

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

JEOTERMAL ENERJİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN
TOPLUMSAL ALGISI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA:
AYDIN İLİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

RÜVEYDA BİNAY İLERİ

OCAK 2024

MUĞLA

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

JEOTERMAL ENERJİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN
TOPLUMSAL ALGISI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA:
AYDIN İLİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

RÜVEYDA BİNAY İLERİ

OCAK 2024

MUĞLA

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

RÜVEYDA BİNAY İLERİ tarafından hazırlanan **JEOTERMAL ENERJİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN TOPLUMSAL ALGISI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA: AYDIN İLİ ÖRNEĞİ** başlıklı tezinin, 17/01/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Prof.Dr. Muhammet Hamdi KARAOĞLU* (Jüri Başkanı)

İmza:

Fen Fakültesi, Kimya Bölümü
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Prof.Dr. Fevzi YILMAZ** (Danışman)

İmza:

Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Prof.Dr. Ali ERDOĞAN (Üye)

İmza:

Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
Akdeniz Üniversitesi, Antalya

ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Doç.Dr. Çağdaş GÖNEN

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Anabilim Dalı Başkanı
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Prof.Dr. Fevzi YILMAZ (Danışman)

İmza:

Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Savunma Tarihi: 17/01/2024

BEYAN

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

Rüveyda BİNAY İLERİ

17/01/2024

İmza

XXXXXX

ÖZET
JEOTERMAL ENERJİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN TOPLUMSAL
ALGISI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA: AYDIN İLİ ÖRNEĞİ

Rüveyda BİNAY İLERİ

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fevzi YILMAZ

Ocak 2024, 67 Sayfa

Her geçen gün artan nüfus ile enerji ihtiyacı daha da artmaktadır. Günümüzde fosil yakıtlarına alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerjiye yönelim oldukça fazladır. Temiz enerji olarak bilenen jeotermal enerji yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş sıvı olarak bulunur daha sonra kullanımına bağlı olarak elektrik üretimi, ısınma ve çeşitli alanlarda kullanılmak üzere yer altından çıkarılmaktadır.

Bu çalışmada Aydın ili ve çevresindeki jeotermal enerjinin çevresel etkilerine yönelik toplumsal görüşlerin belirlenmesi amaçlanmış ve Aydın ili ve çevresinde yaşayanların konuya bakış açıları ortaya konulmuştur. Çalışmada anket verilerinden yararlanılmıştır. Google form anketi 75 kişiye uygulanarak veriler elde edilmiştir. Anket sorularında 5’li likert ölçeği kullanılmıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi için SPSS istatistik paket programından yararlanılmıştır. Veri analizinde betimsel istatistikten yararlanılmıştır. Araştırmada önemli bulgular olarak “Jeotermal enerji santrallerinin ülke ekonomimize katkısı olduğunu düşünüyor musunuz? ”önermesine katılımcılar %70,7 oranda katılmıştır. “Jeotermal enerji santrallerinin yakınındaki tarımsal alanlarda yetişen ürünlerin kalitesinin düştüğünü düşünüyor musunuz? ” önermesinin katılımcılar %70,6 oranda katılmıştır.

Sonuçlar değerlendirildiğinde; Aydın ili ve çevresinde yaşayanlar jeotermal enerjinin yararı olduğu kadar zararı olduğunu da düşünmektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal enerji, çevresel etkiler, yenilenebilir enerji, anket

ABSTRACT

A STUDY ON SOCIAL PERCEPTION OF GEOTHERMAL ENERGY AND ITS ENVIRONMENTAL EFFECTS: THE CASE OF AYDIN PROVINCE

Rüveyda BİNAY İLERİ

Master of Science (M.Sc.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Sciences

Supervisor: Prof. Dr. Fevzi YILMAZ

January 2024, 67 pages

With the population increasing day by day, the need for energy increases even more. Nowadays, there is a lot of interest in geothermal energy, one of the renewable energy sources, as an alternative to fossil fuels. Geothermal energy, known as clean energy, is found as liquid accumulated in various depths of the earth's crust, and then, depending on its use, it is extracted from underground for electricity generation, heating and use in various areas.

In this study, it was aimed to determine social views on the environmental effects of geothermal energy in Aydın province and its surroundings, and the perspectives of those living in Aydın province and its surroundings were revealed. Survey data was used in the study. Data was obtained by applying a Google form survey to 75 people. A 5-point Likert scale was used in the survey questions. SPSS statistical package program was used to evaluate the data obtained. Descriptive statistics were used in data analysis. The important findings of the research are "Do you think that geothermal power plants contribute to our country's economy?" 70.7% of the participants agreed with the proposition. "Do you think that the quality of products grown in agricultural areas near geothermal power plants has decreased? 70.6% of the participants agreed with the proposition.

When the results are evaluated; People living in Aydın province and its surroundings think that geothermal energy has both benefits and harms.

Keywords: Geothermal energy, environmental impacts, renewable energy, questionnaire

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tez çalışmam sürecinde bana yol gösteren, bilgi ve yorumlarını benimle paylaşan, çalışmalarına yön veren ve bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Fevzi YILMAZ'a,

Bu günlere gelmemde, maddi ve manevi hiçbir desteğini esirgemeyen sevgili babam Güven BİNAY'a, sevgili annem Fatma BİNAY'a, ve abim Nevzat BİNAY'a,

Tezimin her aşamasında bana maddi manevi yardımlarını esirgemeyen benim tutunmamı sağlayan sevgili eşim Abdullah İLERİ'ye,

Ve emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

Rüveyda BİNAY İLERİ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1.GİRİŞ	1
1.1.Jeotermal Enerji Nedir?	2
1.2.Jeotermal Sistemin Ana Unsurları.....	3
1.3. Jeotermal Enerji Kaynakları	4
1.4. Dünyada Jeotermal Enerji	5
1.5. Türkiye’de Jeotermal Enerji	6
1.6. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları.....	9
1.6.1. Elektrik enerjisi üretimi	10
1.6.2. Sanayi alanında kullanımı.....	13
1.6.3. Isıtma işlerinde kullanımı	13
1.6.4. Turizm alanında kullanılması	14
1.6.5. Sulama sahasında kullanım.....	14
1.6.6. Kimyasal madde üretiminde kullanımı.....	14
1.7. Jeotermal Enerjide Reenjeksiyonun Önemi	14
1.8.Jeotermal Atık Sularda Bulunan Kirleticilerin Çevreye Etkileri.....	15
1.8.1.Çinko.....	18
1.8.2. Bakır.....	19
1.8.3.Kadmiyum	19
1.8.4.Krom	20
1.8.5.Bor	20
1.8.6.Kurşun.....	21
1.8.7. Demir	21
1.8.8. Alüminyum	22
1.8.9.Mangan	22
1.8.10.Sülfat, Nitrat ve Amonyum.....	22
1.9. Jeotermal Gelişim Kaynaklı Olası Çevresel Etkiler.....	23
1.9.1. Gaz emisyonları	23

1.9.2. Su kirliliği	25
1.9.3 Katı emisyonları.....	25
1.9.4 Gürültü kirliliği.....	26
1.9.5. Arazi çökmesi	27
1.9.6. Sismik tetikleme	27
1.9.7. Su kullanımı.....	29
1.9.8. Doğal yaşam habitatına ve bitki örtüsüne müdahale	30
1.10. Jeotermallerin Yararları ve Dezavantajları.....	33
1.10.1.Jeotermallerin yararları	33
1.10.2. Jeotermallerin dezavantajları	34
2.KAYNAK ÖZETLERİ	35
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	38
4.BULGULAR VE İRDELEME.....	39
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	56
EKLER.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. 1.Türkiye jeotermal sıcaklığının bölgelere göre dağılımı.....	7
Çizelge 1. 2.Jeotermal akışkan sıcaklıklarına göre kullanım alanları.....	10
Çizelge 1. 3.Çeşitli enerji santrallerine ait gaz emisyonları.....	24
Çizelge 4. 1.Katılımcıların Demografik Özellikleri.....	39
Çizelge 4. 2.Katılımcıların Aydın İli ve Çevresinde Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri Hakkındaki Görüşleri.....	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. İdeal bir jeotermal sisteminin şematik gösterimi	3
Şekil 1. 2. Jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası	8
Şekil 1. 3. Kuru buhar santrali	11
Şekil 1. 4. Flash buhar santrali	11
Şekil 1. 5. Binary cycle santrali	12
Şekil 1. 6. Jeotermal akışkanın içerdği kimyasal kirleticiler	16
Şekil 1. 7. 1977 yılında devreye alındıktan ve 2005 yılında ağaçlandırmadan sonraki Ahuachapán jeotermal tesisi	31
Şekil 1. 8. Kaliforniya Heber SIGC ikili santrali ve Çift-Flaş santrali uydu görüntüleri	33
Şekil 5. 1. Gürmat Elektrik Anonim şirketinin dışarıdan görüntüsü.....	50
Şekil 5. 2. Gürmat Elektrik Anonim şirketinin yanında bulunan tarladan görüntüsü.	51
Şekil 5. 3. Önerme 3 ve Önerme 8 karşılaştırması.....	52

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

H₂SO₄	Sülfürik Asit
NH₃	Amonyak
NH₄	Amonyum
NO₃	Nitrat
H₂S	Hidrojen Sülfür
PO₄	Fosfat
Hg	Civa
MW	Megawatt
EGS	Geliştirilebilir Jeotermal Sistemler
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MWt	Megawatt ısı
Kwh	Kilowat Saat
kPa	Kilopascal
ppm	Milyonda bir birime
dB	Desibel
mg/L	Miligram/Litre
mg/kg	Miligram/Kilogram

1.GİRİŞ

Enerji, insanların yaşamlarının ve ekonomik olarak gelişmesinin önemli bir etkidir. Enerji, yenilenebilir enerji kaynaklarından hem de fosil kaynaklardan elde edilebilmektedir.

Paleolitik zamanda insanlar, taşları ezerek ve keskinleştirerek toplayıcılık ve avcılıkta fiziksel güçlerinin geliştirilmesinde basit araçları kullanmışlardır. Mezolitik çağda ise su yataklarına konaklama alanlarını kurarak yerleşim sağlamışlardır. Neolitik çağda tarım, yüzyıllar boyunca ağaçtan yapılmış basit aletlerle başlamıştır. Hayvanları evcilleştirdikten sonra güçlerinden yararlanıldı. Tarihsel süreçlerde insan gücünün yanı sıra hayvan, su ve rüzgâr gücünden de yararlanılmıştır. Dünyada enerji ihtiyacı sanayi devriminden sonra hızla artmıştır. 19.yüzyıllarda kömür en önemli enerji kaynağı olarak gösterilmektedir. 19.yüzyılın sonlarına doğru artık petrol adından söz ettirmektedir. 20.yüzyılda petrolün sosyal yaşamda ekonomik öneminin dışında stratejik ve politik yönleriyle de odak noktası olmuştur. 20. yüzyılda yaşanmış savaşlarda petrol savaşlarının amacı olmuştur. 21. yüzyılda önem kazanan doğalgaz ülkelerin ekonomisini ve siyasetine etki gösteren önemli faktörlerdendir (Erkul, 2012).

Dünyada harcanan enerjinin ortalama %39'u petrol, %27'si kömür, %21'i doğalgaz, %13'ü yenilenebilir enerji ve hidroelektrik kaynaklara ayrılmıştır. Oranlara bakıldığında, Dünyada harcanan enerjinin %87'lik dilimi fosil yakıtlara sahiptir. Uzmanların öngörülerine göre mevcut petrol yataklarının 40 yıl, doğalgaz yataklarının ise 62 yıllık süresi kaldığı düşünülmektedir. 21.yüzyılın ortasına doğru fosil enerjinin tükenme durumuna gelineceğinden yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artacaktır (Erkul, 2012).

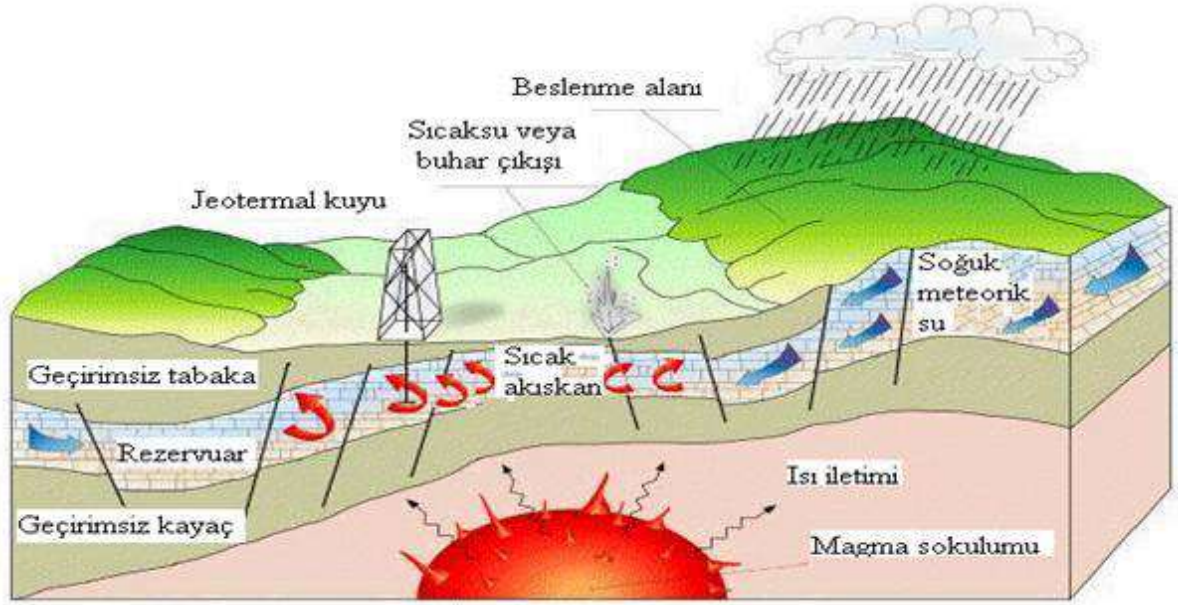
Jeotermal enerji yenilenebilir enerji kaynaklarından birçok ülkede uzun yıllardan beri kullanılmakta ve çevre dostu olarak bilinmektedir. Yeraltının derinliklerinde birikmiş buhar ve basınç altındaki sıcak su olarak nitelendirilen jeotermal enerjiyle alakalı ilk

keşifler İtalya’da 1800’lü yıllarda başlamıştır. Türkiye’de ise 1963 senesinde araştırmaya başlanılmış ve ilk jeotermal santral 1984 senesinde faaliyete geçirilmiştir (Kıvanç ve Serpen, 2011).

1.1.Jeotermal Enerji Nedir?

Jeotermal enerji, yerkabuğunda farklı derinliklerde toplanmış ısıнын ortaya çıkardığı, sıcaklıkları devamlı olarak bölgesel atmosferik standart sıcaklığın üstünde kalan ve etrafındaki normal yerin altındaki ve yerin üstündeki sulara kıyasla daha çok erimiş mineral, tuz çeşitleri ve gazları içeren buhar ve sıcak su şeklinde açıklanabilir (Ertürk vd., 2006).

Yerkabuğunun derinlerinde bulunan ısı kaynağı, soğumasını henüz gerçekleştirmemiş magma kütlesi veya genç bir volkanizmayla bağlantılıdır. Yüzeyden çatlak ve kırıklar sayesinde derinlere akan meteorik akışkanlar, bu ısı kaynağının etkisiyle mineralce zenginleştikten ve ısıtıldıktan sonra yükselirler, yer yüzeyindeki farklı derinliklerinde var olan ve geçirimsiz olan örtü kayalarla kontrol edilmiş olan geçirimli ve gözenekli hazneli kayalarda toplanırlar. Bu kırık ve seyyal, çatlak sistemlerinin meydana getirdiği yolları kullanarak yeryüzüne ulaşip termal kaynakları oluşturur veya sondajlarla elde edilerek ekonomik yararlanılır. Ayrıca kimi alanlarda yer alan " kuru sıcak kayalar" da, rastgele akışkanları bulundurmamasına karşın, jeotermal enerji kaynakları şeklinde vasıflandırılır. Jeotermal akışkanları meydana getiren sular meteorlardan geldikleri için, yeraltındaki depolar devamlı kaynaklar yenilenmekte ve beslenmektedir. Bu sebeple beslenmenin üstünde faydalanma olmadığı sürece, jeotermal kaynakların bitmesinin imkânı yoktur. Şekil 1.1’de ideal bir jeotermal sisteminin şematik gösterimi vardır (Cemek vd., 2005).



Şekil 1. 1. İdeal bir jeotermal sisteminin şematik gösterimi (Cemek vd., 2005)

1.2. Jeotermal Sistemin Ana Unsurları

Isı kaynakları,

- Rezervuar
- Isıyı taşıyan akışkan
- Örtü Kaya (geçirimsiz seviye)

Yüksek sıcaklıklı ısı kaynakları ($>600\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve yüzeyin yakınındaki kesimlere erişebilen (5 ile 10 km) magmatik sokulumlar bulunabileceği gibi, az sıcaklıktaki sistemlerde derinlikle beraber yükselen olağan sıcaklık jeotermal gradyanı ortalama 100 metrede bir 2,5 ile 3°C bulabilmektedir. Rezervuar ısıyı aktaran sıvının sirkülasyon edebileceği çatlaklı kayalardır. Rezervuarın üstündeki var olan geçirimsiz düzeyler örtü kayayı meydana getirmektedir. Jeotermal enerji akışkanı ise çoğu koşullarda meteorik sularıdır ve rezervuarda basınç ve sıcaklığa bağlı olarak sıvı ya da buhar haldedir. Bu sular çoğunlukla bazı kimyasal maddeleri ve gazları (H_2S , CO_2 gibi) bulundurmaktadır (İmamoğlu, 2009).

Jeotermal enerji yüksek (150 °C'den yüksek), orta (70–150°C) ve düşük (20–70°C), entalpili (sıcaklıklı) olacak şekilde üç grupta sınıflandırılmaktadır. Yüksek entalpili sudan elektrik elde edilmesinde, orta ve düşük entalpili sudan ise ısıtma alanında faydalanılmaktadır (Demirbaş, 2002).

1.3. Jeotermal Enerji Kaynakları

Yaygın olarak depremlerin şiddetli ve sık gerçekleşmesiyle tektonik levha sınırları ya da volkanik olaylarda da belirtilen alanlarda, yer kabuğunda çatlaklar ortaya çıktığından bu alanlarda çoğunlukla jeotermal enerji barındırma bakımından verimli alanlardır.

Jeotermal kaynaklar şu şekilde ayrılabilir:

Normal ısı gradyanlı sahalar: Jeotermal bakımından yüksek ısı akısı bulunduran bölgelerin dışında kalan bölgelerdir. Bu bölgelerde yaklaşık olarak 2,5 °C/ 100 m bir sıcaklıklar yükselmektedir. Fakat 150 °C'lik gibi bir sıcaklık bulmak isteniyorsa yaklaşık olarak 5000 m derinlikte kuyuların açılması gerekmektedir. Bu uygulamanın günümüzde ekonomik olduğu söylenemez (Şahin, 2006).

Radyojenik sahalar: Bu şekildeki alanlar kayaların içinde bulunan radyoaktif maddelerin bozulma göstermesiyle meydana gelen ısı ile, sıcaklıkları uygun ısı gradyanının üstüne ulaşmış alanlardır. Çoğunlukla granit ve buna benzer kaya tabakalarında bulunan enerji, granit tabakalarında su geçirimi kısıtlı olduğu için doğal şekilde suya iletilme ihtimali düşüktür (Şahin, 2006).

Yüksek ısı akışlı bölgeler: Yer yüzeyinden yeraltında ısı aktarımı iletim mekanizmalarıyla olabilir. Dünyadaki farklı yerlerde yer kabuğundaki ısı iletkenlik katsayısı düşük olabilmektedir. Eğer bu çok fazla ısı akışı ile beraber bulunabiliyorsa sıcaklıklar normal gradyanın üstüne ulaşabilir. Örnek verecek olursak Macaristan'da sıcaklığın değişmesi 40 ile 75 °C/km civarlarındadır. Bu değerler normal gradyanın yaklaşık olarak üç katı civarlarındadır. Bu türdeki yüksek ısı akışlarının meydana gelmesinin nedeni bu alanlarda yer kabuğunun kabuğun içerisinde sıkışmış yüzeye yakın bir magma tabakasının olması göreceli olarak ince olmasıdır (Şahin, 2006).

Basınç altında bulunan jeotermal sahalar: Birtakım kaya oluşumlarının aralarında bastırılmış vaziyette su kaynakları bulunabilmektedir. Bu türdeki su kaynaklarının basınç olarak bakıldığında uygun basınç gradyanlarının üstündeki değerlerde olabilmektedir. Basınç gradyanının metrede bir düşen 10.5 kPa değerinin üzerinde ise bu bölgelere basınç altındaki jeotermal bölgeler denilmektedir. Bu tarz bölgelerin tercih edilme nedeni sıcaklık, metan ve basınç kaynakları olarak bu üç enerjiden yararlanılmasını sağlayacak bir alan meydana getirmesidir (Süren, 2012).

Nokta ısı kaynakları: Bu şekilde ısı kaynaklarının kullanımı en basit jeotermal enerji kaynaklarından biridir. Termal kaynak, içerisinde oldukça yüksekte mevcut olan bir magma alanı veya kırıklar doğrultusunda yükselmiş bir magma katmanıdır. Genellikle yeraltında 7 ile 15 km mesafede bulunmaktadır. Bu şekilde magmadan doğrudan enerji elde edilmesi amacıyla çalışmalar yapıyorsa eğer kırıklardan meydana gelen su sızıntıları magmaya yakın bir alanda poroziteli kayaların içinde bir su rezervuarı meydana getirebiliyorsa eğer buhar enerjisinden faydalanabilmesi için daha uygun bir kaynak oluşturmaktadır (Süren, 2012).

1.4. Dünyada Jeotermal Enerji

Dünyada jeotermal enerji sayesinde elde edilebilen elektrik üretim miktarı 8912 MWe, elektrik harici yararlanma ise 27825 MW'dır. Elektrik enerjisi açısından yıllık üretim 72.6 milyar KWh, 27825 MWt ise, 4.9 milyon konutu ısıtabilecek kapasitededir. Dünyada jeotermal enerji kaynaklarından faydalanarak elektrik üretimi konusunda başarılı olan ilk 5'e giren ülkeler: ABD, Filipinler, İtalya, Meksika ve Endonezya'dır. Dünya'da jeotermal enerjinin ısı ve kaplıca alanında kullanan ilk 5 ülke sıralama ise Çin, Japonya, ABD, İzlanda ve Türkiye'dir (Dağıştan, 2006).

Dünyadaki jeotermal ısı kaynaklarının %33'ü ısıtma amaçlı, %15'i kaplıcalarda, %13'ü balık çiftliklerinde, %12'si ısı pompalarında, %12'si seracılık alanlarında, %10'u endüstride, %1'i buz eritme amaçlı, %1'i havalandırma, %1'i kurutma amaçlı, %3'ünde diğer kullanım alanlarına bölünmüştür (Dağıştan, 2006).

1.5. Türkiye’de Jeotermal Enerji

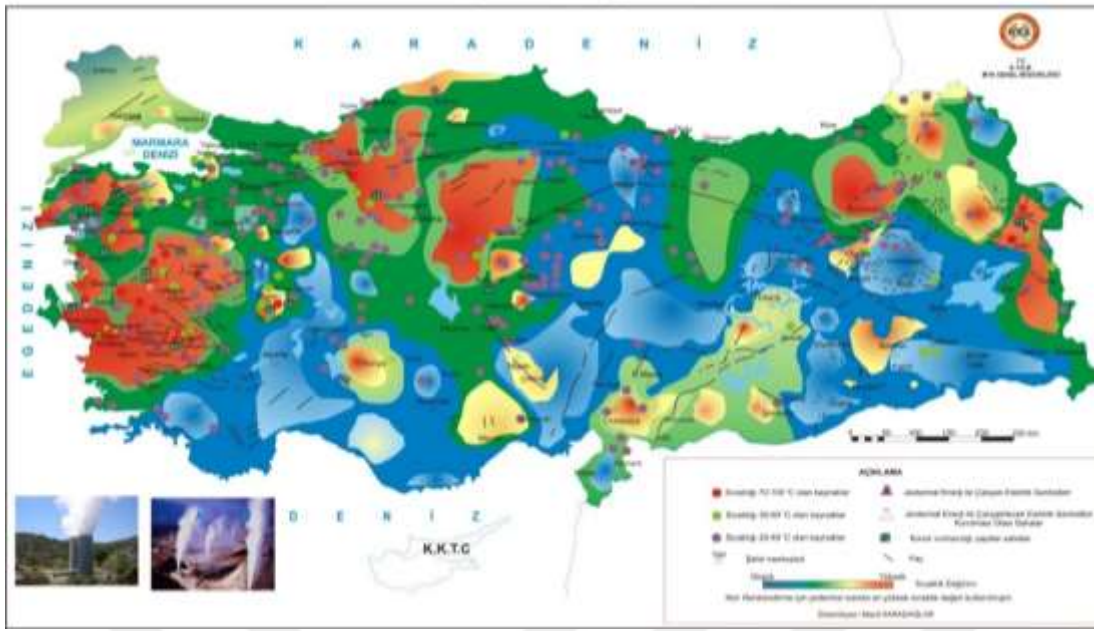
Türkiye, Avrasya Plakası ve Hindistan Plakasının çarpışmasından meydana gelen dünyadaki en büyük jeotermal kuşaklardan biri sayılan Alp-Himalaya Kuşağı üzerinde bulunmaktadır. 3000 km uzunluğunda ve 150 km genişliğindeki kuşak İtalya, Hindistan, İran, Türkiye, Yugoslavya, Tibet, Pakistan, Yunanistan, Myanmar, (Burma), Yünnan (Çin) ve Tayland’ı içerisinde bulundurmaktadır. Dünyadaki jeotermal enerji kaynakları içerisinde 31.500 MWt güç ile sıralamada 7. ülke olarak yer alan Türkiye’de jeotermal enerjinin kullanılmasında faydalar göz önünde bulundurulduğunda, kaynakların kullanımının arttırılması kaçınılmazdır (Dağdaş, 2004). Türkiye’de jeotermal araştırma çalışmaları ilk 1960’lı tarihlerde MTA tarafınca başlamış ve günümüze kadar yaklaşık olarak %95’i doğrudan kullanılabilir düzeyde orta ve düşük entalpiye sahip 170 farklı kaynak bulunmuştur (Çakar vd., 2009).

Ülkemizde ilk doğal olarak bulunan buhar, 1963 yıllarında İzmir’in Balçova ilçesinde sondaj araştırmaları ile elde edilmiştir. Daha önceki zamanlarda bulunan, Afyonda bulunan Ömer jeotermal kaynak alanı 1968 yıllarında keşfedilmiş Denizli-Kızıldere jeotermal sahası, Türkiye’de elektrik üretimi için uygun ilk bulunan jeotermal enerji alanlarından biridir. 1982 yıllarına gelindiğinde Aydın’ın Germencik ilçesi ve Çanakkale’nin Tuzla ilçesindeki sahalar bulunmuştur. Çizelge 1.1. ‘de Batı, Orta ve Doğu Anadolu’daki jeotermal sıcaklıkların bölgelere göre dağılımı gösterilmiştir (Özdemir, 2012).

Çizelge 1. 1. Türkiye jeotermal sıcaklığının bölgelere göre dağılımı (Özdemir, 2012)

Batı Anadolu		Orta Anadolu	
Pay (%)	Sıcaklık (°C)	Pay (%)	Sıcaklık (°C)
1	240-250	5	90-100
2	230-240	4	80-90
2	220-230	4	70-80
5	200-210	4	60-70
11	190-200	17	50-60
5	170-180	34	40-50
2	130-140	32	30-40
7	110-120	Doğu Anadolu	
3	100-110	6	160-170
21	90-100	6	80-90
5	80-90	6	70-80
8	70-80	16	60-70
7	60-70	16	50-60
9	50-60	38	40-50
7	40-50	11	30-40

Türkiye’de sıcaklığı 40 °C’nin üzerine çıkan jeotermal akışkanı bulunduran 184 farklı jeotermal alan meydana gelmiştir. Türkiye’de bulunan jeotermal sahaların % 94’ü orta ve düşük sıcaklığa sahip alanlar olup konutların ısıtılması, seraların ısıtılması ve termal turizm için alanların avantajı için kullanılabilir. Geride kalan % 6’lık orandaki 13 adet alanın; Aydın-Germencik 232°C sıcaklıkta, Denizli-Kızıldere 242°C sıcaklıkta, Çanakkale-Tuzla 174°C sıcaklıkta, Manisa-Salihli-Göbekli 182°C sıcaklıkta, Kütahya-Simav 162°C sıcaklıkta, Aydın-Salavatlı 171°C sıcaklıkta, Manisa Salihli-Caferbey 150°C sıcaklıkta, İzmir-Seferihisar 153°C sıcaklıkta, Aydın-Sultanhisar 146 °C sıcaklıkta, Aydın-Yılmazköy 142 °C sıcaklıkta, Manisa-Alaşehir-Kavaklıdere 213°C sıcaklıkta, İzmir-Dikili 130°C sıcaklıkta, İzmir-Balçova 137°C sıcaklığa sahip alanların yüksek sıcaklığa sahip olup elektrik üretimi için uygundur. Şekil 1.2.’de jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası verilmektedir (Özdemir, 2012).



Şekil 1. 2.Jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası (Özdemir, 2012)

Türkiye’de bulunan jeotermal enerji potansiyelinin %77,9’luk kesimiyle en çok Ege, İç Anadolu ve Marmara bölgelerinde bulunmaktadır. Günümüze kadar olan zamanda toplamda potansiyel enerjinin %13’ü (4.000 MW), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü’nün faydalanması için kullanıma hazır hale getirilmiştir. Yaklaşık olarak elli yıl önce kurulan MTA, Türkiye’de günümüze kadar 198 adet jeotermal enerji sahası bulmuş ve son 12 yıl içerisinde jeotermal enerji kaynağının direkt elektrik elde etme amacı ile kullanmak için, 900 adet jeotermal sondaj kuyuları açmıştır (Kılıç ve Kılıç, 2013).

1.6. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları

Jeotermal enerjinin, ilk çağlardan beri insanlar tarafından sağlık alanında, banyo ve yemek pişirme gibi birçok şekillerde faydalanılmaktadır. İlerleyen teknolojiyle beraber enerjiye olan ihtiyacın çoğalmasıyla paralel şekilde jeotermal enerjiden faydalanmakta da yaygınlaşmış ve çeşitlilik elde etmiştir. Bu faydaların en başında elektrik enerjisi üretimi, sanayi ve ısıtmacılıkta kullanılmaktadır (Durak, 1996). Jeotermal enerji kaynakları jeotermal sıvısının entalpisine göre sınıflandırılabilir:

- 1) Düşük Sıcaklıktaki Sahalar (20-70 °C sıcaklık)
- 2) Orta Sıcaklıktaki Sahalar (70-150 °C sıcaklık)
- 3) Yüksek Sıcaklıktaki Sahalar (150 °C'den yüksek) (Yılmaz, 2013).

Jeotermal akışkanın enerjisi ölçülürken, akışkanın fizikokimyasal özelliği de belirleyici etkenler arasında yer alır (Danışman, 2011). Jeotermal enerjinin kullanıldıkları sahalarda kaynağın sıcaklığının değişkenliğine göre farklılıklar Çizelge 1.2'de gösterilmiştir (Özdemir, 2007).

Çizelge 1. 2. Jeotermal akışkan sıcaklıklarına göre kullanım alanları (Özdemir, 2007)

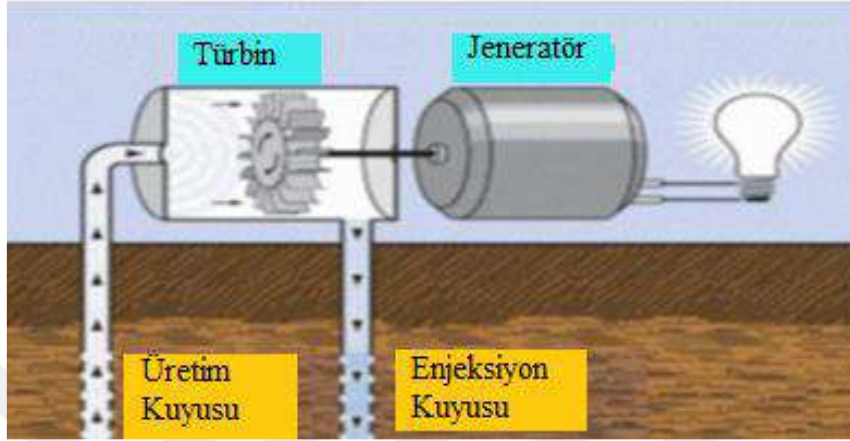
Sıcaklık (°C)			Kullanım Alanı
	180		Yüksek konsantrasyon solüsyonunun buharlaşması, amonyum absorpsiyon ile soğutulması
	170		Hidrojen sülfid yolu ile ağır su eldesi, Diyotomitlerin kurutulması
	160		Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
	150		Bayer's yoluyla alüminyum elde edilmesi
	140		Konservacilikte, çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulmasında
	130		Şeker endüstrisi, tuz elde edilmesi
Elektrik Üretimi	120	Isıtma	Damıtık su eldesi, tuzluluk oranının arttırılmasında
	110		Çimento kurutulmasında
	100		Organik maddeleri kurutma(Yosun, et, sebze vb.),yün yıkama ve kurutulmasında
	90		Balık kurutulmasında
	80		Kent ve sera ısıtılmasında
	70		Soğutmada (Alt sıcaklık sınırı)
	60		Kümes ve ahır ısıtılmasında
	50		Mantar yetiştirme, balneoloji kullanımlarında
	40		Toprak ısıtma, kent ısıtması (alt sınır),turistik tesislerde
	30		Yüzme havuzları, fermantasyon, damıtma, sağlık tesislerinde
	20		Balık çiftliklerinde

1.6.1. Elektrik enerjisi üretimi

Jeotermal enerji kaynaklarından elektrik elde edilmesi 1904 yılları içerisinde başlamış olsa da artan gelişmelerin sonucunda 1980'li yıllarında üretim kapasiteleri artırılması ile gelişen malzeme teknikleri ve teknoloji ile kapasitesinin 12000 MW limitlerine kadar ulaşmıştır. Bu oluşan hızlı artışın en önemli nedenlerinden biriyse jeotermal enerjinin çevreye zararının daha az olmasından kaynaklanır (Öztemir, 2011). Yüksek sıcaklığa sahip jeotermal enerji kaynakların 150 °C'den büyük olan sıcaklıklar elektrik elde edilmesinde en önemli faydalanma alanlarından biridir (Özdemir , 2007).

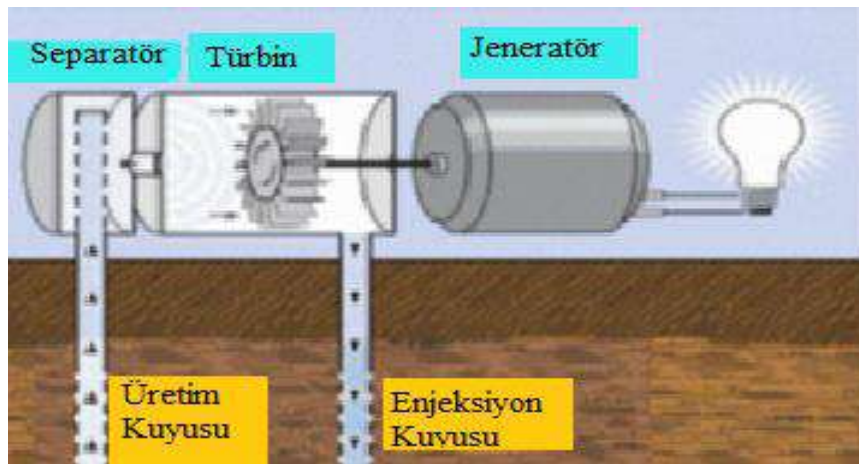
Genellikle elektrik üretiminin sağlanması, jeotermal enerji kaynağının karakteristiğiyle alakalı olarak farklı üç şekilde santral yapılmaktadır.

- **Kuru buhar santralleri:** Kuyudan elde edilen kuru buhar türbini çevirebilmesi için doğrudan kullanılmaktadır. Jeneratör aracılığı ile elektrik üretilir, atık jeotermal akışkanı boru hatlarıyla yeniden reenjeksiyon kuyularına iletilir. Şekil 1.3. 'te kuru buhar santrali gösterilmiştir (Özdemir , 2007).



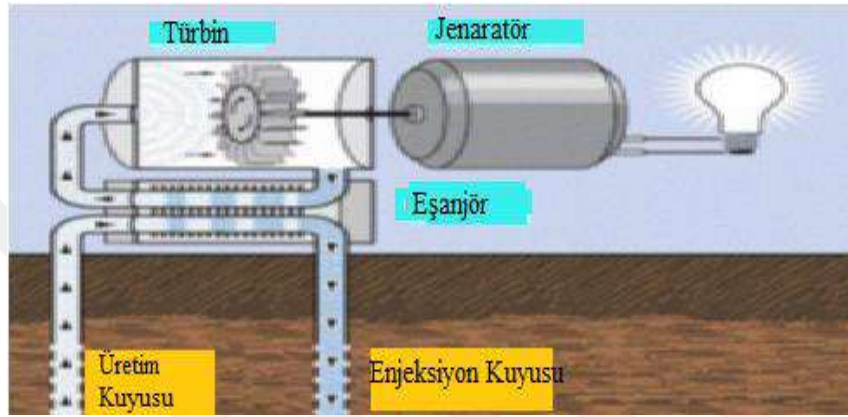
Şekil 1. 3. Kuru buhar santrali (Özdemir, 2007)

- **Flaş buhar santralleri:** Güçlü basınç ile kuyudan gelen akışkanı güçsüz basınca sahip seperatörlerle buhar ve su olarak ayrılır ve ayrıştırılmış olan buharın gücü ile türbin çevrilir. Jeneratörün aracılığı ile elektrik elde edilir, atık jeotermal akışkan boruların yardımı ile yeniden reenjeksiyon kuyularına iletilir. Şekil 1.4. 'te gösterilmiştir (Özdemir , 2007).



Şekil 1. 4.Flaş buhar santrali (Özdemir, 2007)

- **Binary cycle santralleri (çift çevrim):** Jeotermal enerji akışkanının hararetinden fayda sağlanarak sudan daha düşük buharlaşma sıcaklığında olan akışkan eşanjör içerisinde buharlaşır ve buharlaşmış olan bu akışkanın aracılığı ile türbinin çevrilmesine neden olur. Jeneratör aracılığı ile elektrik enerjisi elde edilir, jeotermal enerjinin atık akışkanı boruların yardımıyla yine reenjeksiyon kuyularına iletilir. Şekil 1.5.'te gösterilmiştir (Özdemir , 2007).



Şekil 1. 5.Binary cycle santrali (Özdemir, 2007)

Jeotermal enerji kaynakları ile elektrik enerjisi elde edilmesi nedeniyle meydana gelen bazı çevresel olaylar da söz konusudur. Jeotermal sahalar da bakteriyel oluşumun meydana gelmesi ya da kabuklaşma olayını durdurmak için farklı kimyasallar, sülfürik asit, kostik soda ve birçok toksik kimyasalların kullanılması bölgedeki ekosistemi kötü etkileyebilir. Ayrıca jeotermal akışkan sıvısının reenjeksiyon edilmeden doğrudan nehre aktarılması ötrifikasyon oluşması ile nehir ekosistemine zarar verir hem de bölge tarımına ciddi olarak zarar verebilir. Bu anlatılan durum Denizli Kızıldere jeotermal enerjide yaşanmıştır.

Kızıldere jeotermal bölgesindeki buhar ve sıcak su çıkışlarından yoğunlaşan suda sodyum karbonat, karbondioksit, silis, bor, flüor ve amonyuma rastlanmaktadır. Kızıldere jeotermal bölgesinde elde edilen ve faydalanıldıktan sonra Büyük Menderese salınan sıcak suyun nehirde ilk olarak oksijensizleşme (ötrifikasyona) oluşmaktadır bu olayda suda yaşayan canlılara zarar vermektedir ve ekolojik dengeyi tehlike altına almaktadır (Erkul, 2012).

Ayrıca Kızıldere jeotermal bölgesinden çıkan sıcak su çok fazla bor bulundurmaktadır. Faydalanılmış sıcak suyun birazı geri reenjeksiyon edilmekle beraber çoğunluk kısmı uygulamadan sonra Büyük Menderes Nehri'ne salınmakta bu da nehir suyundaki bor miktarını çok yüksek seviyede çoğaltmaktadır (Anonim, 2003). Dolayısıyla jeotermal suyun çevreye zarar seviyesini düşürmek sebebiyle yeterli reenjeksiyon kuyuları açılmalıdır.

1.6.2. Sanayi alanında kullanımı

Sıcaklıkları 90 °C ve üstünde olan hidrotermal kaynakların, sanayi alanında kurutma uygulamasında, gıda sanayisinde (bira mayalama uygulaması, pastörize süt yapımı ot, sebze, et ve balık kurutulması, buharlaşma ve kristalleşme ile tuz imalatı, buharlaşma ile şeker rafinajı, konserve üretimi) kullanılmaktadır. Sıcaklıkları 90 ile 140 °C aralığında farklılık gösteren sular inşaat sanayi alanında (çimento kurutması), sıcaklığı 110 °C olan sular, kimya sanayinde (hidrojen sülfid ve ağır su elde edilmesi, Damıtma ile saf su elde edilmesi bazı kimyasal içeriklerin oluşturulması) kullanılmaktadır. Sıcaklıkları 120 ile 170 °C arasındaki sularda kâğıt ve selüloz sanayi alanında (inşaat keresteleri ve mobilya ahşabının kurutulması ve kraft kâğıdının hamuru hazırlanması, kâğıt ağartma işlemlerinin yapımı) kullanılmaktadır (Yılmaz, 2013).

1.6.3. Isıtma işlerinde kullanımı

Düşük sıcaklık aralığında olan jeotermal enerji akışkanları doğrudan ısıtmacılıkta kullanılabilir. Isı pompa araçları ile 5°C'de olan jeotermal enerji akışkanlarında bile ısıtma faaliyetlerinde kullanılabilir. Merkezi ısıtma ile ısınan binalar, seralar, hayvan çiftlikleri vb. ısınabilir. Jeotermal enerji kaynakları ile ısınan illerimiz Simav (Kütahya) 120°C, Gönen (Balıkesir) 80 °C Balçova (İzmir) 137°C, Kızılcahamam (Ankara) 80°C, Sandıklı (Afyon) 80°C Narlıdere (İzmir) 98°C, Afyon 95°C, Kırşehir 57°C, Diyarbakır (Ağrı) 70°C, Kozaklı (Nevşehir) 90°C, Salihli (Manisa) 94°C, Edremit (Balıkesir) 150°C, Sarayköy (Denizli) 140°C sıcaklığa sahip iller yer almaktadır (Yılmaz, 2013).

1.6.4. Turizm alanında kullanılması

Jeotermal mekanizmaları kullanarak turizm sektöründe faydalanılması dünya üzerinde oldukça sık rastlanır. Ülkemiz sıcak sular açısından birçok imkâna sahiptir. Ülkemizde 1500'ün üzerinde termal kaynak vardır, buna rağmen yaklaşık 200 civarında kaplıca şeklinde kullanılmaktadır (Er, 2015).

1.6.5. Sulama sahasında kullanım

Yer altındaki suların 20°C 'den düşük olan sular sulama alanında faydalanılmaktadır. Fakat su içerisindeki kimyasalların bilinmesi için sulamadan önce tuz miktarları tespit edilip yönetmeliklerdeki sınırlara uygun olmalıdır (Er, 2015).

1.6.6. Kimyasal madde üretiminde kullanımı

Jeotermal enerji kaynaklarının farklı olarak faydalanma şekli ise kimyasal maddelerin elde edilmesidir. Jeotermal enerji kaynakları yerin içerisinden yüzeye çıktıkları için, içerisinde fazlaca kimyasal ve mineral madde bulundurmaktadır. Minerallerin bulundukları yüzdelere her kaynak da değişik şekillerde bulunmaktadır. Karbondioksit daha önce fueloil ile elde edilirken güncel zamanda Dünya'da ve Türkiye'de ilk kez meydana getirilen Kızıldere (Denizli) jeotermal enerji santraline entegre karbondioksit üretme tesisinde meydana getirilmektedir (Yılmaz, 2013).

1.7. Jeotermal Enerjide Reenjeksiyonun Önemi

Farklı hedefler için yararlanılan jeotermal akışkanların doğasına göre içerisinde bulundurduğu maddeler sebebiyle kullanıldıktan sonra doğaya salınması çevreye zararlı bir yaklaşımdır. Bu açıdan bakıldığında yeniden yer altına enjekte yapılmalıdır. Ayrıca, yer altında rezervuarın su dengesinin kaybolmaması, basıncının korunması, çökmelerin engellenmesi, doğal beslenme ihtiyacını minimuma indirilmesi ve sürdürülebilir kullanım hedefiyle reenjeksiyon proseslerinin uygulanması zorunludur. Reenjeksiyon, jeotermal rezervuarlara ilave bir sıvı şarjı sağlar ve üretme sebebiyle meydana gelen basınç azalmasının engel olmasına destek olur. Böylelikle rezervuar

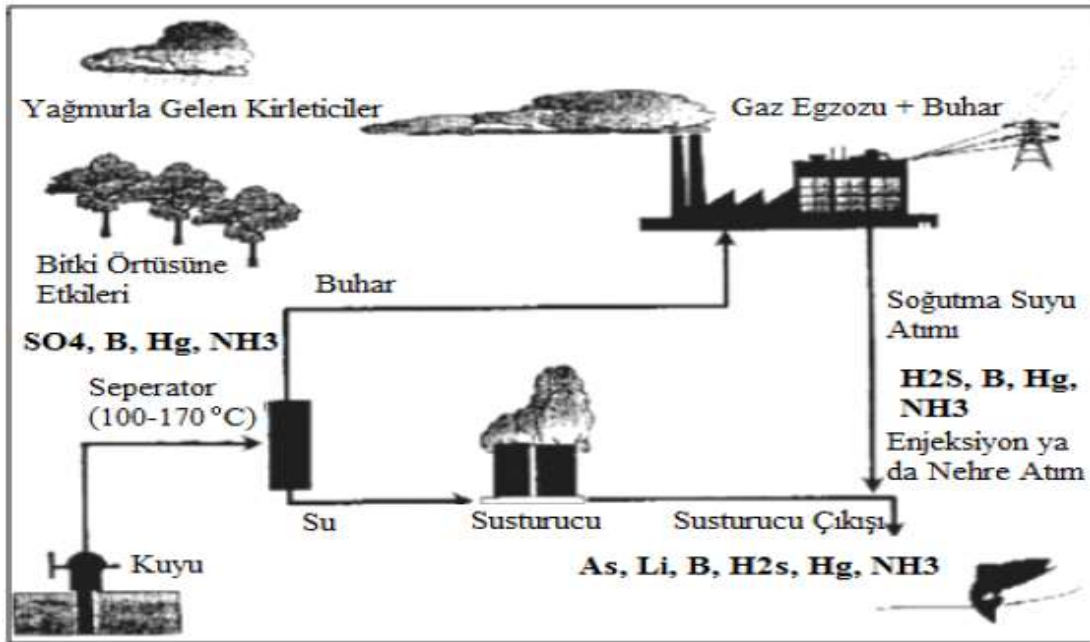
ömrüne artı yönde faydası olur. Reenjeksiyon sıklığı ile jeotermal rezervuarların üretim kapasitelerini yükselterek bu proses ile ilgili yatırım ve işletme maliyetlerinin artışıını durduracaktır. Literatür ve uygulama örnekleri ele aldığımızda jeotermal yöntemlerin enerji üretim potansiyelini yükseltmede ekonomik bir proses olması mümkün olabilir. Reenjeksiyon, bununla birlikte bütün EGS (geliştirilebilir jeotermal sistemler) operasyonlarının önemli bir parçasıdır. Reenjeksiyon prosesi bütün yönleriyle tasarlanması gereken bir proses olduğu için, özenle düşünülmesi gereklidir. Hatalı yapılan reenjeksiyon uygulamaları, rezervuara kötü sonuç verebilecektir. Yani sağlıklı üretim ve verimlilik sağlama amacı varken, aksine sağlıksız ve verimsiz bir üretim durumu meydana gelebilecektir. Tasarım işleminde su basılan alanın hidrolojisi, jeolojisi, mineral çökmesi, basılan suyun çekilen su ile kimyasal bileşimlerinin takibi, üretilen ve basılan suyun sıcaklıklarının periyodik takipleri gibi prosedürler dikkatli şekilde düşünülmeli ve uygulama bu parametrelere göre ilerletilmelidir (Teke, 2018).

1.8. Jeotermal Atık Sularda Bulunan Kirleticilerin Çevreye Etkileri

Jeotermal kaynaklar bilindiği üzere çevre dostu enerji kaynakları grubunda tanımlansa da bu enerji kaynağının da çevreye bazı negatif tesirleri bulunmaktadır. Jeotermal suyunun büyük önem taşıyan çevresel izlerinden biriside nehir-göl ve hava sahasında kirlilik oluşturmastır. Bir santraldan atık akışkanın rastgele bir su havzasına veya nehre boşaltılmasıyla sıcaklığın 2 ile 3 °C artış göstermesi, ekosistemi negatif etkiler. Sıcaklık artışına oldukça hassas davranış gösteren hayvan ve bitki yaşamları git gide ortadan kalkar. Su sıcaklığındaki değişimler balık yumurtalarının oluşmasında ve gelişmesinde negatif yönde etki edebilir (Çakın vd., 2005).

Jeotermal sular; CO₂, N₂, H₂, H₂S, CH₃, NH₃ örneklerinde yoğunlaşmayan gaz maddeler ve Hg, Rn ve B örneklerindeki gibi elementleri içerisinde bulundurlar (Aslan, 2010). Jeotermal enerjiden meydana gelen akışkanlar çevreye Minimum zarar meydana getirecek şekilde getirilmek için reenjeksiyon uygulaması gerekir. İçerisinde ısı enerjisinin bir kısmı emilmiş akışkanı doğaya zarar vermemek ve yer içerisinde bulunan rezervuarı güçlendirmek için yerin içerisinde bulunan alıcı ortama yeniden

enjekte edilmesine reenjeksiyon denilmektedir. Jeotermal sular çıkarıldıktan sonra, jeotermal sudaki ısı enerjisi bir miktar soğrulur, geriye kalan jeotermal suyun, içinde fazladan ısı enerjisiyle beraber doğa ortamına negatif etki bırakan maddelerle (arsenik, bor, vd.) beraber geriye basılmaktadır. Bu teknik, jeotermal enerjinin “devamlılığını” meydana getirir (Danışman, 2011). Ayriyeten jeotermal sistemlerde yalnızca jeotermal suların doğaya negatif etkisi olmamaktadır. Onunla beraber santralin işletilmesi esnasında çevreye dağılan gazlar havayı negatif doğrultuda etkilemektedir. Özellikle atmosfere bırakılan CO₂ gazının sera etkisi meydana gelmesine neden olmaktadır. Ayriyeten yine havaya verilen gazlarda bulunan B, Hg ve NH₃ bitki ve toprak ekosistemini negatif yönde etkiler. Ayrıca yeryüzündeki sular ve su ekosistemi üzerinde de negatif yönde etkisi vardır. Buhar çevrimli bir jeotermal santralden meydana gelen salınımlar ve kimyasal kirleticilerin özeti Şekil 1.6’da verilmektedir (Aslan, 2010).



Şekil 1. 6. Jeotermal akışkanın içerdiği kimyasal kirleticiler (Aslan, 2010)

Günümüzün önemli önceliklerinden birisi olan, doğal olan enerji kaynaklarının çevre kirliliği oluşturmada, faydalı olarak kullanılmasıdır. Enerjinin üretimi ve kullanılması hava kirliliği arasındaki bağlantı çok nettir. Hava kirleticilerinin havanın doğasını değiştiren is, toz, buhar, gaz, duman ve aerosol halinde bulunan kimyasal içeriklerdir. Belirtilen kirlilikler yerel kuruluşların ve hükümetlerin fosil yakıt

kullanılmasına karşı alternatif olan enerji kaynaklarına yöneltecektir. Her ne amaç ile kullanım olursa olsun fosil yakıt ve türevlerinin tercih edilmesinden kaynaklı havanın kirliliği, kabul görülen düzeydeki sınırların çok üstündedir (Karaman ve Kurunç, 2004).

Jeotermal enerji sahalarındaki suların yüksek değerlerde çözünmüş madde içermesi yeraltı ve yüzey suların kirlilik teşkil etmesi önemli çevresel faktörlere sebebiyet gösterebilir. Türkiye'deki jeotermal enerji sahalarında birtakım sulardaki yüksek derişime sahip iyonlar bazı koşullarda yüzey veya yeraltı sularına geçiş sağlayarak, başlıca tarım arazilerinde ciddi verim ve üretim kayıplarına yol açabilmektedir. Arsenik ve benzer özellikteki birtakım zehirleyici ürünlerde de jeotermal suların içerisinde yüksek oranda bulunma ihtimalleri vardır (Tarcın, 2002).

Öncelikli olarak eski formdaki jeotermal enerji santrallerine uygun olan planlamaların ve tasarımların yapılmadığı takdirde, çektirilen suyun bileşimlerine ve debisine bağlantılı olarak jeotermal enerji kaynağının kullanılması bazı çevresel problemlere yol açabilmektedir (Karaman ve Kurunç, 2004).

Bunlar:

- (a) Hayvanlar ve bitkiler üstünde doğabilecek ekolojik olarak negatif faktörler,
- (b) Sülfürik asit (H_2SO_4), radon ve yoğunlaşması mümkün olmayan gazlar sebebiyle havanın kalitesi üzerindeki olumsuz durumlar,
- (c) Jeotermal sondaj kuyularının açılması durumunda açığa çıkan gürültü kirliliği,
- (ç) Hatalı atık sistemleri yüzünden yüzeyde bulunan suların kirlilik göstermesi,
- (d) Arazi üstünde kullanım kaynaklı doğabilecek olumsuz etkiler,
- (e) Sismik titreşimlere neden olabilecek durumda olumsuz etkiler,
- (f) Yüzeye çıkarılan jeotermal enerjinin su kaynaklarında ve kaplıcalar üzerinde doğabilecek olumsuz etkileri,
- (g) Kültürel ve Arkeolojik kaynaklar üstünde doğabilecek olumsuz potansiyel etkileri,
- (ğ) Mevcutta bulunan toplumsal yapı, nüfus ve ekonomi üzerinde doğabilecek olumsuz etkenler olarak sıralanmaktadır. Bu sorunlardan arasından tarımsal faaliyetler bakımından en önemlileri hava, su ve toprak kirliliğidir. Jeotermal

sondaj kuyuların diğerk çevresel etkilerinden biri de gürültüdür. Kuyularda çalışılırken gürültü ses seviyesi 120 dB'i aşabilmektedir. Bu gürültü seviyesi atmosferik seperatörlerle 85 dB 'e inebilmektedir. Gürültünün azaltılması kuru buhar kuyularında çok daha zordur (Karaman ve Kurunç, 2004).

Ağır metaller, periyodik cetvelde 3 ve daha yüksek periyotlarda bulunan metallere denir. Genellikle zehirlilik ve çevre kirliliğı oluşturan bütün metaller ağır metal şeklinde isimlendirilir. Yoğunluğu 5 g/cm³ 'ten büyük metallere ağır metaller denir. Ağır metaller çevresel sorunlar meydana geldiğinde ve nispeten yüksek yoğunlukta ve düşük miktarlarda dahi zehirleyici veya toksik olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıfın içinde bulunan başta kurşun, krom, nikel, kadmiyum, bakır, demir, kobalt, çinko ve civa olacak şekilde 60'ın üstünde metal bulunmaktadır. Bu elementlerin yer kürede sıklıkla sülfür, silikat ve karbonat şeklinde genellikle bileşik olarak ya da silikatlar içerisine bağılı şekilde karşılaşılırlar (Özkul, 2013).

1.8.1.Çinko

Çinko, bitkilerde de önemli ve çok çeşitli metabolik fonksiyonlara sahiptir. Karbonhidrat ve protein sentezine katılmasının dışında fotosentez, enzim aktivasyonu solunum ve biyolojik membran stabilitesi üzerine etkisiyle üretilen ürünün kalitesi ve miktarını doğrudan etki etmektedir (Rout ve Das, 2003).

Topraktaki bütün Zn konsantrasyonu 10 ile 300 ppm aralığında, bitkiler ile alınabilmektedir. Zn konsantrasyonu 3.6 ile 5.5 ppm aralığında değişebilmektedir. Normal bitkilerde Zn derişimi 5 ile 100 ppm aralığındadır. Genellikle görünen toksisitesi 400 ppm'den sonra başlamaktadır (Öktüren vd., 2006).

Çinko bünyesinde bulunan toksisite bitkilerdeki sürgün ve kök büyümesini azaltmaktadır. Köklerin cansızlaşması, genç olan yaprakların kıvrılması ve kloroz gözlemlenmesi, hücre gelişimi engelleyerek, hücre organellerinde parçalanma görülür ve klorofil sentezlenmesi azalmaktadır (Rout ve Das, 2003).

1.8.2. Bakır

Bitkideki enzim aktivasyonu, lipid metabolizmasında ve karbonhidratta bulunması sebebiyle bakır elementinin önemli bir rolü bulunmaktadır (Kaçar ve Katkat, 2006). Bakır kirliliğinin oluşması insan faaliyeti ile meydana gelen emisyon ve atmosferik depozitler, pestisit kullanılması, kanalizasyon atıklarının tarım vb. alanlarda gübre şeklinde değerlendirilmesi, maden ve kömür yataklarından kaynaklanmaktadır.

Toprak üzerinde 100 mg/kg, bitki kuru maddesinde ise 15 ile 30 mg/kg'dan fazla bulunan bakır zehir etkisi yapmaktadır. Bakır zehirliliği genel olarak bitki kök sisteminde açığa çıkmaktadır ve bitki bünyesindeki protein sentezi, fotosentez solunum, iyon alımı gibi bazı fizyolojik davranışların bozulmasına sebep olmaktadır (Alaoui-Sossé vd., 2004).

1.8.3. Kadmiyum

Kadmiyumun tarım arazilerine ulaşması ve yaygın olması endüstriyel çalışmalar, fosforlu içerikli gübreler, kanalizasyondaki atıklar ve atmosferik depositler aracılığıyla gerçekleşmektedir (Haktanır, 1987). Bitki kuru maddesinde 1 mg/kg, Toprak içerisinde ise 3 mg/kg'dan daha çok bulunan kadmiyum zehirli özelliğindedir (Özbek vd., 1993). Toprağa ve bitkilere erişen kadmiyumun çok fazla kısmı kadmiyum bulunduran toz taneciklerinin havada çökme durumu ile gerçekleşmektedir. Trafiğin çok fazla gerçekleştiği bölgelerdeki yol kenarındaki topraklarda tozların çökmesiyle ile yılda metrekareye düşen 0.2-1.0 mg kadmiyum artışının gerçekleştiği görülmüştür (Öktüren vd., 2006).

Kadmiyum hayvan, bitki ve insanlar için zehirli bir elementtir. Bitkinin içerisinde azot ve karbonhidratlar metabolizmaları farklılaştırması gerekçesiyle fazlalıkla fizyolojik farklılaşmaya sebebiyet vermektedir. Proteinlerin –SH sınıfındaki enzimleri inaktive yapmakta, fotosentez olayını durdurmakta, stomaların engellenmesine, transpirasyon ile su kayıplarının azalmasına ve klorofil biyosentezinde deformeler olmasına sebep olur (Sheoran vd., 1990).

Kadmiyum miktarının çok fazla olması klorofil biyosentezinin engellemesinin en büyük sebebidir klorofil biyosentezinde yer alan protoklorofil reduktaz ile

aminolevulinik asit sentezinin bozulmasıdır. Ayriyeten ağır metallerin serbest radikal olarak var olmasına sebep olduğu ve bu kanalla tilakoid membran lipidlerinin oksidatif yıkımlarına sebep olduğu, buna benzer olaylarda ise klorofil yıkımının çoğaldığı ve sentezinin durduğu bilinilmektedir (Öktüren vd., 2006). Kadmiyumun stresi etkisinde olan bitkilerin su alımı ve iyon alımının düşüşünün ayrıcalıklı sebebi kökün büyümesi ve gelişmesinin durdurmasıdır (Salt vd., 1995).

1.8.4.Krom

Doğada toprak içerisinde bulunmaktadır. Krom toprakta yaklaşık olarak 5-100 mg/kg bulunmaktadır. Bitkilerde ise 100 mg/kg bulunduğunda yüksek oranda toksiktir (Öktüren vd., 2006). Bitkilerde yüksek oranda krom bulunduğunda ilk olarak belirtisi tohum çimlenmesi olarak gözlenebilmektedir. Krom bitkilerde hücre uzaması ve hücre bölünmesini engelleyerek kökteki gelişmeyi engellemektedir. Böylece kök topraktan besin maddesi ve suyu alamayarak gelişme gösteremez. Bundan dolayı verim ve kalitede düşüş gözlemlenir (Khan vd., 2000). Krom zehirliliğinde yapraklar kırmızı renkte ve dardır. Yaprak üstünde küçük lekeli benekler görülür (Bebek, 2001).

1.8.5.Bor

Bor, bitkinin gelişmesi ve büyümesinde mutlaka olması gereken elementlerdendir. Fakat bor elementinin sulama sularında bulunan miktarı veya toprak içerisindeki çözünürlüğü bitkilerin gereksiniminden daha çok olduğundan bitki gelişim ve büyümesini negatif doğrultuda etkilenmektedir. Bitkiler sulama amaçlı kullanılan sudan elde ettikleri Bor'u yaprağa kadar ulaştırarak kenar ve uç bölgelerinde bulundurmaktadırlar. İnsan sağlığı bakımından Bor negatif olarak etki gösterir. Örnek verecek olursak, İçme suyunda Bor'un yüksek oranda bulunması insanda kilo azalmasına ve bağırsak sistemi hastalıklarına sebep vermektedir. Çok fazla bor içeriğine sahip sulama sularında, toprak porozitesini azaltır ve bitki köklerinin havaya ulaşmasını kısıtlayarak solmalarına sebep verir (Badruk, 2003). Ayrıca bitkilerde yaprakların dökülmesi, meyvelerde erginleşmeden dökülme, çürüme ve lekelenme benzeri olaylar görülmektedir (Kiracı, 2014).

1.8.6.Kurşun

Kurşun bitkiler için gerekli olmayan bir elementtir. Toprakta 15-40 ppm miktarlarında bulunur. Topraktaki kurşun miktarları 150 ppm'i aşmadığı takdirde insan ve bitkiler açısından tehlike arz etmez. Fakat 300 ppm'i aştığında insan sağlığına tehlike arz etmektedir (Dürüst vd., 2004). Kurşun kökler tarafından tutulması ve kök gelişmesini azaltması sebebiyle bitkilerin anyon ve katyon bünyesine almasını azaltmakta bu nedenle besin alımını da etkiler (Sharma ve Dubey, 2005). Bitkilerin bünyesine giren kurşun doğrudan insan sağlığı açısından önemlidir. Bazı bitki türlerinin kurşun tutuculuğu yüksektir. Bu türdeki bitkiler sağlıklı ve toksik belirti göstermese de insanların tüketmesinde tehlike arz edebilir (Bebek, 2001).

1.8.7. Demir

Demir su içerisinde Fe^{3+} (ferrik) ve Fe^{2+} (ferröz) olarak bulunur. Yeraltındaki sulara genel olarak Fe^{2+} olarak bulunur. Yeraltındaki suların pH ve redoks önemli faktörleri demir içeriğini etkiler. Yüzeydeki sulara demir çoğunlukla Fe^{3+} (ferrik) formunda bulunmaktadır. Yüzeydeki sulara demir derişimi genellikle 0,5 mg/l'den düşüktür. Yeraltındaki sulara ise çoğunlukla daha fazla bulunmaktadır. Bazı termal enerji kaynaklarında bu değerler 10 ile 100 mg/l aralığında değişmektedir. Birçok toprakta yüksek oranda (> 20.000 mg/kg) demir içerir. Demirin oranı 20 mg/l'den yüksek olan sulara bitkilerin üstünde toksik etki yapmaktadır. Ortalamanın üstündeki demir, bitki için yararlı olan diğer elementleri tutarak zarar teşkil etmektedir. Bu gibi faktörlerden bitkileri korumak için sulama suları alkali ve nötral topraklarda 20 mg/l'den, asidik topraklarda ise 5,0 mg/l'den yüksek demir olmaması gerekmektedir. Demirin zehirliliği çoğunlukla suyun altındaki çeltik topraklarda bir sorun olarak çıkabilmektedir. Birkaç hafta suyun altında kalan, topraklarda çözünebilir demir oranı 0,1 ppm'den 50 ile 100 ppm'e kadar yükselebilmektedir. Çeltikte gözlemlenen demir zehirliliği "bronzing" olarak adlandırılmaktadır. Bu türdeki hastalıklarda öncelikle yapraklar ince ve kahverengi lekeler gözlemlenir, daha sonra tüm yaprak kahverengiye bürünür. Bu olay genellikle 300 ppm'den yüksek demir içeriğine sahip çeltik yapraklarda görünür (Bebek, 2001).

1.8.8. Alüminyum

Yeraltındaki sulara doğal şekilde süzülmesi ile, alüminyum çok az miktardadır. Alüminyum yer kabuğunda önemli oranlarda bulunmasına rağmen (%8,6), az çözünmesiyle, yeraltındaki sulara önemsiz oranlarda bulunmaktadır. Ph'ı 5 ile 9 aralığında bulunan alüminyum, su içerisinde 1 ppm'den az bulunmaktadır. Çoğunlukla yeraltındaki sulara 0,0005 ile 0,3 ppm aralığında alüminyum gözlemlenir, asit içerikli sulara ise bu oran 100 ppm'e kadar ulaşabilir. Su içerisinde alüminyumun bulunması, öncelikli olarak suyun kategori edilmesinde ve maden yatakları hakkında fikir edinilmesi açısından önemlidir (Öngay, 2004). Su kirliliği teknik usuller tebliğine göre alüminyumun sulama sularında bulunabilmesi gereken sınır değeri 5 ppm'dir. Bu oranın üstündeki alüminyum miktarı zehirleyici etki göstermektedir.

1.8.9.Mangan

Mangan insanın yaşı ve organların yapısına göre değişkenlik gösterebilmektedir. Mitokondri bakımından oldukça zengin olan bağırsak, böbrek ve karaciğerde mangan daha fazladır. İnsan yapısında manganın oluşturduğu toksik etkisi ruhsal ve sinir rahatsızlığı olarak etki etmektedir. Hayvanlarda manganın toksik etkisi kansızlık, büyümede gerileme, mide ve bağırsaklarda bozulmalar olarak görülür. Bitkilerde ise kahverengi benekler oluşur (Kiracı, 2014).

1.8.10.Sülfat, Nitrat ve Amonyum

Kükürt içeriğine sahip mineral ve kayaların parçalanması, ayrışması ve okside olması sonucunda sülfat oluşmaktadır. Sülfat, sulama amaçlı kullanılan sulara daha az toksik etkidedir. Yüksek konsantrasyonlarda sülfat iyonları kalsiyumun çökmesine sebep olur ve bitkilerde zehirlilik etkisi gösterebilmektedir. Sulama amaçlı kullanılan sulara sülfat 0-1000mg/l aralığında bulunduğu düşünülmektedir (Çalışkan, 2010).

Tatlı su ve tuzlu su kaynaklarında bir diğer azot kaynağı ise nitrattır. Çoğunlukla tatlı su ve tuzlu sular oksijen bakımından doymuşsa azot genellikle tamamı nitrat formunda bulunur. Kirlilik oluşmamış tatlı su kaynaklarında nitrat derişimi 0 ile 10 mg/l aralığındadır. Bu oran mevsimlere göre değişkenlik göstermektedir.

Su içerisinde bulunan azot, amonyak, nitrit ve nitrat formları şeklinde bulunmaktadır. Amonyak, nitrit ve nitrata dönüşmesi aşamalarında belli bir süre gerektiğinden su içerisindeki amonyak var olması yeni kirliliğe ve tehlikeli mikroorganizma miktarına, nitrat bulunması ise eski kirliliğe ve daha az tehlikeli mikroorganizma miktarına işaret etmektedir. Tehlikeli mikroorganizma biyotik ve abiyotik ortamda birbiri ile dönüşümlü şekilde tehlike oluşturur ve gerek halk sağlığı olsun gerekse çevre sağlığı bakımından çeşitli önlemler alınmalıdır. Azottan amonyak veya nitrat formunda su canlıları yararlanabilmektedir. Fakat belirli bir ortalamanın üstünde kalan amonyak zararlı olduğu bilinmektedir (Savaş ve Cengiz, 1994).

1.9. Jeotermal Gelişim Kaynaklı Olası Çevresel Etkiler

1.9.1. Gaz emisyonları

Gaz emisyonlarının, enerji üretim santrallerine ulaşan buhar akımının içerisinde iletilen yoğunlaşmayan gazların deşarjı sonrasında meydana gelmektedir. Hidrotermal tesislerinde çok fazla olan yoğunlaşmayan gazlar, hidrojen sülfür (H_2S) ve karbon dioksit (CO_2) olmasına rağmen, az konsantrasyonlarda hidrojen, metan, amonyak ve sülfür dioksit de görülmektedir. H_2S 'in kokusu çürük yumurta kokusuna benzer bir kokudur ve 30 ppm'e ulaşan konsantrasyonda gözlemlenebilir. Amerika Birleşik Devletleri'nde insan ve bitki yaşantısını olumsuz etki gösterecek olayların engellenmesi amacı ile H_2S Emisyonu ile alakalı Çevre Koruma Ajansı tarafınca getirilen ağır kurallara sahiptir. EGS tesislerinde, çözünmüş gazların ölçüsü, hidrotermal sıvılarda bulunandan daha az bulunduğu tahmin edilmektedir. Böylelikle, etkisi daha az olacaktır ayrıca aktif arıtma ve takibine ihtiyacı olmayacaktır. Bunlara karşın bu çalışmada bütünlük bakımından, hidrotermal tesislerin gaz emisyonlarının yönetilmesi için günümüzdeki meydana gelen olaylar araştırılmıştır (Anonim, 2015).

Emisyonlar Proses Tasarlama sürecinde incelenmektedirler. Flaş Ve buhar tesislerinde, yoğunlaştırıcıda basınç birikimi ve bu sebeple ortaya çıkan güç zayıflığını ortada kaldırmak amacıyla sıvıda olan ve doğal oluşumlu yoğunlaşmayan gazlar uzak tutulmalıdır. Bırakılan yoğunlaşmayan gazların H_2S 'i giderilmesi için kimyasal yıkama ve arıtma uygulanabilir veya yoğunlaşmayan gazların re kompresyon

yapıldıktan sonra enerji tesisinde meydana gelen sıvıyla beraber yerin altına enjekte yapılabilir. Bu iki çözümünde enerji ihtiyacı için, tesisin devamlılığı ve gerekli enerji çoğalmakta, tesis çıkışındaki verimliliği ve gücü azalmaktadır. İkili çevrim santrallerinin ısıyı, kaynak akımdan, ikincil aracı olan akışkan akım sisteminden faydalanarak elde ettiği için bu problem engellenmektedir. Kaynak akım herhangi bir yoğunlaşmayan gaz meydana gelmeden re enjekte yapılmalıdır (Anonim, 2015).

Amerika Birleşik Devletleri'nde, Kyoto sözleşmesinin imzalanmaması sebebiyle, CO₂ salınımıyla alakalı uygulanması gereken bir kural yoktur. Buna rağmen, birim başına düşen enerji için meydana gelen CO₂, flaş ve buhar jeotermal santrallerde fosil yakıt kullanan enerji santralleriyle karşılaştırıldığında çok azken, ikili çevrim santrallerde herhangi bir salınım ortaya çıkmamaktadır. Flash buharlı Jeotermal santrallerde Gaz deşarjı içerisinde karşımıza çıkan düzenlenmiş kirletici konsantrasyonları (NO_x,SO₂) oldukça azdır. Çizelge 1.3.'te jeotermal santrallerinin farklı enerji santralleriyle kıyaslanması gösterilmektedir (Kagel vd., 2005).

Çizelge 1. 3.Çeşitli enerji santrallerine ait gaz emisyonları (Kagel vd., 2005).

Santral tipi	CO ₂ kg/MWh	SO ₂ kg/MWh	NO _x kg/MWh	Partikül kg/MWh
Kömür yakıtlı	994	4,71	1,955	1,012
Akaryakıtlı	758	5,44	1,814	Bilgi yok
Gaz yakıtlı	550	0.0998	1,343	0,0635
Hidrotermal – flaş buharlı, sıvı hakim	27,2	0,1588	0	0
Hidrotermal – Gayzer kuru buhar sahası	40,3	0,000098	0,000458	Göz ardı edilebilir
Hidrotermal – kapalı-döngü ikili	0	0	0	Göz ardı edilebilir
EPA ortalaması, tüm ABD santralleri	631,6	2,734	1,343	Bilgi yok

Veriler, jeotermal tesislerin çevreye tehlikesi, farklı konvansiyonel tesislere göre Çok az olduğunu belirtmektedir. Gayzerlerde meydana gelen ve ortaya çıkan NO_x 'in H₂S 'yi daha aza indirmek için yapılan uygulama yanma sürecinden meydana geldiği göz

önünde bulundurulmalıdır. Çokça Jeotermal H_2S 'yi azaltmak için tutuşturma uygulaması yapılmamaktadır ve böylelikle meydana hiç NO_x salınımı olmamaktadır (Anonim, 2015).

1.9.2. Su kirliliği

Kuyu sondajlarının, deşarjı ve meydana gelme sürecindeki sıvı akışları, özellikle $230^{\circ}C$ 'den yüksek sıcaklıktaki rezervuarlarda birden fazla çözünmüş mineralleri içerisinde bulundurabilmektedir. Çözünmüş olan katıların sıcaklığı ile dikkat çeken bir şekilde artış yapmaktadır. Kimi çözünen mineraller (ör., arsenik ve bor) yerin üstünde veya yerin altındaki suları zehirleyebilir ve bölgedeki bitki örtüsüne hasar vermektedir. Sıvı akımları yüzeysel akış yoluyla ya da kuyularda kenar kaplamasındaki çatlaklardan sızıntı ile ortama ulaşabilmektedir. Yüzeysel akış, geçirimsiz biriktirme havuzlarına yön verilerek ve bütün atık sıvı yerin altındaki alt tabakalara enjeksiyon yapılarak kontrol edilebilmektedir. Sığ tatlı su Akiferlerine komşu olması ile sıvı sızıntılarını önlemek için, kuyu kaplamalarında çok katlı tasarımlar yapılmaktadır. Fakat kaplama hatalarından meydana gelebilecek sızıntıların çok hızlı bir şekilde tespit edilmesi ve onarılması amacıyla, kuyuların sondaj ve devamında gelen uygulamalarda sürekli olarak gözlem fazlalıklı önem teşkil etmektedir. Prensip, EGS icraatları kaplama hataları sebebiyle aynı yeraltı kontaminasyon ihtimali vardır, fakat santral işletme sürecinde bütün sıvı re enjekte yapıldığından yüzeysel kontaminasyon ihtimali azdır. Bundan dolayı, yüzey boru hatlarından ortaya çıkacak katastrofik bir aksaklık izolasyon vanalarının aktifleşene ve etkilenen boru hatları engellenene kadar sınırlı bir alanın bulaşmasına sebep olabilir (Anonim, 2015).

1.9.3 Katı emisyonları

Pratikte yüzeydeki tesislerin veya durmadan akan jeotermal akışkandan çıkan katı atıklardan etkilenen çevredeki arazilerin kontamine olması mümkün değildir. Tek olması beklenen olay, bir kaza sonucu sıvının arıtma sisteminde veya mineral geri kazanım sistemine büyük bir zarar getirmesi durumunda ayrıştırılmış katıların ortama yayılması olacaktır. Hiçbir jeotermal enerji tesisinde çalışır vaziyette mineral geri

kazanım tesisi mevcut değildir. Güney Kaliforniya'nın salton denizinin yakınlarında kısa süreliğine pilot tesisinde deneme yapılmıştır ve hiçbir EGS tesislerinde bu türden bir tesisin oluşması düşünülmemektedir. Fakat toksik olabilen ve kontrollü bir şekilde atık bertarafı olan ayriyeten rezervuardaki kanalları tıkayan katı atıkları yok etmek için gereken kimyasal iyileştirmeleri kullanan EGS çevrimindeki akışkanlar için tedbirlerin alınması gereklidir (Anonim, 2015).

1.9.4 Gürültü kirliliği

Tesis sınırları içerisinde oluşan yaklaşık olarak ortalama olarak 80 ile 115 desibel (dBA) aralığındadır. En yüksek gürültünün olduğu yerler kuyu sondajı, tahrik ve test aşamasında görülmektedir. Jeotermal enerji santralının normal gürültü seviyeleri, 900 metre uzaklıkta 71 ile 93 desibel aralığı değişmektedir (DiPippo, 2005). Gürültünün seviyesi uzaklığın artışı ile ters orantılıdır. Jeotermal tesis geniş bir alanda ise tesisin sınırlarında gürültü kabul edilebilir seviyededir. Gereken koşullarda ek olarak susturucular veya diğer yalıtım sistemleri kullanılarak gürültü seviyeleri düşürülür. Kent bölgeleri ile karşılaştırdığımızda kent bölgeleri 70 ile 85 desibel aralığında, ana yolun çevresinde yaklaşık olarak 90 desibel gürültü seviyelerine ulaşılmaktadır. Bir jet uçağı ile karşılaştırdığımızda kalkıştan sonra 120 ile 130 desibel gürültü oluşmaktadır. Normal işletme koşullarında üç ana gürültü kaynağı bulunur; trafo, soğutma kulesi ve elektrik santralidir. Soğutma kuleleri büyük ve üstünde yer alan fanların gürültü oluşturmamasından dolayı normal koşullarda birincil gürültü kaynağını oluşturmaktadır. Hava soğutmalı yoğuşturucuların hepsinde fan bulunmasından dolayı fazla miktarda fan bulundurmaktadır. Bu sebeple küçük ama fazla sayıda bulunmasından dolayı hava soğutmalı yoğuşturucular gürültü bakımından daha kötüdürler. EGS santralleri suyun az bulunduğu bölgelerde olabileceğinden dolayı hava soğutmalarına ihtiyaç duyulmaktadır, hava soğutmalı yoğuşturucuların çıkardığı sesin azaltılması amacıyla gerekli özenin ve önlemin yapılması gerekmektedir (Anonim, 2015).

1.9.5. Arazi çökmesi

Jeotermal sıvının üretim değerinin beslenme değerinden aşırı derece büyük olması durumlarında, konsolidasyon oluşabilmektedir. Bu sebeple yüzeydeki kot düşerek yüzey çökmeleri görülmektedir. Bu olay jeotermal enerjinin re enjeksiyon yapılmadığı, Yeni Zelanda Wairakei bölgesinde görülmüştür. Arazide belli bir bölümün çökmesi senede 0.45 m değerine kadar ulaşabilmektedir (Allis, 1990). Wairakei 'de sedimanter havzaya alçak kuyular kullanılmıştır. Bu olay, bırakılmış olan boşluklardan yüzeyde çökmelere neden olduğu, alçak derinlikte çalışılmakta olan madencilik işlerine oldukça benzer durumdadır. Bu olaydan sonraki, başka jeotermal enerji oluşumları, riskin önlenmesi için, detaylı planlanan rezervuar işletme çalışmaları yapılmıştır. Pek çok EGS jeotermal sistemin, granit kayaçların içerisinde olması yüksektir. Bu derinlikteki oluşumların gerilme rejiminin altında su dolu yarıkları bulundurabilir. Jeotermal kuyuların açılmasından sonraki süreçte var olan yarıkların açılması ve pürüzlü yüzeylerinin açık olması için kuyulara yüksek basınçta su pompalanarak rezervuar tahrik edilir. Rezervuarın devamlı olarak basınç altında ve oluşumun içinde bulunan sıvı miktarı sabit olması gerektiğinden çökme durumlarının olması ihtimali bulunmamakta ve bu sebeple EGS sistemlerinde çökme etkisi beklenilmemektedir (Anonim, 2015).

1.9.6. Sismik tetikleme

Normal hidrotermal sistemlerde, atık akışkanın enjeksiyonunda yüksek basınç gerek duyulmadığından sismik olarak tetikleme sorunu oluşturmamaktadır. Fakat pek çok EGS rezervuarlarında durum böyle olmayacağı düşünülerek bu konu önem teşkil etmektedir. Dünya çapında sismik tetikleme araştırmacılar tarafından detaylı olarak araştırma ve değerlendirmeler yapılmaktadır. Son zamanlarda var olan sonuçların tartışılmasıyla yıllık çalıştaylar gerçekleşmektedir (Majer ve Baria, 2006). Yarıkların büyümesi, kesme gerilmesiyle kaymaların veya çekme gerilmesiyle uzamaların gerçekleşmesi mümkündür. Gürültü her iki durumda da bu işlem sırasında akustik olarak oluşmaktadır. Burada gerçekleşen akustik gürültü, mikro sismik gürültü veya durumlardandır. Akustik gürültü, tahrik işlemi sırasında gözlemlenen bir EGS

rezervuar işletme aracıdır ve rezervuarda ne kadar açılma olduğunu üç boyutta gösterir (Baria vd., 2006).

Yapılan bu işlemler bir denizaltının akustik gürültü izini takibine benzer. Mikrosismik gözlemler ile rezervuarın açılma sırasında kayaç kütlelerinin basınç dalgalanmalarının yeri bulunur. Bu zamana dek incelenmiş EGS sistemlerinde baskın mekanizmanın kesme gerilme olduğu saptanmıştır. Mikrosismik olan belirtiler yarıkların kayması sebebiyle ortaya çıkan enerjinin, yarıkların boy, yön, genişleme ve kaymalarının ölçülmesinde kullanılmaktadır. Uzaktan algılama yöntemi ile rezervuar özelliklerini, değişiklikleri, sadece rezervuar gelişme sürecinde değil, uzun süreli enerji ekstraksiyon durumlarında da gözlenmektedir. Doğal yarıkların uzunluğu genel olarak 1 ile 10 metre aralığındadır. Kayma aşamasında dağılan sismik enerjiler, yarıkların uzunluğuna veyahut kısıtlanan doğal kuvvetlerin geriliminin boşalmasına bağlantılıdır. Var olan EGS projelerinde edinilen verilerin büyük çoğunluğunun, kaymadan kaynaklı yüksek enerjilerin yayılması, eklem uzunluklarında büyük gerilimlerin boşalmalarına sebep olmaktadır (Michelet vd., 2004). Bu durumlar, eğer yüzeyde algılanan durumlar olsa da frekanslarının sismik risk oluşturması için çok yüksek olması söz konusudur. Fakat küçük olaylar yine de nüfusta korkulara yol açabilmektedir (Anonim, 2015).

Bu zamana kadar yapılan deneyimlerde, yöre halkının EGS projeleri uygulamalarından önce program konusunda bilinçlendirilmesi hedefiyle uygun zeminin oluşturulması gerekmektedir. Yöre halkının proje hakkında bilgilendirilmesi ve sorumlulukları içinde, halkın sorularını cevaplandırmak, halkın kafasındaki tüm endişeleri anlayışlı şekilde gidermek ilgili sorumlu ile iletişime geçmeleri sağlayan bir sistemin oluşturulması planlama sürecine dâhil olmalıdır. Düzenli olarak kamuya açık toplantılar ve okullar ilgili toplulukları saha içinde gezi düzenlemek programın kabulü için uygulanabilecek yöntemler içindedir. Belirlenen arazide sondaj çalışması yapılmadan önce karşılaştırma verileri toplanılması, tetiklenen ve doğal olaylar arasındaki fark görülmesi açısından önemlidir. Ayriyeten tetikleme ve doğal oluşan, aniden oluşan mikrosismik olayların ölçülmesi için arazide gerekli ekipman donanımına sahip olmalıdır. Kamusal ve bölgesel altyapıya etkilerin tespit edilmesi için prosedür oluşturulmalıdır. Arazi seçiminden önce olumsuz büyük bir hata oluşturmamak için jeolojik ve tektonik araştırmalar yürütülmelidir (Anonim, 2015).

1.9.7. Su kullanımı

Sıklıkla jeotermal tasarımlarda gelişimin ve işletmenin farklı basamaklarında su Gereksinimi olmaktadır. Su kullanımının çevresel tesirlerini en az düzeye düşürecek durumda yönetilmelidir. EGS tasarımlarında su kullanımını farklı durumları aşağıda anlatılmıştır. Rezervuar tahriki, kuyu sondajı ve çevrim. Su kuyularının sondajı basamaklarında, sondaj ucunu soğutma ve kaya yongalarının uzak tutma hedefiyle uygulanmaktadır. Bu sular süzöldükten ve soğutulduktan sonra tekrar uygulanmaktadır. Soğutma basamağında ortaya çıkan suyun buhar zayıatlarını önlemek için tamamlama suları lazım olmaktadır. Bir hayli geliştirilmiş EGS uygulamalarında, rezervuarın işletmesi ve tahriki ve çevrim paterni meydana gelmesi için yüzey sularına ihtiyaç duyulacaktır. Bilhassa az porozite ve permeabilite içeren oluşumlarda, oluşumun içerisindeki doğal hidrotermal sıvıların ölçüsü olabildiğince düşüktür. Amerika Birleşik Devletleri'nin batı kısmında su kaynaklarına çok talep olduğundan, jeotermal enerji uygulamaları için muhafazalı ve dikkatli bir su prosedürü olmalıdır. Su, yakınında bulunan yüksek debiye sahip bir akımdan ya da mevcutsa, yağışlı mevsimde geçici bir yüzey rezervuarından elde edilebilmektedir. Kimi, yerel akımların yönünü farklılaştırılabilir ya da üstüne baraj inşa edilebilir. Kimi EGS kaynak bölgelerinde, reenjeksiyon ve tekrar yararlanma için yeterli niteliğe ulaşmak ya da çevrimdeki yeraltı suyunun veya soğutma suyunun olası zararlı kirleticilerden temizlendirilme hedefi ile arıtma lazım olabilecektir. Jeotermal enerjinin alan gelişimi evresinde su kullanımında, Tarımsal ve farklı hedeflerden dolayı kullanılacak yerel su isteğiyle koordinasyon sağlanmalıdır (Anonim, 2015).

Rezervuar ile elde edilen akışkanlar termal enerji ya da elektrik elde edilmesi hedefiyle bir hidrotermal rezervuarlardan yeraltı akışkanı elde edilmesi, yeraltındaki su düzeyini azaltabilmekte, civarındaki doğal jeotermal öğelerini eksi yönde değiştirebilmekte (örn. Kaplıcalar, gayzerler, kaynaklar), buhar zonu artışına, tuzluluk artışına, hidrotermal püskürmelerine ya da çökmelerine sebep verebilmektedir. EGS sistemler, akışkanın meydana gelmesi ve beslemelerin düzenlenmesi ile bu negatif etkenleri durduracak şekilde projelendirilmiştir. “Kapalı-döngü” düzeneklerde üretim kuyularından meydana getirilen sıcak akışkanlardan enerji ekstraksiyonu edinilmekte ve soğumuş olan akışkan enjeksiyon kuyularına tekrar geri basılır. EGS sistemlerinde

bu sebeple “kapalı-döngü” sistem şeklinde tanımlanabilir. Fakat jeotermal enerjinin meydana gelişinde su eksilmesi olacağından, çevrim yöntemi tam olarak kapalı sayılamaz ve su kayıpları yüzeysel su kaynakları ile tamamlanmaktadır. Isı atımı sebebiyle soğutma sıvısı. Soğutma sıvısı çoğunlukla santralde faydalanılan akışkanın yoğunlaşmasıyla yararlanılır. Eğer tamamlama sıvısı elde ediliyorsa soğutma kulelerinin yardımı ile atılmış ısıнын atmosfere dağılması yapılabilir. Yakında bulunan bir nehir ya da benzer nitelikte bir su kaynağı ısı havuzu şeklinde yararlanılabilir. Akışkanlardaki atık ısıyı da, seralarda ya da balık çiftliklerinin faydalanma olanakları vardır (Anonim, 2015).

Isı eşanjörleri ve elektrik motorlu fanlardan faydalanılan hava soğutma sistemi, sulu soğutma sistemine alternatif şekilde yararlanılabilir. Daha fazla ikili çevrim santrallerinde uygulanan bu sisteme, öncelikle temiz su kaynaklarının kısıtlı olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Hava soğutmalı yoğunlaştırıcılar sıvı soğutma kuleleri için eksik kapatma suyu gereksinimini yok etse de, havanın suya nazaran az ısı transfer kapasitesi nedeni ile geniş arazilere gereksinimi vardır. Bu gibi durumlarda, ıslak soğutma kulelerinden faydalanan benzer güçteki bir santrale nazaran, arazi gereksinimi fazlalıkla artış görülmektedir. Örneğin, Costa Rica Miravalles’te bulunan 15,5 MW’lık güce sahip olan santralde, hava soğutmalı yoğunlaştırıcı ve su soğutma kulesi için yapılan projeler kıyaslandığında, hava soğutmalı yoğunlaştırıcıya Göre su soğutmalı kulenin, maliyetlerinin üç katından daha az, ağırlığının da 2,5 katından daha az, kapladıkları alanın yaklaşık olarak üç katından az ve fanda harcanılan elektriğin de yaklaşık olarak üç katından daha az olduğu ortaya çıkmıştır (Moya ve DiPippo, 2006).

1.9.8. Doğal yaşam habitatına ve bitki örtüsüne müdahale

Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan hidrotermal tesislerin tasarımında, habitatın zarar görmesi veya bitki örtüsünde hasar meydana gelmesi ile alakalı sorunlar çok küçük boyutlarda meydana gelmekte ya da hiç meydana gelmemektedir. Jeotermal olaylar sebebiyle çevrede meydana gelebilecek bu potansiyel tesirler doğru tasarlama ve Mühendislik Uygulamaları ile en az seviyeye düşürebilmektedir. Bir EGS ilerlemesinin de bitki örtüsüne ve doğal yaşama, bir hidrotermal projesinden daha çok tesiri olma ihtimali bulunmaktadır. Dahası, her jeotermal projenin izinli olabilmesi

amacı ile önce çevresel etki raporu yapılmalı ve bulunduğu alana etki edeceği her olasılık incelenmelidir. Yapılacak her elektrik enerjisi üretim tesisinde bulunduğu alanın görüntüsünü farklılaştıracağı kesindir. Farklı çokça sebepten dolayı sakıncalı bulunsa da, kent içerisinde bulunan santraller, manzaranın kötü yönde değişmesi sebebiyle düz bir tarım alanında ya da bir yanardağın eteğinde bulunan santraller kadar dikkat edilmemektedir. Çokça jeotermal enerji santrali buna benzer alanlarda bulunmaktadır, fakat yaratıcılık ve dikkat ile çevreyle uyumlu olabilecek biçimde dizayn edilebilir. Yerel ya da ulusal şekilde koruma altında olmasa da, doğal güzellikte olan noktalardan kaçınılmalıdır. EGS gelişmelerinin de konvansiyonel hidrotermal santral gelişimlerindeki gibi, bütün yerleşimdeki şartları sağlayan tesislerin yapılması gerekmektedir (Anonim, 2015).

Jeotermal enerji sahasının kurulumu için, trafo, elektrik santrali, acil durum biriktirme havuzları, boru hattı, kuyu-başı temelleri gibi tesisin konumlandırılması için ağaçların kesilmesi ve sökülmesi gerekebilmektedir. Fakat jeotermal enerji sahanın inşaatı tamamlandıktan sonra yeniden ağaçlandırma ve yeşillendirme işlemleri ile bina ve diğer yapıların gizlenerek eski görünüm sağlanmalıdır. Örneğin şekil 1.7. 'de öncesi ve sonrası bulunan Ahuachapán jeotermal tesisinin 1977 yılından sonra ve 2005 (DiPippo, 1978) yılında yeniden eski görünümü için yeşillendirme ve ağaçlandırma işlemleri gerçekleştirilmesinden sonraki görünümü (LaGeo, 2005) yer almaktadır.



Şekil 1. 7. 1977 yılında devreye alındıktan ve 2005 yılında ağaçlandırmadan sonraki Ahuachapán jeotermal tesisi (DiPippo, 1978; LaGeo, 2005)

Jeotermal enerji tesisleri genellikle diğ er enerji kaynaklarından (güneş enerjisi kulelerine, rüzgâr türbinleri veya 150-200 m baca yüksekliğindeki termik santrallere kıyasla daha az göz önünde bulunan yapılarıdır. Uzak mesafeden dikkat çekmemesi boru hatları ve bina uygun renklerde boyanabilir. Flaş santrallerden işletme esnasında açığa çıkan beyaz buharların saklanması mümkün olmasa da pek çok insan beyaz buhardan rahatsızlık duymamaktadır. İkili santrallerin normal işletim koşullarında bir salınım oluşmamaktadır (Anonim, 2015).

Kaliforniya, Imperial valley’de tarım alanıyla birlikte işletilmekte olan jeotermal enerji santralleri 40MW SIGC Heber ikili santral bulunmaktadır. Santralin sahası, ana üretimdeki kuyubaşı temelinde olmak üzere toplam 0,12 km², yaklaşık olarak 3.000m²/MW alandadır. Elektrik enerjisi santrali kuyular dışında, sadece 0,041km² yaklaşık olarak 1.020m²/MW alandadır. Santralin güneyinde gözükmekte olan çorak arazi ise, devre dışı olan deneme amaçlı yapılmış ikili santralin eski alanıdır (DiPippo, 2005).

SIGC santralinin doğusunda olan 47 MW güce sahip Heber  ift-Flaş santrali gözükmektedir. Bu santraldeki bütün kuyuların petleri ve biriktirme havuzlarının kapladıkları alan 0,096 km² yani yaklaşık olarak 2.000m²/MW ‘tır. Bu iki santral ikili ve flaş jeotermal enerji santrallerin tarım arazisine uygun oluşu ve arazinin ihtiya ı bakımından ekonomik olmasını gösterir. EGS tesisleri merkezi elektrik ve boru hatlarıyla santrale bağlanılan üretim ve enjeksiyon kuyularını oluştuğundan dolayı, yer yüzeyinde benzer sonuçların gözlemlenmesi beklenilmektedir. EGS tesislerinde ve hidrotermal tesislerinde uygulanan iyileştirme yöntemleri uygulanması ile kısmende olsa arazi eski doğal görünümüne dönüşebilmektedir (Anonim, 2015).

şekil 1.8.’de Kaliforniya Heber SIGC ikili santrali ve  ift-Flaş santrali uydu görüntüleri gözükmektedir.



Şekil 1. 8. Kaliforniya Heber SIGC ikili santrali ve Çift-Flaş santrali uydu görüntüleri (DiPippo, 2005; Jones, 2006)

1.10. Jeotermallerin Yararları ve Dezavantajları

1.10.1. Jeotermallerin yararları

Jeotermal, doğrudan erişilebildiği için düşük maliyet ve çok güçlü verimliliği olan, yenilenebilir, çevre dostu ve kesintisiz bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Termik santrallerden çok daha az çevre problemleri meydana getirmektedir. Reenjeksiyon doğru ve düzenli yapıldığı takdirde çevre sorunları hemen hemen hiç bulunmamaktadır. Son yıllara bakıldığında ortaya çıkan yeni teknolojiler ile, çok daha az sıcaklığa sahip bölgelerde bile elektrik meydana gelebilir haldedir ve tesisin verimini çoğaltarak birim başına düşen enerji maliyeti daha çok düşürülür. Jeotermal sıcak sudan elektrik meydana gelmesi ile beraber gelişmiş yöntemler ile daha çok termal enerji ve diğer kullanımlar erişilebilir. Başka bir ifadeyle, jeotermal enerji kaynakları aynı zamanda birçok kişi için fayda sağlayabilir. Jeotermal enerji kaynaklarının fayda sağlaması ile beraber dünyadaki fosil yakıt kullanımında düşüş meydana gelmiş ve sera gazlarının zararlı etkileri düşmüştür. Bu duruma ilave olarak,

jeotermal enerji kaynakları, zehirlenme, yangın, patlama ve benzeri doğal gaz tehlikelerindeki bu ihtimallerin hiçbirini bulundurmaz (Demirtaş ve Özdemir, 2013). Bu duruma göre jeotermal enerji kaynakları çevreyi kirliliği oluşturmaz, doğalgaz, petrol ve kömüre alternatif olarak kullanılmasından dolayı döviz tasarrufu gerçekleştirilir.

Gürültü ve sıcaklık bakımından, jeotermal bölgelerin sıklıkla yaşam bölgelerinde uzak olması, bu konularda herhangi bir problem gerçekleşmemesini sebep olur. Buna ilave olarak, enerji santralleri az yer işgal ettiğinden, görüntü bütünlüğünü engellemez. Jeotermal enerjinin faydaları, devamlı (kesintisiz) enerji meydana getirebilmesi ve iklimlerin değişikliğinden etkilenmemesi devamlı bir kaynak olmasını kanıtlar şekildedir (Demirtaş ve Özdemir, 2013).

1.10.2. Jeotermallerin dezavantajları

Jeotermal kaynaklar çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilmelerine karşın sıvının kireçlenmeye, paslanmaya, çürümeye sebep olması içerisinde bor, H₂S, CO₂ ve benzeri maddeleri bulundurması sebebiyle yüzey suyuna atılarak zarar verdiği gerekçesiyle ve uygulamada kabul görmesi amacıyla farklı teknolojik olarak tedbirler gereklidir. Faydalanılan Jeotermal sıcak suyun çevresel bir problem meydana getirmemesi için farklı ülkelerde yer altında kontrollü olarak tutma yürütümü tasarlanmış ve kanunen mecburidir. Günümüzde Türkiye'de de jeotermal enerjiden faydalanmak ile alakalı geliştirilmiş teknolojik sistemlerden yararlanılmaktadır. Jeotermal enerji santralleri, tesis inşaatı ve arama ile ilgili arazi kullanımı gibi farklılıkları içeren, bölgedeki bitki örtüsüne hidrojen sülfür ve gazların üzerine püskürtülmesi, suyun deşarjı, görüntü kirliliği ve gürültü kirliliği, kötü kokunun oluşması ve toprağın çökmesi gibi negatif çevre etkileri bulundurmaktadır. Jeotermal sudan faydalanıldıktan sonra atık suyu, atık gazı ve son olarak atık ısı suya, toprağa, havaya, biyotaya ve mahsuller için zararlı olabilmektedir. Bu ve benzer atıkların daha yüksek tuzluluğu bulunmaktadır ve F, B, Hg, As gibi zararlı maddeleri içerisinde bulundurmaz (Anonim, 2015).

2.KAYNAK ÖZETLERİ

Yılmaz (2013) yaptığı çalışmada, Aydın ilindeki jeotermal enerjinin potansiyeli vurgulanmış ve bölgedeki kaplıca sularına ait analizleri yapmıştır. Çevre illerdeki kaplıca verilerinin ortalamalarına göre sıcaklık değerlerini yüksek bulunmuştur. Sıcak sulara mevcut olan çeşitli eser elementler (Cr, Cd, Pb, Cu, Ba, Ni, Al, Zn, vb.) anyonlar (Cl, I, NO₃, PO₄, SO₄, F, Br, NO₂) ve katyonların (K, Ca, Na, NH₄, Mn, Fe, Mg) analizlerini yapmıştır. Kaplıca sularındaki ağır metal derişimlerin sınır değerlerin altında olduğunu gözlemlemiştir.

Er (2015) yaptığı çalışmada, Büyük Menderes Nehri'nin su ve sediment kirliliği parametrelerinin araştırılması için çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışma aşamasında periyodik olarak belirtilen istasyonlarda sediment ve su örnekleri alınarak, su örneklerinde iletkenlik ve pH analizleri yapılmıştır. Parametreler sahada kontrol edildikten sonra numuneler laboratuvarında su ve tortu örneklerinde birçok iyonun (Cd²⁺, Cr³⁺, Pb²⁺, B, Zn²⁺, Al³⁺, Na⁺, Cu²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, K⁺, Fe³⁺, SO₄²⁻, NO₃⁻, Mn²⁺, PO₄³⁻) analizleri yapılmıştır. Sediment ve su numunelerinin metal analizleri atomik absorpsiyon spektrofotometrisi (AAS), NO₃⁻, NH₄⁺, SO₄²⁻ analizleri spektrofotometrik yöntemler ile CO₃²⁻, HCO₃²⁻ analizlerinin titrasyon işlemiyle gerçekleştirilmiştir. Sodyum magnezyum ve kalsiyum iyonların konsantrasyonlarına göre suyun içeriğini belirleyen sodyum Absorbsiyon oranı (SAR) hesaplanmıştır. Çalışma sonuçlarına bakıldığında SAR değerlerinin yönetmelik dâhilindedir. Bu durum tüm istasyonlarda belirlenen değerlere göre çok yüksek değerlerde gözlemlenmiştir. Al³⁺, Mn²⁺, Cd²⁺, Cr³⁺, Pb²⁺ iyonları bütün istasyonlarda tayin yapılamamıştır. Jeotermal enerji tesislerinin uzak bölgelerinde kalanlar hariç bütün istasyonlarda yüksek değerlere sahip bor gözlemlenmiştir.

Çakın vd. (2005) yaptıkları çalışmada, Jeotermal uygulamaların çevreye olası etkileri kısa olarak anlatılmıştır. Balçova'daki jeotermal enerji ısıtma sistemlerinin çevresel etkileri de incelenmiştir. Demir, Alüminyum, Mangan, Bor ve Arsenik miktarları içme suyu standartlarının üstünde tespit edilmiştir. Balçova'daki jeotermal araştırma sahasında ağır metal kirliliğine bakılmıştır ve nikel, kurşun ve krom miktarı TS266'ya göre izin verilen değerlerin üstünde olduğu tespit edilmiştir. Sulama suyunun

standartlarına göre bor, mangan ve florür miktarları izin verilen değerlerin üstünde olduğu tespit edilmiştir. Bundan dolayı sulama sularının kalitesi bakımından Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , iz element, elektriksel iletkenliği vb. özelliklerine göre araştırılmıştır. Bu değerlere bakıldığında, bütün jeotermal enerji sularının sulama için kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir. Jeotermal enerji sularına bakıldığında özellikle B değeri sulamada kullanımın verilen sınır değerlerinin çok üzerinde olduğu görülmüştür.

Akar (2003) yaptığı çalışmada, yıllardır hizmet veren Denizli'nin Sarayköy ilçesinde bulunan jeotermal enerji santralinin ve yeni devreye alınan Aydın'ın Salavatlı ilçesinde bulunan jeotermal enerji Santrali'nin jeotermal atık suların Büyük Menderes'e deşarj edilmesi ile; Nehir suyunda ve bu su ile sulanmakta olan tarım arazilerinde üretim yapılamakta olan narenciye bitkisinde oluşturduğu zararlı etkilerini incelemiştir. Büyük menderes nehrine deşarj edilmiş jeotermal enerjinin atık suları, hem sulama sularına hem de su ile sulanan topraklara zararları görülmektedir. Bundan dolayı bu alanlarda oluşan bitkilerde özellikle Bor'a çok hassas olan narenciye ağaçlarına zararı olduğu tespit edilmiştir.

Kanber (2007) yaptığı çalışmada, Aydın ilindeki farklı yer altı suyundaki Kirlilik durumlarının belirlenmesi amacı ile araştırmalar gerçekleştirilmiştir. ODTÜ ve EİE ile ilerleyen bu araştırmada Denizli ve Aydın ili arasında bulunan Kızıldere Jeotermal alanında meydana gelen jeotermal akışkan elektrik enerjisi üretiminin beraberinde sera ve konut ısıtımında ve kuru buz meydana gelmesinde yararlanabileceği belirtilmiştir.

Tolunay ve Erden (2021) yaptıkları çalışmada, Denizli, Manisa, Uşak ve Aydın illeri ile Ege bölgesini kapsayan jeotermal enerjiyle ilgili önermeleri halkla yüz yüze anket çalışması ile gerçekleştirmişlerdir. Belirtilen illerden çıkarılan anket sonuçları ile "Jeotermal enerji kaynaklarının çıkarılıp işletilmesi Ege Bölgesinde yetişen sebze ve meyve türlerinin olgunlaşma sürelerinde değişikliğe sebebiyet vermektedir" önermesinde katılımcıların %91,3 oranında yani çoğunluğu katılım sağlamışlardır. Ayriyeten "Jeotermal enerji kaynaklarının çıkarılıp işletilmesi Ege Bölgesinin orman örtüsünü olumsuz etkilemektedir" önermesinde, katılımcıların %81,3 oranında yani çoğunluğu katılım sağlamışlardır,

Şimşek ve Eroskay (2007) yaptıkları çalışmada jeotermal santrallerde atmosfere karbondioksit(CO₂), sülfür dioksit(SO₂) ve azot dioksit (NO₂) salınımı çok düşük değerlerde olduğunu hatta ısıtmacılıkta bu değerler daha da düşük olduğunu belirtmişlerdir. Jeotermalin kullanıldıktan sonra geri basılması(reenjeksiyon) olası tehlikeleri en aza indirdiğini belirtmişlerdir. Fosil yakıtlara göre temiz enerji, çevre dostu ve ucuz olmasından dolayı daha fazla jeotermal enerjiden yararlanılmasını ve hatta Türkiye ekonomisine katkı sağlarken sosyal olarakta katkısı olacağını belirtmişlerdir.



3.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Google form anket tekniği kullanılarak veriler elde edilmiştir. Çalışma konusu hakkında daha önce yapılan çalışmalar ve literatür bilgilerinden faydalanılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Bu çalışma Türkiye'nin jeotermal enerji bakımından zengin illerinden biri olan Aydın ili baz alınarak yapılmıştır. Jeotermal enerjinin kullanım alanları, kullanım şekilleri, çevresel sorunları, ekosisteme etkileri gibi konular üzerinde durulmuştur.

Katılımcılara uygulanan anket formunda 25 soru bulunmaktadır (EK'te verilmiştir). Bu anket formu 75 kişiye ulaştırılmıştır. Anketteki 25 sorunun dışındaki ilk 3 soru katılımcıların demografik özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Diğer 25 soruda ise jeotermal enerjinin yol açabileceği çevresel sorunlar, insanlara ve çevrede yetişen bitkilere etkileri hakkında katılımcıların görüşleri sorulmuştur. Anketteki 25 sorunun yanıtlanmasında 5'li likert ölçeği kullanılmıştır. Bu ölçekte katılımcıların “Kesinlikle katılıyorum, Katılıyorum, Kararsızım, katılmıyorum, Kesinlikle Katılmıyorum ” seçeneklerinden birini işaretlemeleri istenmiştir. Elde edilen anket verilerinin istatistik olarak değerlendirilmesinde SPSS istatistik programından yararlanılmıştır. Ayrıca Aydın-Germencik'te bulunan saha gözlemleri ile ilgili fotoğraf değerlendirilmiştir.

Anketten elde edilen verilerin değerlendirilmesinde betimleyici istatistiklerden (Yüzde ve Frekans) yararlanılmıştır.

4.BULGULAR VE İRDELEME

Bu çalışma sonunda Aydın ilinde yaşayan ve anket çalışmasına katılan katılımcıların demografik özellikleri, jeotermal enerjinin kullanımı ve çevresel etkileri üzerine ilişkin görüşleri belirlenmiş ve bu sonuçlara ait değerlendirmeler yapılmıştır.

Katılımcıların demografik özelliklerine ait bulgular Çizelge 4.1. 'de verilmiştir.

Çizelge 4. 1.Katılımcıların Demografik Özellikleri

Özellik	Seçenek	Frekans	Yüzde(%)
Cinsiyet	Erkek	31	41,3
	Kadın	44	58,7
Yaş Aralığı	15-25	9	12
	26-35	22	29,3
	36-45	16	21,3
	46-55	20	26,7
	56->	8	10,7
Aydın ilinde yaşayanlar	Evet	75	100

Çizelge 4.1. 'e göre Aydın ili baz alınarak anket çalışması yürütüldüğünden dolayı Aydın dışında ankete cevap verenler ve anketi tamamlamayanlar analize dahil edilmemiştir. Anket çalışması 75 kişi ile çalışılmıştır bundan dolayı Aydın ilinde yaşayanlar %100 bir değere sahiptir. Ankete katılım gösterenlerin % 41,3 'ü erkek, %58,7'sini kadın oluşturmaktadır. Ankete katılım gösterenlerin; %12'si 15-25 yaş grubu, %29,3'ü 26-35 yaş grubu,%21,3'ü 36-45 yaş grubu,%26,7'si 46-55 yaş grubu,%10,7'si 56- > yaş grubunda yer almaktadır.

Katılımcıların Aydın ili ve çevresinde jeotermal enerjinin çevresel etkileri hakkındaki görüşleri çizelge 4.2.'de 5'li likert dağılımda frekans ve yüzdeleri gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 2.Katılımcıların Aydın İli ve Çevresinde Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri
Hakkındaki Görüşleri**

	SORULAR		Kesinli kle Katılıy orum	Katılıy orum	Kararsı zım	Katılmıy orum	Kesinlikl e Katılmıy orum	TOPLA M
1	Jeotermal kaynaklardan elde edilen elektrik, sürekli tedarik edilebilirliği açısından daha güvenlidir.	Frekans	22	28	16	2	7	75
		Yüzde (%)	29,3	37,3	21,3	2,7	9,3	100
2	Jeotermal enerji yerkürenin derinliklerinde biriken ısı ile oluşur.	Frekans	28	33	7	5	2	75
		Yüzde (%)	37,3	44	9,3	6,7	2,7	100
3	Jeotermal enerji fosil yakıttan daha güvenlidir.	Frekans	19	27	19	3	7	75
		Yüzde (%)	25,3	36	25,3	4	9,3	100
4	Jeotermal kaynaklardan üretilen elektrik diğer fosil kaynaklarla karşılaştırıldığında daha ucuzdur.	Frekans	16	31	18	4	6	75
		Yüzde (%)	21,3	41,3	24	5,3	8	100

Çizelge 4. 3.(Devam)

5	Jeotermal tesisler çevredeki hayvanlara zarar verir.	Frekans	20	20	24	9	2	75
		Yüzde (%)	26,7	26,7	32	12	2,7	100
6	Jeotermal tesisler çevredeki bitkilere zarar verir.	Frekans	19	25	20	6	5	75
		Yüzde (%)	25,3	33,3	26,7	8	6,7	100
7	Jeotermal tesisler çevredeki insanlara zarar verir.	Frekans	21	23	16	13	2	75
		Yüzde (%)	28	30,7	21,3	17,3	2,7	100
8	Jeotermal enerji tesisinin üretim ve kullanım süreci tehlikelidir.	Frekans	15	22	18	14	6	75
		Yüzde (%)	20	29,3	24	18,7	8	100
9	Jeotermal enerji kaynaklarının kullanımı diğer enerji kaynaklarına göre daha pahalıdır.	Frekans	9	21	26	12	7	75
		Yüzde (%)	12	28	34,7	16	9,3	100

Çizelge 4. 4.(Devam)

10	Jeotermal enerji tesisleri kullandıkları suyu re-enjeksiyon yapamaz ve akarsuya deşarj edilirse akarsu zarar görür.	Frekans	22	20	23	5	5	75
		Yüzde (%)	29,3	26,7	30,7	6,7	6,7	100
11	Jeotermal enerji doğru kullanıldığında çevre dostudur.	Frekans	19	28	20	4	4	75
		Yüzde (%)	25,3	37,3	26,7	5,3	5,3	100
12	Jeotermal enerjinin soluduğunuz havaya zarar verdiğini düşünüyor musunuz?	Frekans	19	27	15	9	5	75
		Yüzde (%)	25,3	36	20	12	6,7	100
13	Jeotermal enerjinin kullanıldığı tarımsal alanlarda verimin düştüğünü düşünüyor musunuz?	Frekans	23	25	16	6	5	75
		Yüzde (%)	30,7	33,3	21,3	8	6,7	100

Çizelge 4. 5.(Devam)

14	Jeotermal enerji santrallerinin gürültü kirliliği oluşturduğunu düşünüyor musunuz?	Frekans	18	21	13	14	9	75
		Yüzde (%)	24	28	17,3	18,7	12	100
15	Jeotermal enerji santrallerinin yakınındaki tarımsal alanlarda yetişen ürünlerin kalitesinin düştüğünü düşünüyor musunuz?	Frekans	22	31	11	7	4	75
		Yüzde (%)	29,3	41,3	14,7	9,3	5,3	100
16	Jeotermal enerji suyunun zararlı olduğunu düşünüyor musunuz?	Frekans	18	20	21	10	6	75
		Yüzde (%)	24	26,7	28	13,3	8	100
17	Jeotermal enerji suyunun toprak kalitesini kötü etkilediğini düşünüyor musunuz?	Frekans	19	21	20	10	5	75
		Yüzde (%)	25,3	28	26,7	13,3	6,7	100

Çizelge 4. 6.(Devam)

18	Jeotermal enerjinin ekolojik dengeyi kötü etkilediğini düşünüyor musunuz?	Frekans	19	27	18	8	3	75
		Yüzde (%)	25,3	36	24	10,7	4	100
19	Jeotermal enerji santrallerinin depreme etki gösterdiğini düşünüyor musunuz?	Frekans	18	27	19	8	3	75
		Yüzde (%)	24	36	25,3	10,7	4	100
20	Jeotermal enerji santrallerinin ülke ekonomimize katkısı olduğunu düşünüyor musunuz?	Frekans	18	35	15	2	5	75
		Yüzde (%)	24	46,7	20	2,7	6,7	100
21	Jeotermal sıcak su termal tesislerinin turizm bakımından katkısı olduğunu düşünüyor musunuz?	Frekans	24	30	10	7	4	75
		Yüzde (%)	32	40	13,3	9,3	5,3	100

Çizelge 4. 7.(Devam)

22	Jeotermal enerjinin kanseri tetiklediğini düşünüyor musunuz?	Frekans	20	21	20	10	4	75
		Yüzde (%)	26,7	28	26,7	13,3	5,3	100
23	Jeotermal enerji santrallerinin oluşturduğu gürültü ve buhar salınımının kuş göçlerini etkilediğini düşünüyor musunuz?	Frekans	21	25	22	3	4	75
		Yüzde (%)	28	33,3	29,3	4	5,3	100
24	Jeotermal enerjinin ağaçları kuruttuğunu düşünüyor musunuz?	Frekans	19	31	12	9	4	75
		Yüzde (%)	25,3	41,3	16	12	5,3	100
25	Jeotermal enerjinin bitki ve hayvan nesillerini yok ettiğini düşünüyor musunuz?	Frekans	22	25	18	6	4	75
		Yüzde (%)	29,3	33,3	24	8	5,3	100

Jeotermal kaynaklardan elde edilen elektrik sürekli tedarik açısından daha güvenlidir. Önermesine göre %29,3 ‘ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %37,3’ü “ Katılıyorum “ , %21,3’ü “ Kararsızım “ , %2,7’si “Katılmıyorum “ , %9,3’ü “Kesinlikle Katılmıyorum“ cevaplarını vererek %58,6 oranında katılım sağlanarak yöre halkının elektrik tedarikinde jeotermal faydalı bulunduğu değerlerden anlaşılmaktadır.

Jeotermal enerji yerkürenin derinliklerinde biriken ısı ile oluşur. Önermesine göre %37,3 ‘ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %44’ü “ Katılıyorum “ cevapları vererek toplamda %81,3’ü katılım sağlayarak yöre halkının yerin derinliklerinden biriken ısı ile jeotermal akışkanın oluştuğunun bilincindedir.

Jeotermal enerji fosil yakıttan daha güvenlidir. Önermesine %25,3 ‘ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %36’sı “ Katılıyorum “ cevapları vererek %61,3 oranında katılım sağlanarak görüntü olarak daha temiz bir tablo çizdiği için diğer yakıt türlerine göre masum gözükmektedir.

Jeotermal kaynaklardan üretilen elektrik diğer fosil kaynaklarla karşılaştırıldığında daha ucuzdur. Önermesine %21,3 ‘ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %41,3’ü “ Katılıyorum “ cevaplarını vererek %62,6 oranında katılım sağlanmıştır. Bu oranlara bakılarak yatırım maliyetleri her ne kadar yüksek olsa da diğer kullanım amaçları için fosil kaynaklara göre daha ucuz olarak değerlendirilmiştir.

Jeotermal tesisler çevredeki hayvanlara zarar verir. %26,7’si “ Kesinlikle katılıyorum“ , %26,7’si “ Katılıyorum “ cevaplarını vererek %53,4 oranında katılım sağlanmıştır. Bu oranlardan yola çıkılarak çoğunluğun hayvanlara zararı olduğunu düşünmektedir.

Jeotermal tesisler çevredeki bitkilere zarar verir. Önermesine %25,3’ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %33,3’ü “ Katılıyorum “ cevaplarını vermiştir. Yöre halkının %58,6’sı Hayvanlara zararı olduğu kadar bitkilere de zararı olduğu doğru orantılı olarak bu düşünce yapısına sahiptir.

Jeotermal tesisler çevredeki insanlara zarar verir. Önermesine %28’i “ Kesinlikle katılıyorum“ , %30,7’si “ Katılıyorum “ cevaplarını vermiştir. Verilen cevaplara göre bitki ve hayvanlara zararı olduğu kadar %58,7’si insana zararı da olduğunu düşünmektedir.

Jeotermal enerji tesisinin üretim ve kullanım süreci tehlikelidir. Önermesine %20'si “ Kesinlikle katılıyorum“ , %29,3'ü “ Katılıyorum “ , %24'ü “ Kararsızım “, %18,7'si“Katılmıyorum “, %8'i “Kesinlikle Katılmıyorum“ cevaplarını vermiştir. Yöre halkının çoğunluğu %49,3 lük katılım sağlanarak jeotermal enerji tesisinin üretim ve kullanım süreci tehlikeli bulurken ,%26,7'si katılmamıştır bu önerme genel olarak değerlendirildiğinde yöre halkının çok bilgi sahibi olmadığı düşünülmektedir.

Jeotermal enerji kaynaklarının kullanımı diğer enerji kaynaklarına göre daha pahalıdır. Önermesine %12'si “ Kesinlikle katılıyorum“ , %28'i “ Katılıyorum “ , %34,7'si “ Kararsızım “, %16'sı“Katılmıyorum “, %9,3'ü “Kesinlikle Katılmıyorum“ cevaplarını vermiştir. Yöre halkının %40'ı katılım sağlarken, %25,3'ü jeotermal enerjinin diğer enerji kaynaklarına göre ucuz bulmaktadır. Sonuçlar değerlendirildiğinde yöre halkının bu konu hakkında detaylı bilgi sahibi olmadığı düşünülmektedir.

Jeotermal enerji tesisleri kullandıkları suyu re-enjeksiyon yapamaz ve akarsuya deşarj edilirse akarsu zarar görür. Önermesine %29,3'ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %26,7'si “ Katılıyorum “ cevaplarını vererek % 56 'sı çoğunluğun jeotermal suyunun akarsuya tehlike arz ettiğini düşünmektedir.

Jeotermal enerji doğru kullanıldığında çevre dostudur. Önermesine %25,3'ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %27,3'ü “ Katılıyorum “ cevaplarını vermiştir. Yöre halkı her ne kadar bitki, hayvan ve insana tehlike arz ettiğini düşünse de hala temiz enerji olarak yaklaşımı vardır.

Jeotermal enerjinin soluduğunuz havaya zarar verdiğini düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcıların %25,3'ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %36'sı “ Katılıyorum “ cevaplarını vermiştir. Oranlara bakıldığında % 61,3 'ü jeotermal enerjiden çıkan su buharı yöre halkına tehlike olarak arz ettiği için havayı kötü etkilediğini düşünülmektedir.

Jeotermal enerjinin kullanıldığı tarımsal alanlarda verimin düştüğünü düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcıların %30,7'si “ Kesinlikle katılıyorum“ , %33,3'ü “ Katılıyorum “ cevaplarını vermiştir. Yöre halkının geneli tarımcılıkla ilgilendiğinden dolayı rekolte düşüşlerinde jeotermalden önce ve sonra kıyaslaması yaparak kötü etkilediğini düşünmektedir.

Jeotermal enerji santrallerinin gürültü kirliliği oluşturduğunu düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcıların %24'ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %28'i “ Katılıyorum “cevaplarını vermiştir. Yöre halkı %52 oranında katılım sağlayarak jeotermal enerjinin geceleri sessiz iken gürültü oluştuğundan dolayı gürültü kirliliği yaptığını düşünmektedir.

Jeotermal enerji santrallerinin yakınındaki tarımsal alanlarda yetişen ürünlerin kalitesinin düştüğünü düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcıların %29,3'ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %41,3'ü “ Katılıyorum “cevaplarını vermiştir. Yöre halkı aynı şekilde toprak verimini kötü etkilediğinin düşüncesine bağlantılı olarak % 70,6 oranında katılım sağlayarak ürün kalitesini de etkilediğini düşünmektedir.

Jeotermal enerji suyunun zararlı olduğunu düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcıların %24'ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %26,7'si “ Katılıyorum “cevaplarını vermiştir. Yöre halkı %50,7'si katılım sağlayarak Akarsuya zararı düşünüldüğünden dolayı bilinçsizce salınan jeotermal suyun her alanda zarar teşkil ettiği düşüncesi bulunmaktadır.

Jeotermal enerji suyunun toprak kalitesini kötü etkilediğini düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcıların %25,3'ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %28'i “ Katılıyorum “cevaplarını vermiştir. Yöre halkı toprak veriminden, ürün kalitesine kadar kötü etkilediğini düşündüğünden dolayı toprak kalitesini % 53,3 oranında katılım sağlayarak kötü etkilediğini düşünmektedir.

Jeotermal enerjinin ekolojik dengeyi kötü etkilediğini düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcıların %25,3'ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %36'sı “ Katılıyorum “cevaplarını vermiştir. Yöre halkı hava, su ve toprak olarak kötü etkilediğini düşündüğünden dolayı %61,3 oranında katılım sağlayarak bu ortamlarda yaşayan canlılarından yaşamsal koşullarını etkilediğini düşünmektedir.

Jeotermal enerji santrallerinin depreme etki gösterdiğini düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcıların %24'ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %36'sı “ Katılıyorum “cevaplarını vermiştir. Yerin altındaki fay hatları ve sıcak su düşünüldüğünde durmadan bir sirkülasyonun oluşması % 60 katılım sağlayarak depremi de tetiklemekte olduğu düşünülmektedir.

Jeotermal enerji santrallerinin ülke ekonomimize katkısı olduğunu düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcıların %24'ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %46,7'si “ Katılıyorum cevaplarını vermiştir. Ülkemizde çıkan bir enerji dışarıya bağlı olunan enerjiye kıyasla, yöre halkı jeotermal enerjinin bu konuda %70,7'si katılım sağlayarak katkısı olduğunu düşünmektedir.

Jeotermal sıcak su termal tesislerinin turizm bakımından katkısı olduğunu düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcıların %32'si “ Kesinlikle katılıyorum“ , %40'ı “ Katılıyorum “ cevaplarını vermiştir. Jeotermal enerjiler kurulduktan sonra ardından kaplıca ve termal tesislerinde aydın ilinde artış olması civar illerden ve yöre halkının da bu turizme katkı sağlamış ve sağladığını da %72 oranında katılım sağlayarak düşünülmektedir.

Jeotermal enerjinin kanseri tetiklediğini düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcılar %26,7'si “ Kesinlikle katılıyorum“ , %28'i “ Katılıyorum “ cevaplarını vermiştir. Son yıllara bakılarak geçmişle kıyaslandığında yediklerimizden kaynaklıda olsa %54,7'si katılım sağlayarak jeotermalinde tetiklediği düşünülmektedir.

Jeotermal enerji santrallerinin oluşturduğu gürültü ve buhar salınımının kuş göçlerini etkilediğini düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcıların %28'i “ Kesinlikle katılıyorum“ , %33,3'ü “ Katılıyorum “ cevaplarını vermiştir. Bitki, hayvan ve insana etkisi olduğu kadar %61,3'ü katılım sağlayarak kuş göçlerinde de etkisi olduğunu düşünülmektedir.

Jeotermal enerjinin ağaçları kuruttuğunu düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcıların %25,3'ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %41,3'ü “ Katılıyorum “ cevaplarını vermiştir. Oranlara bakıldığında % 66,6 oranında katılım sağlanarak ağaçları kuruttuğunu düşünülmektedir.

Jeotermal enerjinin bitki ve hayvan nesillerini yok ettiğini düşünüyor musunuz? Sorusuna katılımcılar %29,3'ü “ Kesinlikle katılıyorum“ , %33,3'ü “ Katılıyorum “ cevaplarını vermiştir. Yüzdelik oranlara bakıldığında %62,6 oranında katılım sağlanarak bitki ve hayvanların nesillerini yok ettiğini düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Aydın ilinde yaşayan katılımcıların jeotermal enerji ile ilgili görüşleri irdelenmiştir. Bu amaç kapsamında ulaşılan sonuçlar tartışılmıştır.

Aydın İlinin yüzölçümü 8007 km² olup, bunun 5531 km²'si yani yaklaşık olarak %70'i jeotermal sahaları oluşturup devrede olan kurulu güç ise 885,45 MW'dır. 260 MW devrede olan kurulu güç Gürmat Elektrik Anonim Şirketine aittir. Bunların dağılımı şu şekilde yer alır. Efeler Jeotermal enerji santrali 115 MW, Efe 8 Jes 50 MW, Galip Hoca Germencik Jes 47 MW, Efe 7 Jes 25 MW, Efe 6 Jes 23 MW'dır (Anonim,2021).

Jeotermal enerji santrallerinin gerekli önlemler ve reenjeksiyon yapılarak doğru kullanıldığında zararı olmadığı düşünülmektedir. Aşağıda bulunan görsellerden de anlaşılabacağı gibi yanında bulunan tarlanın yeşillikli oluşu ve buhar salınımının gözlemlenmemesi pozitif düşünce oluşturmaktadır.

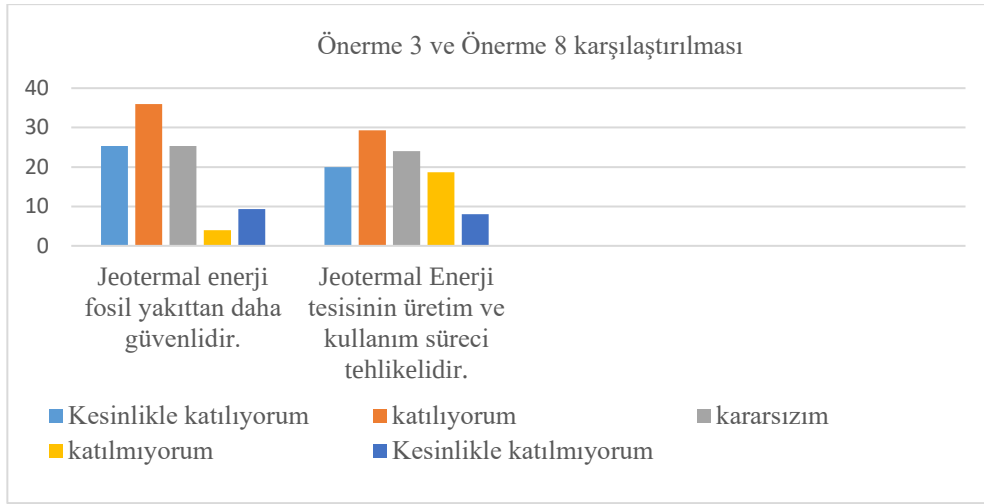


Şekil 5.1.Gürmat Elektrik Anonim şirketinin dışarıdan görüntüsü



Şekil 5.2.Gürmat Elektrik Anonim Şirketinin yanında bulunan tarladan görüntüsü

- Jeotermal enerji yerkürenin derinliklerinde biriken ısı ile oluşur. Önermesine %81,3 oranında katılmışlardır. Yöre halkı jeotermal enerjinin nasıl oluştuğunun bilincindedir.
- Jeotermal enerji tesisinin üretim ve kullanım süreci tehlikelidir. Önermesine %49,3 oranında katılmışlardır. Önermeye verilen yanıtlara göre yöre halkı jeotermal enerjinin doğru kullanılmadığında tehlikeli olduğunu düşünmektedir. Jeotermal enerji fosil yakıttan daha güvenli %61,3 ve ucuzdur %62,6 oranlarında katılım sağlamışlardır. Jeotermal enerjinin fosil yakıtlarla kıyaslandığında daha temiz enerji olarak yöre halkı düşünmektedir. Bu iki önermeye bakıldığında yöre halkı zıt yanıtlar vererek üretim ve kullanım hakkında fikir sahibi olmadığı düşünülmektedir. Aşağıda sütun grafiğinde verilen yanıtlar net şekilde gözlemlenmektedir.



Şekil 5.3.Önerme 3 ve Önerme 8 karşılaştırılması

- Jeotermal enerji kaynaklarının kullanımı diğer enerji kaynaklarına göre daha pahalıdır. Önermesine %40 oranında katılmışlardır. Tolunay ve Erden (2021) yılında yaptıkları Ege Bölgesinde jeotermal enerji kullanımının tarımsal alanlar ve orman kaynakları üzerine etkilerine yönelik toplumsal görüşlerin belirlenmesi adlı çalışmada “Jeotermal Enerji Kaynaklarının Çıkarılıp İşletilmesi Diğer Enerji Kaynaklarına Göre Daha Pahalıdır. “Önermesinde %39,9 oranında katılım sağlanmıştır. 2021 yılından bu yana oran %40 ulaşarak %0,01 artış göstermektedir. Yöre halkının jeotermal enerjinin hala pahalı olduğunu düşünmektedir.
- Jeotermal enerjinin kullanıldığı tarımsal alanlarda verimin düştüğünü %64, ürün kalitesinin %70,6 ve toprak kalitesini kötü etkilediğini %53,3 oranlarında katılım sağlamışlardır. Tunçbilek ve Yılmaz (2022) Jeotermal enerjinin çevresel etkileri ve sosyal kabul: efeler ilçesi örneği adlı çalışmada Efeler Belediyesi Jeotermal Enerji Raporunda, Aydın Ticaret Borsası ziyaretinde yetkililerden alınan brifingde Jeotermal enerjinin mevcut şekilde kullanılması durumunda bölgedeki tarımsal ürünler üzerinde negatif etkiler oluşturacağını buna nazaran organik incir yetiştirmenin mümkün olmadığını ihraç edilen incirlerin de geri gönderilmeye başlandığını söylemişlerdir. Verilere bakıldığında halkın halen jeotermal enerjinin verimin ve kalitenin düştüğünü savunmaktadır. Türkiye’de incir yetiştiriciliği bakımından %73’lük oranı Aydın iline aittir. Jeotermal enerjinin üretiminin yoğun olduğu Buharkent,

Germencik ve İncirlioza ilçelerinde incir rakamlarına bakıldığında dikim alanı ve ağaç sayısı bakımından özellikle 2014'te önemli oranda artışın olduğu gözlemlenmiştir. Germencik ilçesi aydının Nazilli ilçesinden sonra en fazla üretim yapan ilçesi konumundadır. 2012 ile 2019 sezonları arasındaki rakamsal verilere bakıldığında kuru incir verilerinde ciddi oranda bir değişimin olduğunu söylemek mümkün değildir (Anonim, 2020). Halkın görüşü ve üretim değerlerine bakıldığında çatışma gözlemlenmektedir.

- Jeotermal tesisler çevredeki hayvanlara %53,4, bitkilere %58,6 ve insanlara %58,7 zarar verir. Hatta bitki ve hayvan nesillerinin yok ettiğini %62,6 oranlarında düşünerek katılım sağlamışlardır. Yapılan çalışmalara göre kayaçların içinden akışkanın çekilmesiyle oluşan fiziksel etmenler, termal kirlilik, gürültü, kimyasal maddelerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Akkaya vd., 2002). Fakat gelişmiş jeotermal elektrik enerji santrallerinde yakıt kullanılmadığından dolayı azot emisyonu oluşmamaktadır ayrıca kükürt dioksit emisyonu çok düşük bulunmaktadır (Anonim, 2001). İnsan ve bitkiler için toksik etki oluşturan bazı ağır metallerin (arsenik, bor) yoğunluk dikkat çekmektedir (Şimşek, 2005).
- Jeotermal enerji suyunun re-enjeksiyon yapamaz ve akarsuya deşarj edilirse akarsuyun zarar göreceğini %56 ve zararlı olduğunu %50,7 oranında katılım sağlamışlardır. Denizli-Kızıldere ' de bulunan jeotermal suyun Büyük Menderes Nehrine boşaltılmasından dolayı suyun oksijensiz kalarak (ötrifikasyona) suda yaşayan canlıların ekolojik-dengesini bozmuştur (Erkul, 2012). Termal kirlilik, tuz ve bor yoğunluğu bakımından zarar teşkil etmektedir. Aydın ilinde yaygın olarak bulunan narenciye bordan fazla oranda etkilenmektedir. Bitkilerde kalite verimlilik bakımında ciddi oranlarda azalışların kurum raporlarında ve saha çalışmalarında ifade edilmektedir. Toprakta ve suda oluşan tuzluluk ve bor kirliliği teknik yöntemlerle temizlenmesi mümkün olmadığından, jeotermal akışkan kullanıldıktan sonra reenjeksiyon yapılması en sağlıklı yöntemdir (Akbulut, 2022).
- Jeotermal enerji doğru kullanıldığında çevre dostudur. Önermesine %62,6 oranında katılmışlardır. Yöre halkı Jeotermal enerji doğru kullanım sağlandığında çevre dostu olduğunu düşünmektedir. Jeotermal enerji

kaynakları çoğunluğa bakıldığında çevre dostu olarak görünseler de gerekli koşullar sağlanmadığında çevre sorunlarıyla karşılaşabilmektedir. Son yıllarda teknolojik gelişmeler ile artan jeotermal enerji kullanımı yanlış kullanımlardan dolayı çevrede olumsuz etiler bırakmaktadır. Jeotermal enerji kaynaklarından oluşan çevresel etkiler; Jeotermal akışkanın reenjeksiyon yapılmayıp alıcı ortama deşarjı, korozyon ve kabuklaşma nedeniyle meydana gelen bozulmadan kaynaklı sızıntılar, zararlı gazların atmosfere salınımı, görüntü ve gürültü kirliliği, yer tabanında çökmeler, sulara ve toprakta oluşan termal ve kimyasal kirlilik ile tarımsal ürünlerde verim ve kalitede bozulmaların oluşması olarak özetlenmektedir (Akbulut, 2022).

- Jeotermal enerjinin ekolojik-dengeyi kötü etkilediğini %61,3, soluduğunuz havaya zarar verdiğini %61,3 ve gürültü kirliliği oluşturduğunu %52 oranında katılım sağlamıştır. Oysaki diğer enerji kaynaklarına göre jeotermal enerji çevresel zararlı etkilerinin daha az olduğu ve bu sebeple çevre dostu enerji kaynağı olarak belirtilmektedir (Şimşek ve Eroskay, 2007).
- Jeotermal enerji santrallerinin ülke ekonomimize %70,7, turizme %72 ve Jeotermal kaynaklardan elde edilen elektrik sürekli tedarik açısından daha güvenlidir %66,6 'dır. Önergelerin %50'nin üstünde oranlarda yanıt vererek yöre halkı bu konu hakkında pozitif düşünce yapısında olduğunu göstermektedir.
- Jeotermal enerjinin kanseri tetiklediğini %54,7, gürültü ve buhar salınımının kuş göçlerini etkilediğini %61,3, ağaçları kuruttuğunu %66,6 ve depreme etki gösterdiğini %60 oranlarında katılım sağlayarak %50' nin üstünde verilen yanıtlarda tepkili olduklarını ve yaşanan olayların sebebinin jeotermal olduğunu yöre halkı düşünmektedir. Aydında ilinde 2015 yılında akciğer hastalıkları oranı %16,13 iken 2019 yılında bu oran %30,80'e yükselmiştir. Kanser oranı ise 2015 yılında %1,60 iken 2019 yılında %4,45'e yükselmiştir. Jeotermal bakımından zengin olan Germencik ilçesine akciğer hastalıkları bakımından baktığımızda 2015 yılında bu oran %7,49 iken 2019 yılında %9,46' ya yükselmiştir. Kanser bakımından bakıldığında 2015 yılında %0,04 iken 2019 yılında bu oran %0,17'ye yükselmiştir (Anonim, 2020).

Anket çalışmasının oranlarına bakıldığında her ne kadar çevresel, ekolojik denge, bitki ve hayvanlara zararı olduğu düşünülse de yöre halkının çoğunluğunun da %70,7 ülke ekonomisine katkısı olduğunun hatta turizm bakımından %72 yörenin bilinirliğinin arttırdığını düşünmektedir.

Jeotermal enerji kaynaklarının sürdürülebilir olarak kullanılması için çevreye duyarlı olan politikaların izlenilmesi ve yeni yasal düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Ayrıca çevreye olumsuz etkileri giderebilecek örnek jeotermal uygulamaların geliştirilmelidir. Bunların sayesinde sürdürülebilir enerji kullanımları öne çıkacak ve bu yöndeki uygulamalar toplum içerisinde kabul görecektir (Toka ve Arı, 2006).

Sonuçlar

Bu anket çalışmasının sonuçları değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Jeotermal enerji santralleri planlanırken yerleşim yerlerinden ve kırsal kesimlerden uzakta planlanmalıdır. Böylece toplumun en ufak şikâyetinin sebebi santrallerin olduğunu düşünülmez.
- Jeotermal enerji santralleri yapılmadan önce toprak analizi yapılabilir ve ona göre verimli topraklarda kurulmaması için önlem alınabilir.
- Jeotermal enerji santrallerinin boruları yapıldığı çevreye uygun renkte boyanarak dışardan görüntü kirliliğini en aza indirilebilir.
- Jeotermal santrallerinin için kesilen ağaçlar tekrar farklı şekillerde ağaçlandırma yapılarak hem verilen zararın telafi edilmesi hem de çevreye önem verdiklerini göstergesi olarak yöre halkına pozitif yaklaşım sağlanır.
- Gürültü kirliliğini en aza indirmek için çalışmalar gerçekleştirmeleri gerekmektedir.
- Yöre halkının pozitif yaklaşımını kazanmak için okullardaki öğrencilerin ve yöre halkının belli aralıklarla bilinçlendirme çalışmaları hatta tesis gezintileri yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Akar, D. (2003). *Jeotermal Santrallerin Çevresel Etkileri*. İzmir: Jeotermal Enerji Semineri Kitabı pp. 161-170.
- Akbulut, O. (2022). *Jeotermal Enerjiye İlişkin Mevzuat ve Uygulamada Karşılaşılan Sorunlar: Aydın İli Örneği*. Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi
- Akkaya, A. V., Akkaya, E. K., ve Dağdaş, A. (2002). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Açidan Değerlendirilmesi*. İstanbul: IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt I:s:166-182.
- Alaoui-Sossé, B., Genet, P., Vinit-Dunand, F., Toussaint, M. L., Epron, D., ve Badot, P. M. (2004). Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationships with carbohydrate accumulation and changes in ion contents. *Plant Science*, 166:1213-1218.
- Allis, R. G. (1990). Subsidence at Wairakei field, New Zealand. *Trans.Geothermal Resources Council*, 14:1081-1087.
- Anonim. (2001). *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ankara.
- Anonim. (2015). Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri. *Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları*.
- Anonim. (2020). Türkiye'de Jeotermal Kaynakların Kümülatif Etki Değerlendirmesi *Kümülatif Etki Değerlendirme Raporu*
- Anonim, (2021) <https://www.enerjiatlası.com/jeotermal/efeler-jeotermal-enerji-santrali.html> (Erişim tarihi: 04.02.2024)
- Aslan, E. (2010). *Alangüllü (Aydın) Jeotermal Kaynağının Kimyasal Özellikleri ve Çevreye Olan Etkilerinin Uzaktan Algılama ve CBS Kullanılarak Belirlenmesi*. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Badruk, M. (2003). *Jeotermal enerji uygulamalarında çevre sorunları*. İzmir: Jeotermal Enerji Semineri Kitabı pp.259-271.

- Baria, R., Jung, R., Tischner, T., Nicholls, J., Michelet, S., Sanjuan, B., . . . ve Garnish, J. (2006). Creation of a HDR reservoir at 5000 m depth at the European HDR project. *Proc. Thirty-First Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University. California.*
- Bebek, M. T. (2001). *Ulubat Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması*. Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Cemek, M., Aydıngöz, M., ve Konuk, M. (2005). Jeotermal enerji ve Afyon bölgesinin jeotermal enerji potansiyeli. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi Araştırmalar*, 1:39-48.
- Çakar, M. C., Başaran Filik, Ü., ve Kurban, M. (2009). Yenilenebilir enerii kaynakları ve ulaşım sistemlerinde kullanım uygulaması. *V.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*. Diyarbakır.
- Çakın, A., Gökçen, G., ve Eroğlu, A. (2005). *Jeotermal Uygulamaların Çevresel Etkileri: Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi Örneği*. İzmir: Jeotermal Enerji Semineri Kitabı, MMO Yayın No: E/2005/393-2, pp. 345-357.
- Çalışkan, D. (2010). *Ankara Çay'nın Tarımsal Sulama Amaçlı Kullanabilirliğinin Araştırılması*. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Dağdaş, A. (2004). Jeotermal Enerjiden Yararlanmada Türkiye'nin Dünyadaki Konumu ve Potansiyeli. *TMMOB Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 80:38-48.
- Dağıştan, H. (2006). Yenilenebilir enerji ve jeotermal kaynaklarımız. *Türkiye 10.Enerji Kongresi* (s. 73-80). İstanbul: Enerji Kongresi, Dünya'da ve Türkiye'de Enerji-Uygulamalar ve Sorunlar Cilt-1.
- Danışman, M. A. (2011). Jeotermal Nedir Ne Değildir? *Jeofizik Bülteni*, s. 68:4-9.
- Demirbaş, L. (2002). *Türkiye'de Enerji Sektörü, Sektörün Problemleri, Avrupa Birliği ve Türkiye'de Enerji Politikaları*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bilim Uzmanlığı Tezi.

- Demirel, M. (1998). *Jeotermal Enerjinin Yerleşim Alanlarına Etkisi*. Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Demirtaş, R., ve Özdemir, A. (2013). Tavşanlı (Kütahya) 3309115-3309116-3309117-3309118 Nolu Jeotermal Ruhsat Alanları Jeolojik Etüt Raporu. Kütahya.
- DiPippo, R. (1978). The Geothermal Power Station at Ahuachapan, El Salvador. *Geothermal Energy Magazine*, 6, pp. 11–22.
- DiPippo, R. (2005). *Geothermal Power plants:Principles and Case Studies*. Oxford,U.K: Elsevier.
- Durak, S. (1996). Jeotermal Enerji Alternatif mi? *MTA, Madencilik Bülteni*, (s. 49:22-24).
- Dürüst, N., Dürüst, Y., Tuğrul, D., ve Zengin, M. (2004). Heavy Metal Contents of Pinus Radiata Trees of İzmit (Turkey). *Asian Journal of Chemistry*, 16:1129-1134.
- Er, S. (2015). *Aydın-Buharkent Yöresindeki Jeotermal Sularında Bazı Kirletici Parametrelerin Araştırılması*. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Erkul, H. (2012). Jeotermal Enerjinin Ekonomik Katkıları ve Çevresel Etkileri:Denizli-Kızıldere Jeotermal Örneği. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, Cilt: 10, Sayı: 19, ss. 1-30.
- Ertürk, F., Akkoyunlu, A., ve Varınca, K. B. (2006). Enerji üretimi ve çevresel etkileri,stratejik rapor. *Türkiye Stratejik Araştırmalar Merkezi*. İstanbul, Türkiye: Tasam.
- Haktanır, K. (1987). Çevre Kirliliği Ders Notu. *A. Ü. Ziraat Fakültesi Teksir no : 140* . içinde Ankara Üniversitesi.
- İmamoğlu, M. Ş. (2009). Tektonik yapısı ve stratigrafisi ışığında Güneydoğu Anadolu Bölgesinin jeotermal enerji potansiyelinin değerlendirilmesi. *V.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*. Diyarbakır.

Jones, G.L. (2006). "Geysers/Hot Springs Damaged or Destroyed by Man,"
<http://www.wyojones.com/destroye.htm>

Kaçar, B., ve Katkat, A. V. (2006). Bitki Besleme. *Nobel Yayın*, s. No:849.

Kagel, A., Bates, D., ve Gawell, K. (2005). *A Guide to Geothermal Energy and the Environment*. Washington D.C: Geothermal Energy Association.

Kanber, P. (2007). *Aydın ili baz yer altı ve yer üstü su kaynaklarının kirlilik durumlarının belirlenmesi*. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Karaman, S., ve Kurunç, A. (2004). Seraların jeotermal enerji ile ısıtılmasında ortaya çıkabilecek çevresel etkiler. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (2):80-85.

Khan, A. G., Kuek, C., Chaudhry, T. M., Khoo, C. S., ve Hayes, W. J. (2000). Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. *Chemosphere*, 41:197-207.

Kılıç, F. Ç., ve Kılıç, M. K. (2013). Jeotermal Enerji ve Türkiye. *Mühendis ve Makina*, cilt 54 sayı 639 s.45-56.

Kiracı, A. (2014). *Azap Gölü'nün Sedimentlerindeki ve Sularındaki Ağır Metal Miktarlarının Belirlenmesi*. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Kıvanç, A. H., ve Serpen, Ü. (2011). Jeotermal Santrallerin Karşılaştırılması. *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*. İzmir.

LaGeo. (2005). *Historia de la Energía Geotérmica en El Salvador*. San Salvador, El Salvador.

Majer, E., ve Baria, R. (2006). *Induced seismicity associated with Enhanced Geothermal Systems:state of knowledge and recommendations for successful*

mitigation. california: Working paper presented at the stanford geothermal workshop,Stanford Unvercity.

Michelet, S., Baria, R., Baumgaertner, J., Gérard, A., Oates, S., Hettkamp, T., ve Teza, D. (2004). "Seismic source parameter evaluation and its importance in the development of an HDR/EGS system,,". *Proc.Twenty-Ninth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*. California: Stanford University.

Moya, P., ve DiPippo, R. (2006). "Miravalles Unit 5: Planning and Design. *Transactions Geothermal Resources Council, V. 30*, (pp. 761-766).

Öktüren Asri, F., ve Sönmez, S. (2006). Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. *DERİM Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü*, 23:36-45.

Öngay, E. (2004). *Balıkesir-Pamukçu Jeotermal Alanı Ve Çevresinin Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal İncelemesi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., ve Kaptan, H. (1993). Toprak Bilimi. ADANA.: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73 Ders Kitapları Yayın No:6.

Özdemir , A. (2007). Jeotermal Enerji ve Elektrik Üretimi. *Jeofizik Bülteni*, (s. 55:300-310).

Özdemir, A. (2012). Türkiye'de jeotermal enerji potansiyelleri. *Şehir Sağlığı Dergisi*, 1:34-37.

Özkul, M. (2013). *Afyonkarahisar İlindeki Organize Sanayi ve Jeotermal Turizm Tesislerinden Kaynaklanma Olasılığı Olan Ağır Metal ve Bor Kirliliğinin Araştırılması*. Muğla: Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

Öztemir, M. H. (2011). Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi ve Aydın-Salavatlı Sahası Elektrik Üretim Santrali. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası*.

- Rout, G., ve Das, P. (2003). Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. *Agronomie. Electronic Journal*, 23:3-11.
- Salt, D. E., Prince, R. C., Pickering, I. J., ve Raskin, I. (1995). Mechanisms of cadmium mobility and accumulation in Indian mustard. *Plant Physiol*, 109, 1427- 1433.
- Savaş, S., ve Cengiz, M. (1994). Köprüçay Irmağının Eğirdir Gölü'ne Dökülen Kolunda Su Kalitesi Değişimi Üzerinde Bir Araştırma Ege Üniversitesi. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 11:42-44.
- Sharma, P., ve Dubey, R. S. (2005). *Lead Toxicity in Plants*. Braz.: J. Plant Physiol.
- Sheoran, I. S., Singal, H. R., ve Singh, R. (1990). Effect of cadmium and nickel on photosynthesis and enzymes of the photosynthetic carbon reduction cycle in pigeon pea (*Cajanus cajan* L.). *Photosynthesis Research*, pp. 23:345-351.
- Stresty, T., ve Madhava Rao, K. (1999). Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cell of pigeonpea. *Environmental and Experimental Botany*, 41:3-13.
- Süren, H. (2012). *Jeotermal Sistemlerde Flash Buhar ve Binary Sistemlerin Birlikte Kullanımının Enerji ve Ekserji Analizi*. Denizli: Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Şahin, T. (2006). *İzmir İli İçin Jeotermal Enerji Kaynaklı Absorbsiyonlu Soğuk Oda Tasarımı*. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Şimşek, C. (2005). Balçova jeotermal sahasında bor ve arsenik kirliliği. *Jeotermal Enerji Oturumu*. İzmir: Türk Tesisat Kongresi pp.361-368.
- Şimşek, Ş., ve Eroskay, O. (2007). Küresel Isınmaya Karşı Türkiye'de Jeotermal Enerji Olanığı. *Cumhuriyet Gazetesi Eki CBT Sayı: 1056* .
- Tarcan, G. (2002). Jeotermal su kimyası. *Jeotermalde Yer Bilimsel Uygulamalar Jenarum Yaz Okulu*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.

- Teke, O. (2018). *Jeotermal Enerjide Bütünleşik Kaynak Yönetimi ve Reenjeksiyonun Önemi*. İskenderun: İskenderun Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- TER. (2009). Türkiye Enerji Raporu. *Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi*. Ankara.
- Toka, B., ve Arı, N. (2006). *Jeotermal Kaynakların Sürdürülebilir Gelişimi ve Çevresel Etkileri*. Dikili İzmir.
- Tolunay, A., ve Erden, A. (2021). Ege Bölgesinde Jeotermal Enerji Kullanımının Tarımsal Alanlar ve Orman Kaynakları Üzerine Etkilerine Yönelik Toplumsal Görüşlerin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(1), 198-213.
- Tunçbilek, Ö. F., ve Yılmaz, M. (2022). Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri ve Sosyal Kabul: Efeler İlçesi Örneği. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(2), 154-169.
- Anonim(2003). Türkiye'nin Çevre Sorunları. *Türkiye Çevre Vakfı yayını*, 8.Baskı.
- Yılmaz, N. S. (2013). *Aydın ve Çevresindeki Jeotermal Sulardaki Bazı Elementlerin ve İyonların Icp-Oes ve Ic İle Analizi*. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi FenBilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

EKLER

AYDIN İLİNDE JEOTERMAL ENERJİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

ANKET FORMU

Saygıdeğer Katılımcı;

Aydın ilinde jeotermal enerjinin çevresel etkileri adlı çalışma Rüveyda BİNAY tarafından gerçekleştirilecektir. Araştırma aydın ilinde yaşayan yöre halkına jeotermal enerji hakkında pozitif ve negatif düşüncelerini belirlenmesi amacıyla planlanmıştır. Bu araştırmaya katılmak gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmaya katılmayı kabul ettikten sonra veri toplama formunu doldurmaya başlamış olsanız bile istemediğiniz takdirde çalışmaya katılmaktan vazgeçebilirsiniz. Formu eksiksiz doldurup araştırmacıya vermiş olmanız/göndermeniz çalışmaya katılma konusunda gönüllü olduğunuz anlamına gelmektedir.

Çalışma formu 25 sorudan oluşmaktadır. Anketi tamamlamak yaklaşık 5-6 dk. Zamanınızı alacaktır.

Çalışmamız için zaman ayırarak bilim dünyasına verdiğiniz katkı için teşekkür ederiz.

	Sorular	Kesinlikle Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle Katılmıyorum
1	Jeotermal kaynaklardan elde edilen elektrik sürekli tedarik açısından daha güvenlidir.					
2	Jeotermal enerji yerkürenin derinliklerinde biriken ısı ile oluşur.					
3	Jeotermal enerji fosil yakıttan daha güvenlidir.					
4	Jeotermal kaynaklardan üretilen elektrik diğer fosil kaynaklarla karşılaştırıldığında daha ucuzdur.					
5	Jeotermal tesisler çevredeki hayvanlara zarar verir.					
6	Jeotermal tesisler çevredeki bitkilere zarar verir.					
7	Jeotermal tesisler çevredeki insanlara zarar verir.					
8	Jeotermal enerji tesisinin üretim ve kullanım süreci tehlikelidir.					
9	Jeotermal enerji kaynaklarının kullanımı diğer enerji					

	kaynaklarına göre daha pahalıdır.					
10	Jeotermal enerji tesisleri kullandıkları suyu re-enjeksiyon yapamaz ve akarsuya deşarj edilirse akarsu zarar görür.					
11	Jeotermal enerji doğru kullanıldığında çevre dostudur.					
12	Jeotermal enerjinin soluduğunuz havaya zarar verdiğini düşünüyor musunuz					
13	Jeotermal enerjinin kullanıldığı tarımsal alanlarda verimin düştüğünü düşünüyor musunuz?					
14	Jeotermal enerji santrallerinin gürültü kirliliği oluşturduğunu düşünüyor musunuz?					
15	Jeotermal enerji santrallerinin yakınındaki tarımsal alanlarda yetişen ürünlerin kalitesinin düştüğünü düşünüyor musunuz?					
16	Jeotermal enerji suyunun zararlı olduğunu düşünüyor musunuz?					
17	Jeotermal enerji suyunun toprak kalitesini kötü etkilediğini düşünüyor musunuz?					
18	Jeotermal enerjinin ekolojik dengeyi kötü etkilediğini düşünüyor musunuz?					
19	Jeotermal enerji santrallerinin depreme etki gösterdiğini düşünüyor musunuz?					
20	Jeotermal enerji santrallerinin ülke ekonomimize katkısı olduğunu düşünüyor musunuz?					
21	Jeotermal sıcak su termal tesislerinin turizm bakımından katkısı olduğunu düşünüyor musunuz?					
22	Jeotermal enerjinin kanseri tetiklediğini düşünüyor musunuz?					

23	Jeotermal enerji santrallerinin oluşturduğu gürültü ve buhar salınımının kuş göçlerini etkilediğini düşünüyor musunuz?					
24	Jeotermal enerjinin ağaçları kuruttuğunu düşünüyor musunuz?					
25	Jeotermal enerjinin bitki ve hayvan nesillerini yok ettiğini düşünüyor musunuz?					

KİŞİSEL BİLGİLER

Cinsiyetiniz: () Kadın () Erkek

Yaşınız: () 15-25 () 26-35 () 36-45 () 46-55 () 56 Ve Üzeri

Aydın ilinde yaşıyor musunuz? : () Evet () Hayır

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : R*****a B****Y İ***İ
Uyruk : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi: **/**/1997
Medeni Hali : Evli
Telefon : 0 507 *** ** **
E-posta : r*****y@gmail.com

Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite/Bölüm	Mezuniyet Yılı
Lise	Cumhuriyet Anadolu Lisesi	2011-2015
Lisans	Dokuz Eylül Üniversitesi Farabi Değişim Programı Çevre Müh.	2016-2017
Lisans	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Çevre Müh.	2015-2019
Yüksek Lisans (Tezsiz)	Adnan Menderes Üniversitesi İş sağlığı ve Güvenliği	2020-2020
Ön Lisans	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi İnşaat Teknolojisi	2019-2021

Stajlar

Yıl	Yer
2018 Haziran-Eylül	*BATISÖKE SÖKE ÇİMENTO SAN.T.A. Ş *GÜRMAT ELEKTRİK A.Ş *İLLER BANKASI A.Ş İZMİR BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ

	*EFELER KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA SAHASI EMAN EGE ENERJİ ÜRETİM A.Ş
2017 Ağustos- Eylül	*AYDIN ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK İL MÜDÜRLÜĞÜ *İZSU ATIKSU ARITMA TESİSLER ŞB. MÜD.

İş Tecrübesi

Yıl	Yer	Pozisyon/görev
02/2022-05/2023	DEMAR ÇEVRE MÜH. DAN. SAN. VE TİC. A.Ş.	Çevre Müh./Çevre Danışmanlığı

Bildiriler

Yıl	Yer	Başlık
02/06/2023	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi XV. Fen Bilimleri Araştırma Sempozyumu	Jeotermal Enerji ve Çevresel Etkileri