



**T. C.**

**ORDU ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORDU İLİ FATSA İLÇESİ JEOTERMAL ENERJİ**  
**POTANSİYELİNİN ISITMA SİSTEMLERİNDE KULLANIMI**

**TUNCAY ŞAHİN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI**

**ORDU 2019**

**T.C.**  
**ORDU ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI**

**ORDU İLİ FATSA İLÇESİ JEOTERMAL ENERJİ  
POTANSİYELİNİN ISITMA SİSTEMLERİNDE KULLANIMI**

**TUNCAY ŞAHİN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORDU 2019**

## TEZ ONAY

Tuncay ŞAHİN tarafından hazırlanan “ORDU İLİ FATSA İLÇESİ JEOTERMAL ENERJİ POTANSİYELİNİN ISITMA SİSTEMLERİNDE KULLANIMI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 17.07.2019 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü YENİLENEBİLİR ENERJİ YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sami GÜLER  
Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü  
Ordu Üniversitesi

İkinci Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi İlhan Volkan ÖNER  
Elektrik ve Enerji Bölümü  
Atatürk Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sami GÜLER  
Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü  
Ordu Üniversitesi

Üye  
Prof. Dr. Tahsin TONKAZ  
Biyosistem Mühendisliği  
Ordu Üniversitesi

Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ATASOY  
Makine Mühendisliği  
Giresun Üniversitesi

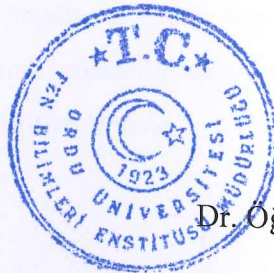
İmza

.....

.....

.....

04 / 09 / 2019 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 06/09 / 2019 tarih ve 2019.. / 572 sayılı kararı ile onaylanmıştır.




Enstitü Müdürü

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sami GÜLER

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



TUNCAY ŞAHİN

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

## ÖZET

### ORDU İLİ FATSA İLÇESİ JEOTERMAL ENERJİ POTANSİYELİNİN ISITMA SİSTEMLERİNDE KULLANIMI

TUNCAY ŞAHİN

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 97 SAYFA

TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ MEHMET SAMİ GÜLER

İKİNCİ TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ İLHAN VOLKAN ÖNER

Jeotermal kelime anlamı olarak; jeo (yer) termal (sıcak), “yer sıcaklığı” anlamına gelir. Jeotermal kaynaklar; artan enerji ihtiyacının karşılanması, fosil yakıtların rezervlerinin giderek azalması, döviz kuru ile beraber gelen maliyet artışları ve olumsuz çevre etkileri nedeniyle konutlarda ısıtma amacıyla kullanımında gün geçtikçe artış görülmektedir. Jeotermal kaynakların ayrıca; sıcak su ve buhar üretiminden insan sağlığına, tarımdan sanayiye, elektrikten kuru buz üretimine, meyve, sebze kurutmaya kadar birçok alanda da kullanılabilirliği bilinmektedir.

Bu çalışmada Ordu İli Fatsa İlçesi Ilıca Mahallesi’nde bulunan, Sarmaşık Kaplıca Termal Otel için sıcak su ihtiyacının ısı pompası ile desteklenme durumu incelenmiştir. Otel termal turizm açısından bölgede yıl boyunca tercih edilmekte olup Karadeniz bölgesinde sahile en yakın termal otel olma özelliğine sahiptir. İnceleme alanımızda sadece bir adet termal kuyu olup; toplam kuyu kapasitesi 0.095395 MWt ve ortalama sıcaklık 48°C’dir. Bu sıcaklık değeri ülkemizde bulunan jeotermal kaynakların %95’i çalışmamızda belirtildiği gibi düşük sıcaklıklı kaynaklardır.

Tezimizin ana amacı düşük sıcaklıklı jeotermal kaynaklar ile ısıtma yapılabileceği konusunda araştırma ve çözüm önerisi sunmaktır. Kullanım sıcak suyu ile ısıtma sisteminin verimli ve ekonomik çalışması için ısı pompası kullanılmıştır. Kaynak debimizin de düşük olması sebebi ile jeotermal kaynağın direkt olarak ısı pompasında kullanılamayacağı belirlenmiştir. Bu sebeple termal havuzlarda gün içerisinde kullanılan havuz suyunun kullanım saatleri dışında boşaltılıp depolanması sağlanmıştır. Bu çalışmada, Jeotermal enerjinin ülkemiz ve dünyadaki yeri, potansiyeli uygulama alanları ve sistem bileşenleri hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Ayrıca, örnek olarak bir jeotermal tesise ait kullanım sıcak su ihtiyacının, jeotermal kaynaklı atık su ısı pompası vasıtasıyla karşılanabilmesi için bir uygulama projesi hazırlanmış olup sistemin ilk yatırım maliyeti ve proje amortisman süreleri diğer enerji kaynakları ile mukayese edilmiştir.

Ülkemiz 2018 yılsonu itibari ile jeotermal kaynakların doğrudan kullanım kapasitesini 8.340 MWt olarak hedeflemektedir. Bu sebeple ülkemizde farklı bölgelerde halen termal kaynak bulunması, yeni yapılacak arama ve sondaj çalışmaları sonucunda mevcut potansiyele eklenmesi, jeotermal enerji kaynağının önemini ve kullanıma yönelik teşviğini artırmış olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Jeotermal Enerji, Atık Su Isı Pompası, Fatsa/Sarmaşık Kaplıcası, İlk Yatırım Maliyeti, Proje Amortisman Süresi.

## ABSTRACT

### THE USE OF GEOTHERMAL ENERGY POTENTIAL IN HEATING SYSTEM IN FATSA, ORDU

TUNCAY ŞAHİN

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

RENEWABLE ENERGY

MASTER THESIS, 97 Pages

SUPERVISOR: ASST.PROF. MEHMET SAMİ GÜLER

CO-SUPERVISOR: ASST.PROF. İLHAN VOLKAN ÖNER

Geothermal as the word meaning; geo (place) therma l(temparature) means place temperature. Geothermal resources have been increasing for purpose of heatin in residential buldings day by day due to the increasing energy demand, the decrease in fossil fuels' reserves, the increase in costs associated with the exchange rate and the adverse environmental effects. Geothermal resources are also known to be used in many areas such as hot water and steam production to human health, agriculture, industry, electricity to dry ice production, fruit, vegetable drying.

In this study, the support of the hot water requirement by heat pump for the Sarmaşık Kaplıca Thermal Hotel located in the Ilıca neighborhood of the Fatsa district of Ordu was investigated. The hotel is preferred throughout the year in terms of thermal tourism and is the closest thermal hotel in the Black Sea region, too. There is only one thermal well in our investigation area; total well capacity is 0.095395 MWt and average temperature is 48°C. This temperature value (95% of the geothermal resources in our country) is low-temperature resources, as stated in our study.

The main aim of our thesis is to provide research and solution suggestion about being able to heat with low temperature geothermal sources. Heat pump is used for efficient and economical operation of domestic hot water and heating system. It is determined that geothermal welding cannot be used directly in the heat pump due to low welding flow rate. For this reason, the pool water used in thermal pools during the day is provided to be discharged and be stored outside the hours of use. In this study, detailed information about geothermal energy in Turkey and in the world, potential application areas and system components are given. In addition, an application project has been prepared in order to meet the usage hot water requirement of a sample geothermal plant by means of geothermal source wastewater heat pump and the initial investment cost and depreciation periods of the system have been compared with other energy sources.

As of the end of 2018, our country targets the direct utilization capacity of geothermal resources as 8.340 MWt. For this reason, the presence of thermal resources in different regions in our country, the addition of the existing potential as a result of new exploration and drilling works, will increase the importance of the geothermal energy source and incentives for use.

**Keywords:** Geothermal Energy, Wastewater Heat Pump, Fatsa / Sarmaşık Spa Initial Investment Cost, Project Depreciation Period.

## TEŞEKKÜR

Tez konunun belirlenmesi, alıőmanın yűrűtűlmesi ve yazımı esnasında baőta danıőman hocam Sayın Dr. Őđr. Őyesi Mehmet Sami GŪLER' e ve tez yazım aőamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Sayın Dr. Őđretim Őyesi İlhan Volkan ŐNER' e teőekkűr ederim.

Aynı zamanda, manevi desteklerini her an űzerimde hissettiđim aileme teőekkűrű bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	I
<b>ÖZET</b> .....	II
<b>ABSTRACT</b> .....	III
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	IV
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	V
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	VII
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	VIII
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	IX
<b>EKLER LİSTESİ</b> .....	X
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1 İnceleme Alanının Konumu.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	2
1.3 Çalışmanın Kapsamı.....	2
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	3
<b>3. GENEL BİLGİLER</b> .....	5
3.1 Jeotermal Kavramlar.....	5
3.1.1 Jeotermal.....	5
3.1.2 Jeotermal Enerji.....	5
3.1.3 Jeotermal Enerjinin Oluşumu.....	7
3.1.4 Jeotermal Kaynak.....	8
3.1.5 Jeotermal Kaynakların Kullanım Alanları.....	11
3.1.5.1 Jeotermal Kaynakların Konut Isıtma Amaçlı Kullanımı.....	12
3.2 Jeotermal Enerji İle Bölgesel Isıtma ve Merkezi Isıtma Sistemleri.....	12
3.2.1 Bölgesel Isıtma Sistemi Tasarım Gereksinimleri.....	21
3.2.2 Bölgesel Isıtma Sisteminde Kullanılan Bileşenler.....	22
3.2.2.1 Jeotermal Su Kaynağı.....	22
3.2.2.2 Jeotermal Isı Taşıma Boruları.....	23
3.2.2.3 Jeotermal Isı Eşanjörleri.....	25
3.2.2.4 Jeotermal Isı Kontrol Birimleri.....	27
3.2.2.5 Jeotermal Bölgesel Isıtma Sisteminde Re-Enjeksiyon.....	28
3.2.2.6 Jeotermal Bölgesel Isıtma Sisteminde Kabuklaşma ve Korozyon.....	28
3.3 Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi.....	33
3.4 Jeotermal Merkezi Kullanım Sıcak Su Sistemi.....	35
3.4.1 Sıcak Su Boyleri.....	35
3.4.1.1 Sıcak Su Boyleri Çeşitleri.....	36
3.4.2 Akümülyasyon Tankı.....	36
3.5. Dünya’ da ve Türkiye’ de Jeotermal Enerjide Güncel Durum.....	37
3.5.1 Dünya’ da Jeotermal Enerji.....	37
3.5.2 Türkiye’ de Jeotermal Enerji.....	41
3.5.3 Türkiye’ nin Dünya Jeotermal Enerjideki Konumu.....	41
3.6 Jeotermal Enerjide Belediyelerin Çalışmaları.....	50
3.7 Ordu İli Fatsa İlçesi Ilıca Sıcak Su Bölgesinde Bulunan Otel Örneği Üzerinde Isıtma Sisteminde Jeotermal Enerji Kullanımının İncelenmesi.....	50
3.7.1 Isıtma Sisteminde Kullanılacak Isı Pompası.....	52
3.7.2 Isı Pompası Çalışma Sistemi.....	52



3.7.3 Isı Pompası Seçim Kriterleri ve Su Kaynaklı Isı Pompası.....	54
3.7.3.1 Isı Pompası Seçim Kriterleri .....	54
3.7.3.2 Isı Pompası Performans Katsayısı (COP) .....	55
3.7.3.3 Yeraltı Suyu Kaynaklı Isı Pompası .....	57
<b>4. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>59</b>
4.1 Materyal .....	59
4.2 Yöntem.....	61
4.2.1 Isı Pompası Seçimi.....	61
<b>5. ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>	<b>65</b>
5.1 Bina Sıcak Kullanım Suyu Depo Kapasitesi ve Isı Pompası Kapasitesinin Belirlenmesi.....	65
5.1.1 Sıcak Kullanım Suyu Depo Kapasitesi .....	65
5.1.2 Sıcak Kullanım Suyu Isı İhtiyacı ve Isı Pompası Kapasitesi .....	66
5.2 Isı Pompası Yakıt ve Yatırım Maliyeti Karşılaştırması .....	66
5.2.1 Yakıt Maliyeti Karşılaştırması .....	66
5.2.2 Yatırım Maliyeti Karşılaştırması.....	67
<b>6. TARTIŞMA ve SONUÇ .....</b>	<b>74</b>
<b>7. KAYNAKLAR .....</b>	<b>76</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>83</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>97</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 Ordu İli Fatsa İlçesi Ilıca Mahallesi, Sarmaşık Jeotermal Alan Haritası.....	1
Şekil 3.1 Jeotermal Enerji Buhar Çıkış Bacaları .....	7
Şekil 3.2 Jeotermal Enerjinin Oluşum Modeli.....	8
Şekil 3.3 Türkiye Jeotermal Kaynaklar Haritası.....	10
Şekil 3.4 Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanım Alanları (Lindal Diyagramı).....	12
Şekil 3.5 Jeotermal Enerjinin Entegre Kullanımı .....	14
Şekil 3.6 Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyelinin Kullanım Olanakları Dağılımı ...	19
Şekil 3.7 Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi Akış Şeması.....	20
Şekil 3.8 Jeotermal Su Kaynağı ve Bölgesel Isıtma Dağıtım Hatları .....	22
Şekil 3.9 Jeotermal Su Taşıma Boruları .....	23
Şekil 3.10 Bölgesel Isıtma Sistemi Şehir Şebeke Dağıtım Hattı .....	25
Şekil 3.11 Bölgesel Isıtma Sisteminde Eşanjörlerin Kullanımı.....	26
Şekil 3.12 Plakalı Isı Eşanjörünün Yapısı.....	27
Şekil 3.13 Jeotermal Sondaj Kuyularında Kalsiyum Karbonat ( $CaCO_3$ ) Kabuklaşması .....	30
Şekil 3.14 Jeotermal Borularda Kalsiyum Karbonat ( $CaCO_3$ ) Kabuklaşması.....	31
Şekil 3.15 Kabuklaşma - Korozyon Oluşan Noktalar.....	32
Şekil 3.16 Kilitli Tip Termostatik Radyatör Vanası ve Montaj Görüntüsü.....	35
Şekil 3.17 Boyler Bağlantı Şeması .....	36
Şekil 3.18 Akümülayon Tankı Bağlantı Şeması .....	37
Şekil 3.19.a İtalya - Larderello Jeotermal Sahaları.....	38
Şekil 3.19.b İzlanda- Reykjavik Jeotermal Sahaları.....	38
Şekil 3.20 Ülke Bazında 2019 Yılı (ocak) Güncel Jeotermal Enerji Kapasitesi .....	41
Şekil 3.21 Son 14 Yıl Dünya Kurulu Güç Kapasitesindeki Artış Grafiği .....	41
Şekil 3.22 Bölgelere Göre Jeotermal Enerji Potansiyeli (MW).....	43
Şekil 3.23 2009-2018 Yılı Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli Değişimi (Doğrudan Kullanım, MWt).....	48
Şekil 3.24 Isı Pompası Çalışma Sistemi .....	54
Şekil 3.25 Ters Carnot Çevrimi ve T-S Diyagramı .....	57
Şekil 4.1 Sarmaşık Kaplıca Termal Otel Mevcut Tesis.....	59
Şekil 4.2.a Sarmaşık Kaplıca Termal Otel İnşaatı.....	60
Şekil 4.2.b Sarmaşık Kaplıca Termal Otelin Son Hali .....	60
Şekil 4.3 Viessmann-Vitocal 300 Debi ve Giriş Suyu Sıcaklığı Verileri .....	62
Şekil 4.4 Nibe Fighter-1330 Debi ve Giriş Suyu Sıcaklığı Verileri .....	62
Şekil 4.5 Berliner W/W-R+22 Debi ve Giriş Suyu Sıcaklığı Verileri.....	63
Şekil 4.6 Restherma IP-SS Debi ve Giriş Suyu Sıcaklığı Verileri .....	63
Şekil 4.7 Bauer-4W50/50 T Debi ve Giriş Suyu Sıcaklığı Verileri.....	64
Şekil 5.1 İlk Yatırım ve Yıllık Yakıt Maliyetleri Grafiği .....	71
Şekil 5.2 Isı Pompası ve Diğer Yakıt Türleri Amortisman Süreleri Grafiği .....	72

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 2.1</b> Çeşitli Derinliklerde Ölçülen Sıcaklık Değerleri.....	4
<b>Çizelge 3.1</b> Isıtma Uygulaması Yapılan Yerleşim Yerleri ve Aktif Isıtılan Konut Sayısı.....	13
<b>Çizelge 3.2</b> Türkiye’ de Tespit Edilen Jeotermal Isıtmaya Uygun Sahalar ve Kuyu Başı Sıcaklıkları.....	16
<b>Çizelge 3.3</b> Bölgesel Isıtma Sisteminde Kullanılan Örnek Jeotermal Boru Teknik Özellikleri.....	24
<b>Çizelge 3.4</b> Kabuklaşma ve Korozyona Yol Açan Kimyasallar.....	31
<b>Çizelge 3.5</b> Dünyadaki Jeotermal Enerji Doğrudan Kullanım Alanları.....	39
<b>Çizelge 3.6</b> Jeotermal Uygulama ve 2018 Tahmini Hedefleri.....	47
<b>Çizelge 3.7</b> Bölgesel Isıtma Yapılan Jeotermal Sahalar.....	50
<b>Çizelge 5.1</b> 60°C Sıcaklıktaki Saatlik Ani Sıcak Su İhtiyacı Değerleri .....	65
<b>Çizelge 5.2</b> Otel Sıhhi Tesisat Cihaz Listesi ve Yük Değerleri.....	65
<b>Çizelge 5.3</b> Isı Pompası İçin Örnek Yakıt Maliyeti.....	66
<b>Çizelge 5.4</b> Isı Pompası ve Diğer Yakıt Türleri İle Tüketim Fiyatı Karşılaştırması .	67
<b>Çizelge 5.5</b> Isı Pompası Kurulum Maliyeti.....	68
<b>Çizelge 5.6</b> Katı Yakıt Kazanı (kömürlü) Kurulum Maliyeti .....	68
<b>Çizelge 5.7</b> Fuel-Oil (sıvı, gaz yakıtlı) Kazanı Kurulum Maliyeti .....	69
<b>Çizelge 5.8</b> LPG’ li Kaskat Duvar Tipi Yoğuşmalı Kazan Kurulum Maliyeti.....	70
<b>Çizelge 5.9</b> Amortisman Süresi İçin Gerekli Değerler (Isı Pompası-Katı Yakıt).....	71
<b>Çizelge 5.10</b> Amortisman Süresi İçin Gerekli Değerler (Isı Pompası-Fuel-Oil).....	75
<b>Çizelge 5.11</b> Amortisman Süresi İçin Gerekli Değerler (Isı Pompası-LPG).....	75

## SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

---

<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>AFJET</b>	: Afyon Jeotermal
<b>A.Ş.</b>	: Anonim Şirketi
<b>°C</b>	: Santigrat Derece
<b>°C/km</b>	: 1 Kilometrede Sıcaklık Kaybı
<b>COP</b>	: Performans Katsayısı
<b>dak</b>	: Dakika
<b>GWh</b>	: GigaWattSaat (Birmilyon kilowattsaat)
<b>HDPE</b>	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
<b>JES</b>	: Jeotermal Enerji Santrali
<b>JMIS</b>	: Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi
<b>KAF</b>	: Kuzey Anadolu Fayı
<b>km</b>	: Kilometre
<b>km<sup>2</sup></b>	: Kilometrekare
<b>kg/m<sup>3</sup></b>	: 1 Metreküp İçerisinde Bulunan Ağırlık (yoğunluk)
<b>l/h</b>	: 1 Saatte Geçen Hacimsel Debi
<b>l/sn</b>	: 1 Saniyede Geçen Hacimsel Debi
<b>LPG</b>	: Likit Petrol Gaz
<b>m</b>	: Metre
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metrekare
<b>m<sup>3</sup></b>	: Metreküp
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>MTA</b>	: Maden Tetkik Arama
<b>MW</b>	: MegaWatt
<b>MWe</b>	: MegaWatt (elektrik)
<b>MWt</b>	: MegaWatt (termal)
<b>N/mm<sup>2</sup></b>	: 1 Milimetrekareye Gelen Kuvvet
<b>q</b>	: Debi
<b>Q</b>	: Isı Kapasitesi
<b>₺</b>	: Türk Lirası Simgesi
<b>T.C.</b>	: Türkiye Cumhuriyeti
<b>Tj</b>	: TeraJoule (10 <sup>12</sup> Joule)
<b>TS</b>	: Türk Standartları
<b>TS EN</b>	: Türk Standartları Avrupa Normu
<b>w/ m<sup>2</sup>K</b>	: Isıl İletkenlik Katsayısı

---

## EKLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>EK 1:</b> Güncel Elektrik Birim Fiyat Tarifesi .....	84
<b>EK 2:</b> Güncel Yakıt Birim Fiyat Tarifesi .....	85
<b>EK 3:</b> Ilıca Termal Otel Isı Pompası Kurulum Maliyeti Keşif Listesi .....	86
<b>EK 4:</b> Ilıca Termal Otel Katı Yakıt Kazanı Kurulum Maliyeti Keşif Listesi.....	88
<b>EK 5:</b> Ilıca Termal Otel Fuel-Oil Kazanı (Sıvı, Gaz Yakıtlı) Kurulum Maliyeti Keşif Listesi .....	90
<b>EK 6:</b> Ilıca Termal Otel LPG'li Kaskat Duvar Tipi Yoğuşmalı Kazan (Sıvı, Gaz Yakıtlı) Kurulum Maliyeti Keşif Listesi .....	92
<b>EK 7:</b> Sarmaşık Termal Otel Mimari Proje Müellifi Muvaffakat İzni .....	94
<b>EK 8:</b> Sarmaşık Termal Otel Mimari Proje Müellifi Muvaffakat Yazısı .....	95
<b>EK 9:</b> Isı Pompası Sıcak Kullanım Suyu Uygulama Projesi (CD, 1 Adet).....	96

## 1. GİRİŞ

Karadeniz Bölgesinde jeotermal potansiyele sahip olan kaynaklardan birisi de Fatsa İlçesi, Ilıca Mahallesi'nde bulunan Sarmaşık Kaplıcasıdır. Bu çalışmada, jeotermal kaynağın jeotermal potansiyeli incelenmiş ve tasarlanan sisteme ait uygulama projesi (Ek 9) hazırlanmıştır. Jeotermal enerjinin, kullanım sıcak suyu sisteminde verimli bir şekilde kullanılabilirliğinin araştırılması, jeotermal enerji hakkında genel ve güncel bilgiler verilerek kapsamlı bir çalışma yapılmıştır.

### 1.1 İnceleme Alanının Konumu

İnceleme alanımız Karadeniz Bölgesi Ordu ili Fatsa ilçesi Ilıca Mahallesi'nde, yaklaşık 50 km<sup>2</sup>' lik bir alanı kapsamaktadır. Bu bölge Fatsa ilçesine yaklaşık olarak 13 km mesafede olup, jeolojik yapısına baktığımızda ise genel olarak engebeli ve dağlık bir araziye sahiptir. Ayrıca kıyı düzlüğünden hemen sonra 150-200 m'ye kadar yükselti uzanmaktadır. Yükseltelerin bitiminden sonra görülen mevcut alan, gittikçe daralan akarsu vadileri ile derin bir şekilde ayrılmıştır (Gültekin ve ark., 2015). 2015 yılında Ramazan Saygılı tarafından hazırlanan Ordu İli haritası üzerinde inceleme alanı bölgesi işaretlenmiş ve Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Ordu İli Fatsa İlçesi Ilıca Mahallesi, Sarmaşık Jeotermal Alan Haritası (Anonim, 2019)

## **1.2 Çalışmanın Amacı**

Jeotermal enerji, ülkemiz gibi jeolojik konumu itibari ile jeotermal kaynakların zengin olduğu ülkelerde yenilenebilir enerji kaynağı olarak artan enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla sürekli olarak araştırılmaktadır. Jeotermal enerji potansiyelinin yoğun olduğu Afyon, Kırşehir, İzmir-Narlıdere ve Balçova şehir merkezleri olmak üzere birçok il ve ilçe merkezlerinde kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu sebeple özellikle yenilenemez enerji kaynaklarından şu an için sürekli olarak dışa bağlı olduğumuz doğalgaza ve diğer fosil yakıtlara göre alternatif olarak bölge, konut ısıtmacılığında yoğun olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmamızda; yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarından biri olan jeotermal kaynağa ilişkin debi ve sıcaklık bilgilerinin güncellenerek, bölgenin jeotermal enerji potansiyelinin araştırılması ve çalışma bölgemizde bulunan mevcut otelin kullanım sıcak su sistemi için projelendirilmesi (Ek 9) yapılarak yenilenemez enerji kaynakları ile enerji ve yatırım maliyeti giderlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Kullanım suyu ısıtması için jeotermal kaynağın debisi düşük olduğundan projemizde ısı pompası kullanılmıştır. Bu çalışma ile dünyada hızla gelişmekte olan jeotermal ısı pompası teknolojisi için teknik bilgi birikimini arttırmak ve ilgililerin bu temiz enerji kaynağına dikkatini çekerek bu konuda yapılacak olan uygulamaların ve projelerin hayata geçirilmesinde öncülük ederek, konu ile ilgili farkındalık oluşturmayı amaçlamaktadır.

## **1.3 Çalışmanın Kapsamı**

Ordu ilimizde bulunan iki jeotermal kaynaktan biri olan Fatsa ilçesi Ilıca Mahallesi'nde bulunan jeotermal kaynağın, potansiyeli ve kullanım sıcak suyu sisteminde ısı pompası kullanılarak uygulaması incelenmiştir.

Jeotermal enerjinin; tükenmezliği, ekolojik dengeyi bozmaması, çevreyi kirletmemesi ve en önemlisi yenilenebilir bir enerji kaynağı olması sebebi ile diğer yenilenemez enerji kaynaklarına karşı ısıtma sisteminde kullanılabilmesi açısından jeotermal enerjiden yararlanmak hem doğayı koruma hemde ülke ekonomisini ayakta tutabilmesi açısından önemli olacağı vurgulanmıştır. Bu çalışmamızda, Fatsa ilçesi Ilıca Mahallesi'nde bulunan mevcut termal otelin kullanım sıcak suyu ısıtması projelendirilerek yeraltı suyu kaynaklı (atık su kaynaklı) ısı pompası sistemi kurularak ve ilave ısıtma sistemi ekipmanları kullanılarak yakıt ve enerji açısından

sağlayacağı avantajlar sunulmuştur. Projelendirilecek olan sistemde, jeotermal kaynak su sıcaklığı ve debisi de göz önünde bulundurulmuş, mevcut su kaynağından temin edilecek olan enerji potansiyelinin otelin kullanım sıcak suyu eldesi için en uygun ve en verimli olacak şekilde sistem seçimi yapılmıştır.

## **2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

İnceleme alanımızda şimdiye kadar yapılan çalışmalar için literatür taraması yapılmış olup, çalışmamızda kullandığımız jeotermal su kaynağının sıcaklığı ve debisi hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Mevcut kaynağın yerine gidilerek incelemelerde bulunulmuş, mevcut su kaynağının güncel değerleri de çalışmamızda sunulmuştur.

Karadeniz Bölgesi' nde bulunan jeotermal kaynaklardan birisi de Ordu İli, Fatsa İlçesi, Ilıca Mahallesi hudutlarında bulunan ve Sarmaşık Kaplıcası olarak bilinen sıcak su kaynağıdır. Sarmaşık Kaplıcası ile ilgili yapılan ilk çalışma İstanbul Üniversitesi, Tıbbi Ekoloji ve Hidro-Klimatoloji Kürsüsü, Türkiye Maden Suları araştırması ile yapılmıştır. Bu çalışma ile Sarmaşık kaplıcası sıcak su kaynağının sıcaklığının 47.5°C sıcaklıkta, debisininin 1.1 l/sn olarak ve tek bir noktadan çıktığı belirtilmiştir (Yenal ve ark.,1976).

1986 yılında MTA Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Sarmaşık Kaplıcası Ilıca-1 Sıcak Su Sondajı Kuyu Bitirme Raporu'nda inceleme alanı içerisinde yapılan sondaj çalışmaları 598 metre de yapılmış olup, yapılan ölçümlerde su sıcaklığının 23°C ve su debisininin 0.05 l/sn olduğu görülmüştür (Tangaç Ö.F., 1986).

1992 yılında MTA Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Sarmaşık Kaplıcası Ilıca-2 Sıcak Su Sondajı Kuyu Bitirme Raporu'nda inceleme alanı içerisinde çeşitli derinliklerde yapılan sondaj çalışmalarında yapılan ölçümlerde, 397.4 metrede su sıcaklığının 49.8°C olduğu görülmüştür (Uzel, 1992). Kuyu içi sondajı sırasında çeşitli derinliklerde görülen sıcaklık değerleri gösterilmiştir (Çizelge 2.1).



**Çizelge 2.1** Çeşitli Derinliklerde Ölçülen Sıcaklık Değerleri

Derinlik-Sıcaklık Değişimi	
Derinlik (m)	Kuyu Dibi Sıcaklığı (°C)
80	28.2
110	31
140	35
250	48.5
397	49.8

MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi'nce 2004 yılında hazırlanan Ilıca Sarmaşık Jeotermal Alanının jeolojisi, jeofizik etütleri ve jeotermal enerji olanakları araştırması kapsamında, jeolojik anlamda güneyde Kuzey Anadolu Fayı (KAF), kuzeyde Karadeniz ile sınırlanan Doğu Pontid Tektonik Birliği'nin en batısında yer alan Ordu İli ve civarının jeotermal potansiyeli ile ilgili veriler elde edebilmek, jeotermal potansiyele sahip sahaların kavramsal jeotermal modeline yaklaşımlar getirebilecek saha verileri üretmek amacıyla prospeksiyon gerçekleştirilmiştir. İnceleme alanı içerisinde Ilıca-Sarmaşık jeotermal alanı geliştirme potansiyeline sahip olması nedeniyle, ağırlıklı çalışma alanı seçilerek, çalışmalar bu alanda yoğunlaştırılmıştır. Sahanın jeotermal olanakları ile ilgili yeni veriler elde edebilmek, sahanın kavramsal jeotermal modeline yaklaşım getirmek ve jeotermal akışkan üretimine yönelik sondaj lokasyonu belirlemek amacıyla veriler üretilmiştir (Üçer ve ark., 2004).

2005 yılında MTA Genel Müdürlüğü'nün yapmış olduğu Türkiye Jeotermal Envanteri çalışmasında Sarmaşık Kaplıca kaynağının su sıcaklığı 48°C, debisi 1.2 l/sn olarak ölçülmüştür. Daha önceden yapılmış olan Sondaj çalışmalarında 23-26°C sıcaklık ve 0.11/sn debi ölçülmüştür. Kaplıca olarak işletilen kurulu ve mevcut bir adet tesis bulunmaktadır. Aynı zamanda Kumru İlçesi Yalnızdam'da ise 27°C sıcaklıkta ve 0.04 l/sn debili kaynak vardır (MTA, 2005).

Gültekin ve arkadaşları yapmış oldukları 'Sarmaşık (Fatsa-Ordu) Kaynağının Rezervuar Sıcaklığının Tayini' adlı çalışmasında su kaynağının 46.2-46.8°C sıcaklığa sahip olduğunu ve farklı mevsimlerde ölçülen değerlerinin değişmediğini belirtmişlerdir (Gültekin ve ark., 2015).

### **3. GENEL BİLGİLER**

Tez çalışmamızda kullandığımız terimlerin, tanımların, ifadelerin konumuza ilişkin bilgilerin daha iyi anlaşılabilmesi için bu bölümde temel kavramlardan bahsedilmiştir.

#### **3.1 Jeotermal Kavramlar**

##### **3.1.1 Jeotermal**

Kelime anlamı olarak Jeotermal; jeo (yer) ve termal (sıcak) kavramları ile yer sıcaklığı anlamına gelmektedir. Jeotermal kaynaklar, yer yüzeyinden yerin iç kısımlarına özellikle de zayıf olan faylar hattınca sızarak ısınan suyun, doğal olarak çıkmasıyla veya sondaj işlemi uygulayarak çıkarılmasıyla oluşur. Yerin derinliklerinden çıkan bu su kaynağı buhar halde ve içerisinde çözünmüş çeşitli kimyasallar bulundurmaktadır (Aydın, 2008).

##### **3.1.2 Jeotermal Enerji**

Jeotermal enerjinin kronolojisine bakıldığında 20. yüzyılda artan enerji ihtiyacını karşılamak üzere ilk jeotermal elektrik üretimi 1904 yılında denenmiş ve 1911 yılında da İtalya'nın Larderello Bölgesi'nde dünyanın ilk ticari elektrik üretim santrali kurulmuştur. Ayrıca, jeotermal elektrik üretimi ile ilgili Amerika Geyser'lerde ve Japonya Beppu'da deneysel üretimler şeklinde ancak yer almıştır. İtalya'daki jeotermal elektrik santrali, 1958 yılına kadar dünyanın tek endüstriyel üreticisi olarak bilinmektedir. Yeni Zelanda'da ki Wairakei İstasyonu, 1958 yılında İtalya'dan sonra en büyük ikinci endüstriyel üretici konumuna gelmiştir. İlk jeotermal elektrik santrali, 1960'lı yıllarda Kaliforniya'da Geyser'lerde kurulmuştur. 1967 yılında iki elemanlı çevrim santrali ilk Rusya'da kurulmuştur. 1981 yılında bu teknoloji Amerika'ya da gelmiştir. Tüm bu gelişmelerden sonra Alaska Chena Hot Springs Bölgesinde, 2006 yılında düşük sıcaklıklı olarak 570°C' de elektrik üretimi sağlanmıştır (Çentez, 2012).

Jeotermal enerji ile ilgili bugüne kadar birçok tanımlama yapılmıştır. Jeotermal enerjinin diğer özelliklerini de katarak yapılan tanımlamalardan genel olarak bahsederek;

Jeotermal enerji temel hatlarıyla yeraltında bulunan ve bazı alanlarda sondaj yoluyla yeryüzüne çıkan, bazı alanlarda da kırık ve çatlakları kullanarak doğal olarak

yeryüzüne çıkan, buharın veya bu sıcak suyun insan sağlığı, tarımdan sanayiye, elektrikten ısıtmaya kadar geniş kullanım alanına sahip olduğu, içerisinde çözünmüş halde mineral ve kimyasallar ihtiva eden bir enerji olarak bilinmektedir (Anonim, 2018).

1973 yılında Alpen tarafından ifade edilen tanımda, 'Jeotermal enerji yerküre içerisinde oluşarak ve yer yüzeyine ısı artışı şeklinde gelen, uzaya radyasyon şeklinde yayılan bir enerjidir' demiştir.

1987 yılında Erişen tarafından ifade edilen tanımda, 'Jeotermal enerji, yerkabuğunun ulaşılabilir derinliklerinde olağan dışı olarak birikmiş olan ısının doğrudan ya da başka enerji türlerine dönüştürülerek ekonomik olarak yararlanabilen şeklidir' demiştir.

1996 yılında Mertoğlu tarafından ifade edilen tanımda, 'Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan, çevresindeki normal yer altı ve yer üstü sularına göre daha fazla gaz, erimiş mineraller ve çeşitli tuzlar içerebilen, basınç altındaki buhar ve sıcak su' olarak tanımlanabilir. Ayrıca, herhangi bir akışkan ihtiva etmemesine rağmen bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanılan, yerin derinliklerindeki sıcak kuru kayalar da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilebilir. Jeotermal enerji bu şekilde doğrudan veya dolaylı olarak her şekilde faydalanmayı kapsamaktadır' demiştir.

1998 yılında Demirel tarafından ifade edilen tanımda, 'Yerkabuğu içindeki buhar, yüksek sıcaklıktaki su ve karışımında ortaya çıkan bu enerji jeotermal enerji olarak adlandırılır ve bir başka deyişle; 'Yerkabuğunun ulaşılabilir derinliklerinde olağandışı olarak birikmiş ısı potansiyelinin ekonomik olarak faydalanılabilen şeklidir' demiştir.

Jeotermal enerji; yer altındaki birikmiş ısının oluşturduğu, sürekli olarak sıcaklığı 20°C' den fazla ve çevresindeki normal yeraltı ve yer üstü sulara oranla daha çeşitli gazlar, çeşitli tuzlar ile mineraller içerebilen, ısıtmada, elektrik üretiminde, çeşitli sanayi tesislerinde, soğutma işlemlerinde, enerji hammaddesi olarak kullanılan, sağlık ve turizm amacıyla da yararlanılabilen, kimyasal madde üretimine elverişli olabilen ayrıca basınç altındaki buhar (akışkan) ve sıcak su ile

devamlı yüzeye taşınan ısı enerjisi olarak tanımlanır (Öztürk ve ark., 2010). Şekil 3.1’de örnek jeotermal enerji buhar çıkış bacaları gösterilmiştir.



**Şekil 3.1** Jeotermal Enerji Buhar Çıkış Bacaları (Anonim, 2019)

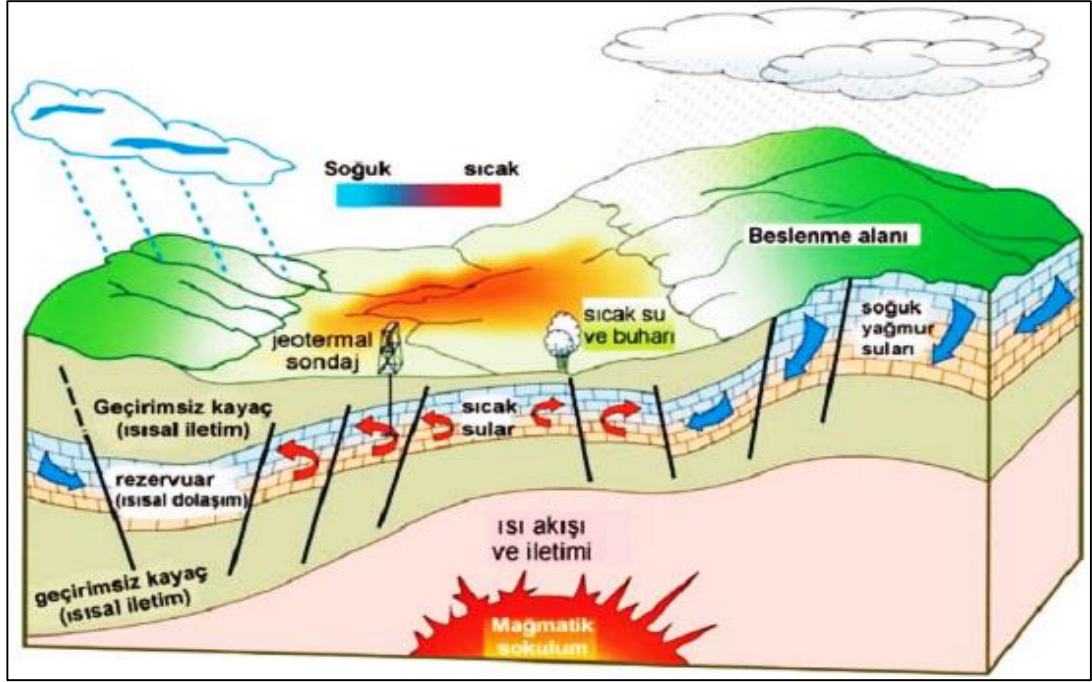
Jeotermal enerji yenilenebilir enerji kaynakları içinde; yenilenebilirliği ve tükenmezliği sebebiyle ayrı bir önem taşımaktadır. Ülkemizde farklı bölgelerde fazla miktarda termal kaynak bulunması sebebi ile her geçen gün yapılan arama ve sondaj çalışmaları sonucunda yeni kaynakların ilave edilerek mevcut potansiyele eklenmesi jeotermal enerji kaynağının önemini ve kullanıma yönelik teşviğini artırmaktadır.

### **3.1.3 Jeotermal Enerjinin Oluşumu**

Yerkabuğunun derinliklerinden gelen Jeotermal enerji, yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır. Yeryüzüne yakın derinliklere ısı taşınması, termal kondüksiyon ve eriyik haldeki magmanın etkisi ile meydana gelmektedir. Böylece, anormal derecede ısınmış bölgelerdeki yer altı suları, hidrotermal kaynaklar olarak buhar çıkışları veya sıcak su şeklinde yeryüzünde görülmektedir. Yerkabuğu içindeki bir iç enerjinin sonucu şeklinde görülen jeotermal enerji; yerkürenin yüzeye yakın kısımlarında geçirimli kayalarda ve gözenekli ortamlarda hidrolik konveksiyon ile kontrol edilir. (Havuz, 2012). Jeotermal enerjinin oluşum modeli Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Jeotermal alanlarda suyun yeryüzüne çıkması, kayalar arasındaki çatlaklar ile meydana gelir. Bu çatlaklarla yeryüzünden yeraltına doğru inen su, ısınmaya

başlar. Ayrıca, yeraltındaki yüksek basınç nedeniyle 100°C sıcaklıkta dahi sıvı halde kalabilen suyun 3.000 metre derinlikteki kaynama noktası 600°C'dir. Sondaj yapılarak yeryüzüne çıkartılan suyun basıncı azaldığı için kaynama noktası düşer ve bir süre sonra su kaynamaya başlar. Kaynama ile açığa çıkan su buharı genişir ve kalan suyu yüzeye doğru çeker. Yapılan sondaj işlemlerinde genellikle su debisi yüksek ise pompalama tesisatına gerek duyulmaz (Anonim, 2018).



Şekil 3.2 Jeotermal Enerjinin Oluşum Modeli (Anonim, 2019)

### 3.1.4 Jeotermal Kaynak

Jeotermal kaynak; arazi jeolojik yapısına istinaden yer kabuğu ısısının sebebiyle sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik yıllık ortalama sıcaklığın üzerinde olan, etrafındaki sulara göre daha fazla miktarda gaz ve erimiş madde içerebilen, doğal yolla çıkan veya çıkarılan su, buhar ve gazlar ile yeraltına gönderilerek (re-enjeksiyon) kızgın kuru kayaların ısısı veya yer kabuğu ile ısıtılarak su, buhar ve gazların elde edildiği alanları ifade etmektedir (Anonim, 2007).

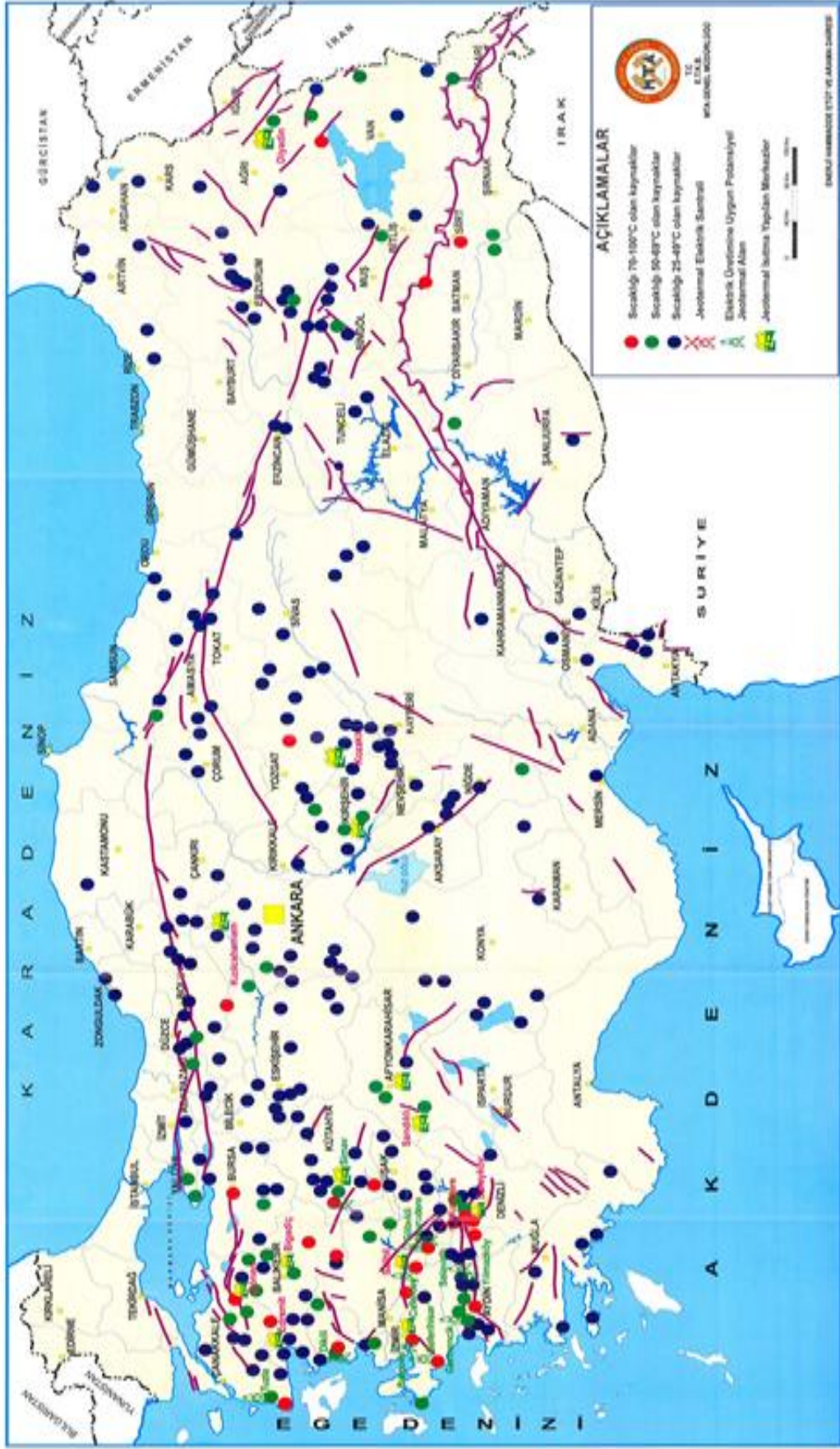
Isı, plaka sınırları ve plaka içi gibi bazı jeolojik ortamlarda, yer kabuğunun birkaç kilometresinde sıcak kayaktan konveksiyonla veya magma ile lokal olarak yayılmaktadır. Uygun jeolojik koşullar meydana geldiğinde ısı hapsolarak sıcak rezervuarı oluşturmaktadır. Birkaç yüz metrelik sondaj yapıldıktan sonra 200-300°C

sıcaklık değerlerinin gözlemlendiği bölgeler, jeotermal enerjinin kullanılması için uygun sahalardır (Gupta ve Roy, 2007).

Son yıllarda yapılan yoğun uygulamalar nedeniyle, ülkemizde jeotermal enerji kullanımını hızlı bir artışla yaygınlaştırmaktadır. Jeotermal kaynaklardan ülkemizde faydalanma ve kullanım olanakları beş ana başlık halinde aşağıda listelenmiştir (Akkuş ve Alan, 2016).

- Endüstriyel uygulamalar,
- Elektrik üretimi,
- Tarımsal kurutma,
- Termal turizm ve balneoloji,
- Konut, sera, termal tesis ısıtması vb.

Jeotermal kuyulardaki sıcaklık dağılımına bakıldığında ülkemizin batı bölümünde 100-250°C sıcaklıktaki kuyular, doğu ve orta bölgelerde ise 40-100°C sıcaklıktaki kuyular bulunmaktadır. Bölgelere göre ülkemizin jeotermal enerji potansiyeli incelendiğinde ise %67 bir oran ile Ege Bölgesi birinci sırada yer alırken, %2'lik bir oran ile Karadeniz Bölgesi' nin daha düşük bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Türkiye Jeotermal Kaynaklar Haritası (Anonim, 2019)

### 3.1.5 Jeotermal Kaynakların Kullanım Alanları

Günümüzde jeotermal enerjiden Türkiye’de birçok alanda yararlanılmaktadır. Jeotermal enerji kaynağı sürdürülebilir, çevreyi kirletmeyen ve yenilenebilir özellikleriyle oldukça önemli bir avantaj sunmaktadır. Jeotermal kaynakların su sıcaklıklarına göre geniş bir alanda kullanım olanağı bulunmaktadır. Jeotermal enerji kaynakları sıcaklıklarına bağlı olarak düşük, orta ve yüksek sıcaklıklara sahip sahalara olmak üzere üçe ayrılır. Başta elektrik üretimi olmak üzere, orta ve düşük sıcaklıklı sahalardan ( $<150^{\circ}\text{C}$ ) üretilen jeotermal akışkan doğrudan kullanım olarak; kerestecilik, yiyecek kurutulması, dericilik ve soğutma tesislerinde, kâğıt ve dokuma sanayi olmak üzere endüstriyel uygulamalarda, konut, sera, tarımsal kullanımlar gibi ısıtmacılık uygulamasında; kültür balıkçılığı, amonyum bikarbonat, termal turizm-tedavi, ağır su ve akışkandaki  $\text{CO}_2$ ’den kuru buz üretilmesi gibi kimyasal madde üretiminde de kullanılmaktadır (Çetin, 2014).

$150^{\circ}\text{C}$ ’den yüksek sıcaklıktaki jeotermal kaynakların en önemli kullanım alanı elektrik üretimidir. Jeotermal akışkanın farklı sıcaklık değerlerine bağlı olarak kullanım alanları Lindal Diyagramı’nda (Şekil 3.4) gösterilmektedir (Lindal, 1973). Çok düşük sıcaklıklarda bulunan, yani  $60^{\circ}\text{C}$ ’nin altında bulunan sıcaklık değerlerinde ise ısı pompaları yardımı ile ısıtma ve soğutmada faydalanılabilmektedir. Jeotermal akışkanın sıcaklığına göre kullanım alanları Şekil 3.4’te gösterilmiş olup 1973 yılında B. Lindal tarafından yapılan ‘Industrial and other applications of geothermal energy’ adlı çalışmadan tercüme edilerek düzenlenmiştir.





Şekil 3.4 Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanım Alanları (Lindal, 1973)

### 3.1.5.1 Jeotermal Kaynakların Konut Isıtma Amaçlı Kullanımı

Günümüzde bakıldığında sanayileşme ve buna bağlı olarak nüfus artışı ile beraber enerji tüketimi de hızla artmakta ve gerekli enerji ihtiyacı da ülkemizin mevcut kaynaklarıyla karşılanamamaktadır. Bu sebeple, mevcut enerji potansiyelimizden daha etkin bir biçimde faydalanmak dahada önemli bir hale gelmektedir. Ülkemizdeki enerjiye olan talebin karşılanması için, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması faydalı olacaktır. Ülkemizin, yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan jeotermal enerji potansiyeli bakımından, Alp Himalaya kuşağı üzerinde bulunması nedeniyle oldukça yüksek bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Ülkemizde, 2016 yılı verilerine göre jeotermal enerji ile 15 yerleşim biriminde yaklaşık 100.000 konut ve 1.200 dönüm sera alanı jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Ülkemiz jeotermal enerji potansiyeli dikkate alındığında konut ısıtmacılığında jeotermal enerji kullanımının yaygınlaştırılması ülke ekonomisi için önemli bir yere sahip olacaktır (Kozak, 2016).

Ülkemizde bulunan jeotermal sahaların %55'i gibi önemli bir bölümü konut ısıtmasına uygun sıcaklığa sahiptir. Konut ısıtmacılığına uygun 50°C sıcaklık ve bu değerlerin altında yaklaşık 80'in üstünde saha olduğu bilinmektedir. Jeotermal enerji

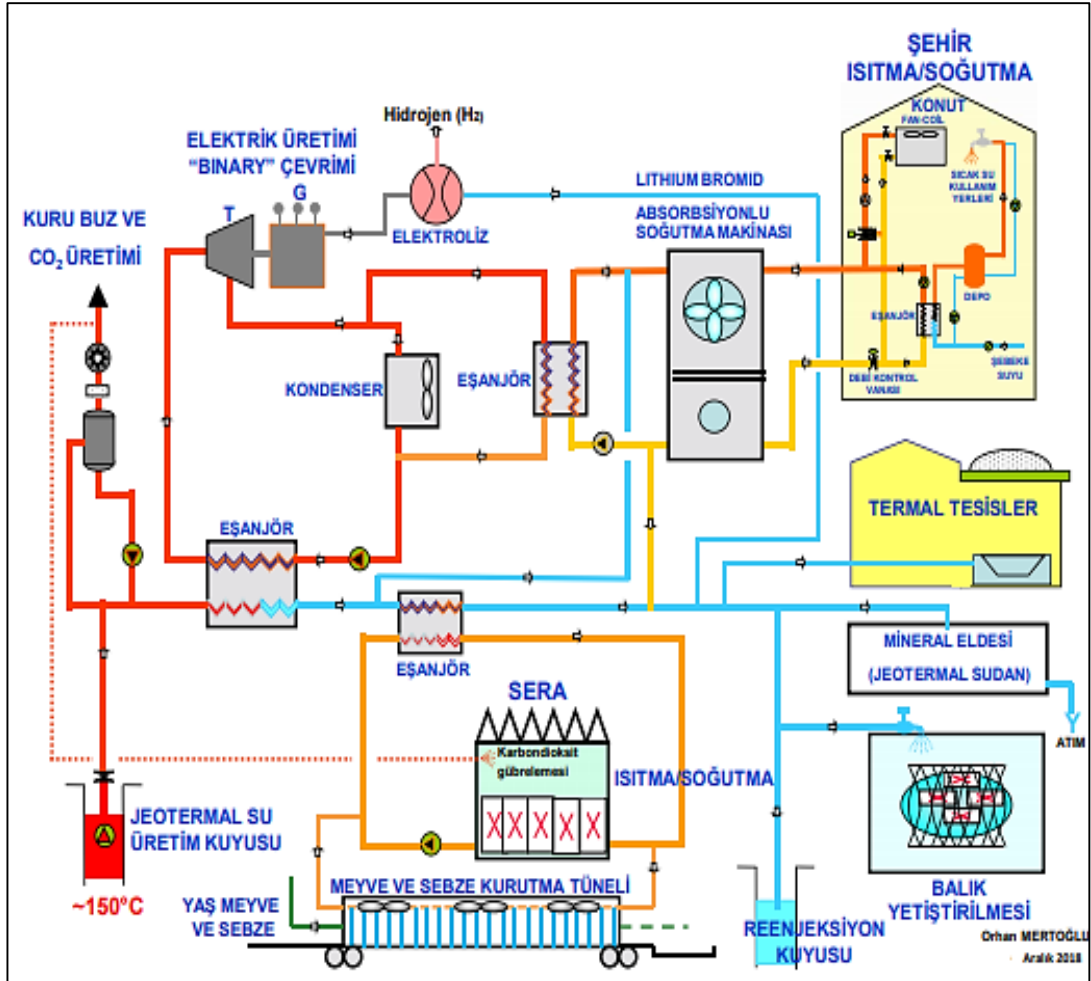
ile Simav (Kütahya), Gönen (Balıkesir), Balçova (İzmir), Kızılcahamam (Ankara), Afyon, Sandıklı (Afyon), Bigadiç (Balıkesir), Kozaklı (Nevşehir), Kırşehir, Edremit (Balıkesir), Sarayköy (Denizli), Salihli (Manisa) ve Diyadin (Ağrı) da konut ısıtılması yapılmaktadır. Bununla birlikte, Balçova (İzmir) termal tesisleri ile tedavi merkezi, Simav Eynal'da kaplıca tesisleri ve Üniversite kampüsü, Afyonda kent ısıtmacılığı, Kızılcahamam'da kaplıca tesis ve otelleri, Oruçoğlu ve Hayat turistik tesisleri, Afyon- Ömer'de kaplıca tesisleri, otel ve moteller, Ayder'de kaplıca tesisleri, Gediz'de kaplıca tesisleri, Salihli kaplıca motelleri, Havza'da kaplıca tesisleri ve otelleri jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Çeşme, Salihli, Sındırgı ve Dikili' de ise yine merkezi ısıtma sistemi için çalışmalar devam etmektedir. Bu yerleşim alanları dışında ülkemizin birçok yerinde küçük çaplı bina ve sera ısıtmaları da yapılmaktadır (Uluşahin, 2009). Çizelge 3.1'de belirtilen 19 yerleşim birimindeki ısıtma sisteminde jeotermal akışkan kullanılarak yaklaşık 115.000 konut merkezi sistem ile ısıtılması yapılmaktadır. Bunun dışında; Hatay-Kumlu Termal Tesisleri 37°C sıcaklık ile Afyon-Oruçoğlu Termal Resort tesisleri 48°C sıcaklık ile yerden ısıtma yapılmaktadır. Bolu-Karacasu Termal Tesisleri 44°C ile Haymana'da 45°C jeotermal akışkanla tabandan Cami ısıtması, Sivas-Sıcak Çermik Kaplıcaları 46°C ile Samsun-Havza Termal Tesisleri 54°C ile Rize-Ayder Kür Merkezi 55°C sıcaklık ile jeotermal akışkanla bina ısıtılması yapılmaktadır (Akkuş ve Alan, 2016).

**Çizelge 3.1** Isıtma Uygulaması Yapılan Yerleşim Yerleri ve Aktif Isıtılan Konut Sayısı (Akkuş ve Alan, 2016)

Alan Adı	Sıcaklık °C	Konut Sayısı	Alan Adı	Sıcaklık °C	Konut Sayısı
Kütahya-Simav	167	2.500	İzmir-Dikili	99	2.500
Balıkesir-Gönen	80	8.830	Nevşehir-Kozaklı	90	3.000
İzmir-Balçova-Narlıdere	125-145	2.500	Ağrı-Diyadin	70	690
Ankara-Kızılcahamam	80	36.000	Manisa-Salihli	94	7.292
Kırşehir-Terme	57	11.500	Balıkesir-Bigadiç	96	1.950
Afyon-Sandıklı	70	1.800	Denizli-Sarayköy	140	2.500
Balıkesir-Güre	55	24.600	Balıkesir-Edremit	60	4.881
Afyon-Ömer-Gercek	95	1.200	Yozgat-Surgun	80	150
Afyon-Gazlıgöl	74	450	Afyon-Heybeli	56.5	374
İzmir Bergama	60	500			
<b>TOPLAM</b>					<b>113.217</b>

Jeotermal kaynaklardan; konut ısıtma, elektrik enerjisi üretme, tropikal bitki yetiştirme, sera ısıtma, toprak ve cadde ısıtma, kent ısıtma ve sıcak su sağlama, yüzme havuzu ve fizik tedavi ısıtma, havaalanı pistlerini ısıtma, konservecilikte, yiyeceklerin kurutulmasında ve sterilize edilmesinde, damıtma ve mayalama gibi

çeşitli endüstriyel kullanımlarda, kağıt, dokuma ve boyamacılıkta, kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayinde, endüstrilerde soğutma tesislerinde, derilerin kurutulması ve işlenmesinde, soğutarak içme suyu kullanımında, sağlık amaçlı kaplıca (balneoloji)larda ve yıkama amaçlı olarakla çamaşırhanelerde kullanılmaktadır (Erkul, 2012). Şekil 3.5’de Jeotermal enerjinin yukarıda bahsedilen ısıtma sistemi ve diğer alanlarda entegre kullanım modeli gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Jeotermal Enerjinin Entegre Kullanımı (Mertoğlu, 2019)

Çalışmamızda örnek bir otel için merkezi kullanım sıcak suyu sistemi tasarlanmış ilk yatırım ve yakıt maliyetleri açısından karşılaştırılması sunulmuştur. Özellikle bu şekilde bölgesel ve kent ısıtması ile ilgili son yıllarda jeotermal kaynak potansiyelinin fazla olduğu yerlerde yoğun olarak uygulamalar devam etmektedir. Türkiye’ nin jeotermal kaynaklarının tamamı kullanılarak 2018 yılı verileri göz önünde bulundurulursa ısıtma için harcanacak enerjinin %70’ini karşılayabileceği düşünülmektedir. Bu sebeple jeotermal enerjiye gereken destek ve teşvikin verilmesi

gerektiği düşünölmektedir. Jeotermal enerjinin kullanım şekli akışkanın tipine ve özellikle de akışkanın sıcaklığına bağlıdır. Jeotermal akışkanın sıcaklığı arttıka kullanım çeşitliliği de artmaktadır (Düzağaç, 2015). Jeotermal enerji kullanılarak yapılan ısıtma sistemleri diğer ısıtma sistemlerine göre bir farklılık göstermezler. Eğer mevcut bir konuttaki bileşenler farklı tasarım parametrelerine göre seçilmiş ise jeotermal akışkanla çalışmaya başlandığında, sıcaklık ve debideki farklılıklar sistem performansını etkileyebilir. Sıcak sulu ısıtma sistemlerinde suyun ısıtıcıya giriş ve çıkış sıcaklıkları 90°C/70°C kabul edilerek 20°C'lik bir sıcaklık farkına göre hesapları yapılmaktadır (İlken, 2001).

Jeotermal enerji kullanılarak yapılan ısıtma sistemleri ile kamu binalarının, konutların ısıtılmasında katı yakıt kullanım kültüründen kaloriferli sisteme ve merkezi ısıtma sistemine geçiş yapılmaktadır. Kullanıcıların daha konforlu ısınması, çevre kirliliği engellenerek temiz hava ve sağlıklı bir yaşam olanağı sunulur. Isıtma sisteminde jeotermal enerjinin kullanılması bu şekilde fosil yakıt ihtiyacının ortadan kalkmasına, yenilenebilir enerji olduğu için dışa bağımlılığın azalmasına, ayrıca işletme gideri olarak ekonomik açıdan elverişli, yüksek verimli, kullanım çeşitliliği olması yönünden binaların ısıtılmasında da büyük avantaj sağlamaktadır. 40°C'nin üzerindeki jeotermal sularla konutların ısıtılabil-diği (debi değerlerinin uygun olması şartı ile) ve bunun dünyada birçok örnekleri olduğu dikkate alınarak, ölkemizde yaklaşık olarak 5 milyon konutun jeotermal kaynaklardan faydalanılarak ısıtılabil-eceği öngörölmektedir.

Türkiye' de tespit edilen jeotermal ısıtmaya uygun sahalar ve kuyu başı sıcaklıkları Çizelge 3.2'de gösterilmiş olup halen aynı sıcaklıklarda işletmeye devam edilmektedir (Yılmaz, 1999).

Sıcaklığı 30-60°C arasında değişen jeotermal su, konutların ısıtılmasında kullanılabileceği ileri sürölmektedir. Daha düşük sıcaklıklara sahip jeotermal kaynaklardan yararlanmanın diğer bir yöntemi ısı pompalarıdır. Isı pompası 30-50°C'lerdeki ve debisi düşük olan jeotermal suyun sıcaklığını ekonomik olarak yükselttiğinden önemli bir etken olmaktadır.

Bu yöntemle jeotermal suyun sıcaklığı 44-50°C arasında yükseltilirken, en fazla elde edilen sıcaklık derecesi 110°C olmuştur. Jeotermal sahaların üzerinde

kurulu olan ısıtma amaçlı kullanılan merkezi ısıtma sistemlerinin toplam kapasitesi 23.000 konut ısıtılma kapasitesinde olup yaklaşık 130.000 konut ısıtma sistemi projelendirilmiştir (Olcay, 2012).

**Çizelge 3.2** Türkiye’ de Tespit Edilen Jeotermal Isıtmaya Uygun Sahalar ve Kuyu Başı Sıcaklıkları

<b>Jeotermal Saha</b>					
<sup>1</sup> Jeotermal Saha Adedi	<sup>1</sup> Jeotermal Saha Adı	<sup>1</sup> Bulunduğu İl	<sup>1</sup> Sıcaklık (°C)	<sup>2</sup> Debi q (l/s)	<sup>3</sup> Kapasite Q (MWt)
1	Ömer - Hecek	Afyon	98	818.0	232.730816
2	Arap Deresi	Afyon	75	0.0	0.0
3	Heybeli	Afyon	57	150.0	16.9452
4	Gazlıgöl-Hidai	Afyon	67	14.0	2.167312
1	Diyadin, Köprüçermik, Yılanlı	Ağrı	71	561.0	96.236184
1	Kızılcahamam	Ankara	86	92.0	21.555968
2	Haymana, Seyhamamı	Ankara	43	3.7	0.2012504
3	Dutluca, Hayaş- Çoban	Ankara	51	0.0	0.0
4	Ayaş	Ankara	30	17.0	0.0
1	Germencik	Aydın	232	1515.0	1.280,42952
2	Bozköy	Aydın	90	2.0	0.50208
3	Salavatlı	Aydın	171	731.0	431.249064
4	Davutlar	Aydın	65	0.0	0.0
5	Ortakçı	Aydın	50	0.3	0.025104
1	Gönen	Balıkesir	82	83.0	18.058144
2	Hisaralan	Balıkesir	100	176.0	51.54688
3	Hisarköy	Balıkesir	90	103.0	25.85712
5	Pamukçu, Keperler, Havran- Derman, Güre, Şamdağlı	Balıkesir	60	15.0	1.8828
1	Yıldız	Balıkesir	66	65.0	9.79056
1	Hasköy	Bingöl	34	1.0	0.016736
2	Harhur	Bingöl	49	0.3	0.0238488
1	Nemrut	Bitlis	66	0.0	0.0
2	Germap	Bitlis	40	0.1	0.004184
1	Merkez, Efteni	Bolu	44	10.0	0.58576
2	Sarıot	Bolu	63	0.8	0.1104576
3	Kesenözü, Seben	Bolu	73	7	1.259384
1	Çekirge, Kemalpaşa	Bursa	47	21	1.493688
4	Oylat	Bursa	40	50	2.092

**Çizelge 3.2** Türkiye’ de Tespit Edilen Jeotermal Isıtmaya Uygun Sahalar ve Kuyu Başlı Sıcaklıkları (devamı)

<sup>1</sup> Jeotermal Saha Adedi	<sup>1</sup> Jeotermal Saha Adı	<sup>1</sup> Bulunduğu İl	<sup>1</sup> Sıcaklık (°C)	<sup>2</sup> Debi q (l/s)	<sup>3</sup> Kapasite Q (Mwt)
2	Kestanbol	Çanakkale	75	25.0	4.707
3	Hıdırlar	Çanakkale	81	3.2	0.6828288
4	Kum Ilıcası, Yenice	Çanakkale	69	3.2	0.5221632
5	Ozakcık	Çanakkale	65	0.0	0.0
6	Kırkgeçit	Çanakkale	52	0.0	0.0
7	Kara, Çan	Çanakkale	48	0.0	0.0
1	Çavundur	Çankırı	54	0.0	0.0
1	Kızıldere	Denizli	212	250.0	190.372
2	Tekkehamamı, Kabağağaç, Uyuz, İnaltı Uyuz, Demirtaş	Denizli	100	27.0	7.90776
3	Gölemezli	Denizli	70	340.0	56.9024
4	Pamukkale	Denizli	36	385.0	9.66504
1	Çermik	Diyarbakır	51	21.0	1.845144
1	Ilıca, Pasinler	Erzurum	39	380.0	14.30928
2	Tekman - Meman	Erzurum	46	3.0	0.200832
1	Sarıcakaya, Sakarılıca	Eskişehir	56	16.0	1.740544
1	Balçova	İzmir	124	536.0	210.806656
2	Seferhisar, Cuma, Karakoç, Doğanbey Tuzlası	İzmir	153	264.0	135.862848
3	Ilıca Burnu	İzmir	57	10.0	1.12968
4	Dikili	İzmir	120	250.0	94.14
5	Bergama	İzmir	73	35.0	6.29692
7	Nebileri Aliğa	İzmir	96	80.0	22.09152
8	Bayındır, Derköy, Şifne, Paşa	İzmir	43	12.0	0.652704
1	Terme, Karakurt	Kırşehir	57	688.0	77.721984
2	Mahmutlu-Küçükhamam	Kırşehir	70	2.0	0.33472
3	Bulamaçlı	Kırşehir	44	5.0	0.29288
1	Eynal-Simav-	Kütahya	147	476.0	233.015328
2	Çitgöl	Kütahya	52	2.0	
5	Naşa	Kütahya	52	2.0	0.184096
	Yoncalı, Murat Dağı, Dereli, Günlüce, Kızılsın(İlıcaköy)	Kütahya	43	3.0	0.163176

**Çizelge 3.2** Türkiye’ de Tespit Edilen Jeotermal Isıtmaya Uygun Sahalar ve Kuyu Başlı Sıcaklıkları (devamı)

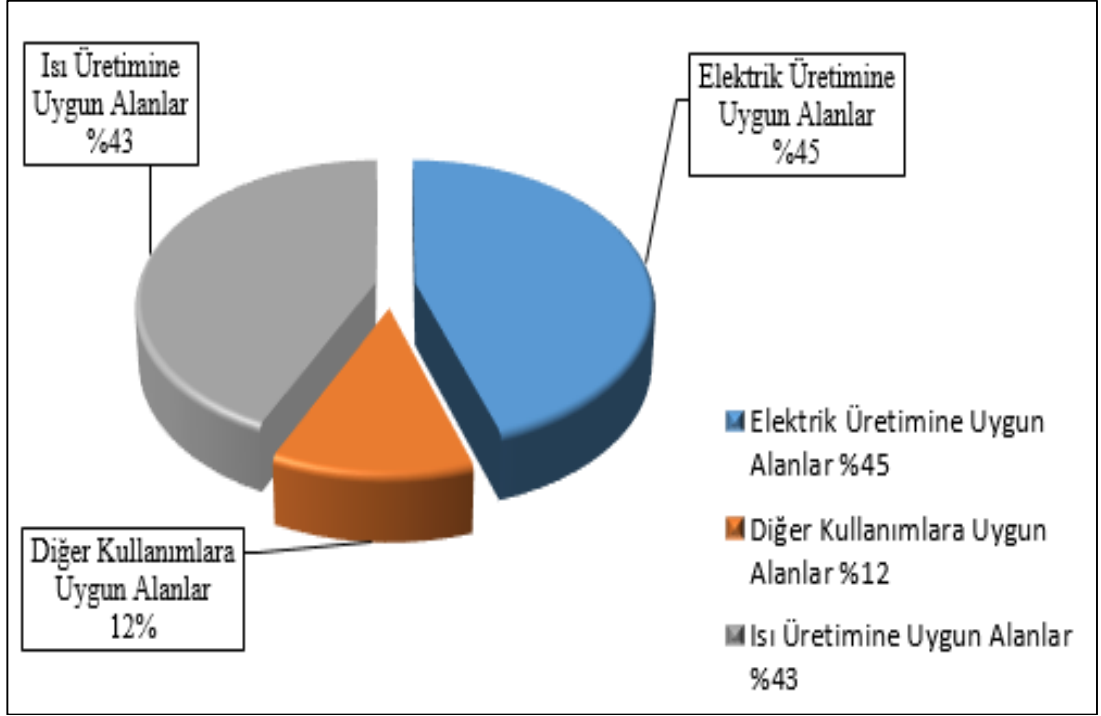
<sup>1</sup> Jeotermal Saha Adedi	<sup>1</sup> Jeotermal Saha Adı	<sup>1</sup> Bulunduğu İl	<sup>1</sup> Sıcaklık (°C)	<sup>2</sup> Debi q (l/s)	<sup>3</sup> Kapasite Q (MWt)
6	Emet, Samrık, Yeniceköy, Hamamköy	Kütahya	48	2.0	0.150624
1	Kurşunlu-Salihli	Manisa	104	150.0	46.4424
2	Urganlı	Manisa	83	225.0	49.8942
3	Caferbeyli	Manisa	155	7.0	3.661
4	Köprübaşı - Saraycık	Manisa	71	67.0	11.493448
5	Menteşe	Manisa	57	2.0	0.225936
1	Kozaklı	Nevşehir	91	247.0	63.040328
1	Narköy	Niğde	63	51.0	7.041672
2	Çiftehane	Niğde	52	4.0	0.368192
1	Fatsa - Ilıca (Sarmaşık)	Ordu	48	1.2	0.0953952
1	Ayder	Rize	54	42.0	4.217472
1	Süleymanlı	K.Maraş	44	175.0	10.2508
1	Germiab	Mardin	61	1.5	0,194556
1	Kuzuluk	Sakarya	84	271.0	61.228656
1	Havza	Samsun	54	144.0	14.459904
1	Sıcakçermik	Sivas	48	832.0	62.659584
1	Reşadiye	Tokat	48	30.0	2.25936
1	Karaali	Ş.Urfa	48	155.0	11.67336
1	Banaz	Uşak	61	114.0	14.786256
1	Erciş / Zilan	Van	90	66.0	16.56864
1	Köhne (Sorgun)	Yozgat	68	29.0	4.610768
2	Cavlak (Boğazlıyan), Sarıkaya	Yozgat	46	20.0	1.33888

<sup>1</sup> Yılmaz, Ö. 1999. Jeotermal Enerji ve Afyon’da Kullanımı. Afyon Kocatepe Üniversitesi Basım Yayın Merkezi, 2001, Afyon, 40/49.

<sup>2</sup> Başel Korkmaz, E.D., 2010. Türkiye jeotermal enerji potansiyelinin araştırılması. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

<sup>3</sup>  $Q_{exp} = w_{max} \times \Delta t \times 0.004184$  şeklinde maksimum debi ve sıcaklık farkı öngörülerek hesaplanmıştır.

Ülkemizin toplam Jeotermal Enerji potansiyeli incelendiğinde, bu potansiyelin yaklaşık %43'ünün ısıtmaya uygun sahaların oluşturduğunu görülmektedir. %45 lik dilimin elektrik üretimine uygun olduğu ve geri kalan %12'lik dilimin de diğer kullanımlara uygun alanlar olduğu görülmektedir (Şekil 3.6).

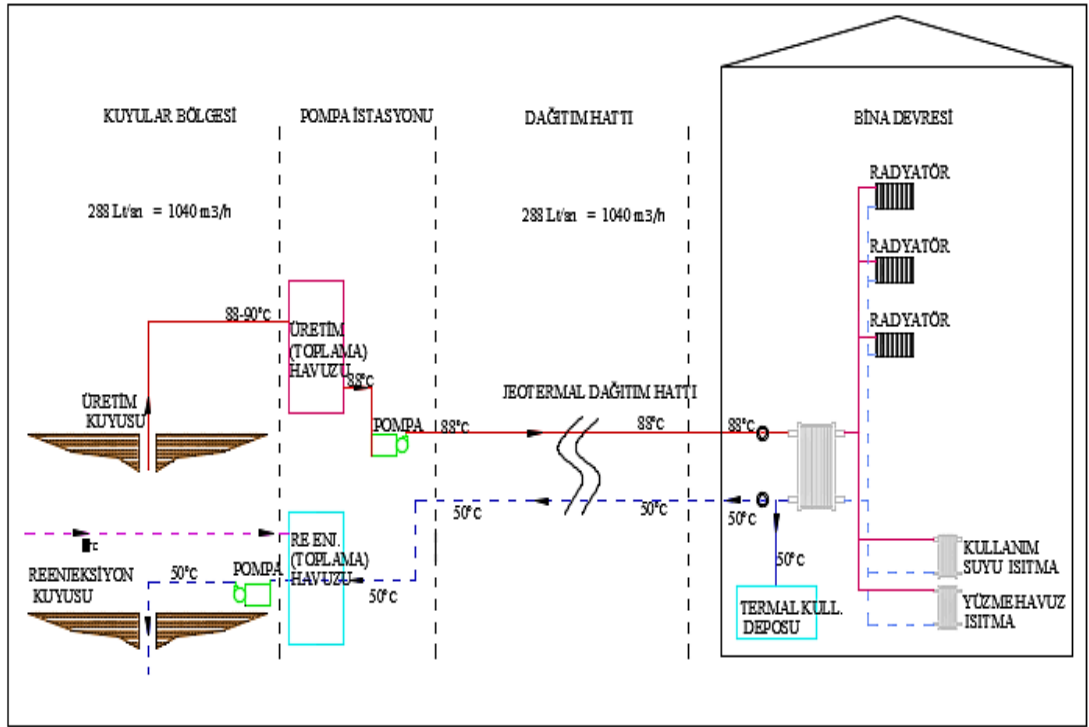


**Şekil 3.6** Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyelinin Kullanım Olanakları Dağılımı (Akkuş, 2015)

### 3.2 Jeotermal Enerji İle Bölgesel Isıtma ve Merkezi Isıtma Sistemleri

Bölgesel Isıtma: Jeotermal kaynağın diğer bir doğrudan kullanma uygulaması da bölge ısıtmasıdır. Şekil 3.7'de AFJET (Afyon Jeotermal Turizm Tesisleri Sanayi Ticaret A.Ş.) tarafından hazırlanan ve Nevşehir İl Özel İdaresi tarafından 2015 yılında ihaleye çıkarılmış Kozaklı Jeotermal Dağıtım Hattı Projesi'nde gösterilmiş olan sistem şeması kullanılmıştır. Bölgesel merkezi ısıtma sistemi, soğuk iklim bölgelerinde kullanımın enerji tasarrufu ve kullanım açısından daha verimli olduğu bilinmektedir. Binaların ve kentlerin merkezi sistemle ısıtmada, kullanım suyunun ısıtılmasında 40°C üzerindeki sıcaklıkta bulunan jeotermal kaynaklardan faydalanılmaktadır (Yiğit, 1994).





**Şekil 3.7** Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi Akış Şeması

Bölge ısıtma sistemi; bir veya birden fazla ısı merkezinde elde edilen ısıyı, seçilen boru hattı şebekesi sistemleri ile belirli bölgelerin (toplu konutların, büyük mahallelerin, endüstriyel tesislerin vb.) ısıtılmasıdır. İlk bölge ısıtma sistemleri 1930' lu yıllarda ABD'de başlamış ve özellikle dış hava sıcaklığının düşük olduğu Rusya ve Kuzey Amerika gibi ülkelerde yıllardır uygulanmaktadır.

Bu sistemlerin başlıca üstünlükleri sırasıyla ekonomik, temiz, işletme rahatlığı, emniyeti ve şehircilik gibi unsurlar sıralanabilir. Bu sistemlerde yanma tek merkezden olduğu için diğer sistemlerle karşılaştırıldığında hem hava kirliliği çok düşüktür hem de düşük maliyette ekonomik olarak kullanımını imkân verir. Bunun ötesinde jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde ise sadece ısı eşanjörleri ve ekipmanları kullanılır. Bu nedenle hava kirliliği gibi herhangi bir zararlı maddenin oluşması söz konusu değildir. Bu ısıtma sistemlerinde ayrıca daha az işgücü kullanıldığından işletme masrafları daha düşüktür. Fakat şunu unutmamalı ki bu sistemlerde muhakkak jeotermal akışkanın ısısını verdikten sonra tekrar geri basılması gerekir (Arslan, 2006).

Teknik ve ekonomik şartlar uygun olduğu durumda, jeotermal su 150-200 km mesafeye taşınabilmektedir. Jeotermal merkeze gelen jeotermal suyun enerjisi özel

olarak dizayn edilmiş ve en fazla 1-1.5°C sıcaklık farkı oluşabilecek yüksek verimli eşanjörler ile kapalı çevrimde suya aktarılmaktadır. Enerjisi aktarılan jeotermal akışkan mevcut termal tesislere verilmekte ve kullanımı tamamlandıktan sonra re-enjeksiyon boru hattı ile yeniden yer altına gönderilerek re-enjeksiyon yapılmaktadır. Re-enjeksiyon işlemi ile rezervuar ömrü artmakta ve bor ve/veya tuzluluktan meydana gelebilecek çevre kirliliğine engel olunmaktadır (Zengin, 2014).

Ülkemizde jeotermal enerji ile ilk ısıtma uygulaması 1964 yılında Balıkesir-Gönen (82°C – 83l/sn) Park Oteli'nin ısıtılması ile başlatılmıştır. 1987 yılı itibari ile Balıkesir-Gönen'de 650 yataklı otelin ısıtılması, 1.400 konutun ısıtılması, 2.000m<sup>2</sup>'lik seranın ısıtılması ve 54 adet tabakhanenin proses sıcak su ihtiyacı jeotermal enerji ile karşılanarak bu yönde önemli bir adım atılmıştır.

### **3.2.1 Bölgesel Isıtma Sistemi Tasarım Gereksinimleri**

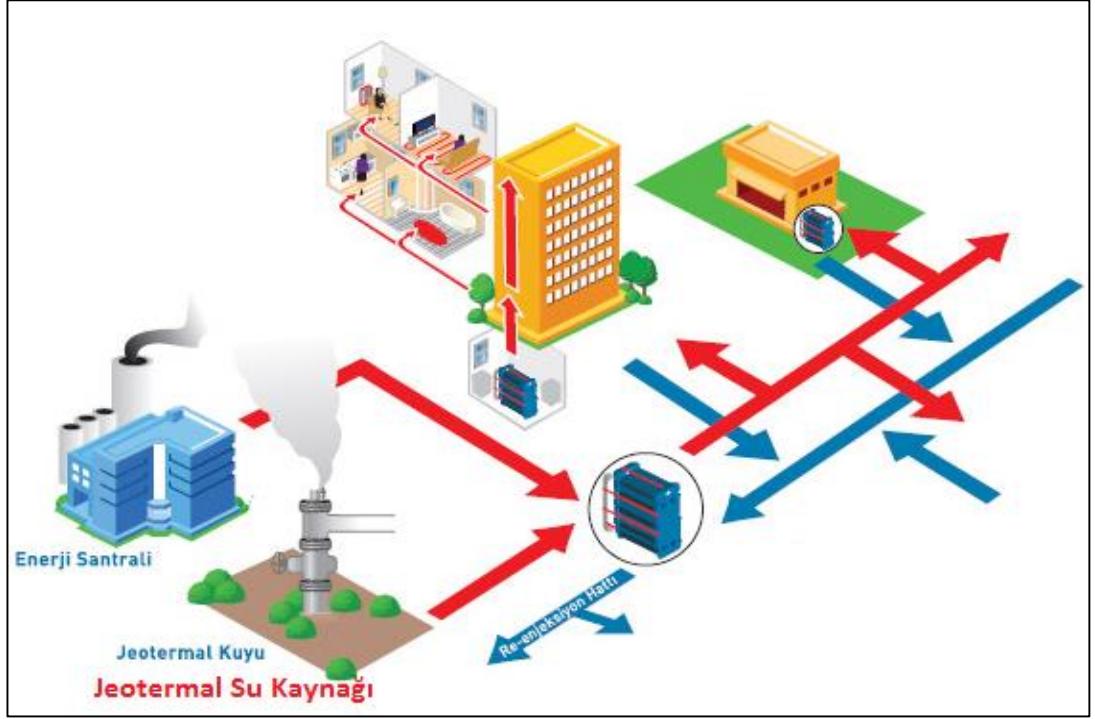
Jeotermal enerjiden yararlanarak bölgesel ısıtma sistemi kurmak ve yürütmek toplumsal fayda açısından değerlendirildiğinde doğru bir politika olarak görülebilir. Ancak bu konuda nihai kararı verirken;

- Coğrafi Bölge (iklim koşulları),
- Jeotermal kaynağın fiziksel ve kimyasal parametreleri, kapasitesi, bulunduğu yer,
- Isıtma projesinin yapılacağı bölgenin sosyo ekonomik verileri, yapılaşma şekli, miktarı ve kalitesi gibi parametrelerin mühendislik kriterleri çerçevesinde çok iyi analiz edilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir (Arslan, 2013).

Jeotermal bölge ısıtma sistemleri; jeotermal akışkanın kimyasal özellikleri, rezervuarın performansı, sıcaklığı ve basıncı, debisi, meteorolojik koşulları, ısıtılacak bölgenin topografik özellikleri, binaların termofiziksel özellikleri ve konutların yerleşim şekilleri gibi birçok parametre dikkate alınarak tasarlanmalıdır (Arslan, 2006).

Ayrıca bölgesel ısıtma sisteminde (Şekil 3.8) enerjinin üretimden dağıtımına kadar kullanılan bütün ekipmanların (örneğin eşanjörlerin, pompaların, dağıtım borularının, kontrol vanalarının vb.) değişen ısı yüklerine göre en verimli şekilde çalıştırılması gerekmektedir. Yüzlerce konutun bağlı olduğu bölgesel bir ısıtma

sistemi göz önüne alındığında, sistemin optimum şekilde çalıştırılması, gerekli otomasyon sistemi kurulmadan mümkün olmamaktadır (Zengin, 2014).



Şekil 3.8 Jeotermal Su Kaynağı ve Bölgesel Isıtma Dağıtım Hatları (Anonim, 2019)

### 3.2.2 Bölgesel Isıtma Sisteminde Kullanılan Bileşenler

Jeotermal enerjinin doğrudan kullanım sistemleri genel olarak üç ana bileşenden oluşur. Bunlar;

- Jeotermal Su Kaynağı:** Sıcak akışkanın yüzeye gelmesini sağlayan kuyular.
- Mekanik Tesisat Ekipmanları:** Kontrol birimleri, ısı değiştirgeçleri (eşanjörler), borular, otomasyon sistemi ve taşıma boru hattıdır. Bu cihazlar ısıyı istenilen yere taşımakta kullanılırlar.
- Re-enjeksiyon Kuyuları:** Re-enjeksiyon kuyusu, soğuyan ve ısısı kullanılan jeotermal akışkanın yeraltına geri gönderilmesi için kullanılır.

#### 3.2.2.1 Jeotermal Su Kaynağı

Bölgesel ısıtma sisteminde kullanılacak jeotermal su kaynağının ısıtma sistemi için uygun olup olmadığı konusunda iyi bir mühendislik hesaplamaları yapılması gerekir.

Jeotermal sistemin en önemli parametresi ısı kaynağının, yerkürenin ilk oluşumundan gelen ısı olduğu kolayca anlaşılmaktadır. Bu ısı kaynağı, yer içindeki magma ve manto bölümünden üst bölümlere doğru yayılmaktadır. Yerkabuğu hareketleri nedeniyle oluşan tektonik hatlar boyunca katı haldeki kabuk (litosfer) kıvrımlar, kırılmalar ve manto üst kesimindeki magma ayrışması sonucu, magmatik intrüzyonlar ve volkanik hareketler oluşmaktadır. Bu etki sonucunda yerin derinliklerinde bulunan ısı, kabuk içerisinde sığ derinliklere ulaşabilmektedir. Bu ısı, kondüktif (ısının katı ortamda yayılması) veya konvektif (bir maddenin hareketi ile burada su ile taşınması) olarak taşınabilir (Düzağaç, 2015).

### 3.2.2.2 Jeotermal Isı Taşıma Boruları

Jeotermal ısıtmanın yapılacağı yerin jeotermal kaynağa olan mesafenin uzak olması durumunda, jeotermal suyun taşınması toprak altında kullanılan izolasyonlu özel paket borular ile yapılmaktadır (Şekil 3.9). Bu borular ile yaklaşık 0,1-0,5°C/km sıcaklık kaybı oluşmaktadır. Belirtildiği gibi bu boru sistemlerinin düşük sıcaklık kaybı özelliğinin yanı sıra, daha az ısı uzama, daha iyi boru iç yüzey kalitesi, düşük basınç kaybı, daha düşük maliyet ve en önemlisi korozyona karşı yüksek direnç gibi avantajları vardır.



Şekil 3.9 Jeotermal Su Taşıma Boruları

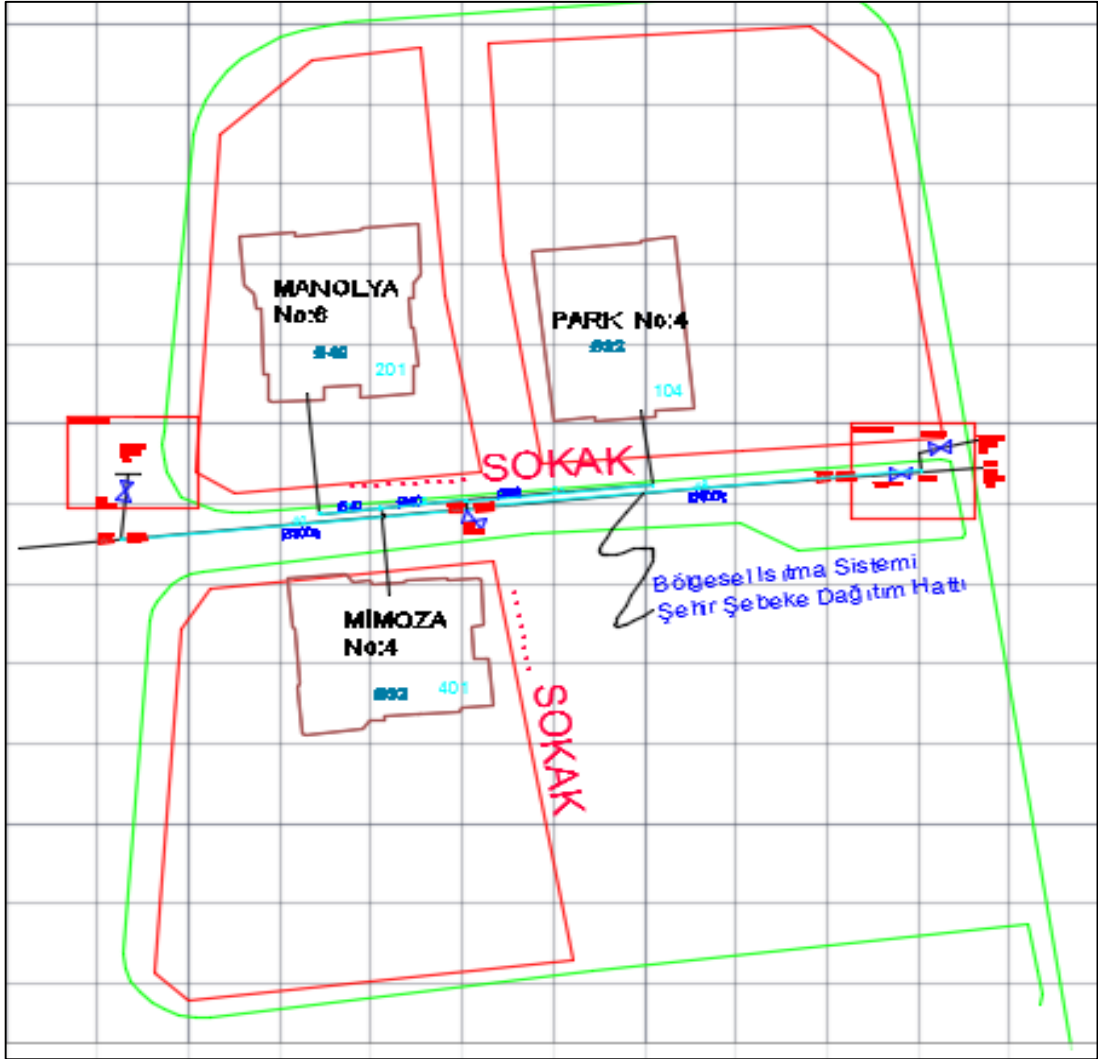
Bölgesel ısıtma sisteminde kullanılan iç çelik borular özellikle ısı kaybına sebebiyet vermeyecek şekilde üretim ve saha içinde montajları yapılmalıdır. Bazı durumlarda saha yapısına göre özel üretim borularda kullanılabilir. Ön izoleli boru ve ek parçaları TS EN 253+A2 (Mart 2018) ve TS EN 448 (Aralık 2016) standartlarına uygun olacak şekilde imalatı yapılmış olmalıdır. Dış boru kılıfı

(HDPE) TS 12201-2 Standartlarına uygun, içine enjekte edilen anti oksidanlar, UV stabilizatörleri, karbon siyahı katılmış ve kılıf malzemesi yoğunluğu 644kg/m<sup>3</sup> den az olmayan yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) malzemeler kullanılmaktadır. Örnek boru özellikleri Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.3 Bölgesel Isıtma Sisteminde Kullanılan Örnek Jeotermal Boru Teknik Özellikleri (Anonim, 2018)**

<b>Jeotermal Boru Teknik Özellikleri</b>	
Malzeme	Polietilen (yüksek yoğunluklu)
Yoğunluk (Köpük Malzemesi)	> 60kg/m <sup>3</sup>
Yoğunluk (Kılıf Malzemesi)	>644kg/m <sup>3</sup>
Renk	Siyah (carbon siyahı) > kütlece %2.5
Akma Mukavemeti	> 19N/mm <sup>2</sup>
Sabit yük altında çekme	> 2000 saat
Erime akış hızı	<0.5gr / dak
Isıl Kararlılık (210°C de)	> 20dak.
Genleşme katsayısı	2.10 <sup>-4</sup>
Isıl iletkenlik katsayısı	0.43W/m <sup>2</sup> K
Minimum et kalınlığı	TS EN 253+A2 (2018)

Boruların kaynak işleminde selülozik veya argon kaynağı başlanarak daha sonra da bazı durumlarda iki kat bazik (2.5 mm x 2) elektrot uygulanmaktadır. Saha içi boru kaynak işlemleri bitirildikten sonra x-ray kontrollü kaynak testleri yapılmaktadır. Şekil 3.10’da Autocad 2015 programında çizilmiş ve ihalesi yapılmış olan Narlıdere Jeotermal bölgesel ısıtma sistemi 2013 yılı boru yenileme projelerinden düzenlenmiş örnek bölgesel ısıtma sistemi şehir şebeke hattı gösterilmiştir.



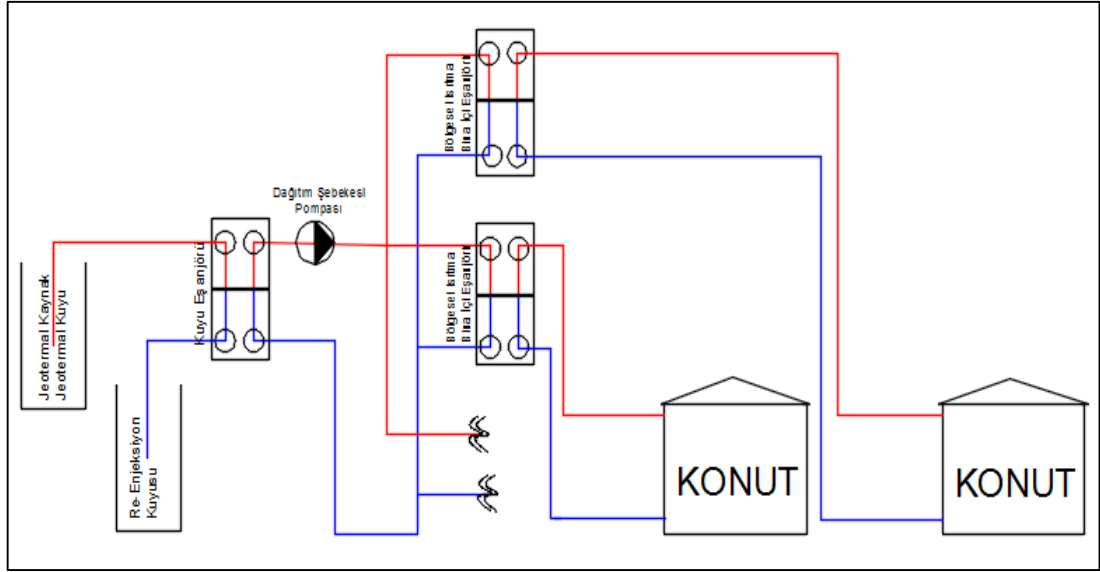
Şekil 3.10 Bölgesel Isıtma Sistemi Şehir Şebeke Dağıtım Hattı

### 3.2.2.3 Jeotermal Isı Eşanjörleri

Eşanjör, aralarında sıcaklık farkı olan, iki veya daha fazla akışkanın birbirine temas etmeden ve karışmadan plaka veya boruların yüzeyinden ısı geçişini sağlayan tesisat elemanlarıdır (Şekil 3.11).

Bölgesel ısıtma sisteminde eşanjörler; bölge ısıtma devresi ile bina ısıtma sirkülasyon devresini birbirinden ayırmaktadır. Ayrıca eşanjörler, sisteme yapılabilecek müdahaleleri yani sistemden kaçak yolla su alınmasını da engellemektedir.

Isı merkezindeki ana eşanjör, jeotermal suyun korozif (en önemli etken) etkilerinden korunmak amacı ile özel plaka malzemelerinden dizayn edilir.



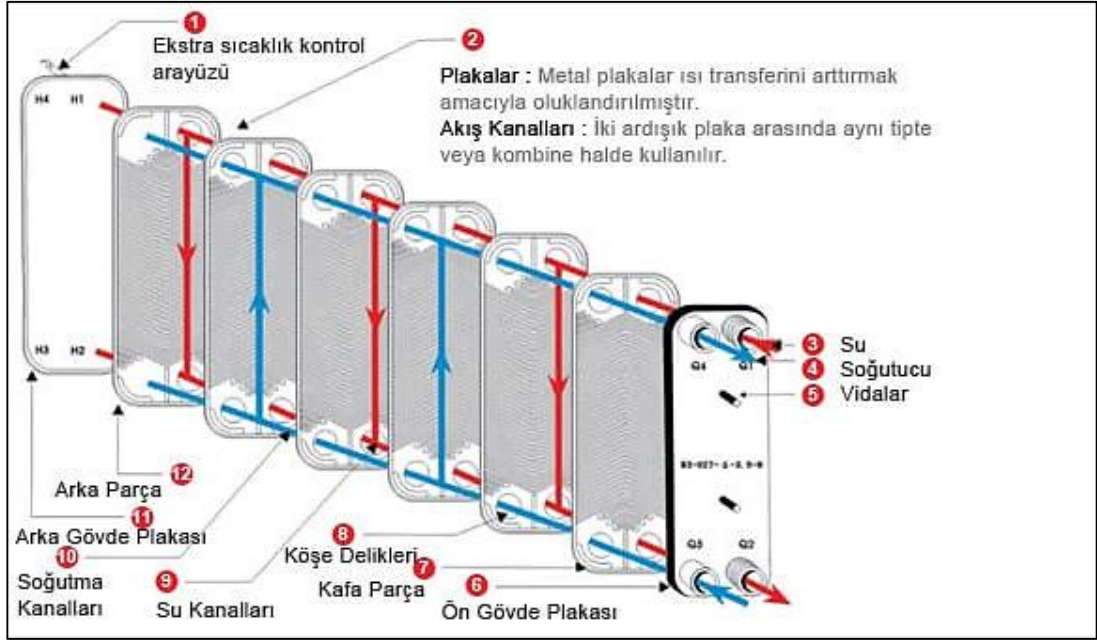
**Şekil 3.11** Bölgesel Isıtma Sisteminde Eşanjörlerin Kullanımı

Prensipte eşanjörler üç tipe ayrılır;

- Plakalı tip eşanjörler (Sökülebilir tip, kaynaklı tip, yarı kaynaklı tip, lehimli tip)
- Özel uygulama Eşanjörleri
- Borulu tip eşanjörler

Plakalı eşanjör, farklı uygulamalarda kullanılabilen ve dünyanın en fazla ürün tasarımına sahip en verimli ısı eşanjörü tipidir. Plakalı eşanjörler, gövdeleri, plakalar ve akışkan giriş çıkış nozulları değişik yapılarla birleştirilerek çok sayıda farklı eşanjör tasarımları yapılabilir. Plakalı ısı eşanjörlerinin en önemli özelliği, kolay bir şekilde temizlik ve bakımlarının yapılabilmesi, çalışma şartlarındaki ve kapasitedeki değişime bağlı olarak, kolayca plaka ve/veya plakaların eklenip çıkartılarak yeni şartlara uygun hale getirilebilmesidir.

Isı değiştirmeye yarayan plakalar, genelde çelikten yapılmış ön ve arka ana plakaların arasında, alt ve üst taşıyıcı barlar üzerine dizilerek birbirine monte edilirler. Bu plakaların her birinin bir bütün olarak preslenmiş olması, daha yüksek mukavemet sağlaması açısından da çok önemlidir. Plakalar üzerinde herhangi bir bağlantı veya kaynak işlemi yoktur. Normal bir eşanjör yapısında her plakanın üzerine, herbir köşede bulunan dört delik yer alır. Ayrıca, ısı transferi kanallarını oluşturmak ve sızdırmazlığı sağlamak amacıyla lastik esaslı contalar, plakanın etrafında yer alırlar. Plakalı ısı eşanjörünün genel yapısı Şekil 3.12’ de gösterilmiştir (Anonim, 2018).



Şekil 3.12 Plakalı Isı Eşanjörünün Yapısı

### 3.2.2.4 Jeotermal Isı Kontrol Birimleri

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde önemli bir etken, sistemin ve ısının binalara ulaştıktan sonra sıcaklığın, debinin kontrol edilebilmesi ve bina içi bağlantı elemanlarını kontrol altında tutabilmektir. Çünkü bölgesel dağıtım sıcak su şebeke hattında, kaynağa en yakın binalarda yüksek su sıcaklığından kaynaklı yapılarda aşırı ısınma veya kaynağa en uzak noktada dağıtım şebekesi sıcaklık düşümünden kaynaklı daha az derecede ısınma sorunlarıyla karşılaşmaktadır. Bu nedenle, ısı ve sıcaklığın kontrol altına alınması hem enerji yönünden, hem de ısınma maliyetleri açısından yakıt tasarrufu sağlayacaktır.

Genel olarak bölgesel ısıtma sisteminde bina bağlantılarında otomatik çalışan, debi, basınç ve sıcaklık değerlerini ayarlayabilen vanalar kullanılmalıdır. Bu vanalar, yaygın olarak eşanjörlerin çıkış sıcaklığını kontrol etmek için uygulanır. Otomatik vanaların ayarı her bir binanın ısı yüküne göre ayarlanarak, sabit tutulması sağlanmalıdır. Bu vanaların ayarları hassas bir şekilde yapılmalı, küçük bir hesaplama hatası zincirleme olarak bütün bir sistemi etkileyebilmektedir (Şener ve ark., 2003).

Enerji tasarrufu sağlaması açısından; merkezi ısıtma sistemi kullanılan yapılarda radyatörlerde termostatik vana kullanımı, ısı pay ölçer ve kalorimetre kullanılması ile ilgili 2008 yılında yürürlüğe girmiş olan ‘Binalarda Enerji



Performansı Yönetmeliği' ile zorunlu hale getirilmiştir. Aynı yıl içerisinde yürürlüğe girmiş olan bölgesel sıcak su kullanımı olan yapılarda ise 'Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik' kapsamında ülkemizde enerji tasarrufu planlanmış ve bu doğrultuda yönetmelikler kapsamında kullanılacak cihaz ve aparatların kullanım zorunluluğu getirilmiştir. Bölgesel ısıtma ve merkezi ısıtma sistemlerinde enerji tasarrufu amacı ile kullanılan cihazlar;

- Termostatik Vana,
- Isı Pay Ölçer,
- Kalorimetre (Debimetre)
- Frekans Kontrollü Sirkülasyon Pompası,
- Oransal Tip Vanalar,
- Gerekli otomasyon sistemleri, olarak saymak mümkündür.

Bölgesel ısıtma sistemi ve merkezi ısıtma sistemlerinde belirtmiş olduğumuz cihazların kullanımı ile uygulama yapılan bölgelerde hem elektrik tasarrufu, hem de ısı enerji tasarrufu bakımından yaklaşık olarak %30 tasarruf sağladığı görülmüştür. Uygulama yapılan bölgelerin başında Afyonkarahisar İli'nde faaliyet göstermekte olan AFJET (Afyon Jeotermal Turizm ve Ticaret A.Ş.) tarafından uygulanmış ve bölgesel ısıtma sisteminde kurulmuş olan otomasyon sonucunda yüksek miktarda enerji tasarrufu sağlanmıştır. Otomasyon sistemi kurulması sonucunda boru hatlarında meydana gelebilecek su kaçaqları kontrol altına alınmış, gerekli reglaj ayarları yapılarak doğabilecek ısı kayıplarının önüne geçilmiş ve kullanıcılar içinde tükettiği enerji kadar faturalandırma yapılarak enerji verimliliği konusunda örnek bir çalışma yaptığı görülmüştür.

### **3.2.2.5 Jeotermal Bölgesel Isıtma Sisteminde Re-Enjeksiyon**

Jeotermal su, ısı dağıtım merkezlerine gönderilerek, enerjisini şehir dağıtım şebekesinde dolaşan suya aktarmaktadır. Enerjisi kullanılan jeotermal su tekrar yer altına basılır. Yapılan bu işleme re-enjeksiyon denilir.

Başka bir deyişle; kullanılan jeotermal akışkanların, enerjisi alındıktan sonra tamamının veya birbölümünün yeraltı jeolojik formasyonlara geri gönderilmesi ve basılması işlemine re-enjeksiyon denilmektedir (Anonim, 2007).

Re-enjeksiyon işleminin üç amacı vardır;

1. Jeotermal akışkan içinde yer alan erimiş mineral ve kimyasalların herhangi bir çevre kirliliğine sebebiyet vermesini engellemek,
2. Fazla enerji ihtiyacı için rezervuardan daha fazla ısı üretimi sağlamak,
3. Jeotermal rezervuar basıncını koruma altına almak (Satman, 2017).

Re-enjeksiyon, jeotermal sistemlerin verimi ve atık suyun oluşturacağı çevre kirliliğini önleme bakımından önemlidir. Jeotermal su kaynakları kullanıldıktan sonra sahada açılan re-enjeksiyon kuyularına geri basılarak çevrede oluşan atık su problemleri azaltılabilir.

Re-enjeksiyon işlemi yapılmadığında ise jeotermal akışkanlardan çıkan çürütücü gazlar (sülfid gazları gibi), ayrıca tarım bitkilerine zararlı maddeler (bor, arsenik, NaCl), kabuklaşma (silis, karbonat) sorunları ve çevre açısından risk oluşturur.

### **3.2.2.6 Jeotermal Bölgesel Isıtma Sisteminde Kabuklaşma ve Korozyon**

Kabuklaşma; jeotermal akışkan kullanılırken akışkanın içerisindeki kimyasal bileşiklerin ve maddelerin çökelme yaparak geçtiği kuyu, ısı değiştiricileri, boru hattı, vb. yerlerde katı bileşikler oluşturmasıdır.

Kabuklaşma olduğu yerlerdeki mekanik tesisatın verimli çalışmasına engel olur ve ısı transferini olumsuz etkileyerek enerji kaybına sebebiyet verir. Bu nedenle kabuklaşma, jeotermal kaynak işletme ve yatırım analizlerinde ihmal edilmemesi gereken bir faktördür. Kabuklaşmayı mekanik tesisat elemanlarından önlemek için; kazıma, mekanik temizlik, çatlatma yöntemleri ve kimyasal (fosfat içerikli inhibitör) uygulamalar kullanılabilir. Bu yöntemler içerisinde maliyet açısından en ekonomik çözüm kimyasal uygulama yapmaktır (Aksoy, 2007).

Artezyen şeklinde olan iki veya daha çok sayıdaki su sızdırmayan yeraltı tabakaları arasındaki basınçlı suların sondaj yöntemiyle yeryüzüne basınçlı (tazyikli) bir şekilde çıkmasını sağlayan üretim kuyularından jeotermal akışkan yeryüzüne doğal akışıyla veya sondaj yöntemiyle çıkmakta, bu durum, jeotermal kuyulardan üretilen akışkanın yıl boyunca dengeli bir akış göstermemesine neden olmaktadır. Ayrıca artezyen şeklinde olan üretim kuyularında jeotermal akışkanın yeryüzüne çıkışının olduğu

yerlerde kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) kabuklaşması görülmektedir (Şekil 3.13 ve Şekil 3.14) (Düzağaç, 2015).



Şekil 3.13 Jeotermal Sondaj Kuyularında Kalsiyum Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) Kabuklaşması (Düzağaç, 2015)



Şekil 3.14 Jeotermal Borularda Kalsiyum Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) Kabuklaşması

Jeotermal suların kullanım ve üretimlerinde genel olarak;

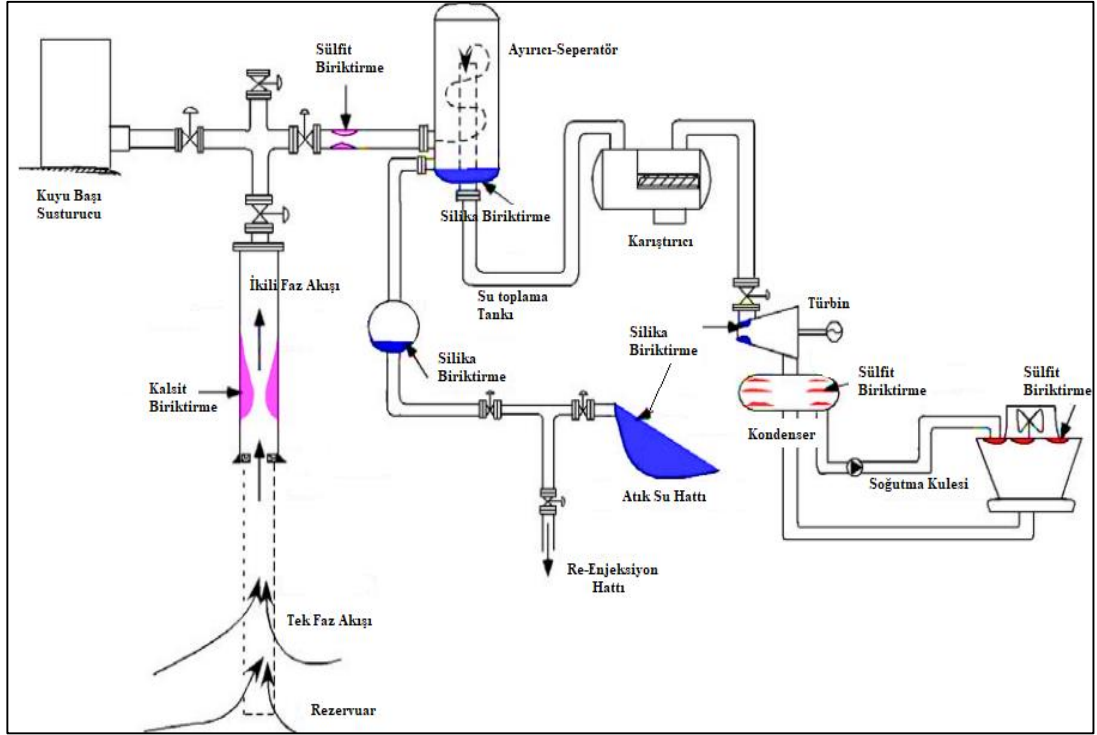
- a) Silis ve silikatlardan ileri gelen kabuklaşma,
- b) Karbonat kabuklaşmaları,
- c) Sülfat ve sülfatların oluşturduğu kabuklaşmalar, olarak üç farklı özellikte kabuk oluşumu görülmektedir (Yıldırım, 2018).

Çizelge 3.4'te gösterilen bazı kimyasallar korozyon ve kabuklaşma artırıcı etkide bulunmaktadır. Bu kimyasallar kuyulardan ısıtma elemanlarına kadar sistemdeki tüm elemanları etkileyip performanslarının düşmesine ve ısıtma sistemi malzemelerinin (boru, vana, eşanjör, pompa vb.) (Şekil 3.15) yıpranmasına neden olmaktadır (Arslan, 2006).

**Çizelge 3.4** Kabuklaşma ve Korozyona Yol Açan Kimyasallar (Düzağaç, 2015)

Element-Bileşik	Etkisi	Formu
Hidrojen	Korozyon	İyon
Kloridler	Korozyon	Katı
Hidrojen Sülfat	Korozyon	Gaz
CO <sub>2</sub>	Korozyon	Gaz
Amonyak	Korozyon	Gaz
Sülfatlar	Korozyon	Katı
Oksijen	Korozyon	Gaz
Geçiş Metalleri	Korozyon	Katı
Silikatlar	Kabuklaşma	Katı
Karbonatlar	Kabuklaşma	Katı
Sülfatlar	Kabuklaşma	Katı
Oksitler	Kabuklaşma	Katı

Çizelge 3.4 incelendiğinde, inceleme alanımızda bulunan jeotermal kaynağın içinde bulunan kimyasallara bakacak olursak; Ca, Mg, Na, K, HCO<sub>3</sub> (Bikarbonat), SO<sub>4</sub> (sülfat), Cl, element ve bileşikleri bulunmaktadır (Gültekin ve ark., 2013). Jeotermal suyumuzda bulunan kimyasallardan kaynaklı korozyon ve kabuklaşmaya sebep olabilecek etkenler görülmekte olup sıcak su ısıtma sisteminde kullanılacak malzeme seçiminde bu etkenlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.



Şekil 3.15 Kabuklaşma - Korozyon Oluşan Noktalar (Tassew, 2001)

Jeotermal su taşıma sisteminde ayrıca, kabuklaşmanın yanında sistem elemanlarına zarar verebilecek türde korozyon da meydana gelmektedir. Genel anlamda korozyon, metal ya da metal alaşımlarının kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonlara girerek metalik özelliklerini kaybetmeleri şeklinde tanımlanmaktadır. Kimyasal korozyon, metal ve alaşımların gaz ortamlar içindeki oksitlenmeleridir (kuru korozyon-pas). Metal ve alaşımların sulu ortamlar içindeki bozunmaları ise elektrokimyasal veya ıslak korozyon olarak adlandırılır.

Demirin korozyon olayında anodik reaksiyon;



katodik reaksiyonlar;



(nötr ve bazlı ortamda)



Toplam Reaksiyon;



Anodik reaksiyonda da anlatıldığı gibi, jeotermal akışkanda önemli olan ve korozyona sebebiyet veren yapıcılar; oksijen, karbondioksit, demir, hidrojen iyonu, klorür iyonu ve hidrojen sülfürdür (Büyüksağış, 2007).

Korozyonu önlemek için inhibitör olarak kullanılacak kimyasal maddeler; Sodyum fosfat ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), Sodyum kromat ( $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ), Sodyum molibdat ( $\text{Na}_2\text{MO}_4$ ), Sodyum hexa metafosat ( $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$ ), Sodyum Nitrit ( $\text{NaNO}_2$ ) ve organik fosfonik asidin çinko tuzları şeklindedir (Yıldırım, 2018). Korozyonu önlemek için genelde elektrokimyasal yöntem olarak katodik koruma yapılmaktadır. Ayrıca bunun yanında maliyeti biraz yüksek olsa da malzeme iç yüzeylerine su sıcaklığına uygun ve bu sıcaklığa dayanıklı olabilecek kaplama yapılması ayrı bir çözüm önerisi olarak sunulmaktadır. Sistem için, uygun kaplama malzemelerinin geliştirilmesi ve jeotermal tesislerin ömrünün arttırması yönünde çalışmalara ağırlık verilmelidir. En önemlisi de korozyonu şiddetlendiren oksijenin sisteme ve sistem akışkanlarına girmesine müsaade edilmemelidir. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde; bölgesel ısıtma sistemi dağıtım boru hatlarında, bina içi eşanjörlerde zaman zaman tadilatlar ve malzeme değişimleri yapılmakta bu da çok büyük maliyetlere yol açmaktadır. Ayrıca, bölgede tadilat süresince sıcak su kesintileri de yaşanmaktadır.

### 3.3 Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi

Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi (JMIS); bir ya da daha fazla jeotermal akışkan üretim tesisinin, binalarda mahal ısıtması amacıyla ısı kaynağı olarak kullanılmasıdır. Bir JMIS' de entegre kullanımı ile binaların ısıtılması, ev içi kullanım suyunun ısıtılması, binaların soğutulması, endüstriyel uygulamalar (sebze, meyve kurutulması vb.) ve termal turizm (kaplıca) uygulaması yapılabilir.

40°C'nin üzerindeki jeotermal sularla konutların ısıtılabilirdiği ve bunun dünyada birçok örnekleri olduğu dikkate alınarak, ülkemizde yaklaşık olarak beş milyon konutun jeotermal enerjiden faydalanılarak ısıtılabilirdiği düşünülmektedir. Sıcaklığı 30-60°C sıcaklık arasındaki jeotermal su, konutların ısıtılmasında verimli bir şekilde kullanılabilir. Daha düşük sıcaklıklara sahip jeotermal kaynaklardan faydalanmanın diğer bir yöntemi ise ısı pompaları kullanılarak ısıtma yapılabilmesidir. Isı pompası 30-50°C'lerdeki ve debisi düşük olan jeotermal suyun

sıcaklığını ekonomik olarak yükseltebilmesi açısından ve mevcut bu tür kaynaklar ile de ısıtma yapılabilmesi açısından önemli bir ekipman olmaktadır.

Jeotermal enerji ile ısıtma sistemi uygulamalarının ekonomik olup olmaması, bu enerjinin kullanım yoğunluğuna, binaların ısı ihtiyacına, akışkanın iletiildiği uzaklığa, akışkanın debisi ve sıcaklığına, kaynağın derinliği gibi özelliklere bağlıdır.

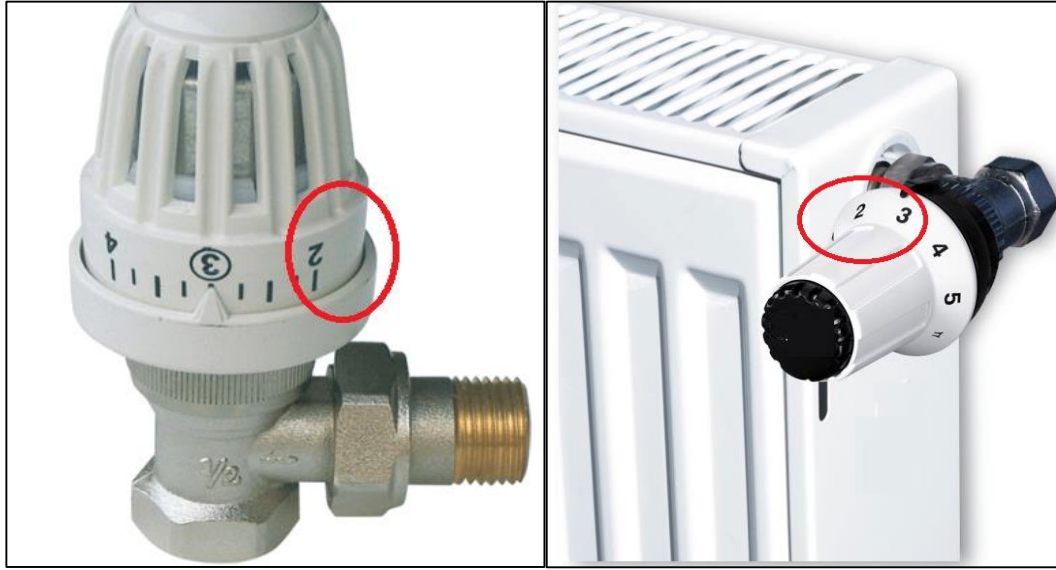
Jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri, sistemin işletmeye alınmasından kısa bir süre sonra yakıt giderleri açısından diğer fosil yakıtlardan daha ekonomik olması nedeniyle, yatırım maliyetlerini en kısa sürede amorti edebilecek özelliktedir.

Jeotermal merkezi ısıtma sistemleri, fosil yakıt (kömür, fuel-oil, doğalgaz) kullanılan ısıtma sistemlerinden teorikte farklıdır. Çünkü jeotermal sahaların ve bu alanlardan çıkarılan suyun sıcaklığı, basıncı, debisi vb. özellikleri her yerde farklı olduğundan, klasik merkezi ısıtma sistemleri gibi standart bir uygulama yapılamamaktadır. Bu sebeple her sahaya ve bölgeye göre farklı dizaynlar yapılmakta ve uygulanmaktadır (Zengin, 2014).

Ordu İli Fatsa İlçesi Ilıca sıcak su bölgesinde tasarlanan otel örneği üzerinde jeotermal enerji kullanımının incelenmesi ve ısı pompası kullanımı üzerine analizler yapılacaktır. Düşük sıcaklıklı jeotermal kaynaklarla ısıtma yapılabilmesi için en ideal giriş ve çıkış arasındaki sıcaklık farkı 5-15°C' dir. Aradaki oluşacak sıcaklık farkı ne kadar düşük olursa ve gidiş sıcaklığı düşürülür ise pompalama için gerekli olan tüketim enerjisi de düşürülmüş olacaktır (Kozak, 2016). Bu sebeple tasarlanmış olduğumuz projede (Ek 9), kullanım sıcak suyu sistemi üzerine durulacaktır. Yaptığımız analizler ile tüketilecek elektrik enerjisinin minimum değerinde, ısıtma için gerekli olan enerjinin ise en az maliyetle en verimli şekilde çalışacak merkezi sistem tasarımı, ısı ihtiyacı ve hesaplamaları yapılmıştır.

Isıtma sistemi tasarımında ilk aşamada enerji tasarrufu sağlamak için mutlaka otomatik kontrol ve otomasyon sistemi kurulması göz önünde bulundurulmalıdır. Otomatik kontrol sistemi ile boşa harcanacak olan enerji sarfiyatı en aza indirilmiş ve mahal sıcaklıkları da en iyi şekilde kontrol edilmiş olacaktır. Jeotermal enerji ile merkezi bina ısıtma sistemi düşünüldüğünde radyatörlü ısıtma tasarlanacak olan mahallerde kilitli tip (sıcaklık ayar numaraları 2' den başlamaktadır, 0 ve 1 modu

yoktur) termostatik radyatör vanaları (Şekil 3.16) kullanılarak oda sıcaklığından kumanda olan bir termostat tarafından açılıp, kapatılarak sıcaklık kontrolleri de yapılmış olacaktır. Otel ısıtma sistemlerinde sıcaklık kontrol sistemlerinin kullanılması ile gün içerisinde dolu olmayan ve kullanılmayan odaların sıcaklıkları, 2008 tarihli, 27075 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanmış olan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği gereğince minimum sıcaklıkta (15°C) tutularak ve bu şekilde de enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Böylece oda sıcaklığı bina enerji kaybına sebep olmayacak şekilde sabit tutulabilecektir.



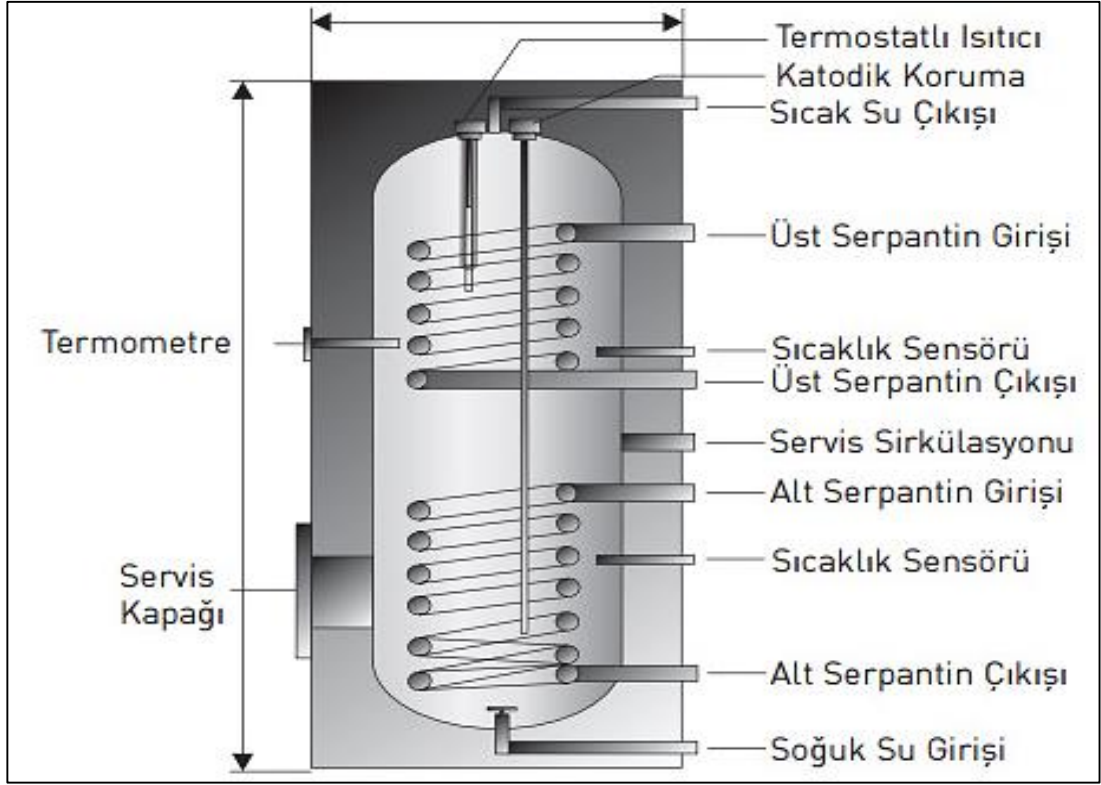
**Şekil 3.16** Kilitli Tip Termostatik Radyatör Vanası ve Montaj Görüntüsü  
(Anonim,2019)

### **3.4 Jeotermal Merkezi Kullanım Sıcak Su Sistemi**

#### **3.4.1 Sıcak Su Boyleri**

Boylerin kelime anlamı İngilizce ‘boiler’ kelimesinden Türkçe’imize girerek bir ısıtma cihazının sıcaklığından faydalanarak içindeki suyun ısıtılmasını sağlayan sıcak su deposu olarak tanımlanır. Boylerler genellikle sıcak su ihtiyacının yoğun olduğu yerlerde (okul, yurt, hastane, otel gibi) kullanılmakta olup ayrıca ihtiyaç duyulan kullanma sıcak suyunun, kazandan veya herhangi bir ısıtıcı kaynağından alınan enerji ile sıcak su üreterek, tasarruf sağlayan cihazlar olarak ta düşünülebilir. Boyler bağlantı şeması Şekil 3.17’de gösterilmiştir.





Şekil 3.17 Boyler Bağlantı Şeması (Anonim, 2019)

#### 3.4.2.1 Sıcak Su Boyleri Çeşitleri

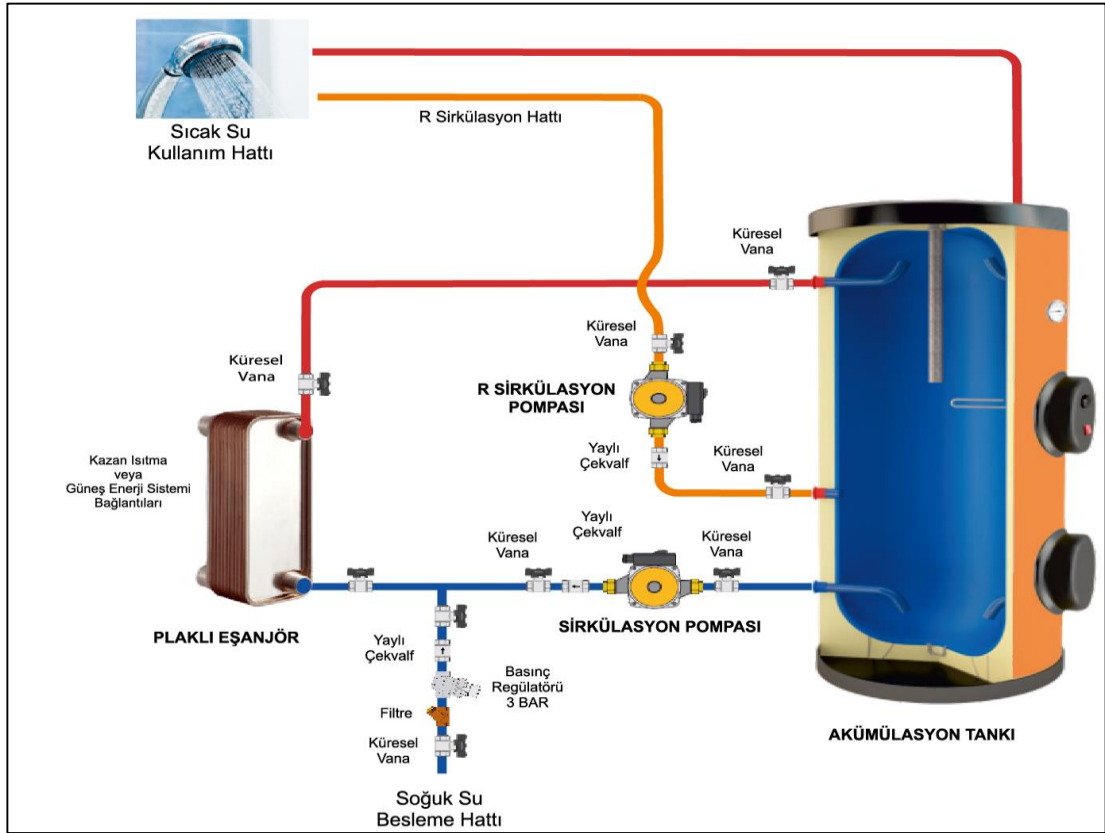
Üç çeşit kullanım suyu boyleri bulunmaktadır. Bunlar;

- Tek Serpantinli Boyler: İçerisinde bulunan tek ısıtıcı serpantin ile suyun ısıtılması ve depolanmasında kullanılan cihazlardır. Jeotermal kullanım sıcak suyu projemizde tek serpantinli boyler kullanılmıştır.
- Çift Serpantinli Boyler: Anlık ısıtmanın daha kuvvetli gerçekleşmesi adına içerisinde çift serpantin bulunan (örneğin; güneş enerjisi ve kazan gibi iki ısı kaynağı ile çalışabilen) suyun ısıtılması ve depolanmasında kullanılan cihazlardır,
- Elektrikli Boyler: Hiçbir ısı kaynağının (kazan, güneş enerjisi, jeotermal kaynak vb.) kullanılmadığı yerlerde sadece elektrik enerjisi ile ısıtma ve depolama işlemini gerçekleştiren boyler çeşitleridir.

#### 3.4.3 Akümülayon Tankı

Akümülayon tankı; ısıtma ve soğutma sistemlerinde şartlandırılmış suyun hijyenik olarak depolanmasında ve bir ısı değiştiriciden (kazan, boyler, chiller, fancoil gibi) sonra monte edilerek kullanılan cihazlardır.

Ayrıca boylerlerin yeterli olmadığı alanlarda, kullanılacak eşanjör yardımı ile kullanılması (Şekil 3.18) daha etkin bir çözüm sunmaktadır. Günümüzde ise genellikle yeni yapılan toplu yaşam alanlarında ve otellerde diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinden faydalanılarak eşanjörler ile birlikte kullanılabilirler. Akümülyasyon tankları ile boylerler arasındaki en önemli fark içerisinde serpantin bulunmaması ve sadece dışarıdan bir ısıtıcı cihaz ile kullanılabilir olmasıdır. Boyler de su ısıtıcı görevini serpantinler üstlenir. (Anonim, 2019).



Şekil 3.18 Akümülyasyon Tankı Bağlantı Şeması (Anonim, 2019)

### 3.5 Dünya' da ve Türkiye' de Jeotermal Enerjide Güncel Durum

#### 3.5.1 Dünya' da Jeotermal Enerji

Jeotermal'in ilk adımı İtalya'da 1827 yılında, doğal sıcak su kaynağı borik asit eldesinde kullanılmıştır. 1904 yılında G. Conti İtalya'da Larderello'da (Şekil 3.19.a) doğal buhardan ilk elektrik üretimini gerçekleştirmiştir. Aynı zamanda Larderello'da 1931 yılında ilk jeotermal enerji santrali kurulmuştur. Günümüzde Larderello'da 100'ün üzerinde yapılan sondajdan yılda yaklaşık olarak 26 milyon ton buhar elde edilip elektrik üretildiği tahmin edilmektedir. Daha sonra İzlanda'nın

başkenti Reykjavik'te (Şekil 3.19.b) 1930 yılında kenti ısıtmak amacıyla doğal sıcak su kullanılmaya başlanmıştır. Genel olarak jeotermal enerjinin bakıldığında; 20. yüzyılın ortalarından sonra gittikçe yaygınlaştığı görülmektedir. 1949'da Yeni Zelanda'da Wairakei alanında, 1960 yılında Amerika'da tarihesine, 1961 yılında Meksika'da, 1966 yılında Japonya'da ve 1975 yılında da İzlanda'da jeotermal enerji elektrik üretiminde kullanılmıştır (Canik ve ark., 2000).



Şekil 3.19.a İtalya – Larderello Jeotermal Sahaları (Anonim, 2019)



Şekil 3.19.b İzlanda- Reykjavik Jeotermal Sahaları (Anonim, 2019)

Özellikle enerjinin kalitesi ve düzenli bir enerji olması, çevre kirliliği oluşturmaması enerji talebinde öncelikli tercih nedenidir. Bu bağlamda alternatif enerji kaynaklarından jeotermal enerji kaliteli, kesintisiz ve düzenli enerji sağlaması özellikleri nedeniyle dünya ölçeğinde jeotermal kaynak arama/araştırma çalışmaları kesintisiz sürdürülmekte, kullanımı giderek artmakta ve hızla yaygınlaşmaktadır (Akkuş ve Alan, 2016).

Dünyadaki jeotermal enerji açısından önemli kuşaklar ve ülkeler aşağıda verilmektedir:

- Volkanik ada yayları ve yitim zonları (A.B.D., Endonezya, Japonya, El Salvador, Yeni Zelanda, Nikaragua, Filipinler, Şili vb.)
- Okyanus ortası ve rift zonları (İzlanda)
- Genç orojenik kuşaklar (Alp kuşağı; Türkiye, Çin, Yugoslavya, Cezayir, Fas, İtalya, Yunanistan, Hindistan, İran,) (Anonim, 209).

Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi tarafından 2011 yılında hazırlanan enerji raporuna göre jeotermal enerji potansiyeline sahip ülkeler doğrudan kullanım alanlarına göre Çizelge 3.5'te gösterildiği gibi sınıflandırılmıştır.

**Çizelge 3.5** Dünyadaki Jeotermal Enerji Doğrudan Kullanım Alanları (DEK-TMK, 2011)

<b>Kullanım Alanları</b>	<b>Ülkeler</b>
Jeotermal Isı Pompaları	Almanya, İsveç, ABD, Çin, Norveç
Bölgesel Konut Isıtması	Türkiye, Fransa, Rusya, Çin
Sera Isıtması	Türkiye, Çin, Macaristan, İtalya, Rusya
Balık Çiftlikleri	ABD, Çin, İzlanda, İsrail, İtalya
Tarımsal Kurutma	İzlanda, ABD, Meksika, Romanya, Yeni Zelanda, Sırbistan, Filipinler
Endüstriyel Kullanım	Sırbistan, Romanya, ABD, Polonya, Rusya, İzlanda, Vietnam, Türkiye, Bulgaristan, İtalya
Soğutma / Kar Eritme	Japonya, Arjantin, İsviçre, ABD İzlanda,
Yüzme Havuzları / Kaplıcalar	Çin, Japonya, Türkiye, Brezilya, Meksika

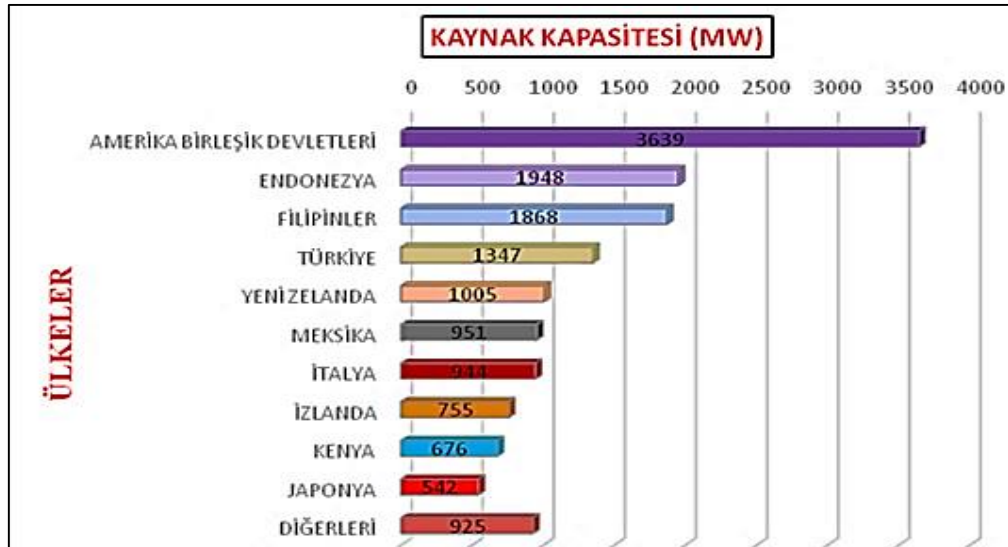
2005 yılından sonra dünyada jeotermal enerjinin doğrudan kullanımında hızla artan bir gelişme görülmektedir. 2015 yılı itibari ile jeotermal enerjinin doğrudan kullanım kapasitesi 70.329 MWt'a yükselmiştir. Yıllık enerji kullanımı ise toplam 587.786 TJ (163.287 GWh)'e ulaşmıştır. Türkiye, Amerika, Çin, Almanya ve İsveç doğrudan kullanım kapasitesine göre ilk beş ülke arasında bulunmaktadır. Toplam 46.620 MWt kapasiteye sahip bu beş ülke, dünya kapasitesinin %66.28'ini

oluşturmaktadırlar. Bu beş ülke, yıllık enerji kullanımında dünya kullanımının %63.6'sını kapsamaktadır (Lund ve Boyd, 2015).

2005 yılı için dünyada jeotermal enerjiden elde edilen elektrik kurulu gücü 8.933 MW olup yaklaşık 1.8 MW'lık artışla son beş yılda ve 2010 yılı Dünya Jeotermal Kongresi kayıtlarına göre toplam kurulu gücün 67.246 GWh ve toplam enerjinin 10.715 MW olduğu (Bertani, 2010), 2015 yılında yine Bertani tarafından yapılan çalışmada, dünya jeotermal doğrudan kullanım üretim gücünün %21 artış oranı ile yaklaşık 12.988 MW' a yükseldiği açıklanmıştır (Bertani 2015).

Jeotermal enerjinin elektrik dışı kullanımı ise 2017 yılı itibariyle dünyada yaklaşık 60.000 MWt olup, 10 milyon konut ısıtma eşdeğerindedir. Genel olarak dünyada jeotermal enerjinin doğrudan kullanım oranları (elektrik dışı); kaplıca-sağlık amaçlı kullanım %13.2, sera ısıtması %3.1, jeotermal mahal ısıtması %80.4, endüstriyel kullanım %1.1, jeotermal balıkçılık %1.3, soğutma-kar eritme %0.7 ve diğer %0.1'dir. 2017 yılı itibari ile toplam jeotermal gücün 74.500 MWt değerine yükseldiği belirtilmektedir (Anonim, 2019).

2018 yılı ekim ayı verilerine göre dünyada kurulu toplam güç kapasitesi toplam 14.369 MW olarak (Bozkurt, 2018), 2019 yılı ocak ayı itibari ile 324 MW artışla 14.600 MW a ulaştığı görülmektedir. 2019 yılı ülkelerin güncel jeotermal enerji kapasitesi Şekil 3.20'de gösterilmiştir.



Şekil 3.20 Ülke Bazında 2019 Yılı (ocak) Güncel Jeotermal Enerji Kapasitesi (Richester, 2019)

2005-2019 yılları arasında dünyada jeotermal kaynağın doğrudan kullanımına ilişkin jeotermal kapasitesi bir grafik yapıldığında son 10 yılda yaklaşık olarak kurulu toplam güç kapasitesinde %60 oranında bir artış olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 3.21). Dünyada meydana gelen bu artışla ilgili yeni yapılan sondaj çalışmaları ve halen devam etmekte olan kaynak arama çalışmaları da ilave edildiğinde daha sonraki yıllarda kurulu güç kapasitesinde sürekli bir artışın devam edebileceği kaçınılmazdır.



Şekil 3.21 Son 14 Yıl Dünya Kurulu Güç Kapasitesindeki Artış Grafiği

### 3.5.2 Türkiye' de Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, ülkemiz için yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahiptir. Türkiye'nin jeolojik ve coğrafik konumu itibari ile yüksek bir jeotermal enerji potansiyele sahiptir. İlk jeotermal çalışmalar Türkiye'de 1960'lı yıllarda başlamış olup günümüze kadar sıcak (termal) ve mineralli su kaynağı arama, işletme çalışmaları devam etmektedir (Çerçioğlu ve Şahin, 2016).

Jeotermal sistemlerin geliştiği ülkeler, genelde aktif volkanik kuşaklar ve/veya tektonik üzerinde bulunmaktadır. Aktif faylarla sınırlı grabenler ve yaygın genç volkanizmaya bağlı olarak gelişen doğal buharların, hidrotermal alterasyonların ve sıcaklığı 25-103°C arasında değişen 600'ün üzerinde sıcak su kaynağımızın olması, ülkemizin önemli bir jeotermal enerji potansiyeline sahip olduğunu gösterir niteliktedir (Işıksoluğu ve ark., 2012). Bazı kaynaklara göre yaklaşık 1.000 kadar jeotermal enerji kaynağı mevcuttur. Ülkemiz Avrupa' da bulunan ülkeler arasında İtalya'dan sonra jeotermal enerji kaynağı en fazla olan ülke arasındadır. Bu

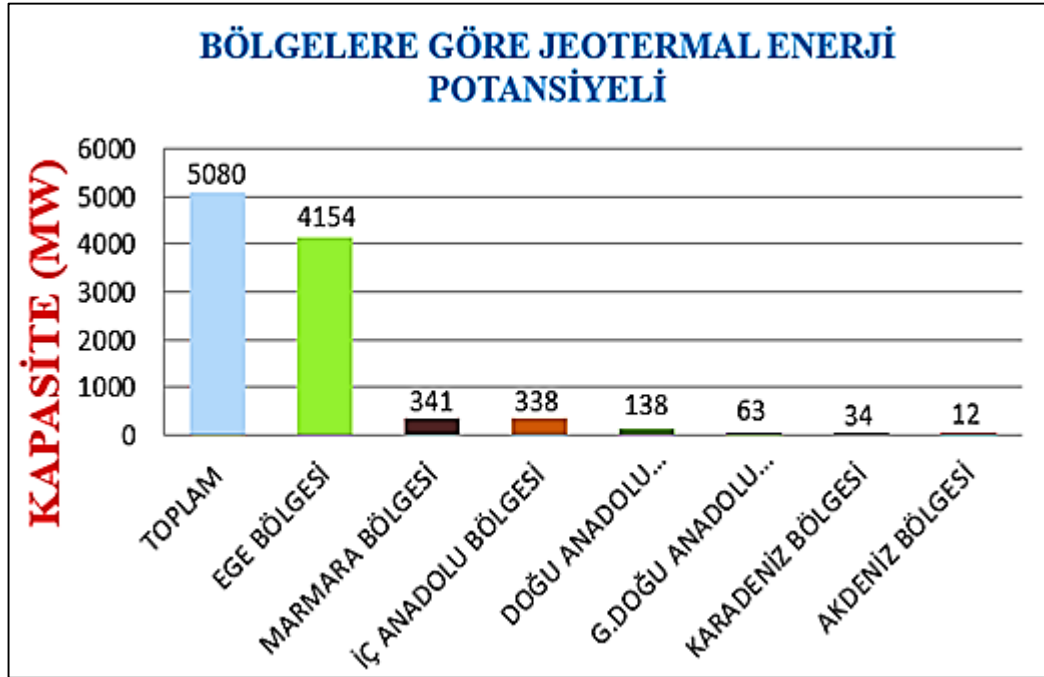
kaynaklar ülkenin jeolojik yapısı nedeniyle Batı Anadolu'da ve Ege Bölgesi'nde hem sıcaklık hem de sayıca diğer bölgelere göre daha fazla yoğunlaşmıştır (Koçak, 2005).

MTA tarafından bildirilen 2015 yılı verilerine göre, Türkiye'de sıcaklığı 20-287°C arasında değişen yaklaşık 2.000 adet jeotermal enerji kaynağı (kaynak boşalım ve rezervuar sıcaklıkları) ayrıca ekonomik ölçekte kullanılabilen 227 jeotermal alan olduğu belirlenmiştir. Yapılan sondajlı aramalarla elektrik üretimine uygun 10 adet yeni sahaların keşfiyle bu sayı 237 sahaya çıkarılmıştır. Bugüne kadar toplamda 618 adet, 392.000 metre sondajlı arama çalışması yapılarak doğal çıkışlar dahil açılan kuyularla 5.000 MWt ısı enerjisi elde edilmiştir.

Jeotermal kaynaklar; merkezi ısıtma ve soğutma, sera ısıtması vb. ısıtma/soğutma uygulamaları, karbondioksit, gübre, lityum, ağır su, hidrojen gibi kimyasal maddelerin ve minerallerin üretimi, kurutma işlemleri gibi endüstriyel amaçlı kullanımlar, elektrik enerjisi üretimi, termal turizmde kaplıca amaçlı kullanım, mineraller içeren içme suyu üretimi, düşük sıcaklıklarda (30°C'ye kadar) kültür balıkçılığı gibi uygulama ve değerlendirme alanlarında kullanımlar gerçekleştirilmektedir (Tunçbilek, 2015). Türkiye'de jeotermal kaynaklardan günümüze kadar gelişen süreçte ortaya çıkarılan enerjiden günümüzde birçok alanda yararlanılmaktadır. Merkezi olarak şehir ısıtma uygulamaları son yıllarda yaygınlaşmıştır. 1990'lı yıllardan 2004 yılına kadar uygulanan politikalardan dolayı durma noktasına gelen jeotermal enerji arama çalışmalarına, 2005 yılından itibaren yoğun olarak devam edilmiştir.

2017 yılında, T.C. Maliye Bakanlığı yıllık bütçe açıklamasında; Maliye Bakanı Berat ALBAYRAK tarafından yapılan sunuş konuşmasından; ülkemizin toplam jeotermal ısı kapasitesinin (görünür ısı miktarı) ise 15.500 MWt' a ulaşmış olduğu, 2002-2017 yılı Ağustos ayı itibariyle jeotermal kaynak arama çalışmalarındaki gelişmeler yatırımda da karşılığını bulmuş olduğu, sera ısıtmasında 500 dönümden 3.932 dönüme, termal tesis ve sağlık uygulamalarında 175 tesisten 350 tesise, konut ısıtmasında 30.000 konuttan 114.000 konut ısıtmasına ve elektrik üretiminde ise 15 Mwe' den 1.007 MWe' ye yükselen değerlerde artış sağlandığını belirtilmiştir (Anonim, 2017).

Ülkemizin jeotermal enerji potansiyeli teorik olarak 31.500 MWt olup potansiyel oluşturan alanların %5'i Doğu Anadolu'da, %7'si Marmara Bölgesinde, %9'u İç Anadolu'da, %78'i Batı Anadolu'da ve %1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın %90'ı düşük ve orta sıcaklıklı ve doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral eldesi vb.) için geri kalan %10'luk dilim ise dolaylı uygulamalara (elektrik enerjisi üretimi) uygun niteliktedir. Ülkemiz bölgesel Jeotermal potansiyeli ve kurulu güç kapasitesi (MW) Şekil 3.22'de grafik halinde gösterilmiştir (Anonim, 2019).



Şekil 3.22 Bölgelere Göre Jeotermal Enerji Potansiyeli (MW)

Jeolojik, jeofiziksel, jeokimyasal araştırmalar ve MTA tarafından yürütülen sondajlı çalışmaların sonucu olarak jeotermal alanlardaki sıcaklıklar ve termal kaynakların debileri önemli oranda yükselmiştir. 2017 yılı sonu itibariyle, işletmede bulunan 1.064 MW'lık kurulu güce sahip 40 adet Jeotermal Enerji Santrali Türkiye toplam kurulu gücün yaklaşık %1.2'sine karşılık gelmektedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi 2017 yılında 5.970 GWh olarak gerçekleşmiş olup elektrik üretimimizin %2.02'si jeotermal kaynaklardan elde edilmiştir. Yatırımcı ve devlet teşvikleriyle 1.155 MW'a yükselip ülkemiz kurulu güç gelişiminde Dünya 4'üncülüğüne taşınmıştır. Ülkemizde, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarımızdan jeotermal enerjinin arama ve araştırma çalışmalarına yoğun olarak devam edilmektedir. Bunun yanında gerek Belediye/İl Özel İdareleri/Valilik gibi kamu



kurumları, gerekse özel sektörün jeotermal kaynak arama ve/veya işletme ruhsat sahibi olduğu jeotermal sahalarda, sürdürülebilirliğinin sağlanması, jeotermal kaynakların korunması, ve re-enjeksiyon yapılmasına yönelik, devletimiz tarafından teknik destek verilmeye devam edilmektedir (Anonim, 2017).

Jeotermal kaynakların kurulu güç kapasitesi değişimleri için son 10 yıl incelendiğinde;

2009 yılı ;

19 adet kuyuda MTA Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen çalışmalar tamamlanmış olup toplam 18.231 m sondaj yapılmış, ülke potansiyeline 240 MWt enerji ilave edilmiştir. Aydın-Pamukören rezervuarında 850 m'de 188°C sıcaklık içeren bu jeotermal saha; Türkiye'nin 4'üncü en sıcak jeotermal enerji sahası olma özelliğine sahiptir. 2009 sonu itibari ile 71.750 m sondajlı arama tamamlanmış olup ülkemiz görünür ısı kapasitesi %38 arttırılmış, 173 adet keşfedilmiş jeotermal saha sayısı da sondajlı aramalarla 190 sahaya çıkarılmıştır. Demirbaş, 2009 yılında Dünya'da jeotermal enerjiyi direkt olarak en çok kullanan ülkeler başlığı altında Türkiye' nin doğrudan kullanım jeotermal enerji kapasitesini 820 MWt olarak belirtmiştir (Demirbaş, 2009).

2010 yılı;

2010 yılı verilerine göre; ülkemizde jeotermal enerjiden doğrudan kullanım olarak merkezi ısıtma, seracılık ve balneoloji (termal turizm) alanlarında faydalanılmaktadır (Çizelge 6.2). Ülkemizde 15 sahada seracılık (389.48 Mwt) toplamda 1.176,97 MWt, 350 adet termal tesis balneolojik ve 18 yerleşim biriminde merkezi konut ısıtması (86.443 konut eşdeğeri, 787.49 MWt) için kullanılmaktadır (Çetin, 2014).

2011 yılı;

Göksu, 2011 yılında yapmış olduğu çalışmada; elektrik üretimine uygun 28 sahadan 6 sında elektrik enerjisi, 136 sahadan 13 adedinde 200.000 civarında konut ısı üretimine uygun olarak değerlendirildiğini, 1.590 MWt konut, termal tesis ve sera ısıtma kapasitesinin olduğunu belirtmiştir (Göksu, 2011).

2012 yılı;

Jeotermal elektrik görünür teknik ve ekonomik potansiyeli 720 MWe olup, ülkemiz jeotermal enerji potansiyeli, dolaylı kullanım (elektrik üretimi 162.2 MWe~2.500 MWt) + doğrudan ısı kullanımı (ısıtma+termal kullanım) : 2.000 MWt, ~3.3 milyon ton/yıl petrol eş değeri olup doğalgaz eş değeri ise 3 Milyar m<sup>3</sup> olarak belirtmiştir. 2012 yılı jeotermal enerji doğrudan ısı kullanımı kapasitesinin 2.000 MWt olduğunu söylemiştir (Dağıstan, 2012).

2013 yılı;

Satman, 2013 yılında İzmir Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresinde yapmış olduğu sunumda; bugüne kadar bulunan jeotermal alanların %95' i ısı uygulamalara uygun sıcaklıkta olup, 30°C' nin üzerindeki toplam 170 jeotermal saha Türkiye sathına dağılmış olmakla birlikte, çoğu Batı, Kuzey Batı ve Orta Anadolu'da toplandığını söylemiştir. Balneolojik amaçlı 11 jeotermal saha, sıcaklık alt sınırı 20°C olarak kabul edilmekte olup 600 kaynak grubuyla Türkiye, Avrupa'da jeotermal enerji potansiyeli bakımından ilk sırada yer almaktadır demiştir (Satman, 2013). Yapmış olduğu çalışmada Türkiye 'nin jeotermal enerji doğrudan kullanım kapasitesinin toplamını 2.084 MWt olarak belirtmiştir.

2014 Yılı;

Türkiye' nin jeotermal enerji potansiyeli son araştırmalar sonucunda 31.500 MWt'den 60.000 MWt'e çıkmıştır. Sondaj faaliyetleri ile ispatlanmış rezerv 4.209 MWt, doğal olarak kaynaktan deşarj olan potansiyel 600 MWt olmak üzere toplam potansiyelimiz 4.809 MWt'dir. Bugün ispatlanmış potansiyelin %58'i yani 2.705 MWt'lik kısmı jeotermal ısıtma, kaplıca ve ısı pompası uygulamalarında kullanılmaktadır (Parlaktuna ve ark., 2013). Türkiye'de 2014 yılı sonu itibari ile ispatlanmış rezervin doğrudan kullanıma göre dağılımı; mekân ve bölgesel ısıtma sistemi 805 MWt, sera ısıtması 612 MWt, termal tesis ısıtması 420 MWt, balneolojik kullanım (kaplıca vs.) 1.005 MWt, ısı pompası uygulamaları 42.8 MWt olarak toplamda 2.884,8 MWt kapasite olarak belirlenmiştir (Mertoğlu ve ark., 2015).

2015 Yılı;

Şimşek, 2015 yılı III. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumunda anlatmış olduğu çalışmasında; Jeotermal suların tedavi, banyo amaçlı kullanımının toplam kapasitesi 1.005 MWt'e ulaşmıştır. Toplam 400 kaplıca balneolojik amaçlı kullanılmakta, İzmir-Balçova, Narlıdere, Kırşehir ve Afyon şehir merkezleri olmak üzere 19 ilçe

merkezinde konut ısıtmacılığı yapılmaktadır. Termal amaçlı kullanımlar 420 MWt'a konut ısıtmacılığı 829 MWt'a, sera ısıtmacılığında ise son 3 yılda önemli bir artış sağlanmış ve 313.000 m<sup>2</sup>' ye ulaşmıştır. Bu metrekareye karşılık sera ısıtması 638.5 MWt olmak üzere toplam kurulu kapasiteyi (ısı pompası uygulamaları da dahil) yaklaşık olarak 2.935,3 MWt olduğunu belirtmiştir (Şimşek, 2015).

2016 Yılı;

2016 yılı itibari ile; Jeotermal enerjinin konut, sera, termal tesis ısıtması gibi doğrudan kullanım kapasitesi 3.289,3 MWt' a ulaşmış olup, konut ısıtmacılığı 1.050 MWt, 4.249 dönüm sera ısıtması, 770 MWt, termal amaçlı kullanımlar 420 MWt, balneolojik kullanım 1.005 MWt ve ısı pompası uygulamaları 42.8 MWt, tarımsal kurutma 1.5 MWt değerinde olduğunu belirtmiştir (Yılancı, 2017).

2017 Yılı;

Akkuş, 2017 yılında yayınlamış olduğu çalışmasında; 1990'lı yıllarda araştırmaların önemli bir boyut kazandığı dönemde, jeotermal kaynaklara yönelik yatırımların cazip hale geldiğini belirtmiştir. Bu durumu değerlendiren özel/kamu iktisadi teşebbüsleri ve belediyeler, enerji üretimi ve ısıtma uygulaması yatırımlarıyla süreçte bir dönüm noktası oluşturmuşlardır. 2017 yılı Türkiye' nin doğrudan kullanım kapasitesine bakıldığında toplamda 3.323 MWt'a ulaştığını göstermektedir (Akkuş, 2017).

Ayrıca, 2017 yılında yapılmış olan farklı bir kaynaktan elde ettiğimiz veriler de değerlendirildiğinde son 15 yıl içinde meydana gelen, Türkiye' nin jeotermal enerji potansiyelinde büyük bir artış olduğu gözlemlenmektedir.

2002-2017 yılları için Türkiye'deki jeotermal uygulamaların karşılaştırılması incelendiğinde;

- Elektrik üretimine uygun saha sayısı 16 iken 2017 yılında 25 adete yükseldiği,
- Sera ısıtması 500 dönüm iken 2017 yılında 3.931 dönüme çıkararak ve %686 artış olduğu,
- Konut ısıtması, 30.000 konuttan 2017 yılında 114.567 konut eşdeğerine çıkararak %281 artış olduğu,

- Elektrik üretiminde kurulu güç 15 MWe iken 2017 yılı Kasım ayı sonu itibariyle kurulu güç 1.052 Mwe' e çıkarak %7000 artış olduğu,
- Ülkemizin halen ısıtma amaçlı kullanmakta olduğu jeotermal enerji kapasitesinde ise 2002 yılında 3.000 MWt'den 2017 yılında 15.500 MWt'e çıkarak %416 artış olduğu görülmektedir (Anonim, 2017).

Ülkemizde 2016 yılında 820 MW olarak gerçekleşen ve toplam kurulu güç içindeki payı %1 olan jeotermal enerjinin 2017 yılı ilk 10 aylık dönemindeki payı %1.2' ye yükselerek bu oranla Türkiye bu rakamla jeotermal enerjiden elektrik üretimi konusunda en hızlı büyüyen ülke durumuna geçmiştir. 2017 verilerine göre, Türkiye jeotermal enerjiden elektrik üretimi konusunda dünya sıralamasında, ABD, Filipinler ve Endonezya'dan sonra 4. ülke konumunda yer almaktadır.

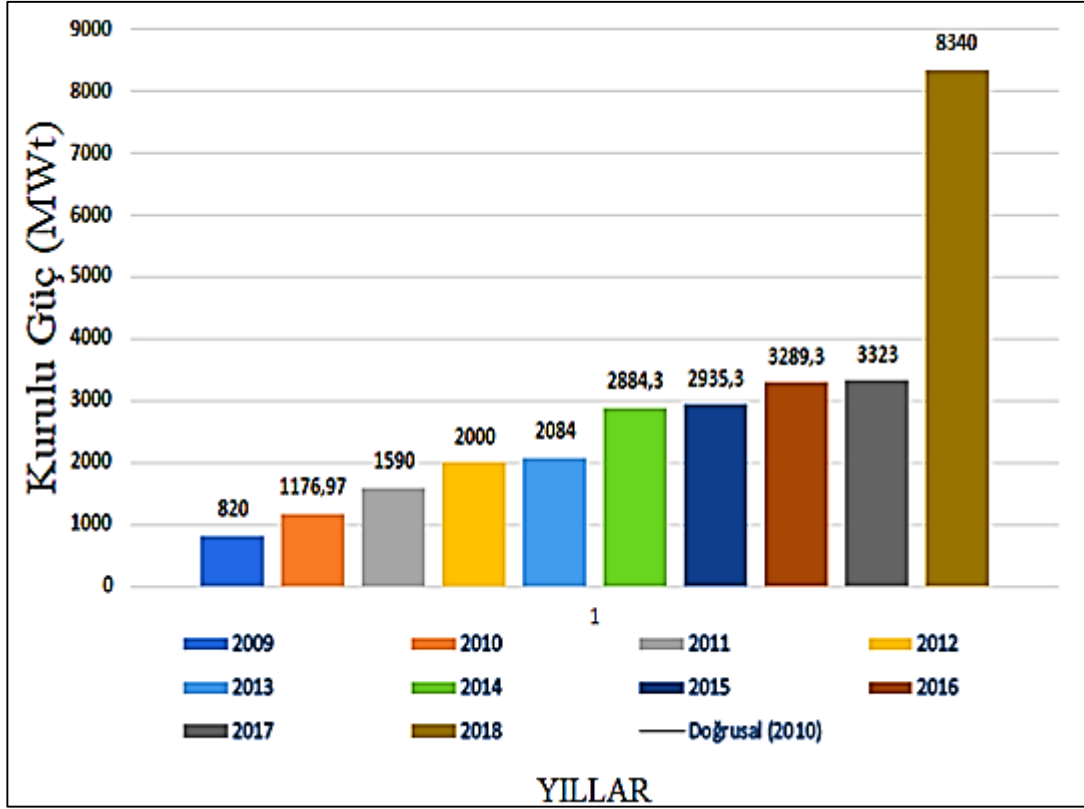
2018 yılı;

2018 yılı, T.C. Kalkınma Bakanlığı tarafından sunulan, Kalkınma Bakanlığı Onuncu kalkınma plan döneminde (2014-2018) termal turizm, jeotermal elektrik üretimi, sera ısıtma, kurutma, ısıtma, 2018 yılı tahmini kapasite hedeflerine ulaşılması için beklenen kapasite değerleri Çizelge 3.6'daki gibi özetlenmiş olup tablo incelendiğinde ise 2018 yıl sonu itibari ile Türkiye'nin doğrudan kullanım toplam kapasite hedeflerinin 8.340 MWt olduğu görülmektedir.

**Çizelge 3.6** Jeotermal Uygulama ve 2018 Yılı Tahmini Hedefleri (Mertoğlu, 2017)

Jeotermal Uygulama	2018 Yılı Tahmini Hedefleri
Elektrik Üretimi	750 MWe
Isıtma (konut,otel,termal tesis vb.)	4.000 MWt
Sera Isıtma	2.040 MWt
Kurutma vb.	500 MWt
Termal Turizm	1.100 MWt
Soğutma	300 MWt
Balıkçılık, Diğer Kullanımlar	400 MWt
Toplam Doğrudan Kullanım	8.340 MWt

Ülkemizde son 10 yılda jeotermal enerjinin doğrudan kullanım kapasitesi incelendiğinde, jeotermal alan arama çalışmalarının atması ve buna bağlı olarak devlet desteğinin de alınması ile beraber kullanım kapasitesinde sürekli bir artış olduğu görülmektedir. 2009-2018 Yılı Türkiye jeotermal enerji potansiyeli değişimi grafik yapılarak Şekil 3.23'de gösterilmiştir.



Şekil 3.23 2009-2018 Yılı Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli Değişimi (Doğrudan Kullanım, MWt)

### 3.5.3 Türkiye'nin Dünya Jeotermal Enerjideki Konumu

Bugün, ülkemizde jeotermal enerjiden faydalanma denildiğinde ilk olarak sadece kaplıca (termal) uygulamaları akla gelmektedir. Aslında kaplıca tipi uygulamalar, yararlanma basamaklarının son kademesini oluşturması gerekirken ülkemizin hemen hemen bir çok yerinde ilk kademesini oluşturduğu görülmektedir.

Bu sebeple genel olarak termal su turizmi noktasında faydalanılan jeotermal enerji özellikle son dönemlerde gerçekleştirilen yatırımlar ve yapılan çalışmalar ile birlikte enerji üretiminde de kullanılmaya başlanmıştır. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları kadar yaygın bir kullanım alanına sahip olmamasına rağmen özellikle iklim şartlarından etkilenmemesi nedeniyle sürekli bir enerji kaynağı olmasından dolayı jeotermal enerji ülkelerin kullandıkları enerji çeşitleri arasındaki yerini almakta ve bu yeri giderek sağlamlaştırmaktadır. Türkiye bulunduğu jeopolitik yapısı ve coğrafi konumu nedeniyle bütün yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma imkanına sahiptir. Özellikle hidrolik, jeotermal, rüzgar ve güneş enerjisi potansiyelleri bakımından AB ülkeleri ile karşılaştırıldığında, Türkiye'nin son derece

elverişli bir konuma sahip olduğu görülmektedir. Ancak bu kaynakların kullanım oranı düşük seviyelerdedir. Türkiye'nin gelecek yatırım planlamalarında ve özellikle 2023 hedefleri kapsamında yenilenebilir enerji konusuna ayrı bir önem verilmesi bu durumu kanıtlayıcı niteliktedir. Bu doğrultuda atılan adımlar neticesinde ülkemiz mevcut jeotermal enerji potansiyelini değerlendirmeye öncelik vermektedir.

Dünya genelinde ise Türkiye, Filipinler, Endonezya, ABD ve Yeni Zelanda jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk beş ülke olarak sıralanmaktadır. Jeotermal enerjinin elektrik dışı kullanımı ise 70.329 MW ve dünyada doğrudan kullanım uygulamalarındaki ilk beş ülke Türkiye, Çin, İsveç, ABD ve İzlanda olarak gösterilmektedir (Karagöl ve Kavaz, 2017).

Türkiye'deki jeotermal enerji kaynaklarının tümüne yakınının düşük entalpili (maddenin yapısında depolanmış olan enerjilerin toplamı) olması, kaynakların değerlendirilmesinde endüstriyel kullanım ve konut ısıtmasına yönelmesinin doğru olacağını ortaya çıkarmaktadır. Türkiye'nin gelecek yıllardaki enerji gereksinimleri dikkate alındığında jeotermal enerjinin tek başına çözüm olmayacağı fakat enerji sorununda tamamlayıcı bir rol oynayacağı açıktır. Devletin ve özel yatırımcıların jeotermal kaynakların konut ısıtması ve endüstriyel proses ve ısı gibi kullanımlara yatırım yapması, hava kirliliğini azaltması yönünden, ülke ekonomisine katkısı ve en önemlisi de petrol için harcanan döviz giderlerinin de azalmasında katkı sağlayacaktır (Türkyılmaz ve ark., 2006).

İtalyan hükümeti jeotermal ısıya 1 euro-cent/kWh ilave ödeme yaparak kullanıma teşvik etmektedir. Jeotermal enerji termal turizm kapsamında, İspanya'ya 400 bin kişi, İsviçre'ye 800 bin kişi, Fransa'ya yaklaşık 700 bin, Rusya'ya 8 milyon kişi, Almanya ve Macaristan'a 10 milyon kişi gitmektedir. Japonya'da 1.500 adet kaplıcada 100 milyon kişi termal turizm yapmakta ve sadece Beppu şehrine 12-13 milyon kişi termal turizm amaçlı olarak gitmektedir. Jeotermal kaynak zenginliği açısından dünyada ilk 4 ülke arasında yer alan Türkiye'nin termal suları, hem de çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri, hem de debi ve sıcaklık değerleri ile Avrupa'daki termal sulardan daha üstün nitelikler taşımaktadır. Ülkemizde debileri 2-500lt/sn arasında değişen 1.300 dolayında termal kaynak bulunmaktadır. Bunlardan sadece 350 adet kaplıcadan yılda 16 milyon kişi birçok hastalığın

tedavisinde, rehabilitasyon ve dinlenme (tatil) amaçlı olarak faydalanmaktadır (Mertoğlu, 2017).

Dünyada 10 bin dönüm, Türkiye’de ise 635 dönüm jeotermal sera bulunmaktadır. Şanlıurfa’daki 106 dönümlük jeotermal ısıtma yapılan seradan Avrupa’ya ihracat yapılmaktadır. Mevcut 635 dönümlük sera ısıtmasının 10 yıl içinde 10.000 dönüm olması hedeflenmektedir.

Düşük sıcaklıklarda kültür balıkçılığı gerçekleştirilmektedir (levrek-sarı levrek, çupra, tilapia - çupra türü, karides, sazan vb.). Ülkemizde 1986 yılından beri Kızıldere jeotermal elektrik santralının atığı olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) değerlendirilerek, entegre olarak sıvı karbondioksit ve kurubuz üretimi yapılmaktadır. Yılda 120.000 ton civarında üretim yapan fabrika, Türkiye’nin sıvı karbondioksit ihtiyacının %50’sini karşılamaktadır (Kılıç ve Kılıç, 2009).

### 3.6 Jeotermal Enerjide Belediyelerin Çalışmaları

Jeotermal enerjinin kullanımı belediyeler ve halka açık şirketleri tarafından yapılması ve işletilmesi yönünden, kendisini 3-4 yılda geri ödeyen, doğalgazın onda birine mal olan, %60'lara kadar dolar bazında iç kârlılık sağlayan bu çok yönlü yatırımlar, onlara çok önemli boyutta maddi bir kaynak oluşturabilecek niteliktedir (Anonim, 2019). Çizelge 3.7’de valilik ve belediyelerin işletmesinde bölgesel ısıtma yapılan bazı jeotermal sahalar listelenmiştir.

**Çizelge 3.7** Bölgesel Isıtma Yapılan Jeotermal Sahalar (Şengöz, 2007)

Jeotermal Saha					
Jeotermal Saha	Jeotermal ile ısıtılan konut sayısı	İşletmeye alma	Su Sıcaklığı (°C)	Kapasite Q (MWt)	Yatırımcı/ Şirket
Balçova, Narlıdere	35.000	1983	140	243	Valilik ve Belediye eşit ortaklık A.Ş.
Gönen	3.400	1987	80	19	Belediye A.Ş.
Simav	14.500	1991	125	110	Belediye
Kırşehir	1.900	1994	57	20	Valilik ve Belediye
Kızılcahamam	2.500	1995	70	28	Belediye A.Ş.
Afyon	10.000	1996	95	127.5	Valilik ve Belediye
Kozaklı	3.000	1996	90	34	Valilik ve Belediye
Sandıklı	11.000	1998	75	119	Valilik ve Belediye
Diyadin	570	1999	70	62	Valilik A.Ş.

**Çizelge 3.7** Bölgesel Isıtma Yapılan Jeotermal Sahalar (Şengöz, 2007) (Devamı)

<b>Jeotermal Saha</b>					
<b>Jeotermal Saha</b>	<b>Jeotermal ile ısıtılan konut sayısı</b>	<b>İşletmeye alma</b>	<b>Su Sıcaklığı (°C)</b>	<b>Kapasite Q (MWt)</b>	<b>Yatırımcı/ Şirket</b>
Salihli	7.500	2002	94	57	Belediye A.Ş.
Sarayköy	2.500	2002	95	19	Belediye+Yatırımcı ve İşletmeci Özel Sektör
Edremit	5.500	2003	60	39	Belediye+Özel Sektör A.Ş.
Bigadiç	1.500	2005	96	7	Belediye A.Ş.
Dikili	2.000	2009	125	19	Belediye A.Ş.
Bergama	450	2009	70	3	Belediye A.Ş.
Sorgun	1.500	2008	80	19	Belediye A.Ş.

### **3.7 Ordu İli Fatsa İlçesi Ilıca Sıcak Su Bölgesinde Bulunan Otel Örneği Üzerinde Isıtma Sisteminde Jeotermal Enerji Kullanımının İncelenmesi**

Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi (JMIS); bir ya da daha fazla jeotermal akışkan üretim sahasının, bir grup binaya ısı enerjisi sağlamak amacıyla ısı kaynağı olarak kullanılması olarak tanımlanabilir. Bir JMIS’de entegre kullanım ile binaların ısıtılması, ev içi kullanım suyunun ısıtılması, binaların soğutulması, endüstriyel uygulamalar ve termal turizm (kaplıca) uygulaması bulunabilir (Erden, 2002).

Sıcaklığı 30-60°C’ ler arasında değişen jeotermal su, konutların ısıtılmasını kolay ve pratik bir şekilde sağlamaktadır. Daha düşük sıcaklıklara sahip jeotermal kaynaklardan yararlanmanın yöntemi ısı pompalarıdır (Akova, 2008).

Ordu İli Fatsa İlçesi Ilıca Mahallesi sıcak su bölgesinde şu an için inşaatı devam eden ve mekanik ısıtma soğutma projeleri yapılmış olan termal otelin mimari proje müellifinden muvaffakat alınarak, kullanım suyu ısıtma sistemi tasarlanmış, ısı pompasının kullanımı, diğer yakıtlarla ve ısıtma sistemleri ile yakıt ve yatırım maliyeti analizleri karşılaştırılması yapılacaktır. Özellikle bu tür otellerin enerji ihtiyacının %70’i ısıtma ve soğutma için elektrik tüketimi ile yapılmıştır. Bu şekilde kullanılan klasik sistemlerin aksine yenilikçi tasarım ve cihazlar kullanılarak elektrik enerjisi tüketiminin en aza indirgenmesi hedeflenmektedir. Yıllık yakıt maliyetleri açısından büyük oranda tasarruf sağlamaya yönelik ısıtma sistemi tasarımı için gerekli olan parametreler dikkate alınacaktır. Isıtma sistemi tasarımında kullanılacak olan ısı pompası tanımı yapılarak kullanılacak sisteme ve jeotermal ısı kaynağına en uygun ısı pompası modeli seçilecek olup diğer alternatif enerji kaynakları ile ilk



yatırım maliyetleri, enerji maliyetleri mukayeseleri yapılmış ve amortisman süreleri hesaplanmıştır.

### **3.7.1 Isıtma Sisteminde Kullanılacak Isı Pompası**

İnceleme alanında bulunan termal otel bölgesinde, jeotermal su kaynağından çıkan suyun sıcaklığı (48°C) ve debisi (1.2 l/sn) düşük olduğu için, merkezi ısıtma sisteminde kullanılmayacağından dolayı, çalışma sıcaklığına (70-50°C) çıkılabilmesi adına ısı pompasının kullanılmasının ilk yatırım maliyeti açısından yüksek çıkması neticesinde sadece, kullanım suyu ısıtmasında kullanılmıştır. Isı pompası; temel olarak elektrik enerjisini kullanarak ısıyı bir kaynaktan alıp başka bir alana taşıyan sistemlerdir. Burada enerji alınan kaynak; su, hava, jeotermal enerji, atık gaz ve toprak olarak gösterilebilir.

Isı pompalarına günlük yaşantımızdan örnek verecek olursak; buzdolabı, klima, derin dondurucular birer ısı pompası olarak gösterilebilir. Klimalar yazın soğutma amaçlı kullanıldıkları için iç ortama soğuk hava vermesi aynı zamanda dış ünitelerin fanından sıcak hava üflemesi sebebiyle ısı pompası olarak gösterilebilir. Çünkü ısı pompası enerji aldığı kaynağı soğutma konumunda çalışırken ısıtır, ısıtma konumunda çalışırken soğutur. Bir döngü halinde gerçekleşen bu işlem gazın faz değişimi ile enerji alma ve bu enerjiyi taşıma olayıdır. Genel anlamda ısıyı üretmek yerine taşımayı amaçlayan sistemlerdir (Anonim, 2019).

### **3.7.2 Isı Pompası Çalışma Sistemi**

Isı pompası dört ana elemandan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Kondenser (yoğuşturucu),
2. Genişleme Valfi (kısılma vanası),
3. Evaporatör (buharlaştırıcı),
4. Kompresör olarak sıralanmaktadır.

Bu ana elemanlar yardımı ile ısı pompasının çalışma sistemi şu şekilde tamamlanmaktadır;

Isı kaynağından ısı alınması;

Buharlaştırıcıda (kaynakla temas halinde bulunan sistem) bulunan soğutucu akışkanın sıcaklığı ve basıncı düşüktür. Isı kaynağından alınan ısı enerjisi ile

oluşan sıcaklık farkı, soğutucu akışkanın sıcaklığının artırılmasını sağlayarak bu şekilde soğutucu akışkan kaynar ve buharlaşır.

Jeotermal su aşındırıcı olduğu için ısı pompasının buharlaştırıcısına doğrudan bağlanmamalıdır aksi halde buharlaştırıcıdaki bakır borular aşınır. Bu maksatla levhalı tip ısı değiştiricisi kullanılarak sistem jeotermal sudan izole edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Kompresörde sıcaklık artırılması;

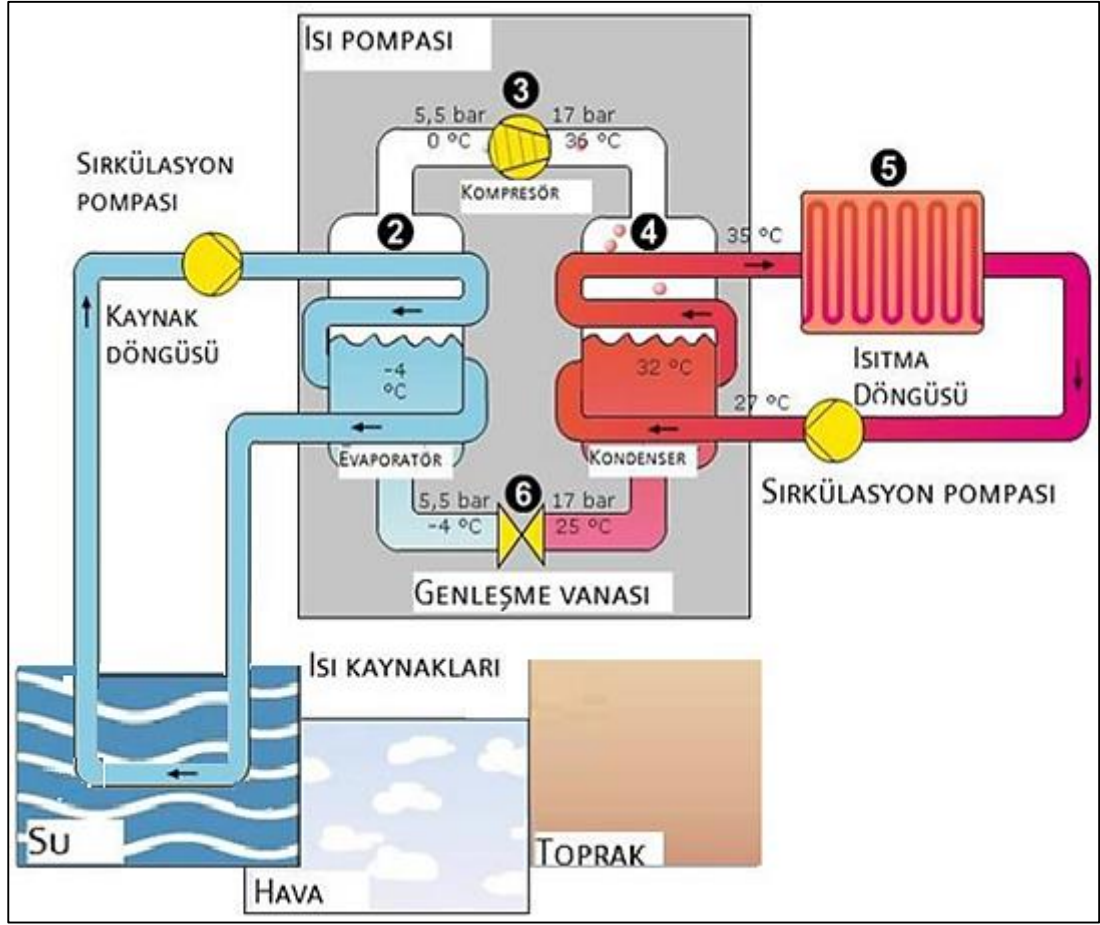
Buharlaştırıcıdan çıkan buharı, yoğuşma basıncına kadar sıkıştırmak için kullanılan ayrıca sıcaklığını ve basıncını arttıran elemanlardır.

Isıtma sistemine ısı aktarılması;

Buhar fazındaki soğutucu akışkan kondensere ulaşır. Kondenserdeki ısıtma suyunun sıcaklığı buhar fazındaki akışkanın yoğuşma sıcaklığından daha düşük olduğu için, akışkan ısını ısıtma suyuna aktararak tekrar sıvı faza geçer.

Genleşme valfinden kısılma;

Soğutucu akışkanın kompresörde kazandığı yüksek basınç, genleşme valfinden geçerek düşer. Böylece buharlaştırıcıya tekrar düşük sıcaklık ve basınçta girmiş olur. Kapalı çevrim tamamlanır (Anonim, 2019). Isı pompası çalışma sistemi, sistem şeması Şekil 3.24'te gösterilmiştir.



Şekil 3.24 Isı Pompası Çalışma Sistemi (Anonim, 2019)

Enerji alınan kaynaklara göre üç tip ısı pompası çeşiti vardır. Bunlar; toprak kaynaklı ısı pompası, hava kaynaklı ısı pompası ve su kaynaklı ısı pompasıdır. Çalışmamızda jeotermal enerjiden faydalanılacağı için su kaynaklı ısı pompasından bahsedilecektir.

### 3.7.3 Isı Pompası Seçim Kriterleri ve Su Kaynaklı Isı Pompası

#### 3.7.3.1 Isı Pompası Seçim Kriterleri

Isı pompası tipinin belirlenmesi, kullanılacak kaynağa bağlıdır. Genel olarak bakıldığında piyasada en fazla kullanılan ısı pompası tipi hava kaynaklı ısı pompaları ilk sırada gelmektedir. Çünkü hava en yaygın kullanılan ısı dağıtım aracıdır. Hava doğrudan mahallere verilebilir veya zorlanmış bir hava kanalı sistemi ile dağıtılabilir. Hava dağıtım sisteminin çıkış sıcaklığı genellikle 30-50°C arasındadır. Merkezi sistem ısıtmada geleneksel radyatör sistemleri tipik olarak 60-90°C sıcaklık aralığında çalışmaktadır. Bireysel kullanım sistemlerinde ise sıcaklık konvektörleri

ve radyatörlerde maksimum çalışma sıcaklıkları 45-55°C, döşemeden ısıtma sistemlerinde ise 30-45°C değerleri arasında değişmektedir.

Isı kullanım elemanlarının çalışma sıcaklığı ne kadar düşük olursa, ısı pompasının verimi o kadar yüksek olmaktadır. Bunun sonucunda da daha düşük yakıt maliyetleri oluşmaktadır. Buna ulaşabilmek için de büyük boyutlu ısı transfer sisteminin seçimi gereklidir. Bu amaca en uygun olan, düşük sıcaklıkta çalışan döşemeden ısıtma sistemleri ve duvardan ısıtma sistemleridir. Bunun yanı sıra daha büyük hacme daha eşit oranda ısı transferini sağlayan döşemeden ısıtma sistemleri insanın kendini daha rahat hissetmesini sağlar (Temel, 2016).

Ne kadar da ısı transfer sisteminin belirlenmesi önemli olsa da aynı zamanda ısı pompası performans katsayısı (COP) da o kadar önemli olmaktadır. Isı pompası performansı veya başka bir deyişle ısı pompası veriminden de bahsedilmesi gerekecektir.

### **3.7.3.2 Isı Pompası Performans Katsayısı (COP)**

Isı pompasının performansı çeşitli faktörlere bağlı olduğundan ısı pompasının seçimi yapılırken uygulamaya ait tüm karakteristiklerin göz önüne alınması gereklidir. Isı pompalarının seçilmesinde su/soğutucu akışkan serpantininin basınç kaybı, verim, su/soğutucu akışkan tipi ve debileri, kaynak sıcaklığı, fiyat ve yerleşim vb. parametreler dikkate alınmalıdır (Temel, 2016).

Isı pompası işlevinin en önemli göstergesi performans katsayılarıdır. Bu katsayılar cihazın harcadığı elektrik enerjisi miktarına karşılık transfer edebildiği ısı miktarı arasındaki oranı ifade eder. Yani tükettiği 1kW elektrik enerjisine karşılık 4 kW ısıtma enerjisi sağlıyorsa performans katsayısı 4'tür. Performans katsayıları; ısıtma için kullanılıyor ise COP (Coefficient Of Performance) olarak simgelenir. Türkçe 'verim katsayısı' olarak ve elde edilen ısı enerjisinin, tüketilen enerjiye oranı olarak ifade edilmektedir. Cihazların anma kapasitesi ise TS EN 14511-1 (2018) standardına göre belirlenir. COP değerinin yüksek olması ısı pompaları için istenen bir durumdur (Anonim, 2019).

Isı pompalarının veriminin değerlendirilmesinde, en yaygın kullanılan ölçü ısıtma performans katsayısı (COP) ve enerji (termodinamiğin birinci yasası) verimidir. Isı pompasında kompresöre harcanan güç aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\dot{W}_c = \frac{\dot{m}_r(h_2 - h_1)}{\eta_c} \quad (3.1)$$

Kompresör tarafından tüketilen gerçek enerji ise aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$W_g = \frac{W_c}{\eta_{c,m}\eta_{c,e}} \quad (3.2)$$

Burada  $\eta_{c,m}$  ve  $\eta_{c,e}$  sırasıyla kompresörün mekanik ve elektriksel verimidir. Sistemin ısıtma kapasitesi Termodinamiğin I. Kanununa göre, kondenserden atılan ısı miktarıyla kompresör tarafından harcanan gücün farkı olarak tanımlanmıştır (Dossat, 1997).

$$\dot{Q}_K = \dot{Q}_E + \dot{W}_C \quad (3.3)$$

---

$\dot{Q}_E$  : Evaporator tarafından çekilen ısı (soğutma kapasitesi)

$\dot{Q}_K$  : Kondenser tarafından atılan ısı

$\dot{W}_C$  : Kompresör gücünü ifade eder.

---

$$\dot{Q}_E = \dot{m}_r(h_1 - h_4) \quad (3.4)$$

$$\dot{Q}_K = \dot{m}_r(h_2 - h_3) \quad (3.5)$$

Bir ısı pompası sisteminde, kompresörden birim zamanda geçen soğutucu akışkan debisi sistemin kapasitesini belirler. Isıtma kapasitesi bilinen bir ısı pompası sisteminde akışkan debisi aşağıdaki eşitlikten belirlenir.

$$\dot{m}_r = \frac{\dot{Q}_K}{(h_1 - h_4)} \quad (3.6)$$

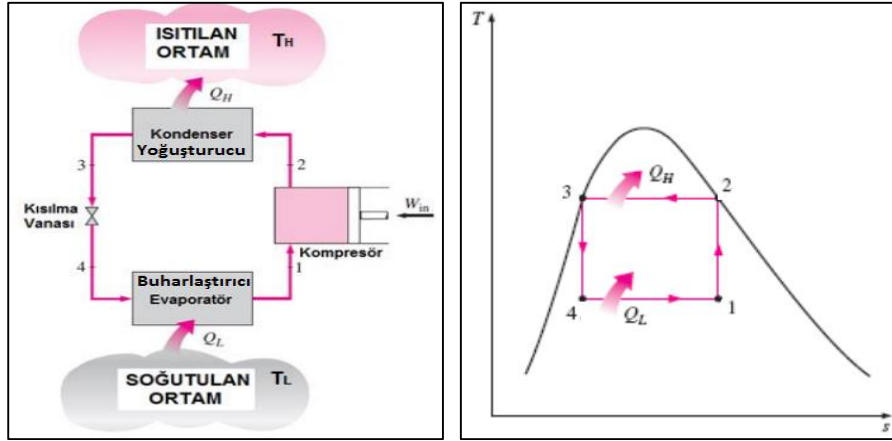
Bir soğutma makinesi veya ısı pompasının ısıl değerlendirilmesi, soğutma performans katsayısı (COP) ile yapılır. Isı pompası çevrimi için COP aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$COP = \frac{\text{elde edilmek istenen}}{\text{harcanan iş girişi}} \quad (3.7)$$

Bu tanıma göre COP değeri;

$$COP = \frac{\dot{Q}_K}{\dot{W}_C} = \frac{\dot{Q}_K}{\dot{Q}_K - \dot{Q}_E} \quad (3.8)$$

şeklinde bulunur. Birinci kanun analizinde, kondenser sıcaklığı, evaporatör sıcaklığı ve kompresör verimi değişimlerini, ters carnot çevrimi ve T-s diyagramında (Şekil 3.25) yerine koyarak, denklemleri COP değeri için de tekrar düzenleyecek olursak;



Şekil 3.25 Ters Carnot Çevrimi ve T-S Diyagramı

Teorik ısı pompası sistemi için T-S Diyagramı yorumlanırsa;

1-2 : Kompresörde izantropik sıkıştırma

2-3 : Kondenserden ısıtılan ortama sabit basınçta ısı verilmesi

3-4 : Kısılma vanasında basıncın düşürülmesi

4-1 : Evaporatörde soğutulan ortamdaki ısı çekilmesi olarak ifade edilmektedir (Al-Kahalıdı, 2018).

$$COP = \frac{\dot{Q}_K}{\dot{W}_C} \quad (3.9)$$

$$COP = \frac{\dot{Q}_K}{\dot{W}_C} = \frac{h_3 - h_2}{h_2 - h_1} \quad (3.10)$$

denklemini elde edilir (Bardak, 2011).

### 3.7.3.3 Yeraltı Suyu Kaynaklı Isı Pompası

Jeotermal enerjiden ısı pompalarında iki şekilde yararlanılabilir. Birincisi, yeraltından yüze ulaşmış düşük sıcaklıktaki kaynak suları ısı pompalarında ısı taşıyıcı akışkan olarak kullanılabilir. Yer altı su kaynaklı ısı pompaları en yüksek verimli kullanılan sistemlerden birisidir.

İkinci yöntem ise yeryüzünün derinliklerinde bulunan kayaçların jeotermal ısısından yararlanmaktır. Bu yöntem yer altı suyunun hiç bulunmadığı veya çok az miktarda bulunduğu yerlerde uygulanabilir. Tipik sondaj kuyusu derinliği 100 ile 200 m arasındadır. Yüksek ısı kapasite istendiğinde, açılan kuyular büyük bir kayaç hacmine ulaşmaya kadar ilerletilir. Bu tür ısı pompaları daima polietilen borularla kayaçtan ısı çeken salamura sistemine bağlanırlar. Sondaj işleminin yüksek maliyetinden dolayı kayaçların küçük konutlarda ısı kaynağı olarak kullanılması ekonomik açıdan genellikle uygun değildir (Erdoğan ve ark., 2006).

Yeraltı suyunun yeterli miktarda ve kalitede olması, ayrıca uygun derinlikte bulunması durumunda ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Yer altı sularını ısı kaynağı olarak oldukça çekici kılan, 10 metre ve daha fazla derinliklerde yeraltı suyunun sıcaklığının yüksek ve neredeyse sabit oluşudur. Yeraltı suları pek çok bölgede 4-10°C arasında kararlı sıcaklığa sahiptir. Suyun sıcaklığı; çıkarıldığı derinliğe, iklime ve bölgenin jeolojik yapısına bağlıdır. Bu ısı kaynağından yararlanmak için açık veya kapalı sistemler kullanılmaktadır. Açık sistemlerde yer altı suyu ısı pompasına pompalanır, ısı alınır ve daha sonra ayrı bir kuyuya veya yüzey suyuna geri gönderilir. Kapalı sistemler ise direkt genişlemeli tip (soğutkan yer altı ısı değiştiricide buharlaşmaktadır) veya salamura çevrimli tip olabilir (Hepbaşı, 1985).

Yeraltı suyunun başlıca dezavantajları ise suyun bulunabilirliği, miktarının yeterliliği, ilk yatırım maliyetinin yüksek oluşu, yerel yönetmeliklerden kaynaklanabilecek kısıtlamalar ve çevre kirliliği oluşturma ihtimalidir. Daha önceden açılmış bir su kuyusunun mevcut olması durumunda, sistemin ilk yatırım maliyeti oldukça düşürülebilir (Temel, 2016). İnceleme yapılacak otel için binanın kullanım suyu kapasitesi ve ısı ihtiyacı hesaplanarak, kullanılması gereken ısı pompası kapasitesi belirlenmiştir.

## 4. MATERYAL ve YÖNTEM

### 4.1 Materyal

Çalışmamıza konu olan Tesis, İl Özel İdaresi tarafından bir süre işletilmiş olup 1989 yılından sonra 2006 yılı sonuna kadar kiralama yöntemiyle şahıslar tarafından işletilmeye devam edilmiştir. Tesis, 2007 yılında özelleştirme kapsamına alınarak açık artırma usulü ile ihalesi yapılmış ve Ilıcalı girişimcilerin bir araya gelmesi ile yeni bir yönetim kurularak işletilmeye başlanmıştır. 1989 yılından bu tarihe kadar kullanılan mevcut tesisin (Şekil 4.1) yıkım çalışmalarına başlanarak, 2018 yılı şubat ayı içerisinde temel atma töreni ile inşaat yapımına başlanmıştır. Karadeniz sahilinde, denize en yakın ve tek olma özelliğine sahip; Ordu İli Fatsa İlçesi Ilıca Mahallesi Sarmaşık Kaplıca Termal Otel'in mimari proje müellifinden muvaffakat izni (Ek 7) alınarak kullanım suyu ısıtması için atık su kaynaklı ısı pompası projelendirmesi (Ek 9) yapıp, ilk yatırım maliyeti ve sistem amortisman süreleri bakımından, diğer enerji kaynakları ile karşılaştırması yapılmış ve sayısal veriler sunulmuştur.



Şekil 4.1 Sarmaşık Kaplıca Termal Otel Mevcut Tesis (Anonim, 2018)

Sarmaşık Kaplıca Termal Otel inşaatı toplam 5,800 m<sup>2</sup> alana sahip olup, toplamda 2 adet bay ve bayan termal havuzu, sauna, masaj salonu, fitness salonu, kafeterya, restaurant, toplantı salonu, 8 adet 59üit odası ile toplam 80 odalı ve dört yıldızlı olma özelliğine sahip olacaktır. Yerinde inceleme yapılan termal otel inşaatı ve otelin son görseli Şekil 4.2.a ve 4.2.b'de gösterilmiştir.





Şekil 4.2.a Sarmaşık Kaplıca Termal Otel İnşaatı



Şekil 4.2.b Sarmaşık Kaplıca Termal Otelin Son Hali (Anonim, 2018)

## 4.2 Yöntem

Ülkemizde bulunan jeotermal kaynakların %95'i daha önce de bahsettiğimiz gibi düşük sıcaklıklı kaynaklardır. Bu kaynaklardan etkili bir şekilde faydalanabilmek, ısı pompası yardımı ile gerçekleştirilebilir. Tezimizin ana amacı da, var olan düşük sıcaklık ve debili termal kaynak kullanılarak ısıtma çözümü ve önerisi sunmaktır.

Valdimarsson P. (1993) yapmış olduğu çalışmada, 'Yeterli miktarda ve düşük derece de su kaynağı vardır ama su kullanımı arttıkça su sıcaklığı düşer. Bu nedenle doğal akış yeterlidir ama su sıcaklığı alan sıcaklığından düşükse, kayaç sıcaklığı suyu ısıtmaya yeterli değildir' demiştir. Aynı şekilde; direkt kullanımlarda jeotermal akışkan sıcaklığının çok yüksek (>150 °C) olduğu yerlerde ise soğuk şebeke suyu ile jeotermal dönüş suyu karıştırılarak müsaade edilen yeterli düşük sıcaklığa (kullanım suyu sıcaklığı) soğutularak binalara musluk suyu olarak verilir. Bu sebeple ısı pompaları sistemlerinde; dönüş suyu, ısı kaynağı olarak kullanılabilir (Engin, 2006). Belirtilen açıklamalar ışığında inceleme alanımızda bulunan jeotermal kaynağın sıcaklığı ısı pompası kullanımı için yüksek olduğu görülmektedir. Bu sebeple termal havuzlarda gün içerisinde kullanılan havuz suyunun kullanım saatleri dışında boşaltılıp depolanarak termal suyun atık ısı enerjisinden faydalanılmış ve bu depolanmış suyun enerjisini kullanarak şekilde bir ısıtma sistemi tasarlanmıştır.

Isı pompası çalışma sisteminde düşük sıcaklıklı kaynaklar kullanıldığı takdirde daha yüksek verim elde edilerek kullanım suyu ısıtmasında ise 60°C'lere çıkabileceği düşünülmektedir. Su kaynaklı (jeotermal ve atık su kaynaklı vb.) ısı pompalarının verimi beş firma üzerinden alınan katalog değerleri ile incelenerek sıcaklığımıza (48°C) ve debimize (1,2l/sn; 4.3199l/h) uygun ısı pompası kapasite hesabı ve seçimi yapılmıştır.

### 4.2.1 Isı Pompası Seçimi

Beş farklı firmanın değişik ısı kapasiteli ve kademeli modelleri için firma web sitelerinden temin edilen ısı pompası katalog değerleri incelenmiş ve ısı pompası seçimi hakkında fikir sunulmuştur.

**Marka–Model 1:** Viessmann-Vitocal 300, su/su ısı pompası (iki kademeli) (Şekil 4.3).

Vitocal 300 (iki kademeli)	Tip	WW 212	WW 216	WW 220	WW 226	WW 232
<b>Kapasite değerleri</b>						
Anma ısı güç	kW	16,8	21,8	28,4	36,6	43,0
İşletme noktası W10/W35*1, EN 255'e göre						
Soğutma gücü	kW	13,80	18,00	23,40	30,40	35,60
Elektr. sarfıyatı*2	kW	3,00	3,80	5,00	6,20	7,40
C.O.P. değeri ε		5,58	5,72	5,66	5,87	5,79
<b>Yeraltı suyu (primer taraf)</b>						
Hacim	litre	4,6	5,6	7,4	9,4	9,4
min. debi*3	litre/h	3200	4200	5400	7200	7800
Akış direnci	mbar	100	100	110	120	120
maks. giriş sıcaklığı	°C	25	25	25	25	25
min. giriş sıcaklığı						
- min. debide	°C	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
- min. debide +40	°C	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5

**Şekil 4.3** Viessmann-Vitocal 300 Debi ve Giriş Suyu Sıcaklığı Verileri

Katalog değerleri incelendiğinde ısı pompası maksimum cihaz giriş sıcaklığının 25°C olduğu, jeotermal kaynağımızın debisine uygun olarak ısıtmada kullanılacağı için uygun bir modelin seçilebileceği görülmektedir. Kapasite yeterli görülmediği takdirde aynı cihazdan birden fazla kullanılabilen kapasite hesabımıza göre belirlenebilecektir.

**Marka-Model 2:** Nibe Fighter-1330/60 kw su/su ısı pompası (Şekil 4.4).

Type		60
Specified/Supplied power <sup>1)</sup> at 0/35 °C <sup>2)</sup>	(kW)	60,6/13,8
Specified/Supplied power <sup>1)</sup> at 0/50 °C <sup>2)</sup>	(kW)	57,5/17,1
Specified/Supplied power <sup>1)</sup> at 0/45 °C <sup>3)</sup>	(kW)	55,8/16,7
Operating voltage	(V)	3 x 400 +N + PE 50 Hz
Starting current without soft starter	(A)	90
Starting current with soft starter <sup>3)</sup>	(A)	59
Max operating current, compressor	(A)	2 x 21.2
Protection, only HP (motor charact./slow)	(A)	50
Rated output, heating medium pump, single-phase	(W)	2 x 170
Connection brine o.d. Ø	(mm)	54
Connection heating medium male Ø	(mm)	2 x 35/35
Refrigerant quantity (R410A)	(kg)	2 x 2.9
Brine flow	(l/s)	3,04
Max pressure brine system	(bar)	3
Pressure drop, evaporator	(kPa)	32
Operating temperature range, cooling medium system	(°C)	-5 – +20

**Şekil 4.4** Nibe Fighter-1330 Debi ve Giriş Suyu Sıcaklığı Verileri

Katalog değerleri incelendiğinde ısı pompası maksimum cihaz giriş sıcaklığının 20°C olduğu, jeotermal kaynağımızın debisine uygun olarak ısıtmada kullanılacağı için uygun kapasiteli bir modelin seçilebileceği görülmektedir. Kapasite yeterli görülmediği takdirde aynı cihazdan birden fazla kullanılabilen kapasite hesabımıza göre belirlenebilecektir.

**Marka-Model 3:** Berliner W/W-R+22 su/su ısı pompası (tek kademeli) (Şekil 4.5).

KAPASİTE VERİLERİ (EN 255'e göre B0/W35x1 işletme noktasındaki kapasite değerleridir.)	Kompakt-Tek Kademeli				Modüler-Kompakt-İki Kademeli		
	<b>ISI GÜCÜ</b>	kW	16.8	21.8	28.4	33.6	44
Elektrik Çekilen Güç x 2	kW	3	3.8	5	6	7.2	9.6
Performans Katsayısı	(COP)	5.58	5.75	5.71	5.76	6.1	5.9
Sıcak Su (Litre/dakika)	10/45 -C	8.2	10.5	13.5	16	20	22
<b>SOĞUTMA</b>							
Kapasite (kW)/COP	W20/W8	11.4/6.6	17.2/6.3	18.2/6.1	25.5/6.2	18.2/6.1	40.2/6.3
Kapasite (kW)/COP	W20/W18	14.4/8.3	21.5/7.6	25.6/6.9	28.9/6.8	44.6/7.2	48.6/7.2
Kapasite (kW)/COP	W10/W8	11.6/6.7	18.1/8.5	21.8/8.6	26/8.5	21/8.6	30/8.6
Kapasite (kW)/COP	W10/W18	12.1/8.5	14/9.5	17.7/9.4	20.7/9.2	25.7/9.4	35.6/9.4
<b>PRİMER DEVRE</b>							
Sirkülasyon Pompası	Tip	Vilo Top S 7			Nilo Top S4		
Min. Debi x 3	Litre/h	3200	4250	5400	7000	7900	9500
Basınç Kaybı Maks.	mbar	90	90	100	130	60	100
Maks. Giriş Sıcaklığı	°C	25	25	25	25	25	25
Min. Giriş Sıcaklığı	°C	5	5	5	5	5	5

**Şekil 4.5** Berliner W/W-R+22 Debi ve Giriş Suyu Sıcaklığı Verileri

Katalog değerleri incelendiğinde ısı pompası maksimum cihaz giriş sıcaklığının 25°C olduğu, jeotermal kaynağımızın debisine uygun olarak ısıtmada kullanılacağı için kapasitemize uygun bir modelin seçilebileceği görülmektedir. Kapasite yeterli görülmediği takdirde aynı cihazdan birden fazla kullanılabilen kapasite hesabımıza göre belirlenebilecektir.

**Marka – Model 4 :** Restherma IP-SS su/su ısı pompası (Şekil 4.6).

TEKNİK DEĞERLER			IP11SS	IP19SS	IP30SS	IP36SS	IP42SS
ISITMA	Nominal Kapasite *	kW	10,5	19	29,5	36	42
	Çekilen Güç	kW	2,1	3,78	5,86	7,03	8,2
	COP	WW	5,00	5,03	5,03	5,12	5,12
	Çalışma Sıcaklığı Aralığı	°C	-5 / +45	-5 / +45	-5 / +45	-5 / +45	-5 / +45
	Maksimum Çıkış Suyu Sıcaklığı	°C	55	55	55	55	55
SOĞUTMA	Nominal Kapasite **	kW	8,5	16,5	25,6	30,8	34
	Çekilen Güç	kW	1,98	3,90	6,01	7,28	7,82
	EER	WW	4,29	4,23	4,26	4,23	4,35
	Çalışma Sıcaklığı Aralığı	°C	+10 / +43	+10 / +43	+10 / +43	+10 / +43	+10 / +43
	Minimum Çıkış Suyu Sıcaklığı	°C	7	7	7	7	7
Gerilim	V / PH / HZ	220-240/1/50	380/3/50	380/3/50	380/3/50	380/3/50	
Soğutucu Akışkan		R 410 A	R 410 A	R 410 A	R 410 A	R 410 A	

**Şekil 4.6** Restherma IP-SS Debi ve Giriş Suyu Sıcaklığı Verileri

Katalog değerleri incelendiğinde ısı pompası maksimum cihaz giriş sıcaklığının 45°C olduğu, jeotermal kaynağımızın debisine uygun olarak ısıtmada kullanılacağı için uygun bir modelin seçilebileceği görülmektedir. Kapasite yeterli

görülmediği takdirde aynı cihazdan birden fazla kullanılabilceği kapasite hesabımıza göre belirlenebilecektir.

### Marka–Model 5: Bauer-4W50/50 T su/su ısı pompası (Şekil 4.7).

Model	Bauer® 4W50/50T Sıcak / Soğuk Isı Pompası	Bauer® 4W50/100T Sıcak / Soğuk Isı Pompası	Bauer® 4W50/150T Sıcak / Soğuk Isı Pompası
Toplam Isıl Kapasite	50 KW/h Sıcak / Soğuk	100 KW/h Sıcak / Soğuk	150 KW/h Sıcak / Soğuk
Voltaj	340V-440V AC	340V-440V AC	340V-440V AC
Frekans	50-60 Hz	50-60 Hz	50-60 Hz
Amper	22 A (220V)	39 A (220V)	60 A (220V)
Max. Tüketim	4.75 KW/h	8.55 KW/h	13 KW/h
Ölçüler	Sıcak Eşanjör / Santral / Soğuk Eşanjör		
	En / mm : 800 / 2050 / 800	En / mm : 800 / 2050 / 800	En / mm : 800 / 2050 / 800
	Derinlik / mm : 1600 / 1600 / 1600	Derinlik / mm : 1600 / 1600 / 1600	Derinlik / mm : 1600 / 1600 / 1600
	Yükseklik / mm : 1920 / 1920 / 1920	Yükseklik / mm : 1920 / 1920 / 1920	Yükseklik / mm : 1920 / 1920 / 1920
Ağırlık / kg : 280 / 1145 / 280	Ağırlık / kg : 280 / 1210 / 280	Ağırlık / kg : 280 / 1275 / 280	
Güç Hücresi	Programlanabilir, 1 Adet Bağımsız Güç Hücresi	Programlanabilir, 2 Adet Bağımsız Güç Hücresi	Programlanabilir, 3 Adet Bağımsız Güç Hücresi
Kontrol	24 Saat 365 Gün Programlanabilir, Sıcak / Soğuk, Zaman Ayarlı, LCD Ekran, Intranet / Internet / GSM Uzaktan Erişim, Sıcak / Soğuk		
Çalışma Fonksiyonları	1. Isıtma, 2. Isıtma + Sıcak Su, 3. Isıtma + Soğuk Su,	4. Isıtma + Sıcak Su + Soğuk Su, 5. Soğutma, 6. Soğutma + Sıcak Su,	7. Soğutma + Soğuk Su, 8. Soğutma + Sıcak Su + Soğuk Su, 9. Sıcak Su,
Isı Kaynağı	-5°C, +25°C		
Maksimum Sıcaklık	80. +°C ( İsteğe Bağlı Sıcaklık Çıkışı )		
Minimum Soğuk Derecesi	-22. +°C ( Bauer® CW Antifriz ile )		
Sıcak / Soğuk Kademe Girişleri	4 Kanal Sıcak / Soğuk Giriş ve Çıkış		
Maksimum sıcak verimi için ısı kaynağından gerekli su debisi	238 lt/min. 3°C için	475 lt/min. 3°C için	715 lt/min. 3°C için
	142 lt/min. 5°C için	284 lt/min. 5°C için	426 lt/min. 5°C için
	89 lt/min. 8°C için	178 lt/min. 8°C için	267 lt/min. 8°C için
	71 lt/min. 10°C için	142 lt/min. 10°C için	213 lt/min. 10°C için
	54 lt/min. 13°C için	108 lt/min. 13°C için	162 lt/min. 13°C için
	46 lt/min. 15°C için	94 lt/min. 15°C için	141 lt/min. 15°C için

Şekil 4.7 Bauer-4W50/50 T Debi ve Giriş Suyu Sıcaklığı Verileri

Katalog değerleri incelendiğinde ısı pompası maksimum cihaz giriş sıcaklığının 25°C olduğu, jeotermal kaynağımızın debisine uygun olarak ısıtmada kullanılacağı için bir modelin seçilebileceği görülmektedir. Kapasite yeterli görülmediği takdirde aynı cihazdan birden fazla kullanılabilceği kapasite hesabımıza göre belirlenebilecektir.

Tüm veriler incelendiğinde ısı pompası maksimum cihaz giriş sıcaklığının 25°C -45°C aralığında olduğu görülmektedir. Bu sebeple jeotermal kaynak suyumuzun sıcaklığı ısı pompası kullanımı için yüksek olduğu, ayrıca debimizin de düşük olduğu göz önünde bulundurulursa jeotermal kaynağımızın ilk etapta başka bir şekilde kullanılıp (termal havuzda kullanılacaktır), sistemden dönüş suyu olarak kullanılmasının daha uygun olacağı görülmektedir. Tarif ettiğimiz şekilde, jeotermal atık suyun enerjisinden faydalandığımız takdirde maksimum çalışma sıcaklıklarına çıkılabileceği, kullanılmış su re-enjekte edilmeden önce atık ısı enerjisi geri kazanılarak enerji tasarrufu da sağlanmıştır olacaktır.

## 5. ARAŞTIRMA BULGULARI

İnceleme yapılan otel için sıcak su depo kapasitesi ve suyu ısıtıcak ısı pompası kapasiteleri belirlenerek, diğer yakıt türleri ile yatırım maliyetleri ve yakıt tüketimleri arasında mukayeseler yapılmıştır.

### 5.1 Bina Sıcak Kullanım Suyu Depo Kapasitesi ve Isı Pompası Kapasitesinin Belirlenmesi

#### 5.1.1 Sıcak Kullanım Suyu Depo Kapasitesi

Otel su ihtiyacının belirlenmesi için Makine Mühendisleri Odası Sıhhi Tesisat Proje Hazırlama Esasları, MMO/260/6 yayın numaralı eğitim kitabından, kullanılan cihazların 60°C sıcaklıktaki saatlik ani sıcak su ihtiyacı değerleri (l/h) alınmıştır (Çizelge 5.1).

**Çizelge 5.1** 60°C Sıcaklıktaki Saatlik Ani Sıcak Su İhtiyacı Değerleri

Cihaz Adı	Otel Yük Değerleri
Özel Lavabo	7,5 - 9
Genel Lavabo	30 - 36
Banyo	76 - 250
Evye	70 - 136
Çamaşır Makinesi	75 - 126
Bulaşık Makinesi	160 - 760
Duş	250 - 340
Kullanma Eş Faktörü	0.25
Depolama Faktörü	0.80

Otel de bulunan cihazlar listelenerek (Çizelge 5.2) gerekli boyler kapasitesi hesaplanırsa ;

**Çizelge 5.2** Otel Sıhhi Tesisat Cihaz Listesi ve Yük değerleri

Cihaz Adı	Miktar (Adet)	Birim Yük Değeri (l/h)	Toplam Yük Değeri (l/h)
Özel Lavabo	78	7.5	585
Genel Lavabo	20	30	600
Banyo	78	200	15.600
Çamaşır Makinesi	2	100	200
Bulaşık Makinesi	2	600	1.200
Duş	7	250	1.750
Toplam Su Hacmi			19.935 l/h

Sıcak Su İhtiyacı : Ani Toplam Su Hacmi x Eş Zaman Faktörü (Çizelge 5.1)

$$V = 19.935 \times 0,25 = 4.983 \text{ l/h}$$

Gerekli Boyler Hacmi = Sıcak Su İhtiyacı x Depolama Faktörü (Çizelge 5.1)

$$V_{\text{toplaml}} = 4.983 \times 0,8 = 3.987 \text{ l/h}$$

Toplam hesaplanan kapasite için 2 adet tek serpantinli 2.000 litre/h kapasiteli boyler kullanılması uygun görülmüştür.

### 5.1.2 Sıcak Kullanım Suyu Isı İhtiyacı ve Isı Pompası Kapasitesi

Hesaplanan boyler hacmine göre boyler ısıtıcı serpantin gücü için;

$$Q = mss \times c \times (t_c - t_g) \quad (5.1)$$

Q : Boyler ısıtıcı serpantin gücü (kcal/h)

mss : Sıcak su ihtiyacı (l/h)

c : Suyun Özgül Isısı (4,2 kj/kg °C - 1 cal/gr °C)

t<sub>c</sub> : Su çıkış sıcaklığı (60 °C)

t<sub>g</sub> : Su giriş sıcaklığı (15 °C)

$$Q = 4000 \frac{l}{h} \times 1 \frac{cal}{gr^{\circ}C} \times (60 - 15)^{\circ}C \quad (5.2)$$

Q = 180.000 kcal/h

Q= 210 kw olarak hesaplanmış olup otel, termal otel niteliğinde değerlendirilir ise günlük 8 saat çalıştığı varsayılarak, buradan kapasite için;

Q= 210 kw x 8/24saat = 210 x 1/3 = 70 kw gücünde ısı pompası seçilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

## 5.2 Isı Pompası Yakıt ve Yatırım Maliyeti Karşılaştırması

### 5.2.1 Yakıt Maliyeti Karşılaştırması

Hesaplanan ısı pompasının yıllık yakıt maliyeti için farklı ısıtıcı cihaz kullanımına göre diğer yakıt türleri ile karşılaştırılması yapılarak (Çizelge 5.4), ısı pompası kullanımının bize getireceği elektrik sarfiyatı ve tasarruf değerleri hesaplanacaktır. Hesaplamalarda 70 kw kapasiteli ısı pompası kullanılacağı düşünüldükten COP değeri piyasa verilerine göre ortalama 4 alınmıştır. Isı pompası için örnek yakıt maliyeti hesabı Çizelge 5.3'te gösterilmiştir.

**Çizelge 5.3** Isı Pompası İçin Örnek Yakıt Maliyeti

Veriler	Birim Değerler
Hesaplanan boyler ısı yükü	70 kw
COP Değeri	4
Yıllık ısıtma süresi	1800 saat
Yıllık ısıtma enerjisi	70 x 1800=126.000 kwh
Isıtma enerjisi	Elektrik

### Çizelge 5.3 Isı Pompası İçin Örnek Yakıt Maliyeti (Devamı)

Veriler	Birim Değerler
Birim fiyat	1.0036 TL
Gerçek fiyat	$1.0036 / 4(\text{cop})=0.2509$ TL
Isıtma için yıllık enerji maliyeti	$126.000\text{kwh} \times 0.2509$ TL =31.613,00 TL

### Çizelge 5.4 Isı Pompası ve Diğer Yakıt Türleri İle Tüketim Fiyatı Karşılaştırması

Yakıt Türü / Cihaz	Alt Isıl Değer (kcal - kw)	Yanma Verimi %	Yakıt Birim Fiyatı KDV Dahil (TL)	Toplam Tüketim Fiyatı KDV Dahil (TL)
Isı Pompası	1 kw	400 (cop:4)	1.0036 (Ek 1)	31.613,00
İthal Kömür (Sibiryaya)	6.000 kcal 6.96 kw	65	1.534 (Ek 2)	42.891,00
Kalorifer Yakıtı (Fuel-oil)	9.200 kcal 10.69 kw	82	4.030 (Ek 2)	51.950,00
LPG (saha içi gömme tank)	11.000 kcal 12.79 kw	92	8.230 (Ek 2)	88.128,00

(Not: Bölgede doğalgaz olmadığı için yakıt karşılaştırma tablosunda gösterilmemiştir). Çizelge incelendiğinde ısı pompası kullanımının yakıt maliyetinin düşüklüğüne göre sıralandığında birinci sırada olduğu bunun yanında, ithal kömür kullanımına göre %26, kalorifer yakıtı fuel-oil kullanımına göre %40, LPG kullanımına göre %64 daha uygun olduğu görülmektedir. Yakıt sarfiyatı bakımından ısı pompasının kârlı olduğu düşünülmektedir. Uzun süreçte kar oranını hesaplayabilmek için ilk yatırım maliyet analizinin, işletme giderlerinin, bakım-onarım giderlerinin de hesaplara katılması gerekmektedir. Çizelge 5.4'te sunulan yakıtların kullanılacağı ısıtma sistemlerini de tasarlayarak herbiri için maliyet analizleri hazırlanacaktır (Çizelge 5.5, 5.6, 5.7, 5.8). Hazırlanmış olduğumuz maliyet analizlerine göre toplam amortisman süreleri belirlenerek inceleme alanımızda bulunan termal otelin sıcak su kullanım suyu ısıtması için en uygun sistemin seçimi yapılmıştır.

#### 5.2.2 Yatırım Maliyeti Karşılaştırması

Sarmaşık termal otel jeotermal ısıtma sistemi ile klasik ısıtma sistemleri arasında ekonomik karşılaştırmalarını yapabilmek için ilk önce sistemlerin ilk yatırım maliyetlerini hesaplamak gerekir. Yatırım maliyeti fiyatları için 2018 yılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı mekanik tesisat birim fiyatları referans alınarak hesaplanmıştır.



Yakıt tüketim fiyatı sıralamasına göre klasik sistemler için ilk yatırım maliyet fiyatı araştırması ve hesabı yapılmıştır. Isı pompası atık su depolama için yerinde betonarme veya modüler depo tercihi otel işletmecisine bırakılmış olup ilk yatırım maliyetine dahil edilmemiştir. Çizelge 5.5'te kullanım suyu ısıtması için gerekli olan ısı pompası kurulum maliyeti belirlenmiştir. Maliyet hesabı detaylı malzeme listesi Ek 3'te sunulmuştur.

**Çizelge 5.5 Isı Pompası Kurulum Maliyeti**

<b>ISI POMPASI</b>					
<b>Poz Numarası</b>	<b>İş Kalemi (Malzeme)</b>	<b>Birimi</b>	<b>Miktar</b>	<b>2018 Birim Poz Fiyatı(TL)</b>	<b>Toplam (TL)</b>
110.693/3	2000 lt. Tek serpantinli hızlı boyler 3250 lt/h	AD	2	8.200,00	16.400,00
204.4108	Ön yalıtımlı çelik boru 3'' dış çapı Ø160	MT	40	82,50	3.300,00
216.910	Değişken devirli (frekans konvertörlü) ıslak rotorlu sirkülasyon pompası(20-28 m <sup>3</sup> /h-(3-5) mss	AD	2	6.410,00	12.820,00
285.2108	Isıtma kapasitesi 70 kw, soğutma kapasitesi 56 kw Su/toprak kaynaklı ısı pompaları	AD	1	69.330,00	69.330,00
Diğer	Sirkülasyon pompaları, vanalar, filtreler, borular ve boru yalıtımları, otomasyon	-	-	-	51.275,30
Özel-02	Montaj, işçilik	AD	1	15.000,00	15.000,00
<b>TOPLAM</b>					<b>168.125,30</b>

Yakıt tüketim fiyatı sıralamasına göre klasik sistemler için ilk yatırım maliyet fiyatı araştırması ve hesabı yapılmıştır. Çizelge 5.6'da kullanım suyu ısıtması için gerekli olan katı yakıt kazanı (kömürlü) kurulum maliyeti belirlenmiştir. Maliyet hesabı detaylı malzeme listesi Ek 4'te sunulmuştur.

**Çizelge 5.6 Katı Yakıt Kazanı (Kömürlü) Kurulum Maliyeti**

<b>KATI YAKIT KAZANI (KÖMÜRLÜ)</b>					
<b>Poz Numarası</b>	<b>İş Kalemi (Malzeme)</b>	<b>Birimi</b>	<b>Miktar</b>	<b>2018 Birim Poz Fiyatı (TL)</b>	<b>Toplam (TL)</b>
110.693/3	2000 lt. Tek serpantinli hızlı boyler 3250 lt/h	AD	2	8.200,00	16.400,00
152.1202	4 Atm konstrüksiyon basıncında katı yakıtlı sıcak üretici çelik malzemedden (kaynaklı) kalorifer kazanı (60.000 kcal) 70 kw	AD	1	5.218,50	5.218,50

**Çizelge 5.6 Katı Yakıt Kazanı (Kömürlü) Kurulum Maliyeti (Devamı)**

<b>KATI YAKIT KAZANI (KÖMÜRLÜ)</b>					
<b>Poz Numarası</b>	<b>İş Kalemi (Malzeme)</b>	<b>Birimi</b>	<b>Miktar</b>	<b>2018 Birim Poz Fiyatı (TL)</b>	<b>Toplam (TL)</b>
Diğer	Sirkülasyon pompaları, vanalar, filtreler, borular ve boru yalıtımları, otomasyon	-	-	-	38.410,50
Özel-01	Ø20 cm Kazan bacası için sulu filtre yapılması	AD	1	5.500,00	4.500,00
Özel-02	Montaj, işçilik	AD	1	12.000,00	12.000,00
<b>TOPLAM</b>					<b>76.529,00</b>

Özel pozlar için piyasada bulunan uygulama firmaları ile görüşülmüş olup benzer işlerde kullanılan ve piyasa araştırması yapılmış birim fiyatlar kullanılmıştır. Yakıt tüketim fiyatı sıralamasına göre klasik sistemler için ilk yatırım maliyet fiyatı araştırması ve hesabı yapılmıştır. Çizelge 5.7’de kullanım suyu ısıtması için gerekli olan fuel-oil kazanı (sıvı, gaz yakıtlı) kurulum maliyeti belirlenmiştir. Maliyet hesabı detaylı malzeme listesi Ek 5’te sunulmuştur.

**Çizelge 5.7 Fuel-Oil (sıvı, gaz yakıtlı) Kazanı Kurulum Maliyeti**

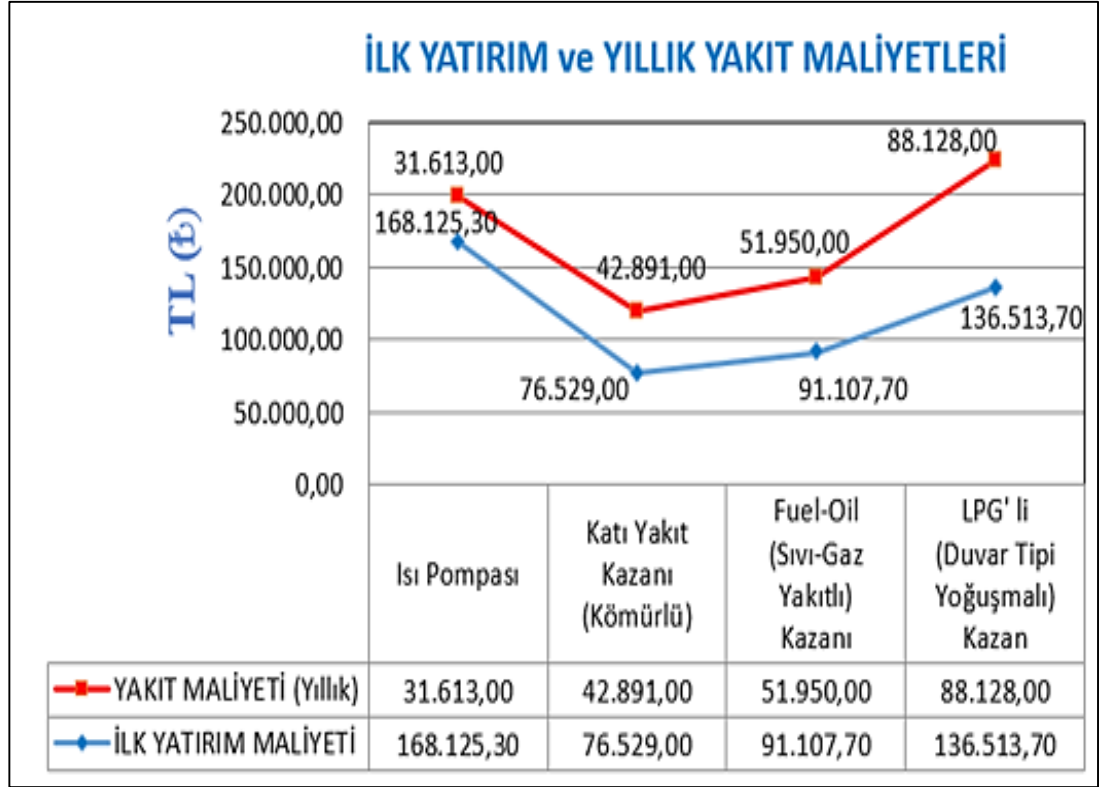
<b>FUEL – ÖİL (SIVI, GAZ YAKITLI) KAZANI</b>					
<b>Poz Numarası</b>	<b>İş Kalemi (Malzeme)</b>	<b>Birimi</b>	<b>Miktar</b>	<b>2018 Birim Poz Fiyatı (TL)</b>	<b>Toplam (TL)</b>
110.693/3	2000 lt. Tek serpantinli hızlı boyler 3250 lt/h	AD	2	8.200,00	16.400,00
152.2202	4 Atm konstrüksiyon basıncında sıvı vegaz yakıtlı sıcak üretici çelik malzemedden (kaynaklı) kalorifer kazanı (60.000 kcal/h) 70 kw	AD	1	3.496,50	3.496,50
193.255	Ø 200 yalıtımlı paslanmaz çelik baca	MT	32	339,00	10.848,00
216.910	Değişken devirli (frekans konvertörlü) ıslak rotorlu sirkülasyon pompası(20-28 m <sup>3</sup> /h-(3-5) mss	AD	2	6.410,00	12.820,00
402.514	Tek kademeli brülörler 80 kw’ ya kadar	AD	1	4.910,00	4.910,00
402.581	Gaz brülörü modülasyon ünitesi, sıcaklık kontrolü(0-130 °C)	AD	2	1.320,00	2.640,00
412.103	Isıtıcı ana yakıt deposu 5000 lt	AD	1	6.820,00	6.820,00
Diğer	Sirkülasyon pompaları, vanalar, filtreler, borular ve boru yalıtımları, otomasyon	-	-	-	18.173,20
Özel-01	Montaj, işçilik	AD	1	15.000,00	15.000,00
<b>TOPLAM</b>					<b>91.107,70</b>

Çizelge 5.8’de kullanım suyu ısıtması için gerekli olan LPG’ li sistem kaskat duvar tipi yoğuşmalı kazan ve LPG tankı kurulum maliyeti belirlenmiştir. LPG yer üstü tankı kurulum maliyeti için 2018 yılı içerisinde piyasada bulunan uygulama firmaları ile görüşülmüş ve piyasa araştırma fiyatlarına istinaden sözlü görüşme sonucu edinilen bilgiye göre referans alınmıştır. Maliyet hesabı detaylı malzeme listesi Ek 6’da sunulmuştur.

**Çizelge 5.8 LPG’ li Duvar Tipi Yoğuşmalı Kazan Kurulum Maliyeti**

<b>LPG’ li DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN</b>					
<b>Poz Numarası</b>	<b>İş Kalemi (Malzeme)</b>	<b>Birimi</b>	<b>Miktar</b>	<b>2018 Birim Poz Fiyatı (TL)</b>	<b>Toplam (TL)</b>
110.693/3	2000 lt. Tek serpantinli hızlı boylar 3250 lt/h	AD	2	8.200,00	16.400,00
192.256	60.000 kcal/h duvara asılabilen gaz yakıtlı yoğuşmalı kazanlar doğalgaz veya LPG yakıtlı	AD	1	9.313,50	9.313,50
193.255	Ø 200 yalıtımlı paslanmaz çelik baca	MT	32	339,50	10.848,00
216.910	Değişken devirli (frekans konvertörlü) ıslak rotorlu sirkülasyon pompası(20-28 m <sup>3</sup> /h-(3-5) mss	AD	2	6.410,00	12.820,00
317.100	2 konumlu elektronik sıcak su kontrol paneli	AD	1	1.370,00	1.370,00
Diğer	Sirkülasyon pompaları, vanalar, filtreler, otomasyon	-	-	-	23.662,20
Özel-01	Montaj, işçilik	AD	1	15.000,00	15.000,00
Özel-02	LPG tesisatı cihaz Bağlantı malzemeleri (fleks, kompensatör, dişli malzeme, ex-proof gaz alarm, tel çit vb.)	TK	1	3.500,00	3.500,00
Özel-03	Elektrikli LPG buharlaştırıcısı	AD	1	1.500,00	1.500,00
Özel-04	LPG yer üstü tankı 10 m <sup>3</sup> kurulum, malzeme, montaj dahil	TK	1	42.000,00	42.000,00
<b>TOPLAM</b>					<b>136.513,70</b>

Verilen çizelgelerde dört farklı enerji kaynağı için yıllık yakıt giderleri ve her bir sistem için ilk yatırım maliyetleri hesaplanmıştır. Şekil 5.1’de İlk yatırım ve yıllık yakıt maliyetleri grafiği gösterilmiştir.



**Şekil 5.1** İlk Yatırım ve Yıllık Yakıt Maliyetleri Grafiği

Hesaplanan maliyet analizlerine göre kullanılabilir sistemlerin amortisman sürelerini (Çizelge 5.9, 5.10, 5.11)'de hesaplayarak ısıtma sistemlerinin verimi, avantaj ve dezavantajları yönünden karşılaştırmasını yapmak daha uygun olacaktır.

**Çizelge 5.9** Amortisman Süresi İçin Gerekli Değerler (Isı Pompası-Katı Yakıt)

<b>ISI POMPASI ve KATI YAKIT KAZANI (KÖMÜRLÜ) İÇİN KARŞILAŞTIRMA</b>					
ISITMA SİSTEMİ	İlk Yatırım Maliyeti (A)	İlk Yatırım Maliyeti (B)	Yıllık Yakıt Maliyeti (C)	Yıllık Yakıt Maliyeti (D)	Amortisman Süresi
ISI POMPASI	168.125,30	-	31.613,00	-	8.12 YIL
KATI YAKIT (KÖMÜRLÜ SİSTEM)	-	76.529,00	-	42.891,00	

Örnek Amortisman Süresi Hesabı ;

Amortisman Süresi = (A-B) / (D-C) için buradan;

Amortisman Süresi = (168.125,30 – 76.529,00) / (42.891,00 – 31.613,00)

Amortisman Süresi = (91.596,30) / (11.278,00)

Amortisman Süresi = 8.12 Yıl olarak hesaplanmıştır.

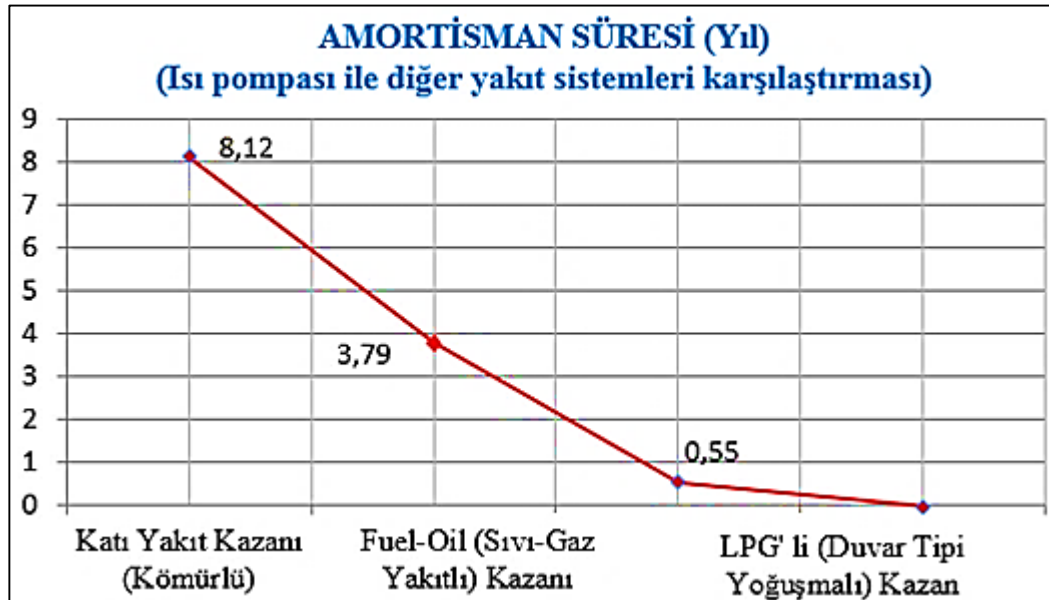
**Çizelge 5.10** Amortisman Süresi İçin Gerekli Değerler (Isı Pompası-Fuel-Oil)

ISI POMPASI ve FUEL – OİL (SIVI, GAZ YAKITLI) KAZANI İÇİN KARŞILAŞTIRMA					
ISITMA SİSTEMİ	İlk Yatırım Maliyeti (A)	İlk Yatırım Maliyeti (B)	Yıllık Yakıt Maliyeti (C)	Yıllık Yakıt Maliyeti (D)	Amortisman Süresi
ISI POMPASI	168.125,30	-	31.613,00	-	
FUEL-OİL(SIVI, GAZ YAKITLI)	-	91.107,70	-	51.950,00	3.79 YIL

**Çizelge 8.11** Amortisman Süresi İçin Gerekli Değerler (Isı Pompası-LPG)

ISI POMPASI ve LPG' li DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN					
ISITMA SİSTEMİ	İlk Yatırım Maliyeti (A)	İlk Yatırım Maliyeti (B)	Yıllık Yakıt Maliyeti (C)	Yıllık Yakıt Maliyeti (D)	Amortisman Süresi
ISI POMPASI	168.125,30	-	31.613,00	-	
LPG'li DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN	-	136.513,70	-	88.128,00	0.55 YIL

Hesaplanan sürelerle Şekil 5.2'de ısı pompası ve diğer yakıt ve yakıcı cihazlara göre amortisman süreleri grafiği gösterilmiştir.



**Şekil 5.2** Isı Pompası ve Diğer Yakıt Türleri Amortisman Süreleri Grafiği

Amortisman sürelerine bakıldığında, ısı pompası kullanımının getireceği enerji kârı yaklaşık 8.5 yıl sonra kendini amorti edecek şekilde ortaya çıkmaktadır. İlk yatırım maliyeti açısından en düşük maliyete sahip katı yakıt kazanı kurulumu olmuştur. Katı yakıt kazanı kullanımının getireceği dezavantajlara bakıldığında kullanım ömrünün yaklaşık 15 yıl olması, işletme giderlerinin ve arıza oranının yüksek olması ayrıca yakıt depolama alanına ihtiyaç olması sebebi ile ısı pompasının uzun vadede getireceği avantaj yönünden kullanımının son sistem kurulan bir termal otel için işletme yönünden kârlı olacağı düşünülmektedir. Bunun yanında jeotermal kaynaklı ısı pompası sisteminin kullanım sıcak suyu ısıtması bakımından hem ekonomik hem de çevre kirliliğinin azaltılması bakımından önemli bir etkidir. Projelendirmesini ve tasarımını yapmış olduğumuz ısı pompası sistemi; termal havuzlardan kullanım saatleri dışında atılacak olan termal suyu yalıtımlı bir depoya alıp, sonrasında atık ısıyı ısı pompasında kullanarak bu şekilde de atık ısı geri kazanılarak enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Mevcut bulunan ve debisi düşük jeotermal suyumuzun sadece termal havuzlarda kullanılması yönüyle sistemin işleyişinin bozulmaması bakımından da avantaj sağlanmış olacaktır. Bu sebeple ısı pompası kullanımı ile bakım masraflarının az olması, arıza oranının az olması, yüksek enerji tasarrufu sağlanması, kullanım ömrünün uzun olması yönünden büyük bir kâr sağladığı ayrıca çevreye fosil kaynaklardan katı, sıvı, gaz yakıtların yakılmasıyla başta CO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> gibi gazların yaydığı zararlı emisyonlardan arındırılmış olması bakımından bir avantaj olduğu kanaatine varılmıştır.

## 6. TARTIŞMA ve SONUÇ

İnceleme alanımıza ilişkin yapmış olduğumuz çalışma ile ilgili (jeotermal suyun kullanım suyu ısıtmasında değerlendirilmesi yönünde ve ısı pompası kullanımı ile diğer yakıt türleri ve enerji maliyetleri açısından mukayesesi) daha öncesinde herhangi bir çalışma yapılmamış olup bulduğumuz sonuçların diğer çalışmalarla karşılaştırılması yapılmamıştır.

Alternatif enerji kaynaklarından jeotermal enerji; kaliteli, kesintisiz, yenilenebilir, çevre kirliliği oluşturmeyen temiz ve düşük maliyetli olması sebebi ile yakın gelecekte ülkelerin önemli enerji kaynağı konumuna gelmesi beklenmektedir. Mevcut alanlarda yapılacak arama ve sondaj çalışmaları ile yeni sahaların keşfedilmesi halinde ülkemiz gelecek yıllarda yaşanabilecek enerji ihtiyacının bir bölümünü yerli kaynaklardan karşılayabileceklerdir. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımında son on yılda hızla artan bir gelişme gözlenmektedir. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanım kapasitesi 2009 yılında 820 Mwt iken 2018 yılı güncel verilerine göre 5.000 Mwt kapasiteye çıktığı görülmektedir.

Ülkemiz jeotermal enerji kaynaklarının tümüne yakınının düşük entalpili olması, bu kaynakların değerlendirilmesi sürecinde endüstriyel alan ve konut ısıtması için kullanılması gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Yatırımcı ve işletmecilerin, jeotermal kaynakları, konut ısıtması ve endüstriyel alanda kullanmalarına yönelik yatırım yapmaları ülke ekonomisine katkıda bulunarak, petrol için harcanan döviz giderlerimizi büyük oranda azaltacağından önem kazanmaktadır. Sıcaklığı 30-60°C' ler arasında değişen jeotermal su, konutların ısıtılmasını kolay ve pratik bir şekilde sağlamaktadır. Daha düşük sıcaklıklara sahip jeotermal kaynaklardan yararlanmanın en verimli yöntemi ise ısı pompası kullanmaktır. Fatsa İlçesi Ilica jeotermal alanının mevcut debi ve sıcaklığı ile kullanım suyu ısıtma sisteminde kullanılabilceği gösterilmiştir.

Yapılan bu çalışmada; Ordu İli Fatsa İlçesi Ilica Mahallesi sıcak su bölgesinde şu an için inşaatı devam eden ve mekanik ısıtma soğutma projeleri yapılmış olan termal otelin kullanım suyu ısıtma sistemi tasarlanarak ısı pompasının kullanımı, diğer yakıtlarla ve ısıtma sistemleri ile yakıt ve yatırım maliyeti analizleri karşılaştırılması yapılmıştır. Yakıt ve enerji maliyeti açısından ithal kömür

kullanımına göre %26, kalorifer yakıtı fuel-oil kullanımına göre %40, LPG kullanımına göre %64 daha uygun olduğu görülmektedir. Yatırım maliyeti açısından bakıldığında ise hesaplama yapılan diğer yakıt sistemlerine göre yüksek olduğu görülmektedir. Amortisman süresine bakıldığında ise yaklaşık 8.5 yılda kendisini amorti ettiği ve uzun süreli kullanımlarda diğer yakıt (fosil yakıtlar, petrol ve türevleri, kömür, vb. ) sistemlerine göre kârlı olacağı düşünülmektedir. Isı pompası kullanımı geleneksel sistemlere kıyasla ısı enerjisi giderini azaltmaktadır ve bu yönde önemli bir enerji kazancı sağlamaktadır. Ayrıca, ısı pompasının kullanımı ile atık ısının değerlendirilmiş olması, bakım masraflarının az olması, aşınma sorunu olmaması, kullanım ömrünün uzun olması, düşük sıcaklıklarda çalışması durumunda dahi sistem veriminin yüksek olması, en önemlisi de alternatif yakıt türlerine ve bu sistemlere göre çevre kirliliği oluşturmaması gibi avantajlar elde edildiğinden dolayı, sistemde ısı pompasının tercih edilmesinin doğru olduğu görülmektedir.

Çalışma alanının jeotermal potansiyelinin belirlenmesine yönelik yapılan araştırmalar, kapasite ve potansiyel olarak verilen değerlere bakıldığında; mevcut saha geliştirildiğinde, rezervuar işletme sistemleri değiştirildiğinde (örneğin re-enjeksiyon uygulaması olmayan bu alanda uygulama gerçekleştirildiğinde), yeni sondajlar yapıldığında revize edilebilecek ve yükseltilebilecek değerlerdedir. Mevcut sahamız hakkında yapılan çalışmalara ilave olarak yeni jeolojik, jeofizik ve jeokimya çalışmaları arttıkça ve daha fazla veri üretildikçe daha yüksek debi ve sıcaklıklara ulaşmanın mümkün olacağı düşünülmektedir. Ordu ili ve ilçelerinde yapılabilecek sondaj çalışmaları ile jeotermal kaynakların farklı uygulamalarda kullanılabileceği bu sayede yöre halkına uzun vadede katkı sağlayacağı kaçınılmazdır. Çalışmalar sonrasında belirlenecek jeotermal kaynaklar sayesinde bölge ekonomisine ve turizmine katkıda bulunabilecek uygulamaların (yol ve konut ısıtma, termal turizm, sera, kurutma, enerji üretimi vb.) yapılabileceği çok açıktır.

Ayrıca, çalışma alanında kontrolsüz su kullanımı ve düşük beslenmeye bağlı olarak kuyulardaki üretimin azalacağı göz önünde bulundurularak daha derin kuyular açılmalı ve bu alanda da muhtemel ikinci rezervuarın varlığı ve potansiyeli de araştırılmalıdır. Rezervuar parametrelerinin korunması, çevreye jeotermal akışkanın atılmaması ve kaynak akışının sürekliliği için re-enjeksiyonun mutlaka yapılması gerektiği önem arz etmektedir.



## KAYNAKLAR

- Akkuş, İ., & Alan, H. (2016). Türkiye' nin jeotermal kaynakları, projeksiyonlar, sorunlar ve öneriler raporu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
- Akkuş, İ., (2017). Neden jeotermal enerji? Türkiye için önemi, hedefler ve beklentiler. *Mavi Gezegen Dergisi*, 23, 25-29.
- Akova, İ., (2008). Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Nobel Yayın Dağıtım, 1214, İstanbul, 224s.
- Akkuş, İ., (2015). Türkiye'de jeotermal kaynakların güncel durumu ve yaşanan sorunlar. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, *Haber Bülteni Dergisi*, 2015(1), 55-66.
- Aksoy, N. (2007). Jeotermal sahalarda kabuklaşma ve çözüm yöntemleri. Editör: Aksoy N., İzmir, 143-153.
- Al-Kahalıdı, M.M.H., (2018). Toprak kaynaklı ısı pompası ile Isparta şartlarında bir ısıtma uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Anonim, (2005). Türkiye jeotermal kaynakları envanteri. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, (2007). Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu. Bakanlar Kurulu, Kanun Numarası: 5686, Ankara.
- Anonim, (2013). Dokuzuncu kalkınma planı. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri (Linyit, Taşkömürü, Jeotermal) Çalışma Grubu Raporu. T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Anonim, (2017).T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2018 Yılı Bütçe Sunumu. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Sayın Dr. Berat ALBAYRAK'ın T.B.M.M. Plan ve Bütçe Komisyonu'na Sunuşu, Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, (2018). 10ncu Kalkınma Planı 2014- 2018. Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu, Enerji Hammaddeleri Grubu, Jeotermal Çalışma Alt Grup Raporu, Ankara.
- Anonim, (2018). Jeotermal enerjinin tanımı. <http://www.jeotermal.com/sayfa/11-jeotermal-enerji->(Erişim Tarihi: 01.06.2018).
- Anonim, (2017). Türkiye jeotermal enerji potansiyeli ve arama çalışmaları (Kasım, 2017).<http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari->(Erişim Tarihi: 16.06.2018).
- Anonim, (2018). Enerji, sektörel bakış, jeotermal. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/tr/pdf/2018/02/sectorel-bakis-2018-enerji.pdf>-(Erişim Tarihi:23.06.2018).
- Anonim, (2018). Eşanjör nedir? <http://www.esanjor.com.tr/#konu1->(Erişim Tarihi: 25.06.2018).

- Anonim, (2018). Jeotermal enerji / kaynağı / kullanımı / etkileri. <http://mahallelerbirligi.org:/jeotermal->(Erişim Tarihi: 18.09.2018).
- Anonim,(2018).Ana taşıyıcılı borular. <http://www.mkboru.com/tr/m/urunlerimiz/anastasiyicili-borular.html>-(Erişim Tarihi: 11.10.2018).
- Anonim, (2019). Litromax serisi akümülyasyon tankı. <http://www.ankaraboyler.com/urun/Litromax-Serisi-Akumulasyon-Tanki/11#>-(Erişim tarihi: 01.02.2019).
- Anonim, (2019). Boyler, boyler nedir?. <http://www.jeotes.com/boyler->(Erişim tarihi: 02.02.2019).
- Anonim, (2019). Dünyada jeotermal enerji. <http://www.jeotermaldernegi.org.tr/sayfalar-Dunya-39-da-Jeotermal->(Erişim tarihi: 05.02.2019).
- Anonim, (2019). Türkiye jeotermal enerji potansiyeli ve arama çalışmaları. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal->(Erişim.tarihi: 3.02.2019).
- Anonim, (2018). Ilıca kaplıca tesisleri yenileniyor. [http://www.milliyet.com.tr/ilica-kaplica-tesisleri-yenileniyor-ordu-yerelfotogaleri-25217347/-](http://www.milliyet.com.tr/ilica-kaplica-tesisleri-yenileniyor-ordu-yerelfotogaleri-25217347/)(Erişim tarihi: 02.03.2019).
- Anonim, (2019). Jeotermal enerjinin merkezi ısıtmadaki yeri ve ülke ekonomisi açısından önemi. <https://www.termodinamik.info/makale/jeotermal-enerjinin-merkezi-ısıtmadaki-yeri-ve-ülke-ekonomisi-acısından-onemi> – (Erişim Tarihi:10.03.2019).
- Anonim, (2019). MTA Genel Müdürlüğü, enerji haritaları. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita->(Erişim.Tarihi: 15.03.2019).
- Anonim, (2019). Geotermia a Larderello: tra luce, energia ed arte. <https://www.nove.firenze.it/geotermia-a-larderello-tra-luce-energia-ed-arte.htm>-(Erişim Tarihi: 15.03.2019).
- Anonim, (2019). Iceland: A Renewable Energy Nation. <https://en.ru.is/ise/why-ise/iceland-a-geothermal-nation/> - (Erişim Tarihi : 16.03.2019).
- Anonim, (2019). Jeotes enerji santrali ve ısı merkezi uygulamaları. <https://www.jeotes.com/jeotes-enerji-santrali-ve-ısı-merkezi-uygulamaları->(Erişim Tarihi: 19.03.2019).
- Anonim, (2019). Performans katsayıları. <http://www.maxen.com.tr/tr/m/isi-pompasi/performans-katsayıları.html>-(Erişim Tarihi: 03.04.2019).
- Anonim, (2019). Ordu haritası ve konumu. <http://www.celebialper.com/ulkeler/turkiye/ordu-gezilecek-yerler.html>-(Erişim Tarihi: 06.04.2019).
- Anonim, (2019). Isı pompası nedir? Isı pompası nasıl çalışır? <https://www.tesisat.org/ısı-pompası-nedir-ısı-pompası-nasıl-calısir.html>-(Erişim Tarihi: 16.04.2019).
- Anonim, (2019). Jeotermal enerji. <https://www.frmtr.com/cografya-uzay-bilimleri/4247580-jeotermal-enerji.html>-(Erişim Tarihi: 17.04.2019).

- Anonim, (2019). U of A researcher studies geothermal energy potential in Alberta. <http://geothermics.ca/u-researcher-studies-geothermal-energy-potential-alberta/>-(Erişim Tarihi: 05.05.2019).
- Anonim, (2019). Aktif tektoniğin ikramı sıfır zararlı jeotermal enerji. <http://jeofizikmuhendisi.blogspot.com/2013/02/aktif-tektonigin-ikrami-sifir-zararli.html>-(Erişim Tarihi: 07.05.2019).
- Anonim, (2019). Alarko termostatik radyatör vanaları. <https://www.alarko-carrier.com.tr/tr/urun/Alarko-Termostatik-Radyator-Vanalari> - (Erişim Tarihi: 16.05.2019).
- Anonim, (2019). Isı pompası çevrim şeması. <https://www.thesisat.org/isi-pompasi-nedir-isi-pompasi-nasil-calisir.html>-(Erişim Tarihi: 04.06.2019).
- Anonim, (2019). Isı pompası uygulamaları. <https://www.endustriyelenerji.com.tr/urunler-ve-cozumler/isi-pompasi-uygulamalari/>-(Erişim Tarihi: 05.06.2019).
- Arslan, S.E., (2013). Jeotermal enerji ve Balçova bölgesel ısıtma işletmesi. TMMOB 2. İzmir Kent Sempozyumu, 28-30 Kasım, Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi, İzmir.
- Aydın, İ., (2008). Konutların jeotermal enerjiyle ısıtılmasına bir örnek: Bigadiç (Balıkesir). *Marmara Coğrafya Dergisi*, (17), 79-96.
- Bardak, G.A., (2011). Yer altı suyu kaynaklı ısı pompası sistemleri için ekserji analizi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı, Isparta.
- Başel Korkmaz, E.D., 2010. Türkiye jeotermal enerji potansiyelinin araştırılması. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Bertani, R., (2010). Geothermal power generation in the world-2005-2010 update report. Proceedings, World Geothermal Congress, 25-29 April, Bali, Indonesia.
- Bertani, R., (2015). Geothermal power generation in the world-2010-2014 update report. Proceedings World Geothermal Congress, 19- 25 April, Melbourne, Australia, 2015.
- Bozkurt, C. (2018). Dünya çapında jeotermal kurulu güç 14,369 MW'a ulaştı. <http://www.jeotermalhaberler.com/dunya-capinda-jeotermal-kurulu-guc-14369-mwa-ulasti/>-(Erişim tarihi: 06.04.2019).
- Büyüksağış, A., (2007). Afyonkarahisar jeotermal ısıtma sisteminde oluşan kabuklaşma ve korozyon. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 31(2), 9-23.
- Canik, B., Çelik, M., & Arıgün, Z. (2000). Jeotermal enerji. A.Ü.F.F. Döner Sermaye Yayınları, 59, Ankara, 65s.
- Çentez, M., (2012). Yer altından gelen enerji: Jeotermal. <http://www.elektrikport.com:/sektor-rehberi/yer-altindangelen-enerji-jeotermal/2856#ad-image-0,->-(Erişim Tarihi: 13.11.2018).

- Çerçioğlu, M., & Şahin, H., (2016). The utility of geothermal energy for heating greenhouses in Simav. *The Journal of Academic Social Science Studies: International Journal of Social Science*, 47(1), 459-475.
- Çetin, A. (2014). Ülkemizin jeotermal enerji kaynakları ve yapılabilecekler. <http://www.jeotermal.com/portal/dosya/214-aysegul-cetin-ulkemizin-jeotermal-enerji-kapasitesi-ve-yapilabilecekler> -(Erişim tarihi: 01.07.2018).
- Dağıstan, H., (2012). Türkiye jeotermal kaynak aramaları, kullanımı ve sürdürülebilirliğinin sağlanması. *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 15, 1-9.
- Demirbaş, A., (2009), Green energy and technology, biohydrogen future for engine fuel demands. Springer Dordrecht Heidelberg, London, New York, 279pp.
- DEK-TMK., 2011. Dünya enerji konseyi türk milli komitesi enerji raporu. Poyraz Ofset, 0019/2011, Ankara.
- Düzağaç, S. (2015) Afyonkarahisar ili jeotermal konut ısıtma sisteminin irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Sistemleri, Afyon.
- Engin, M. (2006). Düşük sıcaklıklı jeotermal akışkanın konut ısıtmada doğrudan kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Niğde.
- Erden, O. (2002). Türkiye’de jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile klasik merkezi ısıtma sistemi teknolojilerinin teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erdoğan S., Yılmaz M., Şahin B., Özyurt Ö., 2006. Isı Pompası Sistemlerinin Seçimi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, sayı: 92, 40-49.
- Erkul, H., 2012. jeotermal enerjinin ekonomik katkıları ve çevresel etkileri: denizlikızıldere jeotermal örneği. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 10(19), 117-118.
- Erzenoğlu, Z., & Tangaç, Ö.F., 1986. Ordu- Fatsa (Sarmaşık) kaplıcası Ilıca-1 sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu. MTA Der. Rap. No: 7890, (yayımlanmamış), Ankara, 11s.
- Göksu, R., (2011). Yatırımcı gözüyle Türkiye’deki jeotermal kaynaklar, sorunlar ve çözüm önerileri. Accelerating Turkey’ s clean energy development, TIREC, İstanbul.
- Gupta, H., & Roy, S. (2007). Geothermal energy: An alternative source for the 21 st century. Elsevier Publ. Netherlands, 293pp.
- Gültekin, F., Temizel H.E., & Ersoy F.A., (2015). Sarmaşık (Fatsa-Ordu) jeotermal sularının hidrojeokimyası. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu ve Sergisi, 4-6 Kasım, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.
- Havuz, F. (2012). Türkiye’de jeotermal seracılığın teknolojik ve ekonomik analizi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstriyel Teknoloji Eğitimi, Ankara.
- Hepbaşlı, A., (1985). Isı pompası sistemleri ve konut ısıtılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Işıksoluğu, M., Kurban M., & Dokur E., (2012). Jeotermal enerji santrallerinin Türkiye açısından değerlendirilmesi. ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 29 Kasım–1 Aralık, Akademik Odalar Birliği Yerleşkesi, Bursa.
- İlken, B.Z., (2001). Jeotermal enerjili konut ısıtma sistemleri, jeotermal enerji doğrudan ısıtma sistemleri; temelleri ve tasarımı. Editör: Toksoy M., Ankara, 203-210.
- Karagöl, T.E. & Kavaz İ., (2017). Dünya’ da ve Türkiye’ de yenilenebilir enerji. *Analiz Dergisi*, 197, 17-25.
- Kılıç, Ö. & Kılıç A.M., (2009). Jeotermal enerjinin ülkemiz açısından önemi ve çevresel etkilerinin incelenmesi. TMMOB Jeotermal Kongresi Bildiriler Kitabı, Ekim Ajans Matbaacılık, Ankara, 222s.
- Koçak, A. (2005). Türkiye’ de jeotermal enerji aramaları ve potansiyeli. TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası V. Enerji Sempozyumu, 21-23 Aralık, Milli Kütüphane, Ankara.
- Kozak, M. (2016). Konut ısıtmacılığında jeotermal yenilenebilir enerji kaynağının kullanılmasının araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Uygulama Merkezi, *Yekarum e-Dergi*, 3(2), 33-40.
- Lindal, B. (1973). Industrial and other applications of geothermal energy. Geothermal Energy, Armstead, H.C.H. (Ed.), Unesco, Paris, 135-148p.
- Lund, J. W. & Boyd T. L., (2015). Direct utilizatin of geothermal energy 2015 worldwide review. Proceedings World Geothermal Congress, 19-25 April, Melbourne, Australia.
- Mertoğlu, O., Şimşek Ş., & Başarır N., (2015). Geothermal country update report of Turkey (2010-2015). Proceedings World Geothermal Congress 19-25 April, Melbourne, Australia.
- Mertoğlu, O. (2017). Jeotermal enerjinin değerlendirilmesi, yatırımlarının teknolojisi ve ekonomisi. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Semineri, 11 Mayıs, Ankara.
- Mertoğlu, O. (2019). Jeotermal merkezi ısıtma ve jeotermal elektrik santralleri yatırımlarının teşvik ihtiyacının incelenmesi. Türkiye Jeotermal Kongresi, 6-7 Şubat, Bilkent Otel, Ankara.
- Olcar, D., (2012). Bursa - Kaynarca sıcak su bölgesinde jeotermal enerjinin konut tasarımında kullanılabilirliği üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk, H.H., Yaşar B., & Eren Ö. (2010). Tarımda enerji kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynakları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak, Milli Kütüphane Ankara.
- Parlaktuna, M., Mertoglu O., Simsek S., Paksoy H., & Basarir N., (2013). Geothermal country Uupdate report of Turkey 2010-2013. European Geothermal Congress, 3-7 June, Pisa, Italy.
- Richester, A., (2019). The top 10 geothermal countries 2018-based on installed generation capacity (MWe). <http://www.thinkgeoenergy.com/the-top-10->

geothermal-countries-2018-based-on-installed-generation-capacity-mwe/-  
(Erişim Tarihi: 16.04.2019).

- Satman, A., (2013). Dünyada ve Türkiye’de jeotermal enerji. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-18 Nisan, MMO Tepekule Kongre ve Sanat Merkezi, İzmir.
- Satman, A., (2017). Tekrar-basma (reenjeksiyon) ve türkiye’deki uygulamalarla ilgili gözlemler. 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 19-22 Nisan, MMO Tepekule Kongre ve Sanat Merkezi, İzmir, 2017.
- şener, C.A., Toksoy M., & Gökcen G., (2004). Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde optimum kontrol, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 80, 49-70.
- şeng z, E., (2007). Jeotermal enerjinin kullanım alanları. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- şimşek, ř., (2015). Dünya’ da ve Türkiye’ de jeotermal gelişmeler. III. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Editörler: Ateşoğullar C. ., Doğdu N., Kolat  ., TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, 1-17.
- Tangaç,  .F., & Erzenoğlu Z., (1986). Fatsa (Sarmaşık) kaplıcası Ilıca-1 sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu. MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Tassew, M., (2001). Effect of solid deposition on geothermal utilization and methods of control. The United Nations University, Geothermal Training Programme, Orkustofnun, Iceland.
- Temel,  ., (2016). Türkiye’ de bölgelere göre ısı pompası seçim kriterleri. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Enerji ve Termodinamik Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Tunçbilek,  . F. (2015). Yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda ve kırsal kalkınmada kullanımı: Kütahya Simav jeotermal seracılık  rneği. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Türkyılmaz, O., Eniş, A.,  ervatoğlu, E.ř., Lişesivdin, C.A., (2006). Enerji politikaları yerli, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları raporu. TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara.
- Uluşahin, A. (2009). Enerji gereksiniminde bazı gerçekler, jeotermal enerji ve yasal durum. V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 19-21 Haziran, Büyükşehir Belediyesi Konferans Salonu, Diyarbakır.158.
- Uzel,  . F. (1992). Ordu-Fatsa-Sarmaşık kaplıcası Ilıca-2 sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu. MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
-  er, A., Kılıç A.R, K uk M., Karaman S., & Aık z S., (2004). Ilıca - Sarmaşık (Fatsa-Ordu) jeotermal alanının jeolojisi, jeofizik etütleri ve jeotermal enerji olanakları. MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara.

- Valdimarsson, P., (1993). Modelling of geothermal district heating systems. Ph. D. Thesis, University of Iceland, Iceland.
- Yenal, O., Usman, N. ve Kanan, E., 1976. Türkiye Maden Suları. İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Tıbbi Radyoloji ve Hidro-Klimatoloji Kürsüsü Kağıt Basım İşleri A.Ş., İstanbul.
- Yıllancı, A., 2017. Denizli' deki jeotermal sahaların elektrik üretiminde ve ısıtmada kullanım olanakları. Türkiye Sağlıklı Kentler Birliği Denizli Konferansı 05-07 Mayıs, Richmond Pamukkale Termal Otel, Denizli.
- Yıldırım, N., (2018). Jeotermal sahalarda kabuklaşma sorunu ve inhibitör uygulamaları. <http://www.gseenergy.com/blog/blog/jeotermal-sahalarda-inhibitor-uygulamaları>-(Erişim Tarihi: 02.07.2018).
- Yılmaz, Ö., (1999). Jeotermal enerji ve Afyon' da kullanımı, İleri ofset matbaacılık, Afyonkarahisar, 93s.
- Yiğit, Ü. (1994). Jeotermal enerjinin uygulama alanları. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta
- Zengin, E. (2014). Aksaray ilindeki jeotermal enerji kaynaklarının potansiyeli ve ısıtma sistemlerinde kullanımına yönelik araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Aksaray.

# **EKLER**



1/4/2019		Faaliyet Bazlı Tüketici Tarifeleri (kr/kWh)				Güç Bedeli Hariç Toplam Tarifeler (kr/kWh)				
İletim Sistemi Kullanıcıları	Görevli Tedarik Şirketine Enerji Alan İletim Sistemi Kullanıcıları	Perakende Tek Zamanlı Enerji Bedeli	Perakende Gündüz Enerji Bedeli	Perakende Puant Enerji Bedeli	Perakende Gece Enerji Bedeli	Dağıtım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece
	Tüketici	36,4509	36,9598	61,2935	17,3202	0,0000	36,4509	36,9598	61,2935	17,3202
Dağıtım Sistemi Kullanıcıları	Dağıtım Sistemi Kullanıcıları	Perakende Tek Zamanlı Enerji Bedeli	Perakende Gündüz Enerji Bedeli	Perakende Puant Enerji Bedeli	Perakende Gece Enerji Bedeli	Dağıtım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece
	Orta Gerilim Çift Terimli						Orta Gerilim Çift Terimli			
	Sanayi	36,5219	37,0309	61,3646	17,3913	7,5554	44,0773	44,5863	68,9200	24,9467
	Ticarethane	39,5712	40,0335	66,5145	18,9636	11,7750	51,3462	51,8085	78,2895	30,7386
	Mesken	27,0730	27,6229	47,6479	11,6091	11,6631	38,7361	39,2860	59,3110	23,2722
	Tarımsal Sulama	35,8846	36,3018	60,1161	17,2718	9,6976	45,5822	45,9994	69,8137	26,9694
	Aydınlatma	36,1762				11,3014	47,4776			
	Tek Terimli						Tek Terimli			
	Sanayi	36,4492	36,9583	61,2921	17,3186	8,3456	44,7948	45,3039	69,6377	25,6642
	Ticarethane	39,6676	40,1299	66,6110	19,0600	14,6879	54,3555	54,8178	81,2989	33,7479
	Mesken	26,6873	27,2371	47,2621	11,2233	14,4009	41,0882	41,6380	61,6630	25,6242
	Tarımsal Sulama	35,9392	36,3564	60,1707	17,3263	12,0745	48,0137	48,4309	72,2452	29,4008
	Aydınlatma	36,2635				14,0976	50,3611			
	Alçak Gerilim Tek Terimli						Alçak Gerilim Tek Terimli			
	Sanayi	36,8249	37,3338	61,6676	17,6942	12,9124	49,7373	50,2462	74,5800	30,6066
Ticarethane	39,8861	40,3484	66,8294	19,2785	17,4991	57,3852	57,8475	84,3285	36,7776	
Mesken	26,3304	26,8803	46,9052	10,8664	17,1147	43,4451	43,9950	64,0199	27,9811	
Şehit Aileleri ve Muharip Malul Gaziler	9,2471				11,6077	20,8548				
Tarımsal Sulama	36,1183	37,2109	60,3498	17,5054	14,3786	50,4969	51,5895	74,7284	31,8840	
Aydınlatma	36,4703				16,7603	53,2306				
Genel Aydınlatma	26,0659				16,7603	42,8262				

**EK 1:** Güncel Elektrik Birim Fiyat Tarifesi

**Not:** Tek terimli ticarethane için toplam tüketim fiyatı kdv dahil = 66,61+19,06+14,69 =100,36 kr/kwh olarak alınmıştır.

Erişim Adresi : <https://www.epdk.org.tr/Detay/SiteSearch?type=3-1327&mName=elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari&src=3&ctId=&ds=01.04.2019&de=01.04.2019&Department=5&DetayliAra=false&st=-> (Erişim Tarihi : 01.04.2019)

GÜNCEL YAKIT FİYATLARININ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU [1] ( 13 Mart 2019 tarihinde, KDV HARİÇ )											
YAKITLAR	YAKIT ALT ISIL DEĞERİ	YAKIT ÜST ISIL DEĞERİ	YAKIT BİRİM FİYATI [1]			ALT ISIL DEĞERE göre 1000 keal için YAKIT FİYATI [2]			ÜST ISIL DEĞERE göre 1000 keal için YAKIT FİYATI [3]		
			Kuruş [1]			kuruş (2)	\$ Cent (5)	€ Cent (5)	kuruş (3)	\$ Cent (5)	€ Cent (5)
<b>LİNYİT KÖMÜRÜ</b>	kcal/kg	kcal/kg	kuruş / kg	KDV Dahil	TL / kg	kuruş (2)	\$ Cent (5)	€ Cent (5)	kuruş (3)	\$ Cent (5)	€ Cent (5)
Manisa-Soma KISRAKDERE (Yıkamış Toz; 0,5 - 10 mm) TKİ - ELİ LİNYİT Kömürü	[8] 4.724	5.032	47,8750			10,13			9,51		
Manisa-Soma KISRAKDERE (Yıkamış Torbalı 10 - 18 mm) TKİ - ELİ LİNYİT Kömürü	[8] 4.932	5.228	68,0000			13,79			13,01		
İTHAL Sibiyne Kömürü Ceviz tipi (İSTANBUL)	[7] 6.500	7.300	130,5085	154,0000	1,5400	20,08			17,88		
<b>AKARYAKIT</b>	kcal/kg	kcal/kg	kuruş / kg	KDV Dahil	TL / kg	kuruş (2)	\$ Cent (5)	€ Cent (5)	kuruş (3)	\$ Cent (5)	€ Cent (5)
(SHELL TÜRKİYE) FUEL-OIL NO:6 (İstanbul Avrupa Yakası)	[9] 9.200	10.300	292,3729			31,78			28,39		
(SHELL TÜRKİYE) FUEL-OIL NO:4 - Kalorifer Yakıtı (İstanbul Avrupa Yakası)	[9] 9.700	10.500	341,5254	403,0000	4,0300	35,21			32,53		
(SHELL TÜRKİYE) VP DİSEL MOTORİN (İstanbul Avrupa Yakası)	[9] [10] 10.200	10.800	630,8294			61,85			58,41		
<b>LPG DÖKMEGAZ</b>	kcal/kg	kcal/kg	kuruş / kg	KDV Dahil	TL/kg	kuruş (2)	\$ Cent (5)	€ Cent (5)	kuruş (3)	\$ Cent (5)	€ Cent (5)
BÜYÜK SANAYİ Kullanımı MİKS LPG İPRAGAZ - AYGAZ	[11] 11.000	11.900	627,0439			57,00			52,69		
SANAYİ Kullanımı MİKS LPG İPRAGAZ - AYGAZ	[11] 11.000	11.900	689,7483			62,70			57,96		
SANAYİ Kullanımı PROPAN İPRAGAZ - AYGAZ	[11] 11.100	12.000	697,8191	823,4265	0,8230	62,87			58,15		

## EK 2: Güncel Yakıt Birim Fiyat Tarifesi

Erişim.Adresi:..www.enerji-dunyasi.com/.../yakit/yakit-fiyatlari-karsilastirma  
tablosu-13-03-2019.xls ErişimTarihi : 02.04.2019

**EK 3: Ilıca Termal Otel Isı Pompası Kurulum Maliyeti Keşif Listesi**

Sıra	İş Kalemi No	ILICA TERMAL OTEL ISI POMPASI KURULUMU	Birimi	Miktar	Maliyet Fiyatı 2018 BF	Maliyet Tutarı (TL)
<b>ISI POMPASI KURULUMU MALİYETİ</b>						
1	110.619/3	2000 lt tek serpantinli hızlı boyler 3250 lt/h	AD	2	8.200,00	16.400,00
2	162.202	Termometre, madeni, ø 100 mm 250 °C	AD	2	43,00	86,00
3	163.200	Hidrometre ø 100 mm 4.44 atmosfer 50 mss	AD	2	35,00	70,00
4	173.105	Kollektör borusu ø 159/4,5 mm.dikişli boru	MT	6	86,00	516,00
5	173.311	Kollektör ağzı ø 150 mm	AD	4	54,00	216,00
6	174.613	250 lt.'lik çelikten kapalı, diyaframli genleşme deposu: 10 atm.	AD	1	705,10	705,10
7	201.112	Dikişli vidalı çelik boru 4" 100 mm, dış çap 114.3/4,50 manşonsuz ağırlık 12,50 kg/m	MT	6	51,00	306,00
8	201.207	Dikişli galvanizli çelik boru 1 1/2" ø40 ortalama dış çap 48,3/3,25 mm	MT	10	24,00	240,00
9	201.208	Dikişli galvanizli çelik boru 2" ø50 ortalama dış çap 60,3/3,65 mm	MT	20	30,60	612,00
10	201.209	Dikişli galvanizli çelik boru 2 1/2" ø65 ortalama dış çap 76,1/3,65 mm	MT	40	36,80	1.472,00
11	204.4107	Ön yalıtımlı çelik boru 2 1/2" dış çapı Ø 140 mm	MT	24	66,00	1.584,00
12	204.4108	Ön yalıtımlı çelik boru 3" dış çapı Ø 160 mm	MT	40	82,50	3.300,00
13	210.627	Pirinç, preste imal edilmiş teflon, (P. T. F. E.) contalı, 40 Ø mm, 1 1/2" (TS 3148)	AD	4	70,50	282,00
14	210.628	Pirinç, preste imal edilmiş teflon, (P. T. F. E.) contalı, 50 Ø mm, 2" (TS 3148)	AD	15	104,00	1.560,00
15	210.696	65 Ø mm PN 10-16, Gövdesi pik döküm, küresi dolu paslanmaz çelikten, tam geçişli, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, iki parçalı, flanşlı küresel vana	AD	9	195,00	1.755,00
16	210.711	PN- 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi paslanmaz çelikten, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, flanşlı, ø 125 mm (TS 3148)	AD	2	1.000,00	2.000,00
17	210.712	PN- 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi paslanmaz çelikten, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, flanşlı, ø 150 mm (TS 3148)	AD	2	1.700,00	3.400,00
18	221.406	Pislik tutucu, pn 25-40 paslanmaz çelik gövdeli, iç süzgeci paslanmaz çelik ø 65'den büyük çaplar laterna takviyeli vidalı veya flanşlı ø 50 mm.	AD	2	357,00	714,00
20	221.410	Pislik tutucu, pn 25-40 paslanmaz çelik gövdeli, iç süzgeci paslanmaz çelik ø 65'den büyük çaplar flanşlı ø 125 mm	AD	2	1.630,00	3.260,00
21	221.411	Pislik tutucu pn 25-40 paslanmaz çelik gövdeli, iç süzgeci paslanmaz çelik ø 65'den büyük çaplar flanşlı ø 150 mm		1	2.120,00	2.120,00

**EK 3: Ilıca Termal Otel Isı Pompası Kurulum Maliyeti Keşif Listesi (Devamı)**

Sıra	İş Kalemi No	İLICA TERMAL OTEL ISI POMPASI KURULUMU	Birimi	Miktar	Maliyet Fiyatı 2018 BF	Maliyet Tutarı (TL)
ISI POMPASI KURULUMU MALİYETİ						
22	216.901	Değişken devirli ( frekans konvertörlü )Islak Rotorlu sirkülasyon pompası (0,5 - 3,5) m3/h (1 – 3) mss	AD	2	990.00	1.980,00
23	216.904	Değişken devirli ( frekans konvertörlü )Islak Rotorlu sirkülasyon pompası (3- 6) m3/h (3 – 5) mss	AD	4	2.930,00	11.720,00
24	216.910	Değişken devirli ( frekans konvertörlü )Islak Rotorlu sirkülasyon pompası (20-28) m3/h (5 - 10) mss	AD	2	6.410,00	12.820,00
25	224.101	Otomatik hava atma cihazı (buhar iç.vidalı) ø 15mm, 1/2"	AD	6	27.20	163.20
26	227.206	Geri tepme ventili, pirinç.pres döküm,vidalı. ø 50mm, 2"	AD	2	82.00	164.00
27	227.301	Geri tepme ventili, flanşlı döküm gövdeli ø 65 mm.	AD	2	301.00	602.00
28	227.304	Geri tepme ventili, flanşlı döküm gövdeli ø 125 mm.	AD	2	717.00	1.434.00
29	230.1226	(1 1/2") dış çap:48 Ø mm et:30 mm cam yünü esaslı alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	10	11.30	113.00
30	230.1231	(2") dış çap:60 Ø mm et:30 mm cam yünü esaslı alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	20	12.70	254.00
31	230.1237	(2 1/2") dış çap:76 Ø mm et:30 mm cam yünü esaslı alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	10	14.70	147.00
32	230.1251	(4") dış çap:114 Ø mm et:30 mm cam yünü esaslı alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	6	20.20	121.20
33	230.1263	(6") dış çap:169 Ø mm et:30 mm cam yünü esaslı alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	6	29.80	178.80
34	ÖZEL-01	Isıtma kapasitesi 70 Kw, soğutma kapasitesi 56 Kw su / toprak kaynaklı ısı pompaları	AD	1	69.330	69.330
35	ÖZEL-02	Manyetik filtre (çap Ø 65, flanşlı tip )	AD	1	4.500,00	4.500,00
36	ÖZEL-03	Montaj, işçilik	AD	1	15.000	15.000
37	Otomasyon	Elektrik otomasyon panosu	AD	1	9.000,00	9.000,00
TOPLAM					168.125,30	

**EK 4: Ilıca Termal Otel Katı Yakıt Kazanı Kurulum Maliyeti Keşif Listesi**

Sıra	İş Kalemi No	İLİCA TERMAL OTEL KATI YAKIT KAZANI KURULUMU	Birimi	Miktar	Maliyet Fiyatı 2018 BF	Maliyet Tutarı (TL)
<b>KATI YAKIT KAZANI KURULUMU MALİYETİ</b>						
1	110.619/3	2000 lt tek serpantinli hızlı boyler 3250 lt/h	AD	2	8.200,00	16.400,00
2	152.1202	4 atmosfer konstrüksiyon basıncında katı yakıtlı sıcak su üretici çelik malzemeden (kaynaklı) kalorifer kazanı (60.000 kcal/h) 70kw	AD	1	5.218,50	5.218,50
3	162.202	Termometre, madeni, ø 100 mm 250 °C	AD	3	43,00	129,00
4	163.200	Hidrometre ø 100 mm 4.44 atmosfer 50 mss	AD	3	35,00	105,00
5	173.105	Kollektör borusu ø 159/4,5 mm.dikişli boru	MT	6	86,00	516,00
6	173.311	Kollektör ağızı ø 150 mm	AD	4	54,00	216,00
7	180.100	Kazan emniyet alarm düzeni (alçak su seviyesi alarm düzeni)	AD	1	127,00	127,00
8	180.200	Kazan emniyet alarm düzeni (Azami basınç alarm düzeni)	AD	1	157,00	157,00
9	201.105	Dikişli vidalı çelik boru 3/4" 20 mm, dış cap 26,9/2,60 manşonsuz ağırlık 1,57 kg/m	MT	30	10,30	309,00
10	201.106	Dikişli vidalı çelik boru 1" 25 mm, dış cap 33,7/3,20 manşonsuz ağırlık 2,43 kg/m	MT	30	13,40	402,00
11	201.108	Dikişli vidalı çelik boru 1 1/2" 40 mm, dış cap 48,3/3,20 manşonsuz ağırlık 3,60 kg/m	MT	10	18,50	185,00
12	201.109	Dikişli vidalı çelik boru 2" 50 mm, dış cap 60,3/3,60 manşonsuz ağırlık 5,10 kg/m	MT	30	23,70	711,00
13	201.110	Dikişli vidalı çelik boru 2 1/2" 65 mm, dış cap 76,1/3,60 manşonsuz ağırlık 6,54 kg/m	MT	40	28,60	1.144,00
14	204.3104	Pn 20 polipropilen 1" ø32/5,4 mm temiz su boruları	MT	20	8,55	171,00
15	204.3105	Pn 20 polipropilen 1 1/4" ø40/6,7 mm temiz su boruları	MT	20	11,70	234,00
16	210.707	PN- 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi paslanmaz çelikten, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, flanşlı, ø 50 mm (TS 3148)	AD	15	275,00	4.125,00
17	210.708	PN- 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi paslanmaz çelikten, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, flanşlı, ø 65 mm (TS 3148)	AD	4	369,00	1.476,00
18	210.626	Pirinç, preste imal edilmiş teflon, (P. T. F. E.) contalı, 32 Ø mm, 1 1/4" (TS 3148)	AD	6	52,50	315,00
19	210.627	Pirinç, preste imal edilmiş teflon, (P. T. F. E.) contalı, 40 Ø mm, 1 1/2" (TS 3148)	AD	4	70,50	282,00
20	216.901	Değişken devirli ( frekans konvertörlü )Islak Rotorlu sirkülasyon pompası (0,5 - 3,5) m3/h (1 – 3) mss	AD	2	990,00	1.980,00
21	216.910	Değişken devirli ( frekans konvertörlü )Islak Rotorlu sirkülasyon pompası (20-28) m3/h (5 - 10) mss	AD	2	6.410,00	12.820,00
22	224.301	Otomatik hava atma cihazı (su için,flanşlı)ø 15 mm, 1/2"	AD	4	25,80	103,20

**EK 4: Ilıca Termal Otel Katı Yakıt Kazanı Kurulum Maliyeti Keşif Listesi  
(Devamı)**

Sıra	İş Kalemi No	İLICA TERMAL OTEL KATI YAKIT KAZANI KURULUMU	Birimi	Miktar	Maliyet Fiyatı 2018 BF	Maliyet Tutarı (TL)
<b>KATI YAKIT KAZANI KURULUMU MALİYETİ</b>						
22	224.301	Otomatik hava atma cihazı (su için, flanşlı) ø 15 mm, 1/2"	AD	4	25.80	103.20
23	227.205	Geri tepme ventili, pirinç, pres döküm, vidalı. ø 40mm, 1 1/2"	AD	2	59.50	119.00
24	227.206	Geri tepme ventili, pirinç, pres döküm, vidalı. ø 50mm, 2"	AD	2	82.00	164.00
25	230.1221	(1 1/4") dış çap:42 Ø mm et:30 mm cam yünü esaslı alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	30	10.80	324.00
26	230.1226	(1 1/2") dış çap:48 Ø mm et:30 mm cam yünü esaslı alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	10	11.30	113.00
27	230.1231	(2") dış çap:60 Ø mm et:30 mm cam yünü esaslı alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	30	12.70	381.00
28	230.1244	(3") dış çap:89 Ø mm et:30 mm cam yünü esaslı alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	40	16.70	668.00
29	231.201	Yağlı boya ile boru boyanması ø 15 mm - 50 mm, (1/2" - 2") arası (2") dahil	MT	40	2.14	85.60
30	231.202	Yağlı boya ile boru boyanması ø 50 mm - 100 mm, (2" - 4") arası (4") dahil	MT	70	4.26	298.20
31	Y.23.167	Çeşitli profil demiri ve sac levhalardan münferit imalat yapılması ve yerine konulması (su depoları ve benzeri)	KG	250	9.09	2.272,50
32	Y.23.176	Lama ve profil demirlerden çeşitli demir işleri yapılması ve yerine konulması	KG	50	9.56	478.00
33	ÖZEL-01	Ø20 cm Kazan Bacası için Sulu filtre Yapılması(montaj.malzeme,nakliye dahil)	AD	1	5.500	5.500,00
34	ÖZEL-02	Montaj, işçilik	AD	1	12.0000	12.000,00
35	Otomasyon	Elektrik otomasyon panosu	AD	1	7.000	7.000,00
<b>TOPLAM</b>					<b>76.529,00</b>	

**EK 5: İlica Termal Otel Fuel-Oil Kazanı (Sıvı, Gaz Yakıtlı) Kurulum Maliyeti Keşif Listesi**

Sıra	İş Kalemi No	İLICA TERMAL OTEL FUEL – OİL (SIVI, GAZ YAKITLI) KAZANI	Birimi	Miktar	Maliyet Fiyatı 2018 BF	Maliyet Tutarı (TL)
<b>FUEL-OİL KAZANI KURULUMU MALİYETİ</b>						
1	110.619/3	2000 lt tek serpantinli hızlı boyler 3250 lt/h 4 atmosfer konstrüksiyon basıncında sıvı ve gaz yakıtlı sıcak su üretici çelik malzemeden (kaynaklı) kalorifer kazanı (60.000 kcal/h) 70kw	AD	2	8.200,00	16.400,00
2	152.2202		AD	1	3.496,50	3.496,50
3	162.202	Termometre, madeni, ø 100 mm 250 °C	AD	3	43,00	129,00
4	163.200	Hidrometre ø 100 mm 4.44 atmosfer 50 mss	AD	3	35,00	105,00
5	173.105	Kollektör borusu ø 159/4,5 mm.dikişli boru	MT	6	86,00	516,00
6	173.311	Kollektör ağzı ø 150 mm	AD	4	54,00	216,00
7	180.100	Kazan emniyet alarm düzeni (alçak su seviyesi alarm düzeni)	AD	1	127,00	127,00
8	180.200	Kazan emniyet alarm düzeni (Azami basınç alarm düzeni)	AD	1	157,00	157,00
9	193.255	Ø200 yalıtımlı paslanmaz çelik baca	MT	32	339,00	10.848,00
10	201.105	Dikişli vidalı çelik boru 3/4" 20 mm, dış cap 26,9/2,60 manşonsuz ağırlık 1,57 kg/m	MT	30	10,30	309,00
11	201.106	Dikişli vidalı çelik boru 1" 25 mm, dış cap 33,7/3,20 manşonsuz ağırlık 2,43 kg/m	MT	30	13,40	402,00
12	201.108	Dikişli vidalı çelik boru 1 1/2" 40 mm, dış cap 48,3/3,20 manşonsuz ağırlık 3,60 kg/m	MT	10	18,50	185,00
13	201.109	Dikişli vidalı çelik boru 2" 50 mm, dış cap 60,3/3,60 manşonsuz ağırlık 5,10 kg/m	MT	30	23,70	711,00
14	201.110	Dikişli vidalı çelik boru 2 1/2" 65 mm, dış cap 76,1/3,60 manşonsuz ağırlık 6,54 kg/m	MT	40	28,60	1.144,00
15	204.3104	Pn 20 polipropilen 1" ø32/5,4 mm temiz su boruları	MT	20	8,55	171,00
16	204.3105	Pn 20 polipropilen 1 1/4" ø40/6,7 mm temiz su boruları	MT	20	11,70	234,00
17	210.707	PN- 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi paslanmaz çelikten, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, flanşlı, ø 50 mm (TS 3148)	AD	8	275,00	2.200,00
18	210.708	PN- 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi paslanmaz çelikten, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, flanşlı, ø 65 mm (TS 3148)	AD	4	369,00	1.476,00
19	210.626	Pirinç, preste imal edilmiş teflon, (P. T. F. E.) contalı, 32 Ø mm, 1 1/4" (TS 3148)	AD	6	52,50	315,00
20	210.627	Pirinç, preste imal edilmiş teflon, (P. T. F. E.) contalı, 40 Ø mm, 1 1/2" (TS 3148)	AD	8	70,50	564,00
21	216.901	Değişken devirli ( frekans konvertörlü )Islak Rotorlu sirkülasyon pompası (0,5 - 3,5) m3/h (1 – 3) mss	AD	1	990,00	990,00
22	216.910	Değişken devirli ( frekans konvertörlü )Islak Rotorlu sirkülasyon pompası (20-28) m3/h (5 - 10) mss	AD	2	6.410,00	12.820,00
23	224.301	Otomatik hava atma cihazı (su için,flanşlı)ø 15 mm, 1/2"	AD	4	25,80	103,20

**EK 5: Ilıca Termal Otel Fuel-Oil (Sıvı, Gaz Yakıtlı) Kazanı Kurulum Maliyeti Keşif Listesi (Devamı)**

Sıra	İş Kalemi No	ILICA TERMAL OTEL FUEL – OİL (SIVI, GAZ YAKITLI) KAZANI KURULUMU	Birimi	Miktar	Maliyet Fiyatı 2018 BF	Maliyet Tutarı (TL)
<b>FUEL – OİL (SIVI, GAZ YAKITLI) KAZANI KURULUMU MALİYETİ</b>						
24	227.205	Geri tepme ventili, pirinç,pres döküm,vidalı. ø 40mm, 1 1/2"	AD	2	59.50	119.00
25	227.206	Geri tepme ventili, pirinç,pres döküm,vidalı. ø 50mm, 2"	AD	2	82.00	164.00
26	230.1221	(1 1/4") dış çap:42 Ø mm et:30 mm cam yünü esaslı alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	10	10.80	108.00
27	230.1226	(1 1/2") dış çap:48 Ø mm et:30 mm cam yünü esaslı alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	20	11.30	226.00
28	230.1231	(2") dış çap:60 Ø mm et:30 mm cam yünü esaslı alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	30	12.70	381.00
29	230.1237	(2 1/2") dış çap:76 Ø mm et:30 mm cam yünü esaslı alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	30	14.70	441.00
30	402.514	Tek kademeli brülörler 80 KW ' a kadar	AD	1	4.910,00	4.910,00
31	402.581	Gaz brülörü moditasyon ünitesi, sıcaklık kontrolü (0-130°c)	AD	1	1.320,00	1.320,00
32	412.103	Isıtıcı ana yakıt deposu 5000 lt.	AD	1	6.820,00	6.820,00
33	ÖZEL-01	Montaj, işçilik	AD	1	15.000,00	15.000,00
33	Otomasyon	Elektrik otomasyon panosu	AD	1	8.000,00	8.000,00
<b>TOPLAM</b>					<b>91.107,70</b>	



**EK 6: Ilıca Termal Otel LPG' li Duvar Tipi Yoğuşmalı Kazan Kurulum Maliyeti Keşif Listesi**

Sıra	İş Kalemi No	ILICA TERMAL OTEL LPG' li DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN	Birimi	Miktar	Maliyet Fiyatı 2018 BF	Maliyet Tutarı (TL)
<b>LPG' li DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN KURULUMU MALİYETİ</b>						
1	110.619/3	2000 lt tek serpantinli hızlı boyler 3250 lt/h	AD	2	8.200,00	16.400,00
2	162.202	Termometre, madeni, ø 100 mm 250 °C	AD	3	43,00	129,00
3	173.105	Kollektör borusu ø 159/4,5 mm.dikişli boru	MT	6	86,00	516,00
4	173.311	Kollektör ağzı ø 150 mm	AD	4	54,00	216,00
5	174.510	100 lt.çelikten atmosfere kapalı değişebilir diyaframli genleşme deposu	AD	1	317,00	317,00
6	174.1202	6 m <sup>3</sup> /h, Ø165 , dn65 flanşlı denge tankı	AD	1	579,00	579,00
7	192.256	60.000 kcal/h duvara asılabilen gaz yakıtlı yoğuşmalı kazanlar doğalgaz veya lpg yakıtlı,prog.	AD	1	9.313,50	9.313,50
8	193.255	Ø200 yalıtımlı paslanmaz çelik baca	MT	32	339,00	10.848,00
9	201.1002	Çelik boru dış çap 26,7/2,9 mm	MT	6	12,00	72,00
10	201.1003	Çelik boru dış çap 33,4/3,4 mm	MT	12	16,30	195,60
11	201.1004	Çelik boru dış çap 42,2/3,6 mm	MT	24	20,70	496,80
12	201.108	Dikişli vidalı çelik boru 1 1/2" 40 mm, dış çap 48,3/3,20 manşonsuz ağırlık 3,60 kg/m	MT	10	18,50	185,00
13	201.109	Dikişli vidalı çelik boru 2" 50 mm, dış çap 60,3/3,60 manşonsuz ağırlık 5,10 kg/m	MT	30	23,70	711,00
14	201.110	Dikişli vidalı çelik boru 2 1/2" 65 mm, dış çap 76,1/3,60 manşonsuz ağırlık 6,54 kg/m	MT	40	28,60	1.144,00
15	204.3104	Pn 20 polipropilen 1" ø32/5,4 mm temiz su boruları	MT	20	8,55	171,00
16	204.3105	Pn 20 polipropilen 1 1/4" ø40/6,7 mm temiz su boruları	MT	20	11,70	234,00
17	210.707	PN- 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi paslanmaz çelikten, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, flanşlı, ø 50 mm (TS 3148)	AD	8	275,00	2.200,00
18	210.708	PN- 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi paslanmaz çelikten, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, flanşlı, ø 65 mm (TS 3148)	AD	4	369,00	1.476,00
19	210.626	Pirinç, preste imal edilmiş teflon, (P. T. F. E.) contalı, 32 Ø mm, 1 1/4" (TS 3148)	AD	6	52,50	315,00
20	210.627	Pirinç, preste imal edilmiş teflon, (P. T. F. E.) contalı, 40 Ø mm, 1 1/2" (TS 3148)	AD	8	70,50	564,00
21	210.823	Doğalgaz küresel vana, sfero veya çelik döküm gövdeli, küresi paslanmaz çelikten imal edilmiş teflon tabak yay takviyeli contalı, flanşlı, tam geçişli, ø 25 mm.	AD	2	159,00	318,00
22	210.824	Doğalgaz küresel vana, sfero veya çelik döküm gövdeli, küresi paslanmaz çelikten imal edilmiş teflon tabak yay takviyeli contalı, flanşlı, tam geçişli, ø 32 mm.	AD	1	197,00	197,00

**EK 6: İlica Termal Otel LPG' li Duvar Tipi Yoğuşmalı Kazan Kurulum Maliyeti Keşif Listesi (Devamı)**

Sıra	İş Kalemi No	İLICA TERMAL OTEL LPG' li DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN	Birimi	Miktar	Maliyet Fiyatı 2018 BF	Maliyet Tutarı (TL)
<b>LPG' li DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN KURULUMU MALİYETİ</b>						
23	210.825	Doğalgaz küresel vana, sfero veya çelik döküm gövdeli, küresi paslanmaz çelikten imal edilmiş teflon tabak yay takviyeli contalı, flanşlı, tam geçişli, ø 40 mm.	AD	2	242.00	484.00
24	212.424	Filtreli regülatör 1 bar'a kadar dn 40 (1 1/2") vidalı (ts 10624)	AD	1	321.00	321.00
25	213.315	Kullanım basıncı 500m bar'a kadar olan selenoidler normalde açık dn 40 (1 1/2") vidalı	AD	1	206.00	206.00
26	216.901	Değişken devirli ( frekans konvertörlü )Islak Rotorlu sirkülasyon pompası (0,5 - 3,5) m3/h (1 – 3) mss	AD	3	990.00	2.970,00
27	216.910	Değişken devirli ( frekans konvertörlü )Islak Rotorlu sirkülasyon pompası (20-28) m3/h (5 - 10) mss	AD	2	6.410,00	12.820,00
28	221.204	Pislik tutucu,pn 16,( buhar+su için,pik dök.)ø 32 mm, Vidalı veya Flanşlı	AD	2	100.00	200.00
29	224.301	Otomatik hava atma cihazı (su için,flanşlı)ø 15 mm, 1/2"	AD	4	25.80	103.20
30	225.133	Flanşlı hava ayırıcı Ø 80 mm	AD	1	1.520,00	1.520,00
31	225.223	Flanşlı tortu ayırıcı Ø 80 mm	AD	1	1.330,00	1.330,00
32	227.204	Geri tepme ventili, pirinç,pres döküm,vidalı. ø 32mm, 1 1/4"	AD	2	40.80	81.60
33	227.205	Geri tepme ventili, pirinç,pres döküm,vidalı. ø 40mm, 1 1/2"	AD	2	59.50	119.00
34	227.206	Geri tepme ventili, pirinç,pres döküm,vidalı. ø 50mm, 2"	AD	2	82.00	164.00
35	230.1221	(1 1/4") dış çap:42 Ø mm et:30 mm cam yünü esash alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	10	10.80	108.00
36	230.1226	(1 1/2") dış çap:48 Ø mm et:30 mm cam yünü esash alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	20	11.30	226.00
37	230.1231	(2") dış çap:60 Ø mm et:30 mm cam yünü esash alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	30	12.70	381.00
38	230.1244	(3") dış çap:89 Ø mm et:30 mm cam yünü esash alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	30	16.70	501.00
39	230.1244	(3") dış çap:89 Ø mm et:30 mm cam yünü esash alümin.folyo kaplı prefab.boru yalıtımı	MT	30	16.70	501.00
40	301.307	120 °C ve üzeri kullanılabilen daldırma termostatlar iki Konumlu Elektrikli Daldırma Termostatu	AD	1	250.00	250.00
41	315.105	Dış hava tipi elektronik sıcaklık duyar elemanı	AD	1	127.00	127.00
42	315.106	Yüzey tip elektronik sıcaklık duyar elemanı	AD	1	133.00	133.00
43	317.100	2 konumlu elektronik sıcak su kontrol paneli	AD	1	1.370,00	1.370,00
44	Otomasyon	Elektrik otomasyon panosu	AD	1	4.000,00	4.000,00
45	ÖZEL-01	Montaj, işçilik	AD	1	15.000,00	15.000,00
46	ÖZEL-02	LPG Tesisatı Cihaz Bağlantı Malzemeleri (fleks,kompansatör,dişli malzeme,ex-proof gaz alarm algılama,tel çit vb.)	TK	1	3.500,00	3.500,00
47	ÖZEL-03	Elektrikli LPG buharlaştırıcısı	AD	1	1.500,00	1.500,00
48	ÖZEL-04	LPG tankı 10 m³ kurulum ve montaj işleri, nakliye dahil)	TK	1	42.000,00	42.000,00
<b>TOPLAM</b>						<b>136.513,70</b>

Ece Tasarım Parke Mimarlık İnş. Mob. Rek. Tic. Ve San. Ltd. Şti.'ne  
10.06.2019

Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi Yenilenebilir Enerji Kaynakları Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans yapmaktayım. Bu sebeple; Mimari proje müellifi olduğunuz; Ordu İli Fatsa İlçesi, Ilıca/ Sarmaşık Termal Otel mimari projeniz için, -3.Bodrum kat ve -2 Bodrum kat planını "Ordu İli Fatsa İlçesi Jeotermal Enerji Potansiyelinin Isıtma Sistemlerinde Kullanımı" yüksek lisans konulu çalışmamda ve yapacağım ısı pompası projem için kullanmak istiyorum. Tez içerisinde ilgili kat planlarını kullanacağımdan onayınız ve izninizin alınması hususunda; Gereğini rica ederim.

Öğrencinin ;

Üniversite : Ordu Üniversitesi

Enstitü : Fen Bilimleri Enstitüsü

Bölüm/Anabilim Dalı : Yenilenebilir Enerji A.B.

Adı- Soyadı : Tuncay ŞAHİN

Öğrenci No : 16521100013

Meslek : Makine Mühendisi

Adı-Soyadı

İmza

**EK 7: Sarmaşık Termal Otel Mimari Proje Müellifi Muvafakat İzni**

Sn. Tuncay ŞAHİN  
16521100013

11.06.2019

Ordu İli Fatsa İlçesi, Ilıca/ Sarmaşık Termal Otel mimari projemizde; -3.Bodrum kat ve -2 Bodrum kat planını “Ordu İli Fatsa İlçesi Jeotermal Enerji Potansiyelinin Isıtma Sistemlerinde Kullanımı” konulu yüksek lisans çalışmamızda belirtilen katların tarafımdan onayım alınarak kullanılmasına muvafakat edilmesi hususunda;

Bilginize sunarım.

Güliz YENER  
Mimar  
Odu Sc. No: 19299

Proje Müellifi  
Kase imza



**EK 8:** Sarmaşık Termal Otel Mimari Proje Müellifi Muvafakat Yazısı

**EK 9:** Isı Pompası Sıcak Kullanım Suyu Uygulama Projesi (CD, 1 Adet)

## ÖZGEÇMİŞ

<b>Kişisel Bilgiler</b>	
Adı Soyadı	Tuncay ŞAHİN
Doğum Yeri	Ordu
Doğum Tarihi	04.07.1985
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0506 368 19 85
E-Posta Adresi	
<b>Eğitim Bilgileri</b>	
<b>Lisans</b>	
Üniversite	Atatürk Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Makine Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2007

