-yerden ısıtma	37
Samsun – Havza	Termal tesis	54
Haymana	Cami-yerden ısıtma	45
Erzurum – Pasinler	Termal tesis	41
Erzurum – Aziziye	Termal tesis	38

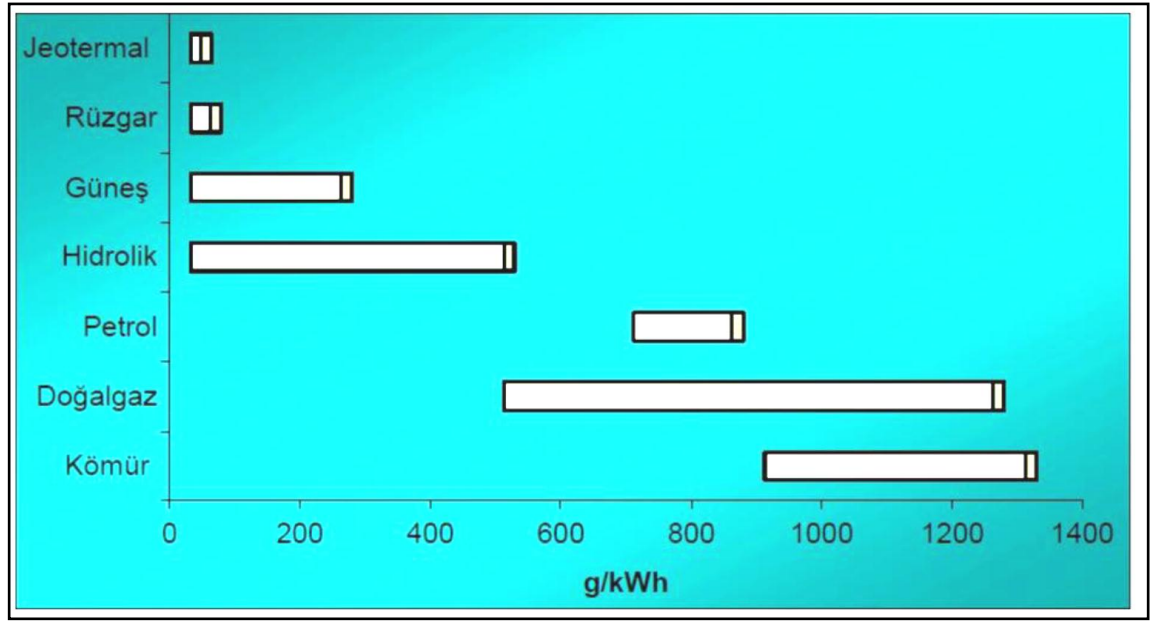
2.5. Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri

2.5.1. Avantajları

Fosil kökenli yakıtların yanması sonucu oluşan ve atmosfere bırakılan kükürtoksit, azotoksit, karbonmonoksit, karbondioksit ve partikül maddeler önemli hava kirleticileridir. Bu kirleticilerden karbondioksit emisyonu atmosferde birikerek sera etki yaratmaktadır. Bu etki ile oluşan sera gazları dünyaya ulaşan kısa dalga boylu ışınları geçirmekte, yeryüzünden yayılan uzun dalga boylu ışınları ise geçirmemektedir.

Bunun sonucu olarak yeryüzünün aşırı ısınmasına yani küresel ısınmaya yol açmaktadır. Jeotermal enerji, fosil yakıtların tüketimi ile ilgili olarak ortaya çıkan sera etkisi ve asit yağmuru gazlarının atımından doğan insan sağlığı ve çevre sorunlarının önlenmesi bakımından büyük önem taşımaktadır.

ABD Enerji Bakanlığı'nın verilerine göre, sera etkisine yol açan karbondioksit emisyonunun jeotermal enerjide sifıra yakın olduğu, diğer fosil ve alternatif enerji kaynaklarında ise çok daha fazla olduğu açıkça görülmektedir (URL-2) (Şekil 2.6.). Örneğin; karbondioksit emisyon değerinin kömürde 900-1300 g/kWh, doğal gazda 500-1250 g/kWh, güneş enerjisinde 20-250 g/kWh, rüzgar enerjisinde 20-50 g/kWh seviyesindeyken jeotermal enerjide 20-35 g/kWh'dır.



Şekil 2.6. Üretilen kWh başına sera gazı emisyon aralıkları (Gecesefa, 2012)

Asit yağmurlarının oluşumuna sebep olduğu düşünülen H_2S yine fosil yakıtlı santrallerdeki salınımına nazaran oldukça düşüktür. Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal enerji santrallerinde CO_2 , NO_x ve SO_x atımı çok daha düşük olup, merkezi ısıtma sistemlerinde sıfırdır (Olcay, 2012).

Çizelge 2.5.'de güç santrallerinin çevresel etkilerinin karşılaştırılması verilmiştir. Jeotermal enerji kaynaklarının diğer güç kaynaklarıyla karşılaştırılması sonucunda çevresel olarak çok temiz bir enerji kaynağı olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 2.5. Güç santrallerinin karşılaştırılması (Tamyarlı, 2007)

Santral Tipi	Hava Kirliliği	İklimsel Etki	Doğal Görünüme Etkisi	Dışa Bağımlılık	Kaynakların Sürekliliği	Kaynakların Tükenebilirliği	Tekno. Risk
Nükleer	x	x	x	x	x	X	x
Petrol	x	x	x	x	x	X	o
Kömür	x	x	x	o	x	X	o
Doğalgaz	x	x	x	x	x	X	o
Hidrolik	o	x	x	o	x	O	o
Rüzgar	o	o	x	o	o	O	o
Güneş	o	o	x	o	o	O	o
Jeotermal*	o	o	x	o	x	O	o

*Re-enjeksiyon yapılması durumunda; x: var. o: yok.

2.5.2. Dezavantajları

Jeotermal akışkanların önemli çevresel etkilerinden biri de hava ve nehir-göl yataklarında kirliliğe neden olmasıdır. Jeotermal akışkanlar, kimyasal içeriği olan akışkanlar olup içerikleri rezervuar kayalarına bağlı olarak bölgeden bölgeye farklılık gösterir. Jeotermal akışkanlar; CO₂, H₂S, NH₃, CH₄, N₂, H₂ gibi yoğunlaşmayan gazlar ve Hg, B ve Rn gibi elementler içerirler (Gecesefa, 2012). Ancak modern jeotermal santrallerde, yoğunlaşmayan gazları buharın içinden alıp, kullanılmış jeotermal akışkan ile birlikte yeraltına geri veren reenjeksiyon sistemleri vardır. Bu jeotermal santraller ile jeotermal ısıtma sistemleri tarafından dışarı atılan zehirli atıklar yoktur. Böylece hava kirliliği önlenmiş olur.

Jeotermal enerji kullanımında, yer çökmeleri ve gürültü gibi problemlerin olasılığı da mevcuttur. Gürültü şiddetinin 120 dB'den (desibel) sonra rahatsızlık verdiği düşünülürse, jeotermalin işletim esnasında 90-122 dB aralığında değişen ve susturucu kullanımıyla 75-90 dB seviyelerine düşen jeotermal kullanımı kaynaklı gürültü, insana rahatsızlık vermemektedir.

Jeotermal alanlarda işletim sırasında arazi çökmeleri görülebilir. Bu sorunu önlemek için jeotermal sahaya dere, göl ve nehir suları enjekte edilebilmektedir.

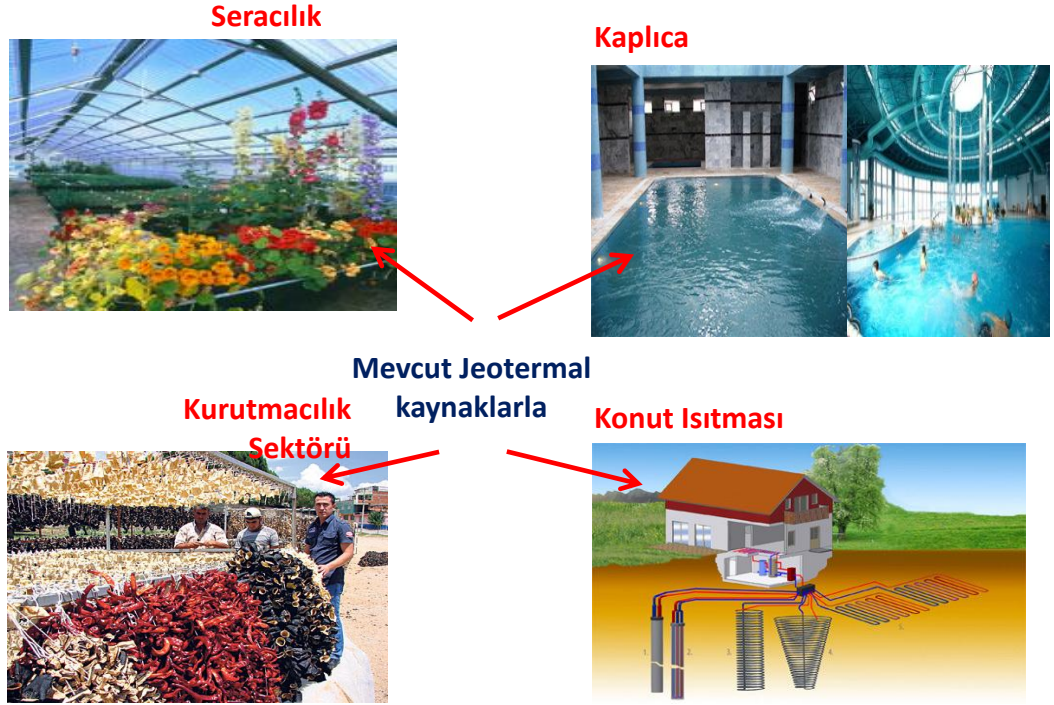
2.6. Jeotermal Kaynakların Isıtmacılıkta Kullanım Olanakları

Birçok ülkede ve Türkiye'de jeotermal enerji ile şehir, ev ve sera ısıtması yapılmaktadır. Düşük sıcaklıklı jeotermal akışkanlar doğrudan ısıtmacılıkta kullanılmaktadır. 40°C'den fazla sıcaklıktaki jeotermal akışkanlar ise binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada ve de sıcak kullanma suyu olarak ayrıca sera ısıtmasında kullanılmaktadır.

Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi (JMIS); bir ya da daha fazla jeotermal akışkan üretim sahasının, bir grup binaya ısı enerjisi sağlamak amacıyla ısı kaynağı olarak kullanılması olarak tanımlanabilir. Bir JMIS' de entegre kullanım ile binaların ısıtılması, ev içi kullanım suyunun ısıtılması, binaların soğutulması, endüstriyel uygulamalar ve termal turizm (kaplıca) uygulaması bulunabilir (Şekil 2.7.).

Jeotermal enerji ile bölgesel ısıtma yapıldığında, enerji olarak sadece üretilen sıcak su kullanılmaktadır. Dolayısıyla binalarda kazan, yakıt deposu ve benzeri ekipmanlar kullanılmamaktadır. Sadece bina altında ısı eşanjörleri bulunmaktadır (KSO, 2012).

Bu sistemlerin dışında ülkemizin birçok yöresinde küçük çaplı bina ve sera ısıtmaları da yapılmaktadır. Güncel uygulamalarda jeotermal kaynakların ısıtmada kullanımı 103.000 konut eşdeğerine ulaşmıştır.



Şekil 2.7. Jeotermal kaynakların ısıtmasında kullanım alanları

2.6.1. Jeotermal akışkanların konut ısıtmasında kullanılması

40 °C 'nin üzerindeki jeotermal sularla konutların ısıtılabilirdiği ve bunun dünyada birçok örnekleri olduğu dikkate alınarak, ülkemizde yaklaşık 5 milyon konutun jeotermal enerjiden yararlanarak ısıtılabilirdiği ileri sürülmektedir. Türkiye 40 °C 'nin üzerinde sıcaklığa sahip jeotermal kaynak zenginliği açısından dünyada 7. sırada gelmektedir. Sıcaklığı 30-60 °C arasında değişen jeotermal su, konutların ısıtılmasını kolay ve pratik bir şekilde sağlamaktadır. Daha düşük sıcaklıklara sahip jeotermal kaynaklardan yararlanmanın yöntemi “ısı pompaları” dır. Isı pompası 30-50 °C'lerdeki ve debisi düşük olan jeotermal suyun sıcaklığını bu suyun ekonomik olarak yükselttiğinden önemlidir.

Bu yöntemle jeotermal suyun sıcaklığı 44-50 °C arasında yükseltilirken, en fazla elde edilen sıcaklık derecesi 110 °C olmuştur. Jeotermal sahaları üzerinde kurulmuş ısıtma amaçlı kullanılan merkezi ısıtma sistemlerinin toplam kapasitesi 23000 konut eşdeğerindedir ve 130000 konut eşdeğeri ısıtma projelendirilmiştir (Olcay, 2012).

Jeotermal enerji ile ısıtma uygulamalarının ekonomik olup olmaması, bu enerjinin kullanım yoğunluğuna ve birim alandaki ısı gereksinimine bağlıdır. Bununla birlikte; akışkan sıcaklığı, kaynağın derinliği, verimi ve akışkanın iletildiği uzaklık gibi enerjinin üretim ve iletimine ilişkin giderler de ısıtma uygulamalarının ekonomik kullanımına etkili faktörlerdir.

Jeotermal ısıtma sistemlerinin yüksek olan ilk yatırım maliyetleri, sistemin işletmeye alınmasında kısa süre sonra tekrar kazanılmaya başlanmaktadır. Mevcut uygulamalardan da, jeotermal enerjinin diğer fosil yakıtlardan daha ekonomik olduğu, yatırım maliyetlerini en kısa sürede amorti ettiği anlaşılmaktadır (Çizelge 2.6.).

Çizelge 2.6. Türkiye İç Anadolu’da jeotermal enerji ile ısıtılan bazı yerleşim bölgeleri ve halkın ödediği aylık jeotermal ısınma ve sıcak su ücretleri (2005/2006 sezonu) ve katılım bedelleri (Fiyatlara KDV dahil) (Demirel, 1998)

Yer	Isınma Bedeli			Katılım Bedeli			Yazın Sıcak Su
	Konut	İşyeri	Resmi Daire	Konut	İşyeri	Resmi Daire	
Kırşehir	48,6 TL	54,2 TL	60 TL	-	-	-	Yok
Kızılcahamam	50 TL	75 TL	75 TL	1200 \$	1200 \$	1800 \$	Var (Haftada İki Gün)
Sandıklı	47,2 TL	53,1 TL	53,1 TL	-	-	-	-
Kozaklı	57,5 TL	68,5 TL	72 TL	940 Euro	940 Euro	940 Euro	Yok
Narlıdere	48 TL	96 TL	96 TL	2000 TL	2000 TL	2000 TL	Var

Jeotermal merkezi ısıtma sistemleri, klasik yani fuel-oil, kömür, doğalgaz kullanan ısıtma sistemlerinden prensipte farklıdır. Jeotermal sahaların özellikleri (artezyenik, artezyenik olmayan, basınç, sıcaklık, debi, kimyasal kompozisyon ve diğer) her yerde farklı farklıdır. Bundan dolayı klâsik ısıtma sistemlerinde olduğu gibi standart bir uygulama yoktur. Her sahaya göre farklı dizaynlar yapılmakta ve uygulanmaktadır.

Jeotermal ısıtmanın yapılacağı yerin, yani uygulama yerinin jeotermal sahanın dışında olması durumunda, jeotermi suyun nakli direk olarak toprağa gömülen izolasyonlu özel

paket borular aracılığı ile yapılmaktadır. Bu borular ile 0,1 - 0,5 °C/km sıcaklık kaybı gradyanı başarı ile elde edilmektedir. Bu boru sistemlerinin düşük sıcaklık kaybı gradyanı özelliğinin yanı sıra, düşük basınç kaybı, daha iyi boru iç yüzey kalitesi, korozyona karşı mükemmel rezistans, daha az ısı uzama ve klasik ısı galerili sisteme göre daha düşük maliyet gibi avantajları vardır. Teknik ve ekonomik şartlar uygun olduğu durumda, jeotermal su 150-200 km mesafeye taşınabilmektedir.

Jeotermal merkeze gelen jeotermal suyun enerjisi özel olarak dizayn edilmiş 1-1,5°C yaklaşım sıcaklığına sahip çok yüksek verimli eşanjörlerle kapalı çevrimde sirküle eden temiz suya aktarılmaktadır. Şartlara bağlı olarak kuyu içi eşanjörü uygulamaları da yapılmaktadır. Enerjisi aktarılan jeotermal su mevcut termal tesislere verilmekte veya reenjeksiyon boru hattı ile yeniden yer altına gönderilmekte yani reenjeksiyon yapılmaktadır. Böylece rezervuar ömrü artmakta ve bor ve/veya tuzluluktan meydana gelebilecek muhtemel çevre kirliliğine engel olunmaktadır.

2.6.2. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemleri

Sera ısıtma amacıyla, düşük sıcaklıktaki ısıtma akışkanlarından etkin ve ekonomik olarak yararlanılabilir. Bu nedenle, son yıllarda seralarda sıcak sulu ısıtma sistemlerinin tasarımına ilişkin araştırma ve geliştirme çalışmaları önem kazanmıştır. Bu durum, sera (Şekil 2.8.) ve ısıtma sistemlerinin tasarımı konusundaki teknik yaklaşımın sürekli olarak değişmesine neden olmaktadır. Düşük sıcaklıktaki ısıtma akışkanlarının bazı üstünlükleri nedeniyle, sera ısıtma için birçok yeni ısı değiştirici geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 2.8. Sera yapısı

Jeotermal enerji ile sera ısıtma için araştırma ve geliştirme çalışmalarında aşağıdaki etmenlerin dikkate alınması gerekir (Öztürk, 2006):

- Sera kurulacak alan, ticari olarak sera üretimi için uygun olmalıdır.
- Jeotermal kaynak seradan 20 km'den daha uzak olmamalıdır.
- Jeotermal sera tesisi belirli bir büyüklükte olmalıdır.
- Sera yapısı, uygun malzeme ve ekipmanlardan yararlanılarak, jeotermal akışkan kullanılmak üzere tasarlanmalıdır.
- Mevcut olan ısı enerjisi miktarı ve seranın yıllık ısı gereksiniminin ne kadarının karşılanabileceğı iyi bilinmelidir. Balıkçılık, hayvancılık, sulama ve mantar yetiştiriciliğı gibi diğerk uygulamalar da dikkate alınmalıdır.

Jeotermal enerji ile sera ısıtma uygulamalarında, işletme ve bakım açısından en uygun kaynaklar, derinliğı az olan yüzeysel ve düşük sıcaklıktaki (25-60 °C) kaynaklardır. Bu özellikteki kaynaklar için kazı ve akışkan pompalama giderleri düşüktür. Bazı uygulamalarda, jeotermal akışkanda bulunan ve korozyona neden olan kimyasal bileşenler nedeniyle, jeotermal akışkandan, sera içerisinde dolaşan normal akışkana (su) ısı transferi sağılamak için ısı değıştiriciler kullanılır.

2.7. İnceleme Alanına İlişkin Literatür Özeti

Beekman (1966)'da Hasandağı-Melendiz dağı, Aksaray, Gelveri (Güzelyurt) ve Çınarlı bölgesindeki volkanik kayalar tanımlayarak adlandırmış, ignimbrit oluşumuna sebep olan patlamaları Tuz Gölü fayına bağılamış, Selime tüflerinin çıkış kaynağının bu alanın yakınındaki Narlıgöl (Acıgöl) civarı olabileceğini ifade etmiştir.

Öktü ve Kalkan (1984)'de Ziga sahasında jeolojik-hidrojeolojik etüt çalışmasını yaparak bölgenin stratigraf özelliklerini belirtmişler ve suların kimyasal analizlerini yaparak sınıflandırmışlar; sahada belirlenmiş 18 adet sıcak su kaynağının sıcaklıklarının 29-51 °C arasında değıştiğini belirtmişler, yaklaşık 350 m derinliğinde bir sondajın yapılmasını önermişlerdir.

Şimşek (1997)'de Ihlara (Kapadokya) Özel Çevre Koruma bölgesinin jeolojisini, bölge içindeki jeotermal suların hidrokimyasal özelliklerini ve kökenlerini belirtmiş, termal kaynakların ve doğıal yapıların koruma alanlarının sınırlarını tespit etmiştir.

Göçmez (1994)'de inceleme alanının Ziga bölümünde, silis jeotermometresine göre 98-151 °C rezervuar sıcaklığı hesaplanmış ve alanda sıcak sulara % 80 oranında soğuksu karıştığını ifade etmiştir.

Afşin ve Baş (1997)'de Aksaray-Niğde arasındaki bazı önemli soğuk ve sıcak su kaynaklarının hidrokimyasal ve izotopik incelemesi ve kökensel yorumunu yapmışlar, bu kaynakların yüzey suları ile karışarak, fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimleri hidrokimyasal ve izotopik açıdan incelemiş, Tuzlusu ve Koçpınar kaynaklarının koruma alanlarını belirtmişlerdir.

Afşin ve Elhatip (2000)'de Tuzlusu sıcak ve mineralli su kaynaklarının debilerinin düşük, CO₂ ve toplam çözünmüş madde miktarlarının yüksek olduğunu, yeni traverten oluşumlarının devam ettiğini, Na-Ca-Cl-HCO₃ su tipinde ve kaynak sularının hazne kaya sıcaklığının 115 °C dolayında olduğunu, sertliği ve tuzluluk tehlikesi çok yüksek olan bu suların sulama suyu olarak kullanılmasının uygun olmadığını belirtmişlerdir.

Elhatip (2002)' de Aksaray ilindeki sıcak ve soğuk su kaynaklarını, bu kaynakların hidrokimyasal özelliklerini belirtmiş, su kaynaklarının korunmasına ve Yaprakhisar-Ziga travertenlerinin korunmasına ve geliştirilmesine yönelik öneriler getirmiştir.

Şahin ve Balta (2002)'de, Ziga jeotermal sahsından elde edilecek enerji ile düşük sıcaklıklarda konut ısıtmasının mevcut debi ve 53°C kuyu başı sıcaklığıyla ocak ayında eski yapılar ele alındığında 951 konutun, yönetmeliğe uygun yapılar dikkate alındığında ise 1357 konutun ısıtılabilceğini belirtmişlerdir.

Afşin ve Allen (2012)'de Ziga ve Acıgöl jeotermal sularının silis jeotermometreleri ile rezerv sıcaklıklarını sırasıyla 42-92 °C ve 51-102 °C bulmuşlardır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Yüksek lisans tezi kapsamındaki yapılan çalışmalar literatür, arazi ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleşmiştir.

Literatür çalışmaları kapsamında; jeotermal enerjinin tanımı, Türkiye'deki jeotermal enerji potansiyeli, jeotermal enerji kaynaklarının kullanım alanları ve jeotermal enerjinin üstünlükleri incelenmiştir.

05.06.2014 tarihinde yapılan arazi çalışmasında, Aksaray ilindeki jeotermal enerji kaynaklarından su kimyası analizlerinde kullanılmak üzere beş farklı jeotermal alandan su örnekleri alınmıştır. Su örnekleri fiziksel parametrelerini uzun süre koruyamayacaklarından bazı ölçümlerin yerinde yapılması gerekmektedir. Bu fiziksel parametrelerin ölçüldüğü cihazların kalibrasyonları her ölçümden önce kontrol edilerek gerekli görüldüğü durumlarda kalibrasyonları yapılmıştır. Kullanılan prob ve elektrotlar her ölçüm öncesi ve sonrası saf su ile yıkanmıştır.

Belirlenen örnekleme noktalarına ait yerinde ölçüm yapılması gereken parametreler sıcaklık, elektriksel iletkenlik, pH sahada ölçülmüştür. pH değerleri, pH 330/SET cihazı ile elektriksel iletkenlik (Eİ) değerlerinin ölçümleri WTW LF330 cihazı ile yapılmıştır.



Şekil 3.1. Arazi çalışmalarında kullanılan ölçüm cihazları

Kimyasal analizler için çalışma alanından alınan suların örneklemesinde polietilen sızdırmaz kapaklı 500 ml hacimli örnekleme şişeleri kullanılmıştır. Bu şişeler kullanımları sırasında örnekleme yapılacak sularla en az iki kez çalkalanmıştır. Tüm örnekler polietilen şişelere hava kalmayacak şekilde doldurulmuştur.

Su örneklerinin su kimyası analizleri Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği su kimyası laboratuvarında yapılmıştır. Anyon ve katyon analizleri için ICS-1000 İyon Kromatografi cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Dionex ICS-1000 ion chromatography (İyon Kromatografi)

Majör anyon ve katyon değerleri (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , CO_3^{-2} , HCO_3^- , SO_4^{-2} , Cl^-) su tipleri, hidrokimyasal fasiyesleri ve rezervuar sıcaklıklarını (jeotermometre uygulamaları) belirlemede kullanılmıştır. Silis jeotermometre hesaplamalarında kullanılan silis (SiO_2) değerleri için MTA envanteri (1993) ve Elhatip (2002)'nin su analizleri sonuçlarından yararlanılmıştır.

Kimyasal analiz sonuçlarının yorumlanmasında grafiksel gösterimleri ile AquaChem 2012.1 su kimyası ve Phreeqc Interactive 3.1.2- 8538 programlarından yararlanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. İnceleme Alanının Jeolojisi ve Hidrojeolojisi

4.1.1. Genel jeoloji

Bu bölümde Aksaray ilinin genel jeolojisi ve inceleme alanında örülen jeolojik birimler incelenmiştir. Aksaray civarının stratigrafik olarak tabanında Kaman Grubu olarak adlandırılan, Kırşehir masifinin metamorfiteeri yer almaktadır.

Metamorfiteerin üzerine, Karakaya Volkanit olarak adlandırılan gabro ve gabronorit kütleleri gelmektedir. Granit, granodiyorit ve kalkalkali granit bileşimindeki asidik sokulum metamorfite ve ultramafiteeri kesmiştir. Bu birimlerin üzerine Eosen ve Oligosen yaşlı örtü birimleri uyumsuz olarak gelir.

Bölgedeki volkanizma faaliyetleri orta-üst Miyosen’de başlamış ve Pliyosen’de de aktivitesini sürdürmüştür (Şekil 4.1.).

4.1.1.1. Tamadağ ve Bozcaldag formasyonları

Aksaray civarında, Ortaköy ve Ovacık çevresinde yüzeyleyen bu birimler Kaman Grubu Metamorfiteeri’ ndendir. Tamadağ formasyonu, serizit-kloritşist, kalkşist, metagrovak, metakumtaşı ve mermer ile temsil olunur.

Bozcaldag metamorfitei, kuvarsit, gnays ve mermer aralanmasından oluşmuştur. Gnayslar içinde yer yer mermer, amfibol ve kuvarsit bantları görülür.

Kalınlıkları artarak üste doğru devam eden mermer bantlarının renkleri beyaz, pembe, mavimsi görünümlü olup, yer yer kırıklı ve dağılgan özelliğe sahiptir (Ketin, 1969; Şimşek, 1997; Duru, 2006). Birimlerin yaşı Paleozoyik olarak kabul edilmiştir (Burçak, 2006).

AKSARAY VE ÇEVRESİNİN GENELLEŞTİRİLMİŞ STRATİGRAFİ KESİTİ					
UST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR
S E N O Z O Y İ K	KUVATERNER	HOLOSEN			Güncel akarsu çökelleri Traverten
		PLEYİSTOSEN	VOLKANİT		Bazalt proklastikleri ve lav. Göllüdağ riyoliti.
	T E R S İ Y E R	PLİYOSEN-ÜST MİYOSEN			Kızılkaya ignimbiriti
					Selime tüfü
		OLİGO-MİYOSEN	PEÇENEK		Gölsel kırıntılar ve kireçtaşı Göstük tüfü ve ignimbiriti
			MEZGİT		Kristal jipsli seri (Çakıltı, Kumtaşı, Siltli kiltığı)
		ORTA EOSEN (LUTESİYEN)	ÇAYRAZ		Çakıltı, kumtaşı, Nummulitli kireçtaşı.
M E S O Z O Y İ K	KRETASE	KAMPANİYEN MEASTRİHTİYEN	OFİYOLİTİK KAYALAR		Kütüdağ volkaniti (Dazit, Trakit, Andezit vb.) Yalıntaş Siyenitoidi (Siyenit-Monzonit)
					Baranadağ Plütunu (Granodiyorit vb.)
	KRETASE ÖNCESİ		KAMAM GRUBU METAMORFİTLERİ		Karakaya Ultramafiti (Gabbro-Norit)
					Ankara Ofiyolitli karışığı (Diyabaz-spilit-çört-çamurtaşı radyolit)
					Mermer
					Gnays-Mermer ardalanması
					Gnays

Şekil 4.1. Aksaray ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (URL-3)

4.1.1.2. Karakaya ultramafitleri ve Baranadağ plütunu

Bölgede yer alan plütonik kayalardan gabroik kayalar, “Karakaya ultramafiti” ve granitoid ve granodiyoritlerden oluşan plütonik kayalar ise “Baranadağ Granit ve Granodiyorit Plütunu” olarak isimlendirilmiştir (Seymen, 1981).

Karakaya ultramafiti, gabro ve gabronorit türü kayalardan oluşmuştur. Uygun (1981), tarafından Kampaniyen-Maestrihtiyen dönemindeki Bozkır ofiyolit naplarına ait olduğu belirtilmiştir (URL-3). Baranadağ plütunu, granit ve granodiyorit ile temsil olunur. Temeli kesen bu magmatik kayalar çeşitli boyutlarda ve geometrik şekillerdedir. Gri, açık gri renklidir. Çoğu zaman fazlaca alterasyona uğramışlar (URL-3). Birim üzerinde, konglomera ve kumtaşı ile temsil edilen ve jips içeren karasal kökenli Mezgit Grubu kayaları diskordan olarak yer alır.

4.1.1.3. Çayraz formasyonu

Çakıлтаşı, kumtaşı, nummunitli kireçtaşı ardalanmasından oluşmuştur. Kalın tabakalı, kötü boylanmalı ve gevşek çimentoludur. Baranadağ plütونunu uyumsuz olarak örter (URL-3). Formasyon Alt Eosen yaşlıdır.

4.1.1.4. Mezgit formasyonu

Tuzgölü doğusunda yüzeylenen bu birim, çakıлтаşı, kumtaşı, jips, anhidrit, marn ile temsil edilen karasal birimlerden oluşmaktadır. Üst Eosen-Oligosen yaşlı bu birim Çayraz formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir. Üstte Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Peçenek formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülür (URL-3).

4.1.1.5. Göstük tüfi/ ignimbiriti

Alt seviyelerde grimsi-yeşil ve boz renkli volkanik kül, tuf matriks ile zayıf tutturulmuş, az yuvarlaklaşmış, başlıca andezit, bazalt, granitik, gabroik kayaç, pomza çakıllarından oluşan; yer yer tane destekli çakıлтаşı, çakıllı tüfit; daha üste doğru kırmızımsı kahverengi toprağımsı renklerde tüfitik kumtaşı, pomza çakıllı tüfit seviyelerinden oluşur. Göstük ignimbiriti, mor renkli, iri pomza parçaları içerir.

4.1.1.6. Karakaya formasyonu

Adını Selime yakınındaki Karakaya Tepe'den alan birim, yaklaşık 100 m kalınlığındadır. Karakaya tepe ve dolaylarında tipik mostraları vardır. Tabanda başlıca kumtaşı çakıltaşı ara katkılı tuf, tüfitten oluşan bu birimin en üst seviyelerinde killi kireçtaşı bulunmaktadır. Aşınmaya karşı dayanımlı değildir. Karakaya çökelleri akarsu ve göl ortamında oluşmuş birimdir (Şimşek, 1997).

4.1.1.7. Selime tüfleri

Selime tufünün sahada en tipik ve kalın görüldüğü yerler Selime ve Yaprakhisar köyleri civarındır. Buradan itibaren kuzeye ve batıya doğru incelmektedir. Bu birimin bozunma rengi beyazdan pembeye kadar çeşitli renklerde ve oluşturduğu peribacaları ile Neojen yaşlı diğer birimler içerisinde çok karakteristiktir. Sahanın birçok yerinde dayanımlı Kızılkaya ignimbiritlerinin koruyucu etkisi ile Selime tüflerinin aşınması önlenmiş, ancak Kızılkaya ignimbiritlerinin aşındığı yerlerde Selime tüflerinin kolayca erozyona uğraması nedeniyle peribacaları oluşmuştur.

4.1.1.8. Kızılkaya ignimbiritleri

İgnimbiritlerin en iyi gözlendiği yer Aksaray-Ihlara yolu üzerindeki Kızılkaya köyüdür ve adını buradan almaktadır. Kızılkaya ignimbiritleri Aksaray, Güzelyurt ve Hasandağı arasındaki alanda karakteristik mesaları oluştururlar. Bölgenin en yaygın volkanik kayaçları olup kılavuz seviyeyi oluşturmaktadır. Bozunma rengi beyaz açık gri renklerde. Bileşimi riyodasitik ve andezitiktir. Dış etkenlerle pembemsi kırmızımsı renk kazanan bu birimler sütunsal bir dış görünüme sahiptir. Kızılkaya ignimbiritlerinin yaşı Batum (1978), tarafından alt Pliyosen olarak tespit edilmiştir

4.1.1.9. Hasandağı külleri

Hasandağı külleri çökelmeden önceki eski topografya çukurlarını dolduran birim topografya yüzeyine bağlı olarak genellikle yatay, yer yer eğimli görünüm sunmaktadır (Beekman, 1966). Hasandağı külleri göl ortamında oluşmuş birimlerle, volkanizma ürünü olan birimlerin ardalanmasından oluşmuştur. Formasyonu oluşturan kayaç türleri birbiriyle düşey ve yanal geçişlidir. Gri-beyaz renkli kül ve lapilliden oluşan Hasandağı külleri, beyaz renkli vitrik kül matriksi içerisinde kaba kum boyundan 5-6 cm'ye kadar

ulaşan obsidiyen, pomza ve az miktarda da lav parçaları içerir. Hasandağı külleri, Belisırma ve Ihlara civarında Kızılkaya ignimbiritlerini örtmektedir.

4.1.1.10. Glldağ tüfleri

İlk olarak Beekman (1966), tarafından adlandırılmış olan birim, adını çiftlik kuzeyinde yer alan Glldağ'dan alır. Glldağ volkanizmasının asidik ürünlerinden oluşan bu kayalar genellikle kl, tf, pomza ve obsidiyenlerden oluşur.

4.1.1.11. Acıgöl piroklastikleri

Acıgöl (Narlıgöl) ve Derinkuyu arasında çok sayıda piroklastik ürünler çıkaran koni yer almaktadır. Bu rnler, kırmızı-siyah renkli bazaltik cüruf, çeşitli büyüklükte bazalt blokları ile lapilli lavlarından oluşmaktadır (Burçak, 2006).

4.1.1.12. Traverten

Termal kaynakların dolayında genellikle kalsiyum karbonattan (CaCO_3) oluşan kayalar yöredeki en genç ve güncel birimlerdir. Tabakalı olduğu gibi kırık ve çatlak dolgusu olarak da görülebilmektedir. Ziga termal kaynakları dolayında yaygın traverten mostraları vardır. Travertenlerin gözlendiği diğer alanlar Ihlara Vadisi'nde Belisırma-Yaprakhisar arası ve Yaprakhisar çevresidir (şimşek, 1997). Selime tüfleri içerisindeki çatlaklardan gelerek yüzeye ulaşan sıcak sular, zamanla buralarda kalınlıkları 30–40 cm'den 1 m'ye ulaşan kalsit damarları oluşturmuşlardır. Tflerdeki birbirini kesen çatlaklar boyunca yüzeye çıkan sıcak sular kırık hatları boyunca aragonit şeklinde traverten oluşumuna sebep olmuştur (Demirel, 2012).

4.1.1.13. Alüvyon

Alüvyon birimi, Melendiz vadisi boyunca ve diğer küçük akarsu yataklarında mostra verir. Birim, akıl-kum-kil-mil boyutundaki malzemelerin çeşitli etkenlerle taşınarak vadi içerisinde depolanmasıyla oluşmuştur.

4.1.2. İnceleme alanının jeolojisi

Narlıgöl jeotermal alanına ve Tuzlusu jeotermal alanına ait jeoloji bu başlık altında incelenmiştir. Ziga, İhlara ve Ilısu jeotermal alanlarının jeolojisi aynı olduğundan bu alanlar, Ziga jeotermal alanı jeolojisi içinde birlikte değerlendirilmiştir.

4.1.2.1. Tuzlusu jeotermal alanı

Bölgede en altta Paleozoyik- Mesozoyik yaşlı Tamadağ ve Bozçaldağ formasyonları bulunmaktadır. Bu birimlerin üzerinde Eosen yaşlı Baranadağ plütunu, Alt Miyosen- Lütésiyeñ yaşlı Mezgit grubu üyesi olan bir birim ile serpantin, kireçtaşı, metamorfik kaya, radyolarit çakıllı kırıntılardan oluşan bir birim bulunmaktadır. Birimi, yaşları Pliyosen olan Göstüktüfıti ve ignimbriti, Kızılkaya ignimbiriti, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Peçenek formasyonunun Göstük tuf ve kireçtaşı üyeleri örtmektedir. En üstteki birimler ise Kuvaterner yaşlıdır ve sırasıyla Aksaray volkanitlerinden andezit, yamaç ve etek molozu, yüzey çökelleri, traverten, eski ve yeni alüvyondan oluşmaktadır.

4.1.2.2. Ziga jeotermal alanı

Ziga jeotermal alanında yüzeyleñ en yaşlı birim Pliyosen yaşlı Karakaya tüftleridir. Üzerine yine aynı yaştaki Selime tüfleri uyumlu gelir. Kızılkaya ignimbiritleri, Karakaya tüftleri ile Selime tüflerini uyumsuz örter. Daha sonra oluşan volkan külleri Kızılkaya ignimbiritlerinin üzerine uyumlu gelir. Bütün bu birimleri ise Kuvaterner yaşlı genç travertenler uyumsuz olarak örter (Öktü vd., 1984).

4.1.2.3. Narlıgöl (Acıgöl) jeotermal alanı

Üst Miyosen sonları, Pliyosen başlarında bir volkan konisi durumundaydı. Patlamalı bir şekilde başlayan Narlıgöl konisi, selime tüfü adı verilen andezitik karakterde piroklastik materyalleri çıkarmış; Kuvaterner başlarında çökerek bugünkü maar görünümünü almıştır (MTA,1992; Durak vd. 1997). Narlıgöl çevresinde volkanizmanın kabuksal kökenli olduğu, riyolit volkanizmasının yaşının 500 bin yıl, bazalt volkanizmasının ise 50 bin yıl civarında olduğu yaş tayinleri sonucu tespit edilmiştir. Fazla derin olmayan magma odalarının hala enerji taşıdığı, bu enerjinin kaldera kenarlarındaki ring fayları ve KD-GB, GD-KB uzanımlı faylar boyunca sıcak su şeklinde yüzeye çıktığı görülmektedir (Akbaşlı, 1992). Gölün temeli Kırşehir masifine ait Paleozoyik yaşlı

metaformitler olan Bozçaldağ formasyonu olarak bilinen gnays ve kuvarsitler temsil etmekte olup, genç bazaltları göl çevresinde yüzeylenmiştir (Şekil 4.2.).

Ü. SİSTEM	SİSTEM	SERİ	SİMGE	SİMGESİZ KALINLIK (m)	LİTOLOJİ (Kayaç Çeşidi)	MORFOLOJİK DURUM	HİDROJEOLojİK ÖZELLİKLER
SENOZOYİK	TERSİYER	PLİYÖSEN	KUVATERNER	QcQa	Alüvyon, traverten Açısal uyumsuzluk Bazalt	Alüvyon gevşek Traverten dayanımlı	Alüvyon geçirimli Traverten karstik
				Ob	Hasandağ külleri tuf, tüfit İgnimbirit Bazalt	Dayanımlı Gevşek kolay aşınmalı	Geçirimsiz
				Tk	KIZILKAYA İGNİMBİRİTLERİ	Sert, dayanımlı kırık ve çatlaklı kesimleri kolay kopmalı	Kırıklı, çatlaklı Akifer
				Ts	SELİME TÜFLERİ (İgnimbiritleri)	Gevşek dokulu Dayanımsız Kolay aşınmalı	Geçirimsiz
				Tka	Tuf, Tüflü kireçtaşı KARAKAYA VOLKANİTLERİ	Dayanımsız	Geçirimsiz
				Tgü	GÖSTÜK İGNİMBİRİTİ Siyah İgnimbirit	Dayanımlı	İgnimbirit kırıklı çatlaklı
PALEZOYİK		OLİGO MYÖSEN	Pb		Temel 1- Kireçtaşı - marn Kumtaşı ardalanması (Oligomiyosen?-Eosen?) 2- Granadiorit-Granit Ultrabazikler 3- Bozçaldağ Mermerleri 4- Çeşitli şistler		Kireçtaşı, kırıklı çatlaklı akifer Yer yer kırıklı, Geçirimsiz Karstik, kırıklı çatlaklı, geçirimli Geçirimsiz

Şekil 4.2. Ziga jeotermal alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Şimşek, 1997)

4.1.3. Birimlerin hidrojeolojik özellikleri

İnceleme alanında yer alan kayaçlar tektonizmanın etkisiyle ve heterojen yapıları nedeniyle farklı hidrojeolojik özelliklere sahiptirler. Kaynakların akiferlerini (jeotermal rezervuarını) Paleozoyik yaşlı Bozçaldağ metamorfiteğine ait faylanmaya bağlı olarak ikincil gözeneklilik kazanan mermerler oluşturmaktadır. Kızılkaya İgnimbiritleri oluşumları itibariyle kırıklı çatlaklı yapıdadırlar böylece suların derinlere süzülmesini sağlarlar. İkincil gözenekliğe sahip diğer geçirgen birimler, Çayraz formasyonunun kireçtaşı seviyeleri ile Mezgit grubunun jipsli seviyeleridir.

Bu nedenle genellikle düşük debide sızıntı şeklinde kaynakların oluşumunu sağlayan kırıklı çatlaklı akifer özelliğindedir. Karakaya, Selime Tüfleri ve Hasandağ külleri ise genel olarak geçirimsiz özelliktedir. Ancak fay zonlarında ve derine inen kırıklar

boyunca geçirimsizlik görülmektedir. Travertenler sahada çok ince ve genellikle erimeli ve kırıklıdır (Şimşek, 1997).

4.2. Aksaray İlindeki Jeotermal Kaynaklar

Çalışma alanındaki jeotermal alanlar Ihlara Jeotermal Alanı, Ilısu Jeotermal Alanı, Narlıgöl Jeotermal Alanı, Tuzlusu Jeotermal Alanı ve Ziga Jeotermal Alanı'dır. Aksaray'daki sıcak su kaynakları, bölgedeki tektonik etkilere bağlı olarak gelişmiştir. Bu sahalardaki jeotermal akışkanların debileri 1 - 150 l/s ve sıcaklıkları 26°C ile 72°C arasında değişmektedir. Jeotermal kaynaklar balneoloji ve termal turizm amaçlı olarak kullanılmaktadır.

4.2.1. Ihlara jeotermal alanı

Ihlara sıcak ve mineralli su kaynağı, Aksaray'ın güneydoğusunda yaklaşık 40 km uzaklıkta yer almaktadır. Bu kaynak, Ihlara köyü Melendiz çayı kenarından çıkmaktadır (Elhatip, 2002). Ihlara köyünde iki ayrı çıkış noktası olan bu kaynaklar, 26°C ile 36°C arasında değişen sıcaklığa ve yaklaşık olarak 1,5-2,0 l/s debiye sahip olup, kaynaklar üzerine iki ayrı hamam inşa edilmiştir (Şekil 4.3.). Ihlara hamam kaynağı çamaşırhane olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4.3. Ihlara kaynağı

4.2.2. Iısu jeotermal alanı

Güzelyurt ilçesine bağlı Iısu köyünde bulunan Iısu kaynağı, Melendiz çayı kenarından çıkmaktadır. Sıcak su kaynağının sıcaklığı yaklaşık olarak 37°C'dir. Kaynak üzerine inşa edilen hamam tedavi amaçlı kullanılmaktadır. Bu bölgede, Melendiz Çayı boyunca düşük debilere sahip farklı sıcak su kaynakları bulunmaktadır (Elhatip, 2002).

Ayrıca, 115 m derinlikteki artezyen kuyudan çıkan termal suyun sıcaklığı 37°C, debisi 25-30 l/s' dir ve Rehabilitasyon ve Tedavi Merkezinde kullanılmaktadır (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Iısu termal su kuyusu

4.2.3. Narlıgöl (Acıgöl) jeotermal alanı

Niğde-Aksaray il sınırı Narlıgöl kalderasının ortasından geçmektedir. Diğer bir ifadeyle, göl alanının güney yarısı Niğde İli idari sahası içerisinde kalırken, kuzeyde kalan diğer yarısı ise Aksaray İli idari sahası içerisinde yer almaktadır (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Narlıgöl (Acıgöl) krater gölü

Narlıgöl, Aksaray'a 45 km mesafede bulunmaktadır. Patlama çukuru içerisinde oluşmuş bir krater gölü olup, etrafı tepelerle çevrilidir. Bir sit alanı olan gölün yer aldığı bölge, genel karakteri itibariyle Kapadokya Yöresi'nin bir uzantısı olup, Ihlara-Derinkuyu Vadisi'nin devamı görünümündedir.

Göl, yaklaşık 2500 m²'lik bir alanı kaplamakta olup, derinliği 65-70 metreyi bulmaktadır (Aksaray Kültür Envanteri, 2009). Narlıgöl'deki sıcak su sondajında MTA'nın yaptığı inceleme sonucunda sıcaklık 65°C, debi 110 l/s olarak hesaplanmıştır (MTA, 1992). Kaynaklarda gaz çıkışları oldukça fazladır.

Bölgede iki termal tesis bulunmaktadır. Tesislerde sıcak su, balneolojik amaçlı olarak kullanılmaktadır. Eski tesiste açılan termal su kuyusunun 150 metrede olup, suyun sıcaklığı yaklaşık 48°C'dir. Yeni açılan tesisteki termal su kuyusu ise 750 m derinliğe sahip ve suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 72°C'dir.

4.2.4. Tuzlusu jeotermal alanı

Tuzlusu kaynakları, Aksaray'ın 5 km kuzeybatısında yer almaktadır. Tuzlusu sıcak ve mineralli su kaynakları, KD-GB yönlü ana fay ve bu faylara verev olan fayların kesişme noktalarında, deniz seviyesinden ortalama 1040 m yükseklikte üç noktada açığa çıkmaktadır (Afşin ve Elhatip, 2000). Tuzlusu jeotermal kaynaklarının sıcaklıkları 26.6, 30.1°C ve debileri 1.2, 1.8 l/s' dir. Tuzlusu kaynaklarının kaptajı vardır. Kaynaklar kaplıca amaçlı kullanılmaktadır (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. Tuzlusu termal kaynakları

4.2.5. Ziga jeotermal alanı

Bölgede yer alan en önemli sıcak ve mineralli su kaynağını oluşturan Ziga, Aksaray'a 35 km mesafede Ihlara yolu üzerindedir. Sıcak sular, güneybatı-kuzeydoğu yönünde yaklaşık 2 km uzunluğundaki fay hattı boyunca birçok gözden yüze çıkmaktadır. 2000 yılında açılan sıcak su sondajı ile 234 m derinlikten 48.5°C sıcaklığında 150 l/s debisi olan akışkan elde edilmiştir. Ziga kaplıcası sıcak ve mineralli su kaynaklarının sıcaklık değerleri 45-52°C arasında değişmektedir. Yapılan arazi çalışmalarında Ziga sıcak su sondajının sıcaklığı 48 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Ziga (Yaprakhisar) termal su kuyusu

Ziga jeotermal alanında kaplıca amaçlı kullanılan termal tesisler mevcuttur (Şekil 4.8.).



Şekil 4.8. Ziga Kaplıcaları

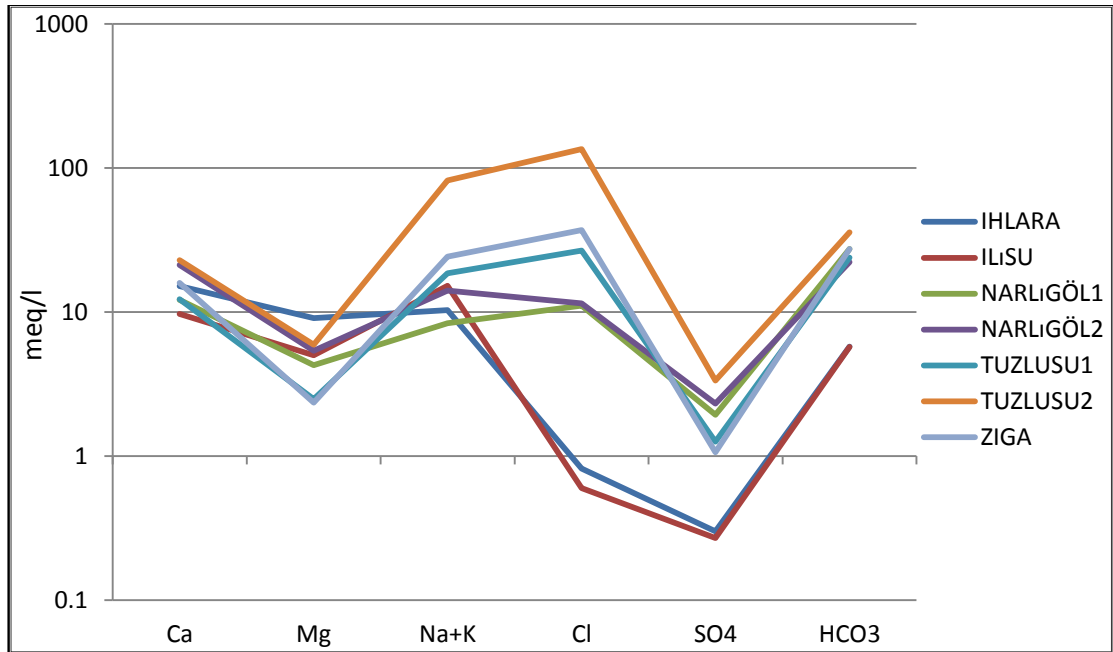
4.3. Su Kimyası Çalışmaları

Çalışma alanından alınan sıcak ve mineralli su numuneleri için yapılan kimyasal analiz sonuçları (Çizelge 4.1.) ile bölgedeki su kaynaklarının kimyasal özellikleri ve litoloji ile olan ilişkileri incelenmiştir. Bu amaçla, yapılan kimyasal analiz sonuçlarından hazırlanan Schoeller ve Piper Diyagramları kaynaklarının birbirleriyle ve sıcak sularla olan benzerlik ve farklılıkları belirlenmiştir.

4.3.1. Yarı logaritmik Schoeller diyagramı

Çalışma alanındaki sıcak su kaynaklarının birbirleriyle olan kökensel benzerlik ve farklılıklarının gösterilmesi amacıyla yarı logaritmik Schoeller diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 4.9.). Schoeller yarı logaritmik diyagramda benzer kökenli, aynı hazneye ve beslenme alanına sahip sular benzer pik verirler.

İncelenen sıcak ve mineralli su kaynakları kimyasal analiz sonuçlarına göre çizilen Schoeller diyagramında iyonları birleştiren doğrular birbirlerine yakın paralel geçmektedirler. Buradan suların benzer kökenli oldukları ve benzer sistemlerden geldikleri söylenebilir.



Şekil 4.9. Çalışma alanından alınan sıcak sulara ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı

Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki suların kimyasal analiz sonuçları

Örnek Adı	T (°C)	pH	Eİ (µS/cm)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	Ca ⁺² (meq/l)	Mg ⁺² (meq/l)	HCO ₃ ⁻ (meq /l)	Cl ⁻ (meq /l)	SO ₄ ⁻² (meq /l)	B (meq /l)	Su Tipi
Ihlara Hamam	23,2	6,66	472	8,38	1,95	15,1	9,09	5,74	0,82	0,3	0,16	Ca- HCO ₃
Ilısu Hamam	35	7,27	549	12,51	2,69	9,71	5,01	5,72	0,6	0,27	0,57	Na- HCO ₃
Narlıgöl-1	45	6,87	3290	6,72	1,62	12,14	4,28	27,35	11,05	1,93	9,104	Ca- HCO ₃
Narlıgöl-2	72	7,39	4130	11,46	2,61	21,21	5,39	22,19	11,47	2,31	-	Ca- HCO ₃
Tuzlusu-1	26,6	6,25	5190	18,13	0,44	12,27	2,48	23,89	26,67	1,26	3	Na- HCO ₃
Tuzlusu-2	30.1	6,49	9820	80,03	1,69	22,85	5,84	35,77	135,41	3,35	19,76	Na- HCO ₃
Ziga Sondaj	47,45	6,56	3900	22,61	1,65	15,93	2,35	37,03	27,37	1,06	14,13	Na- HCO ₃

Ziga jeotermal kaynak sularında belirleyici katyon Na^+ ve belirleyici anyon ise Cl^- 'dir. Ziga sondaj ve Tuzlusu 2 sıcak su kaynaklarının derinlerde dolaşarak mineral yönünden zengin duruma geçtiği söylenebilir. Tuzlusu örneklerinde iyonların dağılımı aynıdır. Tuzlusu 2 kaynağının toplam iyon içeriği Tuzlusu 1 örneğine göre daha yüksektir. Bu durum Tuzlusu termal kaynaklarının aynı türde kayaçlarla temas ettiğini ancak Tuzlusu 2 örneğinin alındığı noktaya ulaşan yeraltı suyunun temas süresinin daha uzun olduğunu göstermektedir.

Narlıgöl sıcak sularının benzer iyon konsantrasyonları nedeniyle aynı kökenli sular oldukları görülmektedir. İhlara ve Ilısu sıcak sularının da benzer kökenli ve/veya aynı beslenme alanına sahip olduğu söylenebilir. İhlara ve Narlıgöl termal sularının Ca-HCO_3 karakterinde oldukları görülmektedir. Bu durumda kaynakların olasılıkla yeraltısuyu kireçtaşı akiferine ait olduğu söylenebilir. Tuzlusu kaynaklarında belirgin olarak yüksek derişime sahip sodyum ve klorürün varlığı akım yolu boyunca halit içeren kayaçların varlığını göstermektedir.

4.3.2. Su kaynaklarının iyon karakteristikleri

Çalışma alanındaki sıcak ve mineralli su kaynaklarının iyon içeriklerinin meq/l derişimine göre hakim iyon sıralaması ve sıralamaya göre oluşturulmuş su tipleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Çalışma alanından alınan sıcak sulara ait su tipi sınıflaması

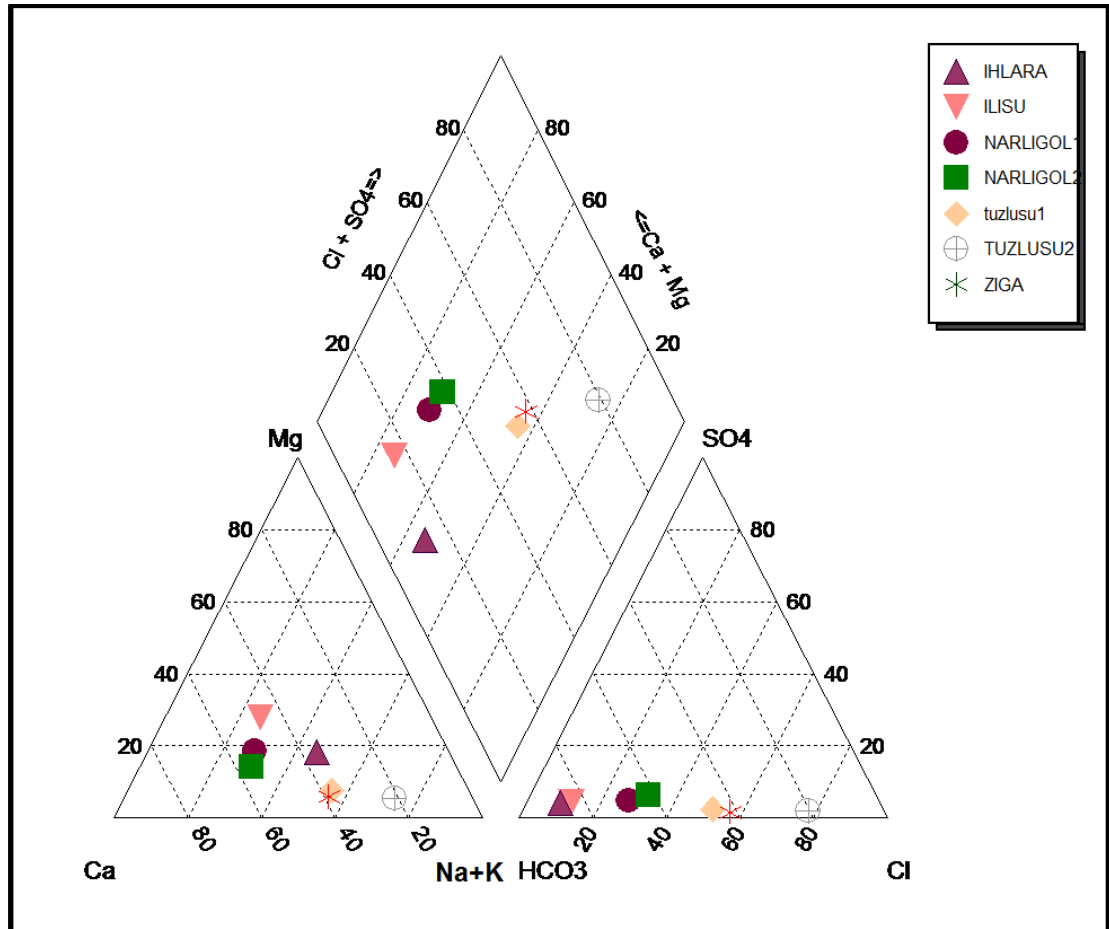
Örnekleme Yeri	Katyon Sıralaması	Anyon Sıralaması	Su Tipi
İhlara Hamam	$\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$	$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$	Ca- Mg- Na- HCO_3
Ilısu Sondaj	$\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$	$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$	Na- Ca- Mg- HCO_3
Narlıgöl 1	$\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$	$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$	Ca- Na- HCO_3
Narlıgöl 2	$\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$	$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$	Ca- Na- HCO_3
Tuzlusu 1	$\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$	$\text{Cl} > \text{HCO}_3 > \text{SO}_4$	Na- Ca- Cl- HCO_3
Tuzlusu 2	$\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$	$\text{Cl} > \text{HCO}_3 > \text{SO}_4$	Na- Cl- HCO_3
Ziga Sondaj	$\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$	$\text{Cl} > \text{HCO}_3 > \text{SO}_4$	Na- Ca- Cl- HCO_3

Ihlara hamam, Narlıgöl 1, Narlıgöl 2 sıcak ve mineralli su kaynaklarında hakim kation Ca^{+2} ve hakim anyon ise HCO_3^- olup, bu sular Ca-HCO_3 'lı sular sınıfında bulunmaktadır.

İyon karakteristiklerine göre Ilısu sondaj, Tuzlusu 1, Tuzlusu 2, Ziga sondaj sıcak ve mineralli su kaynaklarında hakim kation Na^+ , hakim anyon ise HCO_3^- iyonudur. Bu durumda kaynaklar Na-HCO_3 'lı sular sınıfında bulunmaktadır.

4.3.3. Piper üçgen diyagramı

Hidrojeolojide sık kullanılan diyagramlardan biri olan Piper Üçgen diyagramı anyon ve kationların (% meq/l cinsinden) ayrı ayrı gösterildiği iki ayrı üçgenden ve tüm iyonların ortaklaşa gösterildiği bir dörtgenden oluşmaktadır. Üçgen diyagramlar suların hidrokimyasal fasiyes tiplerinin görülmesinde, dörtgen ise suların sınıflamasında ve karşılaştırılmasında kolaylık sağlamaktadır. Piper diyagramında çalışma alanlarından alınan tüm su numuneleri kationlar ve anyonlar bakımından incelenmiştir (Şekil 4.10.).



Şekil 4.10. Çalışma alanından alınan sıcak sulara ait Piper diyagramı

Piper üçgen diyagramdaki konumlarına göre Ilısu, Narlıgöl 1 ve Narlıgöl 2 sıcak suları karbonat ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$) sertliği %50'den fazla olan sular grubundadırlar. Ziga, İhlara ve Tuzlusu 1 Piper üçgen diyagramında karbonat sertliği %50'den fazla olan sular ile iyonların hiçbiri % 50'yi geçmeyen, karışık suların bulunduğu alanda gözlenirler. Tuzlusu 2 sıcak suları ise karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan sular grubundadırlar.

4.4. Suların Mineral Doygunlukları

Suların mineral doymuluk değerlerinin hesaplanması; jeotermal alanlarda suların üretimi ve işletimi için kullanılan borular ve pompalarda meydana gelebilecek kabuklaşma ve korozyon gibi problemlerin önceden tahmin edilmesi ve önlem alınmasında oldukça önemlidir.

Su-mineral denge durumu doymuluk indisi (SI), her mineral için özellikle sıcaklık ve kısmen de basınçla değişir. Termodinamik yöntemlerle hesaplanan mineral doymuluk indisi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$SI = \log (IAP/K_t) \quad (1.1)$$

IAP = İyon aktivite çarpımı

K_t = Denge sabiti

Örneğin SI değeri kalsit için;

$$IAP_{\text{CaCO}_3} = (a\text{Ca}^{+2}) (a\text{HCO}_3^{-2}) K_{\text{CaCO}_3} / 10^{-\text{pH}} \quad (1.2)$$

$$SI_{\text{CaCO}_3} = \log ([\text{Ca}^{+2}] [\text{CO}_3] / K_{\text{CaCO}_3}) \quad (1.3)$$

Kalsit için doymuluk indeksi (SI_{CaCO_3}), kalsit etkinlik çarpımı (IAP_{CaCO_3}) denklem (1.2) den hesaplanarak, denklem (1.3) de yerine konarak SI_{CaCO_3} bulunur. Bu denklemde $a\text{Ca}^{+2}$ ve $a\text{HCO}_3^{-2}$ meq/l; K_{CaCO_3} : Kalsit denge sabitidir (25 °C için 8,31).

Mineral doygunluk indeksleri (SI) her mineral için hesaplandıktan sonra SI şu şekilde yorumlanmaktadır.

SI =0 ise su ile ilgili mineral dengededir.

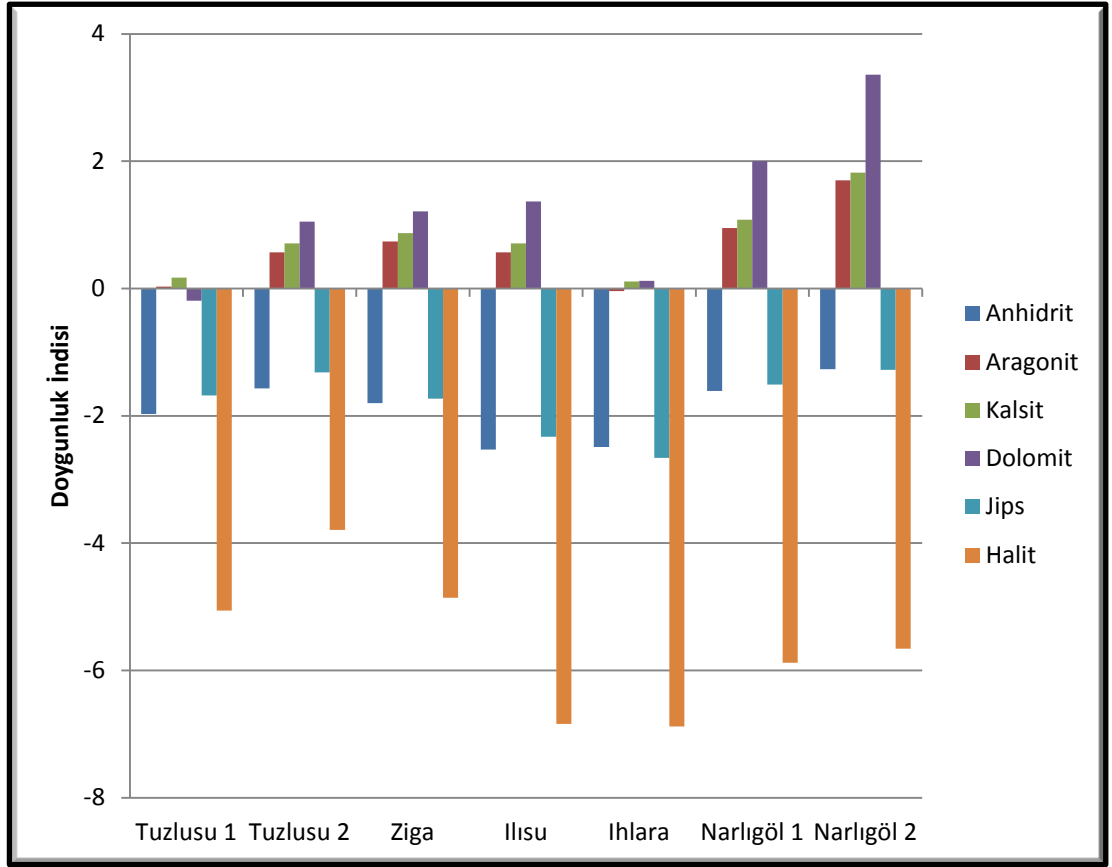
SI>0 ise su, ilgili minerallerle aşırı doygunudur. Çökelme meydana gelir.

SI<0 ise su, ilgili mineral ile doygun değildir, minerali çözücü özelliktedir.

Çalışma alanındaki sıcak su kaynaklarının anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, jips ve halit minerallerine doygunluk durumları, PHREEQC Interactive programı kullanılarak hesaplanan SI değerleri ile incelenmiştir (Çizelge 4.3.).

Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki jeotermal suların doygunluk indisi değerleri

SI	Örnek Adı						
	Tuzlusu 1	Tuzlusu 2	Ziga sondaj	Ilisu hamam	Ihlara hamam	Narlıgöl 1	Narlıgöl 2
Anhidrit (CaSO ₄)	-1,97	-1,57	-1,8	-2,53	-2,49	-1,61	-1,27
Aragonit (CaCO ₃)	0,03	0,57	0,74	0,57	-0,04	0,95	1,7
Kalsit (CaCO ₃)	0,17	0,71	0,87	0,71	0,11	1,08	1,82
Dolomit (CaMg(CO ₃) ₂)	-0,19	1,05	1,21	1,37	0,12	2	3,36
Jips (CaSO ₄ ·2H ₂ O)	-1,68	-1,32	-1,73	-2,33	-2,66	-1,51	-1,28
Halit (NaCl)	-5,06	-3,79	-4,86	-6,84	-6,88	-5,88	-5,66



Şekil 4.11. Çalışma alanındaki jeotermal suların doğunluk indisi diyagramı

İnceleme alanındaki jeotermal su kaynaklarının anhidrit, jips ve halit minerallerine doymun olmadıkları belirlenmiştir. Tuzlusu 2, Ziga sondaj, Ilısu hamam ve Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynakları aragonit, kalsit ve dolomit minerallerine doymundur. (Şekil 4.11.) Kalsit ve dolomite doymun olması, bu suların kabuklaşma yapıcı özellikte olduklarını göstermektedir. Tuzlusu 1 sıcak su kaynağı, aragonit minerali ile denge halindeyken, dolomit mineralini çözme eğilimindedir. Ihlara hamam kaynağı ise aragonit mineraline doymun değildir.

4.5. Jeotermometre Uygulamaları

Jeotermometrelerin genel amacı yeraltındaki akışkan sıcaklığının (yani suların akifer sıcaklığının, ya da hazne sıcaklığının) tahmin edilmesidir. Derinlerde bulunan akışkanın sıcaklığı, yüzeydeki sıcaklığına göre çok daha fazladır. Ancak derinlere yapılacak olan sondajlar da oldukça yüksek maliyete ve zamana gereksinim göstermektedir.

Jeotermal sistemlerde akifer sıcaklığının tahmin edilmesi termal suların uygun şekilde kullanılabilirliği açısından önemlidir. Bu nedenle suların kullanım alanlarının

saptanabilmesi için yapılacak derin sondajlardan önce uygulanacak çeşitli jeotermometre yöntemleri ile haznedeki sıcaklıklarının tahmin edilmesi yapılan jeotermal araştırmaların önemli bir parçasını oluşturur (Tarcan, 2003).

Jeotermal kaynakların araştırılmasında jeokimyanın en önemli uygulamalarından birisi kimyasal jeotermometreler ile akışkanın yeraltındaki sıcaklığının tahmin edilmesidir. Kimyasal jeotermometreler sıcaklığa bağlı su-kayaç dengesine dayalıdır ve su kayaç ilişkisindeki son denge sıcaklığını verir (Tarcan, 2003). Farklı kimyasal jeotermometre hesaplamaları kullanılarak hazne kaya sıcaklığı tahmin edilebilmektedir.

SiO₂ jeotermometrelerinin kullanılmasında bazı varsayımlar vardır (Tarcan, 2003). Bunlar ;

- Sıcak sulardaki kimyasal maddelerin oluşması için gerekli kimyasal tepkimeler, akifer-su arasında gerçekleşmektedir.
- Sıcaklık saptanmasında gerekli maddelerin ortaya çıkması için oluşan kimyasal tepkimeler devamlıdır ve tepkimelerin hammaddesi hazne kayada boldur.
- Akifer sıcaklığında kaya-su arasında kimyasal denge gerçekleşmiştir.

4.5.1. Silis jeotermometreleri

SiO₂'nin çözünürlüğü diğer mineraller gibi sıcaklık ve basınçla değişmektedir. Bu jeotermometrelerin esası bu temel bağıntıya dayanmaktadır. Silis jeotermometre bağıntıları, kimyasal tepkimeyi etkileyen hazne kaya sıcaklığına veya sıcak suyun yükselirken soğumasına bağlı olarak hazırlanmıştır.

Silis için geliştirilen jeotermometre eşitliklerinin her biri farklı sıcaklık aralıkları için geçerlidir. Kuvars çözünürlüğü, sıcaklığı 120-180 °C'den daha yüksek olan jeotermal rezervuarlarda çözünmüş silisi kontrol eder (Fournier, 1991).

Sıcaklığı 180 °C'den az olan jeotermal sistemlerde ise kuvarstan çok kalsedon ile bir denge söz konusudur. Bu nedenle sıcaklığı 180 °C'den düşük olan jeotermal sistemlere kalsedon jeotermometresi, 180 °C'den daha yüksek jeotermal sistemlerde ise kuvars jeotermometresinin uygulanması daha uygun görülmektedir (D'Amore ve Arnórsson, 2000).

İncelenen jeotermal suların silis (SiO₂) jeotermometrelerine göre (Fournier, 1977) hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları sırasıyla Tuzlusu için 41-93 °C, Ilısu hamam için 102-152 °C, Ziga sondaj için 48-100 °C, Ihlara hamam için 100-151 °C, Narlıgöl sondaj için 98-148 °C arasında değişmektedir (Çizelge 4.4. ve Çizelge 4.5.).

Çizelge 4.4. Silis jeotermometre eşitlikleri (SiO₂ derişimleri mg/l’dir.)

Jeotermometre	Jeotermometre Eşitliği	Referans
α Kristobalit	$T = 1000 / (4.78 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier (1977)
Kalsedon	$T = 1032 / (4.69 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier (1977)
Kuvars buhar kaybı	$T = 1522 / (5.75 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier (1977)
Kuvars	$T = 1309 / (5.19 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier (1977)
Kalsedon* (buhar kaybı yok)	$T = 1112 / (4.91 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Arnórsson vd. (1983)
Kuvars*	$T = -55.3 + 0.36559 \text{SiO}_2 + 5.3954 \times 10^{-4} (\text{SiO}_2)^2 + 5.5132 \times 10^{-7} (\text{SiO}_2)^3 + 74.360 \log \text{SiO}_2$	D’Amore ve Arnórsson (2000)

Çizelge 4.5. Sıcak su kaynakları için silis jeotermometreleri ile hesaplanan tahmini rezervuar sıcaklıkları

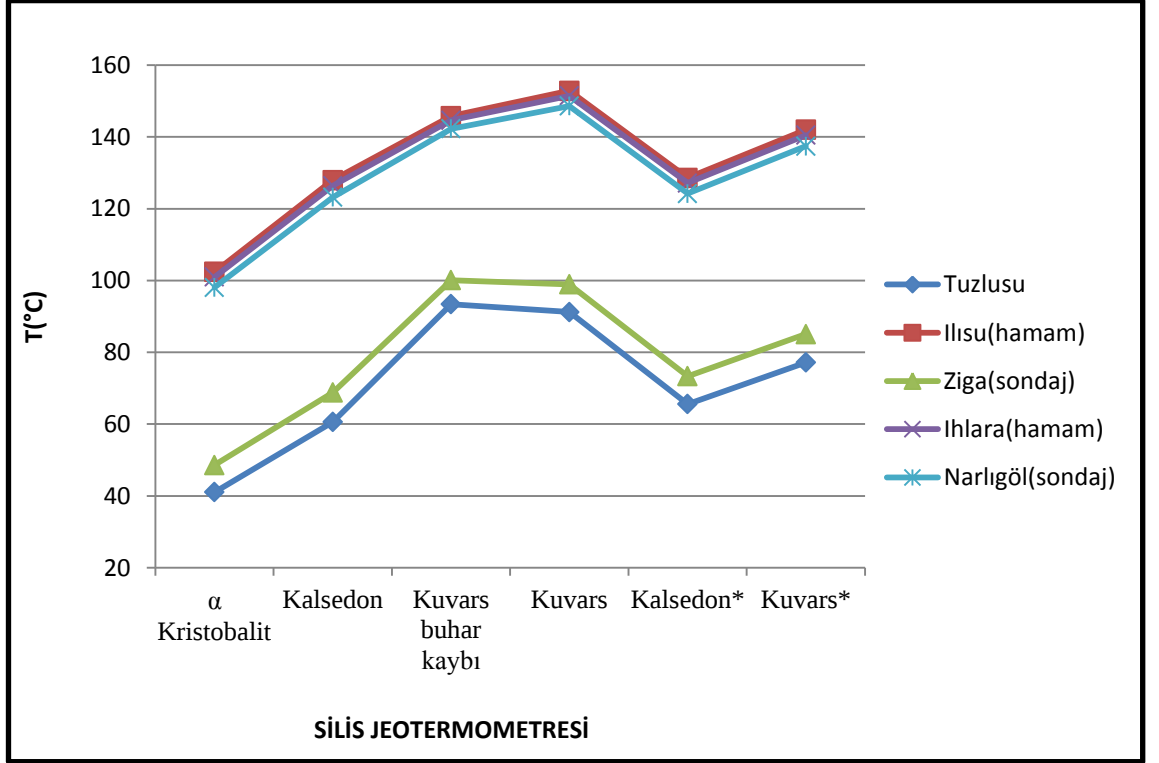
Örnek Adı	SiO ₂ (mg/l)	α Kristobalit	Kalsedon	Kuvars buhar kaybı	Kuvars	Kalsedon*	Kuvars*
Tuzlusu	39,6 ^a	41	60	93	91	65	77
Ilısu (hamam)	131 ^a	102	127	145	152	128	142
Ziga (sondaj)	47 ^b	48	68	100	98	73	85
Ihlara (hamam)	128 ^b	100	126	144	151	127	140
Narlıgöl (sondaj)	122 ^b	98	123	142	148	124	137

^a (MTA,1993), ^b (Elhatip,2002)

Jeotermal suların SiO₂’nin çözünürlüğüne bağlı silis jeotermometrelerine göre hesaplanan sıcaklıkları; Tuzlusu sıcak ve mineralli su kaynağı için 41-93°C, Ilısu kaynağı için 102-152 °C, Ziga sondaj kaynağı için 48-100 °C, Ihlara hamam kaynağı için 100-151 °C, Narlıgöl sondaj kaynağı için 98-148 °C arasında değişmektedir.

Kuvarsa dayalı jeotermometreler ile hesaplanan sıcak su kaynaklarına ait rezervuar sıcaklıkları 77-152 °C arasında değişmektedir.

Ancak, rezervuar sıcaklığının 180°C'den daha az hesaplanması nedeniyle kuvars jeotermometresi yerine kalsedon jeotermometresinin uygulanması daha uygun görülmüştür. Kalsedon jeotermometresiyle tahmini rezervuar sıcaklıkları 60-128°C arasında hesaplanmıştır.



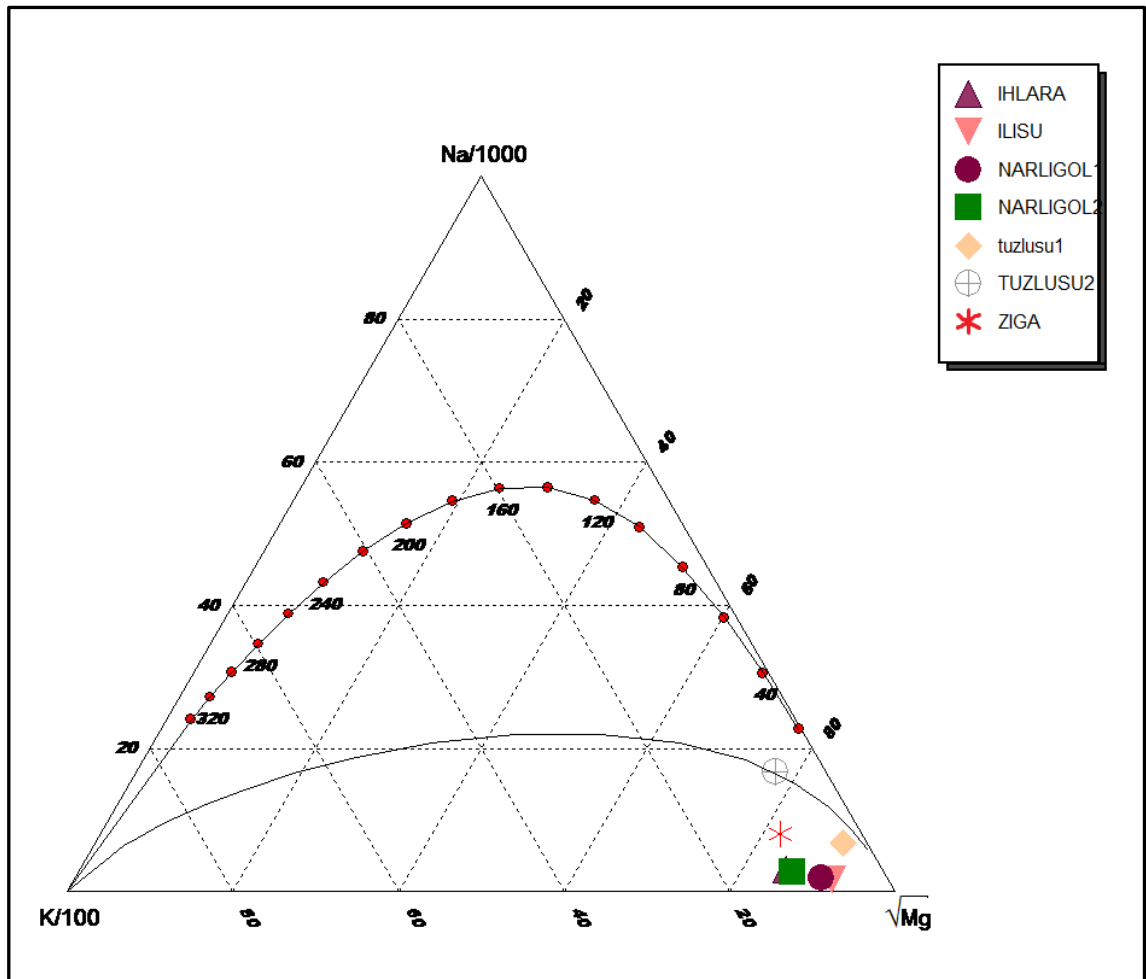
Şekil 4.12. Çalışma alanından alınan sıcak suların silis jeotermometrelerine göre hesaplanan tahmini hazne kaya sıcaklıkları

4.5.2. Birleşik jeotermometreler

Termal suların akifer sıcaklıklarının saptanması ve suların ilişkide olduğu kayaçlarla olan denge durumlarının belirlenmesi için kullanılan bir diğer yöntem ise Giggenbach yöntemidir. Giggenbach (1988), tarafından sıcak suların akifer (hazne) sıcaklıklarının saptanması ve suların ilişkide olduğu kayaçlarla olan denge durumlarının belirlenmesi için geliştirilmiş olan Na-K-Mg birleşik jeotermometresi ile hem sıcak suların hazne sıcaklığı hızlı olarak yorumlanabilmekte, hem de daha önce belirtildiği gibi katyon jeotermometre uygulamalarının geçerliliği sınanmaktadır.

Fournier (1990), bu diyagram üzerinde bazı revizyonlar yaparak, en güvenilir sonuçların bu üçgen diyagramdan oluşan jeotermometre uygulaması ile alınabileceğini vurgulamıştır. Diyagram, su-kayaç ilişkisinin dengede olmadığı (ham sular), su-kayaç ilişkisinin kısmen dengede olduğu (karışmış sular) ve su-kayaç ilişkisinin tam dengede olduğu sular olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır. Diyagramda kısmen olgunlaşmış sularla, olgunlaşmamış suları birbirinden ayıran eğri olgunlaşma indeksinin (MI= maturity index) MI=2.0 olduğu eş kimyasal özellikteki noktaların birleşimiyle oluşmuştur (Tarcn, 2003).

Giggenbach (1988) katyon olgunluk diyagramına göre, çalışma alanından alınan tüm sular katyonlar açısından, henüz su-kayaç dengesini kuramamış ham sulardır (Şekil 4.13.). Bu durumda, rezervuarda sıcaklıkla, su ve kayaç arasında zaman içerisinde kurulmuş denge durumu olmadığından, rezervuarda sıcaklık hesaplamalarında katyon jeotermometreleri yanlış sonuç vereceği için silis jeotermometreleri kullanılmıştır.



Şekil 4.13. Çalışma alanından alınan sıcak suların Na-K-Mg üçgen diyagramındaki konumları

4.4. Aksaray'daki Termal Su Kaynaklarının Potansiyeli, Rezervuar Sıcaklığı ve Isıtma Sistemlerinde Kullanım Olanakları

Bu bölümde Aksaray ilindeki jeotermal kaynakların potansiyeli, hesaplanan tahmini rezervuar sıcaklıklarıyla ısıtma sistemlerinde kullanım olanakları incelenmiştir.

4.4.1. Aksaray'daki jeotermal potansiyel

Türkiye' de gelişen genç tektonik ve volkanik faaliyetler zengin jeotermal enerji potansiyeline sahip jeotermal sistemlerin oluşmasına neden olmuştur. Orta Anadolu, jeotermal potansiyeli bakımından Batı Anadolu'dan sonra en fazla potansiyele sahip bölgedir.

Aksaray ili bulunduğu konum ve jeolojik yapısından dolayı, jeotermal enerji alanında zengin bir potansiyele sahiptir. Mevcut jeotermal kaynaklar kaplıca amaçlı olarak kullanılmaktadır. Çizelge 4.6. Aksaray'da incelenen jeotermal kaynakların mevcut durumlarını, değerlendirme olanaklarını ve hesaplanan jeotermometre sıcaklıklarını göstermektedir.

Çizelge 4.6. Aksaray'daki jeotermal kaynakların mevcut durumları, değerlendirilme olanakları ve hesaplanan rezervuar sıcaklıkları

Yeri	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Rezervuar Sıcaklığı (°C)	Güncel Yararlanma Şekli	Geliştirme Çalışmalarıyla Kullanım Olanakları
Ilısu hamam	34-37	25-30	102-152	Kaplıca	Termalizm Yüzme havuzu Sera ısıtması Termal tesis ısıtması
Ihlara hamam	26-32	1.5-2.0	100-151	Kaplıca	Termalizm Sera ısıtması
Tuzlusu	27-30	1.2-1.8	41-93	Kaplıca	Termalizm Yüzme havuzu Termal tesis ısıtması
Narlığöl	48-72	110	98-148	Termalizm Termal tesis ısıtması	Termalizm Sera ısıtması Termal tesis ısıtması
Ziga sondaj	48-52	150	48-100	Termalizm	Konut ısıtması Termal tesis ısıtması

Çizelge 4.7. ve 4.8.'de verilen İç Anadolu'da uygulanan jeotermal enerji ile merkezi ısıtma örnekleri incelendiğinde Aksaray'daki jeotermal enerji kaynaklarından Ziga, Narlıgöl ve Tuzlusu sahip oldukları mevcut debi ve sıcaklıklarıyla konut ısıtma sistemlerinde kullanılabilir. Yeni ve daha derin sondajlar ile mevcut debi ve sıcaklığının artırılması sonucunda jeotermal akışkanların daha fazla konutun ısıtmasında kullanılabileceği görülmektedir. Ayrıca derin sondajlardan daha ekonomik olan bir seçenek olan ısı pompaları yardımıyla da jeotermal sahalar işletilmeye alınabilir.

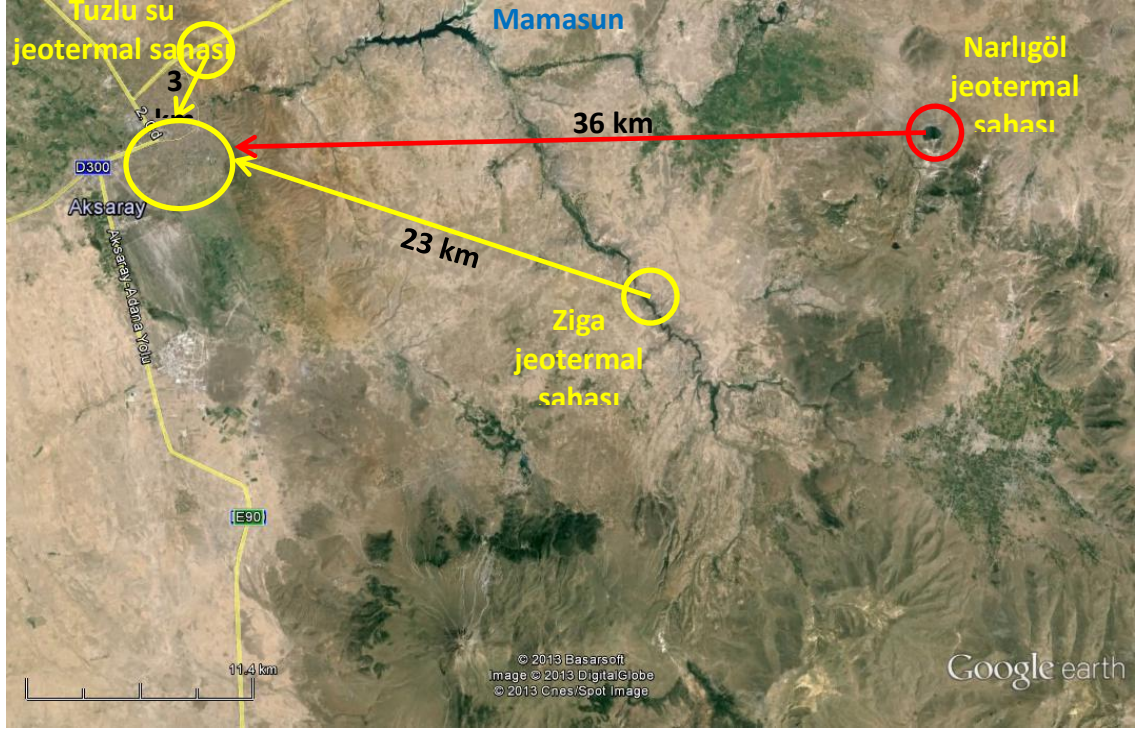
Çizelge 4.7. İç Anadolu Bölgesi'ndeki kurulu jeotermal merkezi ısıtma sistemleri ile ilgili özellikler (Şentürk, 2009)

Yer Adı	Isıtılan Konut Sayısı	Devreye Alma Tarihi	Jeotermal Su Sıcaklığı (°C)
Kırşehir	1900	1994	57
Kızılcahamam	2500	1995	80
Kozaklı	1200	1996	90
Sandıklı	3600/5000	1998	70
Sarıkaya	180/2000	2006	50
Yerköy	500/3000	Yapım aşamasında	62

Çizelge 4.8. Terme ve Simav jeotermal alanları kuyularına ait sıcaklık-debi değerleri ve uygulanabilirliği (Şentürk, 2009; Hayta, 2007)

Yer Adı	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık(°C)	Debi (l/s)	Kullanım Alanı
Terme	1991	273.5	48.9	15.5	Üniversite serasının ısıtılmasında kullanılıyor
	1993	288	54.6	88.5	Şehir ısıtmasında kullanılıyor
	2002	280	52.5	85.3	Şehir ısıtmasında kullanılıyor
Simav	1986	200	42	2	Isı pompası ile şehir ısıtmasında kullanılıyor
	1994	220	98	1	Şehir ısıtmasında kullanılıyor
	1997	246	52	3	Isı pompası ile şehir ısıtmasında kullanılıyor
	2004	208	60	98	Isı pompası ile şehir ısıtmasında kullanılıyor

Çizelge 4.6. ve 4.8. incelendiğinde mevcut sıcaklıkları ile Aksaray'daki termal su kaynaklarının sera ısıtmacılığına uygun özellikte oldukları görülmektedir. Böylece düşük sıcaklıktaki ısıtma akışkanlarından etkin ve ekonomik olarak yararlanılabilir.



Şekil 4.14. Aksaray'da ısıtmada kullanabilecek termal kaynaklar ve merkezden uzaklıkları

4.2.2. Aksaray Ziga jeotermal sahasının konut ısıtma potansiyeli

Ziga termal kaynağının kalsedon jeotermometresiyle hesaplanan tahmini rezervuar sıcaklığı sırasıyla Fournier (1977) ve Arnorsson vd., (1983) eşitliklerine göre 68 °C ve 73°C'dir. Kaynağın mevcut debisi ise 150 l/s'dir.



Şekil 4.15. Aksaray ili Ziga-Yaprakhisar jeotermal sahası

Plakalı ısı eşanjörü kullanılarak jeotermal akışkanın sıcaklığı, ısıtma sisteminde kullanılan suya aktarılır. Teorik olarak; ısıtma sisteminde kullanılan suyun sıcaklığı jeotermal akışkanın sıcaklığından yaklaşık olarak 3°C ancak uygulamada genellikle $5-8^{\circ}\text{C}$ azalarak geçer. Bu şekilde elde edilebilecek toplam ısı miktarı;

$$Q = m \times C_p \times (T_{\text{giren}} - T_{\text{çıkan}}) \quad (1.4)$$

Burada,

Q = Isıtma sisteminin toplam ısıtma kapasitesi (Watt)

m = Isıtma suyu debisi (kg/s)

C_p = Isıtma suyunun özgül ısısı

T_{giren} = Binaya giren ısıtma suyu sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{\text{çıkan}}$ = Binadan çıkan ısıtma suyu sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

Burada elde Q , sistemde yer alan toplam binaların ısı kaybına bölünerek toplam kaç bina veya konut ısıtılabilceği hesaplanır.

Ziga jeotermal akışkanı için elde edilebilecek toplam ısı miktarı;

$$m= 150 \text{ l/s}$$

$$C_p= 4200 \text{ kJ/kg}$$

$$T_{\text{giren}} = 68 \text{ }^{\circ}\text{C ve } 73^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{çıkan}} = 43^{\circ}\text{C}$$

$$Q_1= 150 \times 4200 \times (68-43) = 15,75 \times 10^6 \text{ Watt}$$

$$Q_2 = 150 \times 4200 \times (73-43) = 18,9 \times 10^6 \text{ Watt}$$

Çizelge 4.9. Eski yapıların aylara göre toplam ısı kaybı ve ısıtılabilir konut sayısı

Aylar	Toplam Isı Kaybı (Watt)	Isıtılabilir Konut Sayısı (Q_1 değeri için)	Isıtılabilir Konut Sayısı (Q_2 değeri için)
Ekim	2935,38	5365	6438
Kasım	4554,9	3457	4149
Aralık	5870,76	2682	3219
Ocak	6309,38	2496	2995
Şubat	6073,2	2593	3112
Mart	5061	3112	3734
Nisan	3441,48	4576	5491

Çizelge 4.10. Yönetmeliğe uygun yapıların aylara göre toplam ısı kaybı ve ısıtılabilir konut sayısı

Aylar	Toplam Isı Kaybı (Watt)	Isıtılabilir Konut Sayısı (Q_1 değeri için)	Isıtılabilir Konut Sayısı (Q_2 değeri için)
Ekim	2058,42	7651	9181
Kasım	3194,1	4930	5917
Aralık	4116,84	3825	4590
Ocak	4424,42	3559	4271
Şubat	4258,8	3698	4437
Mart	3549	4437	5325
Nisan	2413,32	6526	7831

(Toplam ısı miktarı eşitliğinde kullanılan $T_{\text{çıkan}}$ sıcaklık değeri ve toplam ısı kaybı değerleri Şahin ve Balta (2002)'nin yaptıkları çalışmadan elde edilen verilerden referans alınmıştır.)

Daha derinlere inildikçe daha yüksek sıcaklığa sahip jeotermal akışkan elde edilmektedir. Ziga termal akışkanının mevcut debisi olan 150 l/s ve kalsedon jeotermometre eşitlikleri ile hesaplanan tahmini rezervuar sıcaklıklarıyla Ziga jeotermal alanının ocak ayında eski yapılar için 2496-2995 konutu, yönetmeliğe uygun yapılar ele alındığında ise 3559-4271 konutu ısıtabileceği görülmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Jeotermal enerjinin yenilenebilir bir enerji olması, yerel bir kaynak olması ve çevre kirliliği oluşturmaması gibi özelliklerinden dolayı uygun alanlarda enerji talebini ucuz ve temiz bir enerji kaynağı olarak karşılamaktadır.

Bu çalışmada jeotermal enerji kaynakları bakımından önemli bir potansiyele sahip Aksaray ilinin termal kaynaklarının ekonomik olarak konut ısıtmasında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Kaynakların hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla katyon ve anyon analizleri yapılmıştır.

Sıcak ve mineralli su kaynaklarının Schoeller ve Piper diyagramları oluşturulmuştur. Böylece suların iyon karakteristikleri ve kökenleri belirlenmiştir. İyon içeriklerine göre Ilısu sondaj Na-Ca-Mg- HCO_3 , İhlara sondaj Ca-Mg-Na- HCO_3 , Narlıgöl termal suları Ca-Na- HCO_3 , Tuzlusu kaynakları Na-Cl- HCO_3 ve Ziga sondaj sıcak suyu ise Na-Ca-Cl- HCO_3 tipi sular grubuna girmektedir.

Piper diyagramındaki konumlarına göre termal su kaynaklarından Ilısu hamam, İhlara hamam, Narlıgöl, Ziga sondaj ve Tuzlusu 1 örneklerinin karbonat sertliği %50'den fazla olan sular grubunda olduğu görülmektedir. Ayrıca İhlara hamam, Ziga sondaj ve Tuzlusu 1 kaynaklarının iyonlarının hiçbirisi %50'yi geçmeyen karışık sular grubunda oldukları belirlenmiştir. Tuzlusu 2 sıcak ve mineralli su kaynağı ise karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan sular grubundadırlar.

Schoeller diyagramına göre sıcak sularının kimyasal birleşimlerinin birbirine paralel oluşu, bu suların aynı kökenli olduğunun ve benzer akiferlerden beslendiklerinin göstergesidir.

Mineral doygunluk hesaplamalarına göre bölgedeki jeotermal sular jips, halit ve anhidrit minerallerine doygun değildir. Ilısu hamam, Narlıgöl kaynakları, Ziga sondaj ve Tuzlusu 2 sıcak ve mineralli su kaynakları kalsit, dolomit ve aragonit minerallerine doygun durumdadır. Bu termal kaynaklar kabuk yapıcı özelliktedir.

Tuzlusu 1 sıcak su kaynağı, aragonit minerali ile denge halindeyken, dolomit mineralini çözme eğilimindedir. İhlara hamam kaynağı ise aragonit mineraline doygun değildir.

Sıcak ve mineralli suların rezervuar sıcaklıklarını tahmin etmek için silis ve katyon jeotermometrelerinden yararlanılmıştır. İncelenen jeotermal alan içerisindeki sıcak su kaynaklarının “olgun olmayan sular” bölümünde yer almasından dolayı katyon jeotermometrelerinin bu kaynaklarda uygulanması uygun görülmemiştir. Buna göre, silis jeotermometreleri katyon jeotermometrelerine göre daha sağlıklı sonuç verecektir.

Termal sulara uygulanan kalsedon ve kuvars formuna dayalı jeotermometre eşitliklerinden rezervuar sıcaklıkları sırasıyla Ilısu hamamı; 128°C, 142-152°C, İhlara hamamı; 127°C, 140-151°C, Narlıgöl; 124°C, 137-148°C, Tuzlusu; 60-65°C, 77-91°C, Ziga sondaj; 68-73°C, 85-98°C olarak hesaplanmıştır. α kristobalit jeotermometre hesaplamalarına göre Ilısu hamamı 102°C, İhlara hamamı 100°C, Narlıgöl 98°C, Tuzlusu 41°C, Ziga sondaj 48°C sıcaklığa sahiptir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, beklenen rezervuar sıcaklıkları ile Aksaray ilindeki düşük-orta sıcaklığa sahip jeotermal alanların konut ve sera ısıtması uygulamalarına uygun sıcaklıkta jeotermal akışkanlara sahip oldukları söylenebilir.

Jeotermal ısı pompaları vasıtasıyla, düşük sıcaklığa sahip jeotermal akışkanların bina ısıtmasında kullanılması sağlanabilir. Jeotermal sistemlerde derine inildikçe sıcaklık artar. Ancak derin sondajlarda maliyet de yüksektir. Derin su sondajları yerine yüzeye daha yakın yerlerde bulunan düşük sıcaklıktaki jeotermal suyun sıcaklığını bir ısı pompası ile yükseltmek daha ekonomik olabilir.

Jeotermal enerji, yeterli sıcaklık ve debiye sahip olması halinde tüm binalara entegre edilebilir bir kaynaktır. Ayrıca, jeotermal akışkanın kullanım sürecinde farklı sıcaklık değerlerinden, farklı kullanımlarda yararlanma imkanı bulunmaktadır. Ayrıca, daha önce kuyu açılmış jeotermal alanlarda geliştirme çalışmaları yapıldığı takdirde bu potansiyel önemli ölçüde artacaktır.

Re-enjeksiyon, jeotermal sistemlerin verimi ve atık suyun oluşturacağı çevre kirliliğini önleme bakımından önemlidir.

Sıcak ve mineralli su kaynakları kabuk yapıcı özellikte olduğu için sondaj muhafaza ve sıcak su iletim boruları seçiminde kabuklaşma sorunu göz önüne alınmalıdır.

Aksaray'daki jeotermal sahaların ekonomik olarak işletilmeye alınması ile yerel bir kaynaktan optimum fayda sağlanarak yöre halkının ucuz ve temiz enerji kullanılması sağlanacaktır.

Aksaray'ın sahip olduğu termal su sıcaklığı ve potansiyeli ile konut ısıtması uygulanan Kırşehir, Kızılcahamam, Sarıkaya ve Yerköy gibi bölgelerdeki ile benzer sistemler uygulanarak jeotermal kaynaklar işletilmeye alınabilir.

Ziga sıcak su kaynağının sahip olduğu mevcut debisi ve kalsedon jeotermometre eşitlikleri ile hesaplanan (68-73°C) tahmini rezervuar sıcaklıkları ile termal alışkanın ocak ayında eski yapılar için 2496-2995 konutu, yönetmeliğe uygun yapılar ele alındığında ise 3559-4271 konutu ısıtabileceği görülmektedir.

Çevre ve hava kirliliği oluşturmeyen jeotermal enerji kaynaklarının kullanılması ile hava kirliliğinin fazla olduğu Aksaray'a bir çözüm getirilebilir.

KAYNAKLAR

- Açıkkalp, E., 2008. Eskişehir’de jeotermal enerjinin konut ısıtmasında kullanılabilirliği, Yüksek lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Afşin, M. ve Baş, H., 1997. Bazı önemli soğuk ve sıcak su kaynaklarının hidrokimyasal ve izotopik incelemesi ve kökensel yorumu (Aksaray-Niğde arası), TÜBİTAK-195Y-009 numaralı proje, 64 (yayımlanmamış).
- Afşin, M. ve Elhatip, H., 2000. Traverten çökeltten Tuzlusu (Aksaray) sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeokimyasal ve izotopik açıdan incelenmesi, H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 22, 63-78.
- Afşin, M., Allen, D.M., 2012. Hydrochemical and isotopic characteristics of geothermal waters in Central Anatolia, Turkey. 39th IAH Congress, Confronting Global Change, Canada.
- Arnorsson, S., Gunnlaugsson, E., ve Svavarsson, H., 1983. The chemistry of geothermal waters in Iceland. III. Chemical geothermometry in geothermal investigations, *Geochimica and Cosmochimica Acta*, 567-577.
- Akbaşlı, A., 1992. Niğde-Sofular Acıgöl (Nargöl) Sıcaksu Sondajları (Kuyu Bitirme Raporu), Konya.
- Aksaray Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2007. Aksaray Kültür ve Turizm Envanteri, Aksaray.
- Başçıl, S. I., 2001. T.C. Turizm Bakanlığı Yatırımlar Genel Müdürlüğü, Nargöl-Niğde termal turizm merkezi açıklama raporu, Ankara.
- Batum, İ., 1975. Petrografhische und geochemische untersuchungenin den vulkangebieten Göllü Dağ and Acıgöl (Zentraloratorie. Türkei) Doktora Tezi, Albert-Luawinas Üniversitesi, Almanya.
- Beekman, P. H., 1966. Aksaray, Gelveri, Çınarlı bölgesinin jeoloji raporu (Hasandağ-Melendiz dağ sırasının kuzeyi) MTA Rap., 5218, Ankara.
- D'Amore ,F. ve Arnorsson, S., 2000. Geothermometry isotopic and chemical techniques in geothermal exploration, development and use. Arnorsson, S.(ed.), IAEA, 152-199.
- Demirel H.B., 2012. Ziga (Aksaray) jeotermal suların sürdürülebilirlik ve kaynak alanındaki travertenlerin termal turizm açısından değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Demirel, M., 1998. Jeotermal enerjinin yerleşim alanlarına ekonomik etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya .
- DPT, 2006. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu, Jeotermal Enerji Çalışma Grubu, Ankara.

- Durak, Y., Küçüköyük, M., Dural, H., Ertuğrul, K., Öztürk, C., 1997. Narlıgöl'ün (Niğde-Sofular) Kimyasal ve Biyolojik Özellikleri, *Ekoloji Dergisi*, 22, 21-22.
- Duru, G., 2006. Ziga-Yaprakhisar (Aksaray) sıcak ve mineralli kaynak alanlarındaki traverten çökeliminde etkili olan faktörlerin su kimyası ve izotopik yöntemlerle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, N.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, 59-107
- Elhatip H., 2002. Aksaray ilindeki su kaynakları ve çevre sorunları, Aksaray Valiliği Çevre Koruma Vakfı, Aksaray, 85.
- Fournier, R.O., 1977. Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. *Geothermics*, 5, 41-50.
- Fournier, R.O., 1990. The interpretation of Na-K-Mg relations in geothermal waters, *geothermal research council trans.*, 1421-1425.
- Fournier, R.O., 1991. Water geothermometers applied to geothermal energy. Application of geochemistry in geothermal reservoir development, Rome, 37-69.
- Gecesefa, Ö.F., 2012. Erzurum yöresindeki jeotermal enerji kaynaklarının seraların ısıtılmasında kullanımı ve geliştirilen excel programıyla yöre koşullarına uygun sera tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Giggenbach, W.F., 1988. Geothermal solute equilibria derivation of Na-K-Mg-Ca geothermometers, *Geochimica et Cosmochimica Acta.*, 52, 2749-2765.
- Göçmez, G., 1994. Aksaray sıcak ve mineralli su kaynaklarının incelenmesi, Doktora Tezi, SÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Hayta, A., 2007. Jeotermal enerji kaynaklarının önemi, Kırşehir ekonomisine katkıları ve öneriler, Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi, T.C. İçişleri Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara.
- Ketin, İ., 1969. Tectonic units of Anatolia, *MTA Dergisi*, 66, Ankara, 24-33.
- Konya sanayi odası ve Mevlana kalkınma ajansı, 2012. Konya'da yenilenebilir enerji kaynakları malzeme üretilebilirlik araştırması, Yeryüzü Enerji Sistemleri Ltd. Şti., Konya.
- Mertoğlu, O., 2005. Geothermal application in Tutkey, World Geothermal Congress , Antalya.
- Mertoğlu, O., Şimsek, Ş., Dağıstan, H., Bakır, N., Doğdu, N., 2010. Geothermal country update report of Turkey (2005-2010), *Proceedings World Geothermal Congress, Indonesia*, 1-9.
- MTA Genel Müdürlüğü, 1992. Narlıgöl (Niğde-Sofular) sıcak su sondaj raporu, Ankara.
- MTA Genel Müdürlüğü, 1993. Türkiye termal ve mineralli sular envanteri, Ankara.

- Olcar, D., 2012. Bursa Kaynarca- sıcak su bölgesinde jeotermal enerjinin konut tasarımıda kullanılabilirliği üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öktü, G. ve Kalkan, İ., 1984. Niğde-Aksaray-Ziga kaplıcasının hidrojeoloji incelemesi, MTA, 7505, 33 (yayımlanmamış).
- Öztürk, H., 2006. Seracılıkta jeotermal enerji kullanımı, Türkiye Ziraat Odaları Birliği, 259, 394.
- Satman, A., 2013, Dünya’da ve Türkiye’de Jeotermal Enerji, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Seymen, I., 1981. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin stratigrafi ve metamorfizması T.J.K. Bülteni.
- Şahin, N., Balta T., 2002. Düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynaklar ile konut ısıtılması ve Ziga-Aksaray jeotermal kaynağının konut ısıtılmasında kullanılabilirliğinin araştırılması, Orta Anadolu Jeotermal enerji ve çevre sempozyumu bildiriler kitabı, Aksaray, 135-148.
- Şentürk, M., 2009. Jeotermal enerji kaynaklarının optimum kullanım modelinin geliştirilmesi ve yöresel uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Şimşek, Ş., 1997. Ihlara (Kapadokya) özel koruma bölgesinin ve bölgede yer alan termal kaynakların hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal araştırması ve korumaya ilişkin öneriler, Özel Çevre Koruma Kurumu Teknik Raporu, 6, Ankara, 116.
- Şimşek, Ş., 2006. Present status and future plan of geothermal development in Turkey, Special Symposium on Geothermal Energy “New Perspective of Geothermal Energy Utilization in Japan”, Japan, Short Abstracts, 18-23.
- Şimşek, Ş., Mertoğlu, O., Bakırcı, N., Akkuş, İ., Aydoğdu, Ö., 2005. Geothermal energy utilisation, development and projections - Country update report (2000-2004) of Turkey, Proceedings World Geothermal Congress, Antalya, 1-10.
- Şimşek, Ş., 2011. Jeotermal Enerji, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü, Ders notları, Beytepe-Ankara.
- Tamyerli, U., 2007. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminin irdelenmesi. Örnek çalışma - Kütahya- Simav jeotermal sahası. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Tarcan, G., 2003. Jeotermal Su Kimyası, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ders notları, Bornova-İzmir.

URL-1,

www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=jeotermal&bn=234&hn=&nm=384&id=40697, Jeotermal Enerji, 19 Mart 2014.

URL-2,

www.onuncuplan.gov.tr/oik11/K%20alma%20Belgeleri/Jeotermal%20Raporu%2030.11.pdf, 2014.

URL-3, www.mta.gov.tr, Konya Bölge Müdürlüğü, Aksaray Bölgesel Jeolojisi, 22 Haziran 2014.

Uygun, A., 1981. Tuzgölü havzasının jeolojisi, evaporit oluşumları ve hidrokarbon olanakları, İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Esra ZENGİN

Doğum Yılı : 09.12.1989

Eğitim Bilgileri (Kurum ve Yıl)

Lisans : Hacettepe Üniversitesi Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği
ABD, 2012

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği ABD, 2014

İletişim Bilgileri

Adres : Yazanlar sokak 10/10 Aşağı Ayrancı, Çankaya- Ankara

Telefon : 05367888242

E-posta : esrazengin68@gmail.com