



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MUŞ İLİNDEKİ JEOTERMAL
KAYNAKLARIN TERMAL TURİZM
POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ
(ÖRNEK TERMAL TESİS TASARIMI)**

Onur Cem ALGAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri
Anabilim Dalı**

Mart-2024
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MUŞ İLİNDEKİ JEOTERMAL
KAYNAKLARIN TERMAL TURİZM
POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ
(ÖRNEK TERMAL TESİS TASARIMI)**

Onur Cem ALGAN

YÜKSEK LİSANSTEZİ

**Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri
Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi İskender DÖLEK

Mart-2024
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL ve ONAYI

Onur Cem ALGAN tarafından hazırlanan “**Muş İlindeki Jeotermal Kaynakların Termal Turizm Potansiyelinin Belirlenmesi (Örnek Termal Tesis Tasarımı)**” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı**’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Yunus Levent EKİNCİ

Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Sanat Tarihi

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi İskender DÖLEK

Muş Alparslan Üniversitesi, Eğitim Fakültesi.

Türkçe ve Sosyal Bilgiler Eğitimi

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Ömer Arslan

Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,

Makine Mühendisliği Bölümü

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu/...../..... Tarih ve/..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

.....
FBE Müdürü

Muş Alparslan Üniversitesi BAP Birimi tarafından BAP-21-EMF-4902-01nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İmza

Onur Cem ALGAN

Tarih:09.01.2024

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MUŞ İLİNDEKİ JEOTERMAL KAYNAKLARIN TERMAL TURİZM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ (ÖRNEK TERMAL TESİS TASARIMI)

Onur Cem ALGAN

Muş Alparslan Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İskender DÖLEK

Muş ili doğal koşulların insan etkinlikleri üzerinde belirleyici olduğu, Sosyoekonomik anlamda ülkemizin en geri kalmış illerinden biridir. Ülkemizin en büyük ovalarından birine sahip olmasına rağmen; uzun kışlar tarımsal anlamda oavadan yararlanma olanaklarını sınırlandırmaktadır. Anadolu'nun bu kadim şehri önemli ticaret yolları üzerinde yer almadığı gibi göçlerle azalan nüfusu da ilin gelişimini olumsuz etkilemektedir.

Doğal ve beşeri koşulların sınırlayıcı özelliği ilde yapılacak yatırımların ilin dinamiklerine dayalı olmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu nedenle ilin doğal ve beşeri özelliklerinin doğru kullanılması ve bunların doğru kullanılarak gerçekleştirilecek projeler turizm, tarım, hayvancılık, madencilik gibi sektörlerin gelişmesine katkı sunabilir. Yeni iş olanakları sağlayarak il ya da bölgenin gelişmesine katkıda bulunabilir. Yerel ekonominin güçlenmesi ile il bölgenin gelişmesine destek sağlayabilir. Bu sayede Kültürel mirasın korunmasına yardımcı olabilir. Sosyal ve kültürel iyileşmeyi de beraberinde getirebilir.

Muş ilinin yer aldığı bölge, Doğu Anadolu sıkışmalı tektonik bölgesi olarak da bilinen, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı'nın (DAF) birleştiği Karlıova havzasının doğusundan, Pontid'lerin kuzeyinden, Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı sınırlarındaki kenar kıvrımlarının güneyinde kalan bölge içerisinde yer almaktadır. Bu durum il için önemli bir jeotermal kaynak zenginliğini de beraberinde getirmektedir.

Muş ilinde son yıllarda bu enerji kaynağına yönelik birçok yatırım yapılmakta, araştırma faaliyetleri yürütülmektedir. Bu yatırımların çoğu da sıcak akışkanın termal turistik tesislerde banyo amaçlı kullanımına yöneliktir. Mevcut tesislerin çoğu mevcut yapıları ile sürdürülebilir olmadıkları gibi potansiyellerinin çok altında kullanımına sahiptirler. Bu nedene bu çalışmada bir termal tesisin sürdürülebilirlik açısından nasıl olması gerektiği, dünya ve ülkemizdeki doğru örneklerden hareket ederek belirlenmeye böylece; bölge ve il için genel bir termal tesis modeli önerilmeye çalışılmıştır. Bu sayede termal tesis yatırımlarına artan ilginin doğru bir şekilde yönlendirileceği düşünülmektedir.

Kurulan termal tesislerin konaklama dışında insanların daha fazla zaman geçirebileceği bir yapıda planlanması, sitemden alınan akışkanın farklı kullanım alanlarında değerlendirildikten sonra sisteme geri döndürülmesi ildeki jeotermal kaynakların sürdürülebilirlikleri açısından oldukça önemli unsurlardır.

2024, 65 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Jeotermal kaynaklar, Gelişme, Kültürel miras, Turizm

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF THE THERMAL TOURISM POTENTIAL OF GEOTHERMAL RESOURCES IN MUŞ PROVINCE (SAMPLE THERMAL FACILITY DESIGN)

Onur Cem ALGAN

**Muş Alparslan University
Natural and Applied Science
Department of Nuclear Energy and Energy Systems**

Advisor: Assist Prof. İskender DÖLEK

Muş province, with its natural conditions significantly influencing human activities, is one of the economically underdeveloped regions in our country. Despite having one of the largest plains in the country, the long winters limit the agricultural utilization of the plain. This ancient city of Anatolia is not located on important trade routes, and the decreasing population due to migrations also negatively affects the development of the province.

The restrictive nature of both natural and human conditions necessitates investments in the province to be based on its dynamics. Therefore, proper utilization of the natural and human characteristics of the province can contribute to the development of sectors such as tourism, agriculture, livestock, and mining through projects that take these characteristics into account. By creating new job opportunities, it can contribute to the development of the province or region, supporting the strengthening of the local economy and, in turn, the overall development. This can also assist in preserving cultural heritage and bring about social and cultural improvement.

The region where Muş province is located falls within the Eastern Anatolian compressional tectonic zone, known as the convergence of the North Anatolian Fault (NAF) and the East Anatolian Fault (EAF), extending from the east of the Karlıova basin where the northern Pontids and the southern edge curls of the Bitlis-Zagros Knot Belt are located. This situation brings significant geothermal resource wealth to the province.

In recent years, many investments have been made in Muş province for this energy source, and research activities are underway. Most of these investments are aimed at the use of hot fluids for bathing purposes in thermal tourist facilities. Many existing facilities are not sustainable with their current structures and fall far below their potentials. For this reason, this study aims to determine how a thermal facility should be in terms of sustainability, drawing on correct examples from around the world and our country. Thus, a general thermal facility model for the region and the province is attempted to be proposed. It is believed that this will correctly guide the increasing interest in thermal facility investments.

Planning thermal facilities to be structures where people can spend more time beyond accommodation, and recycling the fluid taken from the system after being utilized in various areas are crucial factors for the sustainability of geothermal resources in the province.

Key Words: Sustainability, Geothermal resources,Development,Cultural heritage,Tourism

2024, 65 Pages

Keywords: Sustainability, Geothermal resources,Development,Cultural heritage,Tourism



TEŞEKKÜR

Tez yazım süreçleri, her zaman zorlayıcı ve zahmetli olabilmektedir. Belki de bu süreci kıymetli kılan Őey, çektiğimiz sıkıntılar ve harcadığımız emektir. Yalnızca bu zaman diliminde değil, yaŐamımın her anında desteklerini gördüğüm anne ve babam, en büyük teŐekkürü Şüphesiz onlar hak ediyor. Tez danıŐmanım Dr. Öğretim Üyesi İskender DÖLEK, tez savunma jürimde yer alan ve yorumlarıyla çalışmaya katkıda bulunan Prof. Dr. Levent EKİNCİ ve Dr. Öğretim Üyesi Ömer Arslan hocalarıma Őükranlarımı sunuyorum. Değerli arkadaşım Mimar Fatma SENTÜRK'e de bu süreçte verdiği kıymetli desteklerden dolayı teşekkür ediyorum.

Onur Cem ALGAN
MUŞ-2024



İÇİNDEKİLER

ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
RESİMLER DİZİNİ.....	xiv
HARİTALAR DİZİNİ.....	xv
1.GİRİŞ	0
1.1. Amaç	3
1.2. Yöntem.....	4
2. TEMEL KAVRAMLAR	5
2.1.Jeotermal Enerji	5
2.2.Jeotermal Enerjinin Oluşumu ve Isı Kaynağı	7
2.3. Jeotermal Sistem	7
2.4. Jeotermal Saha	8
2.4.1. Jeotermal Sahaların Sınıflandırılması	8
2.5. Jeotermal Sistemin Elemanları.....	9
2.5.1.Isı Taşıyan Akışkan	9
2.5.2.Rezervuar Kaya ve/veya Zon.....	9
2.5.3.Isı Kaynağı.....	9
2.5.4.Örtü Kaya.....	9
2.5.5.Beslenme Alanı.....	10
2.5.6.Alterasyon.....	10
2.5.7.Jeotermal Rezervuar	10
3. DÜNYADA ve TÜRKİYE’DE JEOTERMAL KAYNAKLAR	11
3.1. Dünyada Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı.....	11
3.2. Dünyada Jeotermal Enerjinin Elektrik Üretiminde Kullanımı.....	12
3.4. Jeotermal Kaynakların Kullanım Alanları	15
3.4.1. Isıtma	16
3.4.2. Endüstriyel Uygulamalar	17
3.4.3. Kimyasal Madde Üretimi	17
3.3. Türkiye’deki Jeotermal Kaynaklar.....	17
3.5.Türkiyede Jeotermal Kaynakların Kullanım Alanları:.....	20
3.6. Doğu Anadolu Bölgesi’nde Yer Alan Jeotermal Kaynaklar	21

4. MUŞ İLİNDEKİ JEOTERMAL SİSTEMLER VE ÖZELLİKLERİ	27
4.1.Genel Jeolojik Özellikler.....	27
4.2. Nemrut Jeotermal Sahası.....	31
4.3. Güroymak-Çukur Jeotermal Sahası	33
4.4. Ilıcaköy Jeotermal Sahası.....	34
4.5. Kızılağaç – Muratgören - Mercimekkale Bölgesi Potansiyel Jeotermal Alanı....	34
4.6. Derik Abdurrahmanpaşa Jeotermal Kaynağı	36
4.7. Karameşe Maden Suyu Kaynağı.....	37
4.8. Başkan-Kaynarca Jeotermal Kaynağı	37
4.9. Güzelkent Jeotermal Kaynağı	38
4.10. Alagöztepe Jeotermal Kaynağı	39
5. TERMAL TURİZM	42
5.1.Termal Kaynakların Turizme Etkisi.....	43
5.2.Dünyada Ve Türkiye’de Önemli Termal Merkezler.....	46
6.SÜRDÜRÜLEBİLİR TURİZM ve DOĞAL KAYNAKLARIN KORUNMASI PERSPEKTİFİNDEN BİR TERMAL TESİS TASARIMI	49
6.1.Doğal kaynakların korunması	49
6.2.Çevresel etkilerin azaltılması:	50
6.3.Yerel ekonomik kalkınma:	51
6.4.Kültürel Mirasın Korunması	52
6.5.Turizm Faaliyetlerinin Çeşitlendirilmesi	53
7. BULGULAR.....	56
8.SONUÇ	60
KAYNAKÇA.....	61
ÖZGEÇMİŞ	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Bir Jeotermal sistemin şematik gösterimi	6
Şekil 3.1. (a) Jeotermal kaynakların doğrudan kullanım kapasite değerlerine ilk beş ülke (Akkuş, 2018) (b) Türkiye'nin doğrudan kullanım ve elektrik üretiminde Dünya doğrudan kullanım ve elektrik üretimi ile karşılaştırılması	12
Şekil 3.2. (a) Jeotermal kaynakların Dünya genelinde doğrudan kullanımının kullanım alanlarına göre (MWt) dağılımı (Lund ve Boyd, 2015); (b) Türkiye'de jeotermal kaynakların doğrudan kullanım alanlarına göre dağılımı oranları	12
Şekil 3.3. Dünya jeotermal kurulu kapasitesinin ülkelere göre dağılımı	13
Şekil 3.4. (a) 1950 – 2020 yılları arasında Dünyada elektrik üretiminin gelişimi (b) 1999- 2019 yılları arasında Türkiye'de elektrik üretiminin gelişimi	14
Şekil 3.5. 2021 yılında jeotermal enerji (Giga/saat) üretiminde ilk 10 ülke	15
Şekil 3.6. Jeotermal akışkanın sıcaklık değerlerine göre kullanım alanları	17
Şekil 3.7. Türkiye'nin genç tektonik unsurları ve jeotermal kaynakların dağılımı	19
Şekil 3.8. Türkiye'nin jeotermal kaynakları ve yararlanma biçimleri (MTA)	19
Şekil 3.9. Jeotermal sektörde kaynakların durumu ve güncel görünümü	20
Şekil 3.10. Potansiyelin (MWt) kuyulara göre bölgesel dağılımı	22
Şekil 4.1. Anadolu'nun tektonik hatları	29
Şekil 4.2. Muş havzasının genelleştirilmiş jeoloji haritası	30
Şekil 5.1. Myrdal tarafından ortaya konan çarpan etkisinin şematik gösterimi	45
Şekil 5.2. 2010 yılında Avrupa Kıtası ve Türkiye'deki termal tesis sayıları.	48
Şekil 7.1. Termal tesise ait genel vaziyet planı	58
Şekil 7.2. Termal tesise ait 1. Kat planı	58
Şekil 7.3. Termal tesise Bodrum Kat planı.....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan jeotermal kaynaklar ve mineralli sular.....	23
---	----



RESİMLER DİZİNİ

Resim 4.1. Nemrut kalderası içerisinde yer alan sıcak su gölü	34
Resim 4.2. Güroymak-Çukur kaplıcalarına ait havuzlardan görünüm	35
Resim 4.3. a) Ilıcaköy mevkiinde gözlenen maden suyu çıkışları b) Kıyık mevkiinde gözlenen gaz çıkışı c) Kıyık mevkiinde gözlenen sıcak su çıkışı (98°C) d) Şenoba-Muratgören mevkiinde yer alan maden suyu kaynağı	38
Resim 4.4. Karameşe kaynağına ait saha ölçümleri yapılan çıkış noktası	39
Resim 4.5. Baskan kaplıcasının çevresine ait drone görüntüsü	40
Resim 4.6. Güzelkent'te yer alan sıcak su kaynaklarından görünüm	41
Resim 4.7. Alagöztepe'de yer alan sıcak su kaynakları ve travertenlerden görünüm	42
Resim 6.1. İzlanda'daki Blue Lagoon	53
Resim 6.2. Japonya Beppu Termal tesisleri	53
Resim 7.1. Termal tesise ait üç boyutlu görünümü	59
Resim 7.2. Termal tesise ait üç boyutlu görünümü	60
Resim 7.3. Termal tesise ait üç boyutlu görünümü	60
Resim 7.4. Termal tesise ait üç boyutlu görünümü	60

HARİTALAR DİZİNİ

Harita 4.1. Muş ilinde yer alan jeotermal kaynaklar33

Harita 4.2. Muş iline kaynakların yüzey sıcaklık haritası33



1.GİRİŞ

Doğu Anadolu bölgesinde, Yukarı Murat bölümünde yer alan Muş kenti Şeref Han Bitlisinin 16. yy. da kaleme aldığı Şerefname adlı eserinde sakin bir şehir olarak tanımlanır. Aynı eserde bolluk ve bereketli anlamında kuş sütünün dahi bulanabileceği ifade edilen Muş, Türkiye'nin en büyük ovalarından birinin kenarında bir birikinti konisi üzerinde yer alır.

Şeref Han Bitlisinin eserini kaleme aldığı 16. yy. dan günümüze kadar geçen 500 yıllık süre Muş ili için pek fazla bir şeyi değiştirmemiştir. Sosyoekonomik anlamda ülkemizin en geri kalmış illerinden biridir. Muş ili ülkemizde nüfusu göçlerle azalan belki de birkaç şehirden biridir. Muş ilinin ülke ekonomisine katkısı TÜİK (2021) verilerine göre yaklaşık %2 dolayında ve kişi başı yıllık gelir yaklaşık 4.138 dolar civarındadır. Sanayi bakanlığının 2020 verilerine göre gelişmişlik düzeyi olarak 79.sıradadır (Dölek,2021).

Yoksulluk adeta Muş ili için tarihi bir mirastır. Sanki şehrin makûs bir talihidir. Bu durum bir ölçüde ilin sahip olduğu coğrafi özelliklerle de ilgilidir. Şüphesiz coğrafi özellikleri tek başına bu geri kalmışlığı açıklayamaz. Ama geri kalmışlık coğrafyadan da bağımsız düşünülemez. Türkiye'nin 3. en büyük ovasına sahip olmasına rağmen Kasım ayından başlayıp Mart ayının ortalarına kadar devam eden sürede sıcaklık ortalamalarının sıfır derecenin altında olduğu karasal bir iklim hâkimdir.

Ovayı drene eden Karasu ve Murat Irmaklarının taşkınları karasal iklim özellikleri ile bir araya geldiğinde ova için tarım süresi oldukça kısaldır. Belki de bu durum ilde hiçbir dönemde tarımsal anlamda bir üretim fazlası oluşmayışının nedenlerinden biridir. Tarihsel süreç içerisinde büyük bir ticaret yolu üzerinde yer almayı, karasal iklimi diğer sosyolojik unsurlarla da birleşince ilin gelişmesi önünde adeta bir bariyer gibi durmaktadır.

Bu nedenle ilin doğal ve beşeri özelliklerinin doğru kullanılması ve bunların doğru kullanılarak gerçekleştirilecek projeler turizm, tarım, hayvancılık, madencilik gibi sektörlerin gelişmesine katkı sunabilir. Yeni iş olanakları sağlayarak il ya da bölgenin gelişmesine katkıda bulunabilir. Yerel ekonominin güçlenmesi ile il bölgenin gelişmesine destek sağlayabilir. Bu sayede kültürel mirasın korunmasına yardımcı olabilir. Sosyal ve kültürel iyileşmeyi de beraberinde getirebilir.

Yerel olanakların doğru kullanılması ile gelişen ülke örneklerine tarihin her döneminde rastlamaktayız. Hindistan, özellikle doğal ipek ve pamuk üretimi gibi yerel olanaklarını, tekstil sektöründe kullanmıştır. Bu Hindistan'da tekstil sektörünün gelişmesine ve dünya pazarında önemli bir güç haline gelmesinin önünü açmıştır. Ülkedeki birçok yerel firma küresel ölçekte önemli konuma gelmiştir. Avustralya; doğal alanları, plajları, limanları, koy ve körfezleri, tarihi yerler gibi yerel olanaklarını turizm sektöründe kullanmış ve Avustralya'daki turizm sektörünün gelişmesine ve turist sayısının artmasına neden olmuştur. Gana; altın, gümüş ve diğer madenlerini madencilik sektöründe kullanmıştır. Bu Gana'nın ekonomisindeki büyümeyi ve madencilik sektöründeki gelişmeyi sağlamıştır. İzlanda; jeotermal kaynaklarını, elektrik üretim, ısıtma ve turizm gibi sektörlerde kullanmıştır. Jeotermal kaynakların kullanımı, İzlanda'nın ekonomik kalkınmasına ve dünyanın en ısızsız yerlerinden birinde yer alan bu ülkenin turizm sektöründe gelişmesine yardımcı olmuştur. Aynı şekilde Japonya; jeotermal kaynaklarını, enerji üretimi, turizm ve hammadde üretimi gibi sektörlerde kullanmıştır. Japonya jeotermal kaynaklarını enerji üretiminde güvenli ve alternatif kaynaklar oluşturmakta ve turizm sektörünün gelişmesine yardımcı olmaktadır. Ülkemizde de birçok ilde jeotermal kaynaklar enerji üretiminde ve turizm sektörünün geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Afyonkarahisar, Manisa, Aydın, Denizli gibi illerimizde jeotermal kaynaklar: turizm, enerji ve seracılık gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Seracılık, tarım sektörünün gelişmesine ve üretim artışına neden olmaktadır.

Dünya çapında enerji ihtiyacının artması ve fosil yakıtların zamanla tükenecek olması sebebiyle, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik ilgi her geçen gün artmaktadır. Ancak hala dünya genelinde fosil yakıtlar için yıllık 5,2 trilyon dolar harcanmaktadır. Jeotermal enerji, bölgesel enerji ihtiyaçlarının verimli bir şekilde karşılanmasına yardımcı olabilir.

Sürekli ve yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal enerji aynı zamanda sürdürülebilirdir. Tekrar kullanılabilir olmasından dolayı da verimli bir enerji kaynağıdır. Fosil yakıtların kullanımının azaltılması ya da tamamen sınırlandırılmasında jeotermal enerji kritik enerji kaynaklarından biridir. Ayrıca küresel iklim krizi ile başa çıkmak için de önemlidir.

Volkanik aktivitenin olduğu, tektonik olarak aktif yerler jeotermal enerji elde etmek için uygun yerlerdir. Türkiye, İtalya, İzlanda, Kenya, Meksika, Norveç, Yeni

Zelanda gibi volkanik ve tektonik bakımdan yerkabuğunun sismik olarak aktif alanları jeotermal enerji potansiyelinin yüksek olduğu sahalardır.

Muş ilinin yer aldığı bölge, Doğu Anadolu sıkışmalı tektonik bölgesi olarak da bilinen, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı (DAF)'nın birleştiği Karlıova havzasının doğusundan, Pontid'lerin kuzeyinden, Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı sınırlarındaki kenar kıvrımlarının güneyinde kalan bölge içerisinde yer almaktadır. Ayrıca Muş ilinin içinde yer aldığı bölgede kıvrımlar, bindirmeler, doğrultu atımlı faylanmalar ve açılma çatlakları bulunur. Ayrıca kıtasal kabuğun deformasyonu, açılma çatlakları ve faylanmalar sebebiyle bölgenin evrimi, neotektonik dönem süresince volkanizmadan da oldukça fazla etkilenmiştir. Bu jeolojik süreçler jeotermal sistemlerin oluşumuna da zemin hazırlamıştır.

Jeotermal kaynaklar fosil veya nükleer kaynaklı enerji üretimine göre, genellikle kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalacak düzeyde çevre sorunlarına sebep olur. Kapalı sistemlerde emisyon yaymaz. Bu nedenle, çevre için önemli bir enerji kaynağıdır. Ülkemizdeki jeotermal kaynakların dağılımı genellikle enerji ihtiyacımızın niteliğine uymaktadır. Genellikle elektrik açığının fazla olduğu Batı ve Kuzeybatı Anadolu'da yüksek entalpili elektrik üretimine uygun kaynaklar, Orta ve Doğu Anadolu'da ise ısıtmaya uygun düşük entarili kaynaklar bulunmaktadır.

Yerli kaynaklarımızdan olan Jeotermal enerjinin yurdumuzun içinde bulunduğu enerji açığının karşılanmasında petrole olan bağımlılığın azaltılması ve döviz kaybının önlenmesi için, öncelikle değerlendirilmesi gerekmektedir. Jeotermal enerji, hidrolik, Güneş, rüzgâr ve benzeri enerjiler gibi tükenmez enerji (yenilenebilir) kaynaklarından. Bu nedenle tükenbilirlikleri kesin olan kömür, petrol, doğalgaz, gibi enerji kaynaklarına oranla uzun ömürlü ve tükenmez bir enerji kaynağıdır.

1.1 Amaç

Son yıllarda artan bir şekilde gerek ülke gerekse bölge genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yoğun bir ilgi gözlenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlara göre daha sürdürülebilir ve çevre dostu olmaları bu ilginin nedenlerinden bazılarıdır. Jeotermal enerji yenilenebilir enerji kaynağı olması yanında tekrar tekrar kullanılabilmesi bu enerji kaynağını cazip kılan önemli unsurlardan biridir.

Doğu Anadolu bölgesinde ve Muş ilinde son yıllarda bu enerji kaynağına yönelik birçok yatırım yapılmakta, araştırma faaliyetleri yürütülmektedir. Bu yatırımların çoğu da sıcak akışkanın termal turistik tesislerde banyo amaçlı kullanımına yöneliktir. Mevcut

tesislerin çoğu mevcut yapıları ile sürdürülebilir olmadıkları gibi potansiyellerinin çok altında kullanımına sahiptirler. Bu nedene bu çalışmada bir termal tesisin sürdürülebilirlik açısından nasıl olması gerektiği, dünya ve ülkemizdeki doğru örneklerden hareket ederek belirlenmeye böylece; bölge ve il için genel bir termal tesis modeli önerilmeye çalışılmıştır. Bu sayede termal tesis yatırımlarına artan ilginin doğru bir şekilde yönlendirileceği düşünülmektedir.

1.2 Yöntem

Bu çalışma iki aşamadan meydana gelmektedir. Çalışmanın ilk aşamasını literatür taraması, ikinci aşamasını ise arazi çalışmaları oluşturmaktadır. Literatür taraması ile jeotermal ve jeotermal tesislere ait temel özellikler belirlenmeye çalışılmıştır. Dünya ve ülkemizdeki doğru örnek oluşturabilecek termal tesisler incelenmiş ortak noktaları çıkarılmış ve önerilen örnek termal tesisi oluşturacak temel bileşenler belirlenmiştir.

Belirlenen bu özelliklere göre de bu çalışmada önerilen termal tesis tasarımında, bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve üç boyutlu modelleme da kullanılan AutoCAD ve 3ds Max yazılımları kullanılmıştır. Autodesk tarafından geliştirilen AutoCAD, hem 2D hem de 3D tasarımlar oluşturabilme yeteneği ile öne çıkmaktadır. Detaylı teknik çizimlerin hazırlanmasında kullanıcı dostu arayüzü ve özelleştirilebilir komutları ile mühendislik ve mimari alanlarda sıkça tercih edilmektedir. 3ds Max, üç boyutlu modelleme, animasyon ve görselleştirme konularında uzmanlaşmış bir yazılım olarak tercih edilerek tesise ait üç boyutlu çizimler gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmalarında literatürden derlenen jeotermal kaynaklar dışında yerel halktan alınan bilgiler doğrultusunda jeotermal kaynakların konumları belirlenerek, jeotermal kaynaklar teyit edilmiş GPS yardımıyla arazide koordinatları alınmış ve bir haritaya aktararak il sınırları içerisindeki jeotermal kaynakların envanter haritası oluşturulmuştur.

Çalışma içerisinde yer alan jeotermal kaynaklara ait yüzey sıcaklıkları kullanılarak Muş iline ait potansiyel jeotermal kaynak yüzey sıcaklık haritası Arc Map programında Kreking metodu kullanılarak çizilmiştir. Bu sayede yüzey sıcaklıkları ölçülen jeotermal kaynakların yakınında olan yerlere ait olası sıcaklık değerlerine yönelik bir öngörü oluşturulmaya çalışılmıştır.

2. TEMEL KAVRAMLAR

2.1 Jeotermal Enerji

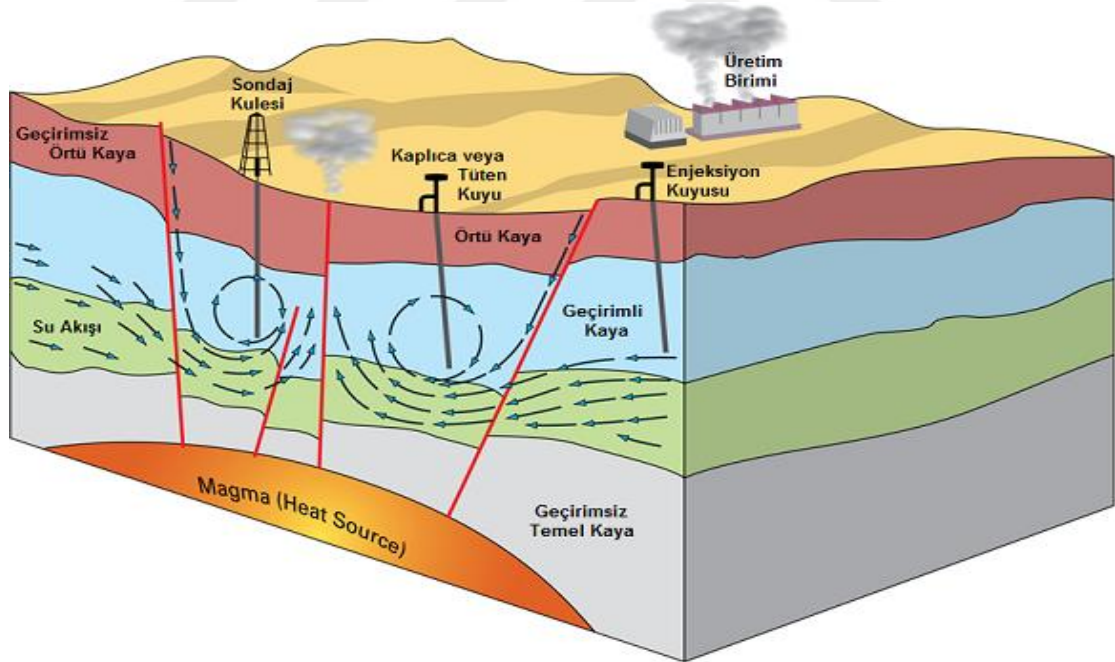
Bulunduğu bölgenin ortalama hava sıcaklığından 6-9°C (11-16°C) daha sıcak sıcak olan sular sıcak kaynak olarak adlandırılır (Lutgens vd., 2013). Jeotermal enerji ise; yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş olan ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli olarak 20°C'den fazla ve içerisindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen, elektrik üretiminde, ısıtmada ve soğutmada çeşitli sanayi tesislerinde enerji hammaddesi olarak kullanılan, kimyasal madde üretimine elverişli olabilen ayrıca, sağlık ve turizm amacıyla da yararlanılabilen basınç altındaki sıcak su ve buhar ile sürekli yüzeye taşınan ısı enerjisi olarak tanımlanır (Öztürk,2015). Başka bir tanımda ise Jeotermal enerji: Yerkürenin ısısından kaynaklı sıcak bir akışkandan veya sıcak kuru kaya sistemlerinden elde edilen yenilenebilir bir enerji kaynağı (Mert vd. 2017) olarak tanımlanır. Jeotermal akışkanın, fizikokimyasal özelliklerine göre enerji sektöründen, tarım, hayvancılık ve sağlık sektörüne kadar birçok alanda kullanılabilir.

Jeotermal enerji buhar ve sıcak suyun doğal yeraltı rezervuarlarından elde edilmesidir. Başka bir ifade ile yer ısısı olarak da tanımlanabileceği gibi, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş basınç altındaki sıcak su, buhar gaz veya sıcak kur kayaçların içerdiği ısı enerjisi olarak da ifade edilebilir (Öztürk,2015). Jeotermal kaynakların dünyanın bir çok bölgesinde bulunmakta ve bu kaynaklar geniş bir şekilde kullanılabilen bir enerji kaynağıdır (Tester vd., 2006). Sıcak kaynaklar, çoğunlukla volkanik aktivitelerin olduğu yerlerde bulunur ve bu kaynaklar yüzeyden yaklaşık 1 ila 2 kilometre derinlikte bulunabilir (Lund, 2011). Jeotermal kaynaklar sıcak su ve buhar şeklinde bulunur ve bu kaynaklar çeşitli alanlarda kullanılır. Örneğin, sıcak su kaynakları binaların ısıtılmasında, endüstriyel tesislerin ısıtılmasında ve sera ısısının sağlanmasında kullanılabilir (Özgener ve Hepbasli, 2016). Ayrıca jeotermal enerji, elektrik üretimi için de kullanılabilir. Elektrik üretmek için sıcak su veya buhar, elektrik jeneratörleri tarafından mekanik enerjiye dönüştürülür ve elektrik üretilir (Rafferty ve Boak, 2012). Bu oluşumlar daha çok güncel volkanik aktiviteler nedeniyle yeraltı sıcaklıklarının yüksek olduğu kesimlerde oluşur. Günümüzde jeotermal enerji buhar ve sıcak su ile daha çok ısıtma ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Jeotermal kaynakların kullanımı, çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilir çünkü jeotermal kaynaklardan enerji elde etmek için fosil yakıtların yakılması gerekmez ve dolayısıyla çevreye zararlı

emisyollar azaltılır. Bununla birlikte, jeotermal kaynakların kullanımı, jeotermal alanlarda yaşayan yerli halklar ve çevresindeki ekosistemler üzerinde olumsuz etkileri de olabilir. Bu nedenle, jeotermal kaynakların kullanımı için uygun düzenlemeler yapılması ve çevresel etkilerin dikkate alınması önemlidir (Schellschmidt vd. 2015).

İlk jeotermal enerji kullanımının tarihi tam olarak bilinmese de 16.yy Georgius Agricola maden ocaklarında derinlere inildikçe sıcaklığın arttığı gözlemlemiştir. Alexander Von Humboldt, 10 her 100 metre derine indikçe sıcaklığın 38 derece atmış olduğunu gözlemlemiştir. İlk modern ölçümler 1740 yılında Fransada Belfort yakınlarındaki bir maden de yapılmıştır. Dünya çapında 1950'lerden sonra jeotermal ısı araştırmaları yaygınlaşmıştır. 1904 yılında İtalya'da Larderello da kurulan ve halen aktif olan santral ilk jeotermal santrallerden biridir.

Jeotermal enerji jeolojik yapıya bağlı olarak oluşan, doğrudan ya da başka enerji türlerine dönüştürülerek yararlanılabilen, yeryüzüne su, buhar ve gaz ile de taşınabilen yerkabuğunun ulaşılabilir derinliklerindeki doğal kaynağın ısı enerjisidir. Ayrıca herhangi bir akışkan içermemesine rağmen bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanan "Sıcak Kuru Kayalar" da jeotermal enerji kaynağıdır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Bir Jeotermal sistemin şematik gösterimi (Anonim, 2021)

2.2 Jeotermal Enerjinin Oluşumu ve Isı Kaynağı

Yer kabuğunun derinliklerinde bulunan ısı kaynağı, henüz soğumasını tamamlamamış bir magma kütlesi veya genç bir volkanizma ile ilgilidir. Yüzeyden kırık ve çatlaklar aracılığı ile süzülen meteorik kökenli solar, değişik derinliklerde yer alan ve geçirimsiz örtü kayalarla kontrol edilmiş olan gözenekli ve/veya ikincil geçirimli rezervuar kayalarda birikir. Biriken sular, ısı kaynağı tarafından ısıtılır ve mineral içeriği bakımından zenginleşir. Yer kabuğunun derinliklerinde ısınan sular, kırık ve çatlak sistemlerinin oluşturduğu yollarla yeryüzüne ulaşır ve sıcak su kaynakları olarak belirginleşirler.

Jeotermal enerji, yerin derinliklerinden gelen, yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır. Isı, yer kabuğuna yakın derinliklere ısı iletimi yolu ile taşınır. Bu ısı iletimi ile ya da magmanın üst bölgelere sokulması ile ya da daha sıcak olan astronoferin kıtasal kabuk kalınlıklarının az olduğu kıta parçalarında yukarıya doğru daha çok ısı iletimi ile olur.

Bu olaylar sonucunda, fazla ısınmış bölgelerdeki yeraltı suları, hidrotermal kaynaklar olarak sıcak su veya buhar çıkışları şeklinde yüzeyde görünür. Jeotermal enerji yerküre içindeki içsel enerjinin doğal bir sonucudur. Jeotermal enerji yerin yüzeye yakın olan kısımlarında, geçirimli kanallarda ve gözenekli ortamlarda hidrolik taşımınla da (konveksiyon) kontrol edilir. Bunun sonucunda jeotermal enerji yüzeye yakın derinliklerde, sıcak su ve buhar şeklinde yoğunlaşarak, erişilebilecek derinliklerde hidrotermal sistemleri oluşturur. Isı kaynağı, eğer kabuğun içine sokulmuş magmatik bir intrüzyon ise, 600-900°C sıcaklığa sahiptir ve genellikle 7 - 15 kilometre arası derinliklerde yer alır. Yüzeye yaklaşmış astenosfer ise çok daha derindedir.

Yerkabuğunun derinliklerinde bulunan uranyum (U238, U235) toryum (Th 232) ve potasyum (K40) gibi radyoaktif maddelerin bozunması sonucunda sürekli olarak ısı üretmesi işleminin jeotermal enerjinin kaynağı olduğuna inanılmaktadır (Öztürk,2015).

2.3 Jeotermal Sistem

Yerin içindeki ısı kaynakları, ısı taşınan akışkanlar, kaya ortamı, basınç ve sıcaklık koşulları, kimyasal bileşenler ve benzer faktörlerin birbiriyle etkileşimli bir bütünlük içinde yer aldığı sistemi ifade eder (Gianessi vd., 2012). Bu faktörler, doğal yollarla birbirleri ile bağlantılıdır ve sürekli bir enerji dolaşımı sağlar (Luconve Chiappini,2010). Jeotermal sistem aynı zamanda beslenme ve boşalma cepleri gibi diğer faktörlerle

beslenir (UNESCO ve International Geothermal Association) Jeotermal enerji, korunan ve doğal yollarla oluşan bir enerji kaynağıdır; ev ve işletmelerin ısı elektrik ihtiyaçlarını karşılamak üzere kullanılabilir (Gianessi vd., 2012).

2.4 Jeotermal Saha

Yerin içindeki ısı kaynağı, ısı taşıyan akışkan, kaya ortamı, basınç ve sıcaklık koşulları, kimyasal bileşenler gibi faktörlerin bir arada bulunduğu ve jeotermal enerji üretimine uygun bir potansiyel barındıran yer jeotermal saha olarak adlandırılır (Koroneos, 2012). Jeotermal sahalar, genellikle volkanik aktivite, denizi diplerindeki sıcak su kaynakları ve yer kabuğunda oluşan termal yapıların bulunduğu bölgelerdir (Lucon ve Chiappini, 2010). Jeotermal sahaların potansiyelini değerlendirmek, jeotermal enerji üretiminin planlanması ve uygulanması açısından önemlidir (Koroneos, 2012).

2.4.1 Jeotermal Sahaların Sınıflandırılması

Jeotermal sahalar ısı kaynaklarına göre sıcak veya buhar bulunma potansiyellerine göre sınıflandırılabilirler. Bunlar yüksek potansiyel bulunan yeraltı yapılarından en düşük potansiyel bulunan yeraltı yapılarına kadar farklı potansiyele sahip olabilirler (Kuo ve Chen, 2010). Jeotermal sahalar, düşük ısı değerlerine göre (100°C 'nin altında) ve orta/yüksek ısı değerlerine (100°C 'nin üzerinde) olmak üzere sınıflara ayrılabilir (USGEA). Ülkelere ve kökenlerine göre değişik sınıflandırmalar olmasına karşılık jeotermal sahalar, yaygın olarak kullanılan sıcaklık değerlerine ve ülkemiz koşullarına göre kabaca üç gruba ayrılır (Kaymakçioğlu ve Kayabaşı, 2005).

- Düşük Entalpili Sahalar ($20-70^{\circ}\text{C}$)
- Orta Entalpili Sahalar ($70-150^{\circ}\text{C}$)
- Yüksek Entalpili Sahalar (150°C den yüksek).

Bu sıcaklık eşik değerleri, yüksek sıcaklıklı (entalpili) jeotermal sahalarla sahip birçok ülkede;

- Düşük entalpili $<150^{\circ}\text{C}$,
- Yüksek entalpili $>150^{\circ}\text{C}$ şeklinde de sınıflanabilmektedir.

2.5 Jeotermal Sistemin Elemanları

2.5.1 Isı Taşıyan Akışkan

Çoğunlukla meteorik kökenli, eser olarak magmatik, metamorfik ve fosil sular da içerebilen, derindeki ısıyı taşımak için kabuk içerisinde dolaşan sulardır. Henüz soğumasını tamamlamamış derinlerdeki bir sokulundan yayılan ısıyla genellikle kondüktif olarak ısınan akışkanlar, yoğunluk farkı nedeniyle yukarı doğru çıkarak derinlerdeki ısıyı yukarıya doğru taşırlar ve rezervuar kayaç içerisinde depolanırlar. Aynı zamanda yüzeye ulaşarak sıcak su, gaz veya buhar çıkışları şeklinde kaynağı oluştururlar.

2.5.2 Rezervuar Kaya ve/veya Zon

Yerkürenin en dıştaki bölümünü oluşturan kabuktaki kıvrımlanma ve kırılmaların, litolojik birimler içerisinde yarattığı yukarılara doğru taşınan ısınmış akışkanın depolanabileceği kırık ve çatlaklı ortamdır. Genellikle tektonik süreçlerle ikincil geçirimsizlik kazanmış olan kaya birimleridir. Akışkanın içerisinde depolanmasını sağlarlar. Değerlendirme yapılırken litolojik özellikleri yanında tektonik konumu da esas alınır. Ekonomik anlamda sığ derinlikte, poroziteli ve permeabiliteli litolojik birimler rezervuar kaya ve/veya zonlar olarak adlandırılır.

2.5.3 Isı Kaynağı

Jeotermal kaynak oluşumunda ana bileşenlerden birisi de ısı kaynağıdır. Isı kaynağı, yerküre içindeki akkor ve mantodan kaynaklanan ısıdır. Bunun yanında radyoaktif mineral bozunması da ısı kaynağını oluşturur. Yerkabuğu hareketleri nedeniyle kabuktaki kıvrımlanma ve kırılmalar ile manto üst kesimindeki magma ayrımlaşması sonucu gelişen magmatik sokulumlar ve volkanik faaliyetlerle yerin derinliklerinde bulunan ısı, kabuk içerisinde sığ derinliklere ulaşabilmektedir. Bu ısı etrafındaki kayaçları da ısıtarak, bölgede bir ısı anomalisi oluşturur ve ekonomik derinlikte jeotermal sistem oluşturabilecek boyut ve yaşta ısı kaynağını yaratır. Değerlendirmede ısı kaynağının derinliği ve geometrisi dikkate alınır.

2.5.4 Örtü Kaya

Isı ve ısınmış akışkanı rezervuar içinde tutmayı ve ısınısını korumayı sağlayan örtü kayaç, rezervuar kaya üzerinde geçirimsiz kaya birimlerinden oluşur.

2.5.5 Beslenme Alanı

Sistemi besleyen akışkan alanıdır. Jeotermal kaynak araştırmalarında, beslenme alanlarının ve yollarının belirlenmesi sistemin ne kadar akışkan üretebileceğinin tahmininde önemli bilgiler sağlamaktadır.

2.5.6 Alterasyon

Yerkabuğunun görelı sığ kesimlerindeki kayaçların, içlerinde dolaşan ısı yüklü hidrotermal akışkanlarla etkilenmesi sonucu oluşan kimyasal ve mineralojik faz değişimleri “hidrotermal alterasyon” olarak adlandırılmaktadır. Hidrotermal alterasyon sonucu kayaçlarda oluşan yeni mineraller ile jeotermal akışkanın sıcaklığı arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişkidен hareketle altere olmuş kaya birimlerindeki hidrotermal alterasyon sonucu oluşan hidrotermal alterasyon mineralleri incelenerek alterasyon derecesine göre akışkan sıcaklığı hakkında öngörüde bulunmaktadır.

2.5.7 Jeotermal Rezervuar

Jeotermal sistemin kaynak olarak işletilebilir hacimsel bütünlüğüdür.

3. DÜNYADA ve TÜRKİYE’DE JEOTERMAL KAYNAKLAR

3.1 Dünyada Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı

Jeotermal enerji ilk kez MÖ 3. yüzyılda Çin’in Han Hanedanı döneminde, doğal sıcak su kaynakları, banyolar ve ısıtma amaçları için kullanıldığı bilinmektedir. Ancak, modern jeotermal enerji kullanımı için en önemli adımın İtalya'daki Larderello alanında 1904 yılında gerçekleşen jeotermal enerji santralinin kurulması olduğu ifade edilmektedir. Daha sonra, 20. yüzyılın ortalarında, ABD'de California'daki ilk büyük ölçekli jeotermal enerji santrali inşa edildi. Bu santral, 1960'ların başında enerji krizi sırasında, ABD'de jeotermal enerjinin daha fazla kullanımını teşvik etti.

Devam eden süreçte Dünyada jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı hızlı bir şekilde yaygınlaşmıştır. 1990’lı yıllardan başlayarak, merkezi şehir ısıtma ve termal uygulamalar yaygınlaşmıştır. Jeotermal enerji santrallerine elektrik alım garantisi verilmesi de girişimcilerin hızla bu alana yönelmesini sağlamıştır.

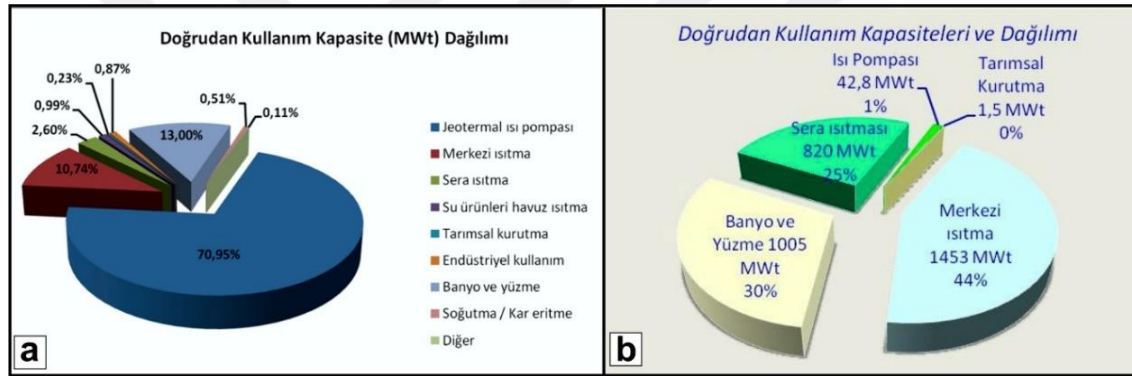
Güncel verilere göre, toplam doğrudan kullanımın kurulu kapasitesi 70.329 MW_t'dir. Doğrudan kullanım kurulu kapasitesine sahip sırası ile en büyük beş ülke sırasıyla Amerika, Çin, İsveç, Türkiye ve Almanya'dır. Bu ülkelerde kullanımlar dünya kapasitesinin yaklaşık %65,8'ini oluşturmaktadırlar. Çin, Amerika, İsveç, Türkiye ve İzlanda dünya kullanımının %63,6'sını kapsayarak en yüksek yıllık enerji kullanımı ile ilk beş ülke arasındadır (Lund ve Boyd, 2015; Akkuş, 2017, 2018).

Dünyada %70,95 oranı ile en fazla doğrudan kullanım jeotermal ısı pompası iken bunu termal turizm, merkezi ısıtma ve sera ısıtma gibi faaliyetler takip etmektedir (Şekil 1a). Ülkemizde jeotermal ürünün başlıca tüketim alanları elektrik üretimi, konut, sera, termal tesis ısıtması, termal ve sağlık turizmi, endüstriyel uygulamalar, ısı pompası ve tarımsal kurutmadır. Araştırmalarla kullanılabilir hale getirilen potansiyelden günümüzde birçok alanda yararlanılmaktadır. Kapasite olarak elektrik üretimi, ısıtma uygulaması ve termal kullanım yoğunluktadır. Doğrudan kullanım kapasitesi Kasım 2017 itibarıyla 3322,3 MW_t dir (Şekil 1b). Bina, şehir, konut, termal tesis vb ısıtma sistemleri %44'lük oran ve 1453 MW_t kullanım kapasitesi ile tüketimdeki en büyük paya sahiptir. Sera ısıtması, 820 MW_t kapasiteyle kullanımın %25 ini oluşturur. Termal tesis ve Spa'da balneolojik kullanım ise 1005 MW_t kapasite ve %30 oranındadır. Meyve ve sebze

kurutmanın yapıldığı tarımsal uygulamada 1,5 MW_t, jeotermal ısı pompasında 42,8 MW_t kapasite kullanılmaktadır (Şekil 3.1 ve 3.2).



Şekil 3.1. (a) Jeotermal kaynakların doğrudan kullanım kapasite değerlerine ilk beş ülke (Akkuş, 2018) (b) Türkiye'nin doğrudan kullanım ve elektrik üretiminde Dünya doğrudan kullanım ve elektrik üretimi ile karşılaştırılması (MWt) (Akkuş, 2017, 2018).



Şekil 3.2. (a) Jeotermal kaynakların Dünya genelinde doğrudan kullanımının kullanım alanlarına göre (MWt) dağılımı (Lund ve Boyd, 2015); (b) Türkiye'de jeotermal kaynakların doğrudan kullanım alanlarına göre dağılımı oranları (Akkuş, 2018).

3.2 Dünyada Jeotermal Enerjinin Elektrik Üretiminde Kullanımı

Jeotermal enerji, dünyada yaygın bir şekilde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Bu enerji kaynağı, Dünya'nın içindeki sıcak kayaçların neden olduğu termal enerjiyi kullanarak elektrik üretmek için kullanılır. Jeotermal enerjinin elektrik üretiminde kullanımı, hem sürdürülebilir bir enerji kaynağı sağlar hem de çevresel oluşabilecek olumsuz etkileri azaltır.

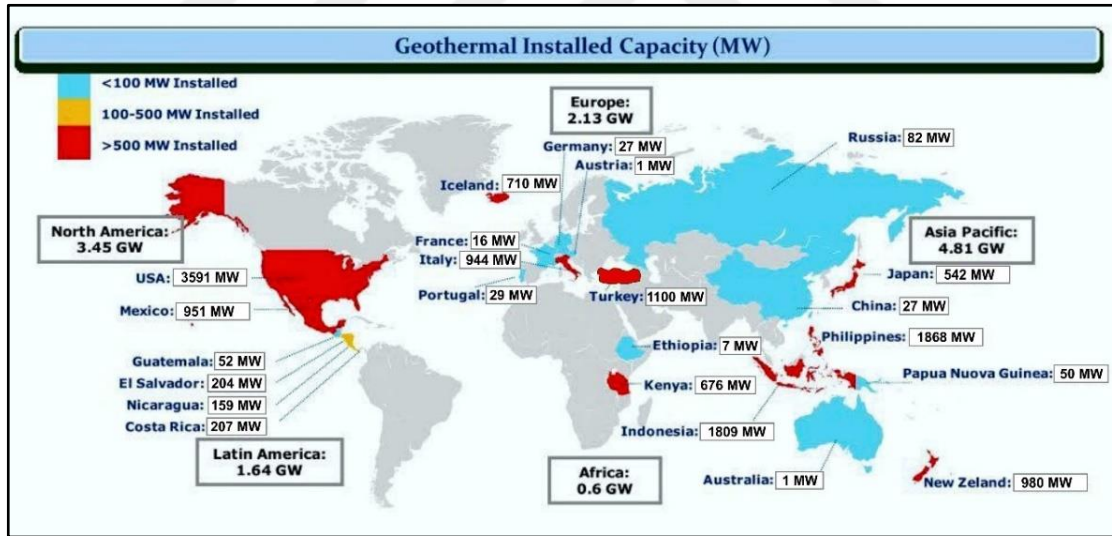
Jeotermal enerjinin elektrik üretiminde kullanımı, dünya genelinde yaygınlaşmaktadır. Özellikle, ülkelerin enerji ihtiyacını karşılamak için sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelmeleri ile birlikte jeotermal enerjinin kullanımı da artmaktadır. Örneğin, İzlanda, jeotermal enerjinin %25'inden fazlasını elektrik üretimi için

kullanırken, Filipinler, Meksika ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkeler de jeotermal enerjinin elektrik üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Jeotermal enerjinin elektrik üretiminde kullanımı, düşük karbon salımı nedeniyle de önemlidir. Karbon salımının azaltılması, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevresel sorunları azaltmaya yardımcı olur. Ayrıca, jeotermal enerji kaynakları, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha az yer kaplar ve daha az çevresel etkiye sahiptir.

Dünyada jeotermal enerjinin yaygın olarak kullanıldığı ülkelerin ortak özellikleri arasında yeraltı sıcak su kaynaklarına, yüksek volkanik aktiviteye, sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelme, yüksek elektrik ihtiyacı ve devlet desteği yer almaktadır. Ancak, her ülkenin jeotermal enerji kullanımı için farklı sebepleri olabilir ve jeotermal enerjinin kullanımının yaygın olduğu ülkelerin tamamı bu özelliklere sahip olmayabilir.

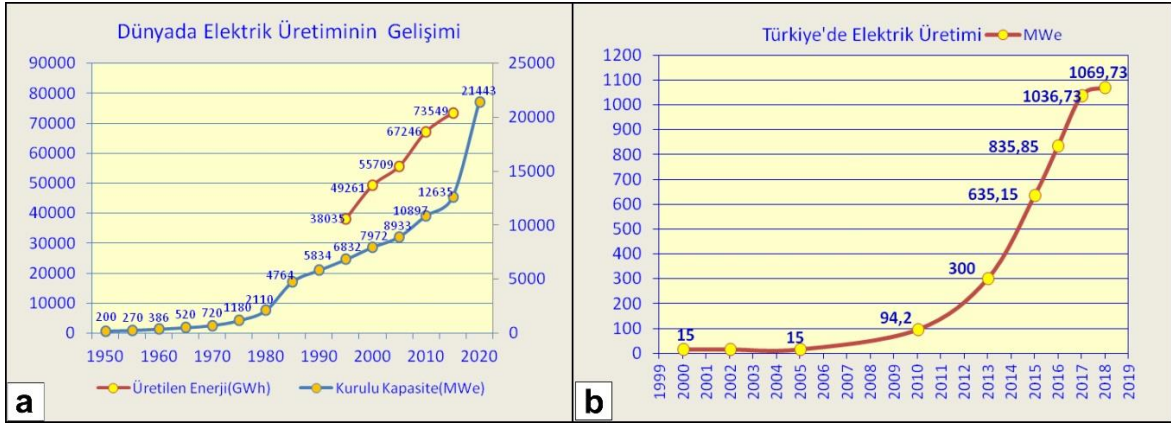
Dünyada jeotermal enerjiden elektrik üretimi değerlerine ilişkin veriler Şekil 3’de verilmiştir. Bu verilere göre, jeotermal kaynakların enerji sektöründeki miktarı artmış ve 2020 yılında ise 21.443 MW’e ulaşılacağı varsayımları yapılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Dünya jeotermal kurulu kapasitesinin ülkelere göre dağılımı (Bertani, 2015 güncellenmiştir).

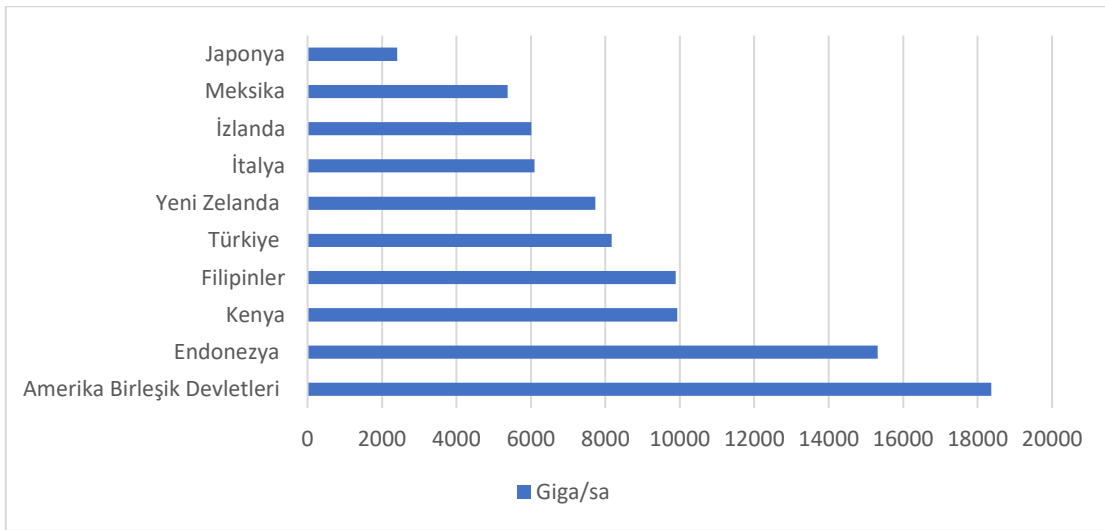
Jeotermal kaynak kullanımında 2010-2018 yılları arasında en büyük gelişme, jeotermal elektrik üretiminde görülmektedir. Türkiye, uzun bir süre 15 MW_e düzeyinde sabit kalan fiili üretim kapasitesini son yıllarda yapılan yatırımlarla geliştirerek, jeotermal enerjide dünyada en hızlı büyüyen ülke olmuştur (Şekil 4b). Ağustos 2018 itibariyle ulaştığı 1180 MWe kurulu güç ile dünya sıralamasında Meksika, İtalya ve Yeni Zelanda’yı geride bırakarak dünya dördüncülüğüne yükselmiştir. Son 5 yılda 5 kat

büyüyen jeotermal kaynaklı elektrik üretim sektörü, 10. Kalkınma Planı'nda 2018 yılı hedefi olarak öngörülen 750 MW'ı çoktan aşmıştır. Lisanslanmış ve kurulumu devam eden ve 3 yıl içerisinde tamamlanması hedeflenen santraller devreye alındığında ise 2020 yılında toplamda 1.750 MW elektrik üretilmesi beklenmektedir. Elektrik üretilen bazı alanlardaki akışkandan, entegre kullanımla konut ve sera ısıtmasında da yararlanılmaktadır (Akkuş, 2018).



Şekil 3.4. (a) 1950 – 2020 yılları arasında Dünyada elektrik üretiminin gelişimi (b) 1999- 2019 yılları arasında Türkiye'de elektrik üretiminin gelişimi (Bertani, 2015; Akkuş, 2018).

Jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi, konvansiyonel (>150°C) ya da Organik Rankine Çevrimi (ORC) (100-150 °C) kullanan santrallerde üretilir. Konvansiyonel elektrik santrallerinde kuyulardan üretilen akışkan, seperatörlerde buhar ve su olarak ayrıştırıldıktan sonra buhar, türbinlere gönderilerek jeneratör aracılığı ile elektrik üretilir. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde kapasite faktörü %95'lere ulaşmaktadır.



Şekil 3.5. 2021 yılında jeotermal enerji (Giga/saat) üretiminde ilk 10 ülke (Anonim, 2022).

3.4 Jeotermal Kaynakların Kullanım Alanları

Jeotermal kaynaklar, dünya genelinde sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak kabul edilmekte ve giderek daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu kaynaklar, sıcak su ve buhar yoluyla elektrik üretimi, binaların ısıtılması ve seracılık gibi birçok alanda kullanılabilir. Jeotermal kaynakların kullanımı, doğaya daha az zarar veren ve daha düşük karbon emisyonlarına sahip bir enerji kaynağı olmaları nedeniyle çevre dostu bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca birçok bölgede yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak görülmekte ve enerji güvenliğine katkı sağlamaktadır. Türkiye de jeotermal kaynak potansiyeli açısından oldukça zengin bir ülkedir ve bu kaynakların çeşitli alanlarda kullanımı ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Jeotermal kaynakların kullanım alanları, gelişen teknolojiye bağlı olarak günümüzde çok yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir. Jeotermal enerjiden günümüzde ya doğrudan kullanım ya da elektrik üretiminde yararlanılmaktadır.

Jeotermal sahalardan üretilen jeotermal akışkan, birçok alanda kullanılabilir. Özellikle düşük sıcaklıklı sahalardan elde edilen akışkanlar, ısıtma uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Sera, konut, tarımsal kullanımlar, balıkçılık ve yol-kaldırım ısıtması gibi alanlarda jeotermal akışkanlar tercih edilmektedir. Endüstriyel alanlarda ise yiyecek kurutulması, kerestecilik, kâğıt ve dokuma sanayi, dericilik ve soğutma tesislerinde kullanılabilir.

Ayrıca, kimyasal madde üretiminde de jeotermal akışkanlar kullanılmaktadır. Borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su ve akışkandaki karbondioksitten kuru buz ve sıvı karbondioksit elde edilmesinde jeotermal kaynaklar kullanılabilir.

Yüksek sıcaklıklı jeotermal kaynaklardan elde edilen akışkanlar ise elektrik üretimi için kullanılmakta ve entegre olarak diğer alanlarda da yararlanılmaktadır. Örneğin, elektrik üretimi sırasında açığa çıkan atık ısı, sera, konut ve endüstriyel ısıtma gibi alanlarda da kullanılabilir. Ayrıca jeotermal kaynaklardan elde edilen buhar, doğrudan endüstriyel proseslerde kullanılarak enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu nedenle jeotermal kaynakların çeşitli alanlarda kullanımı hem çevre dostu bir enerji kaynağı sağlamak hem de farklı sektörlerde ekonomik ve sosyal faydalar sağlamaktadır.

Dünya genelinde jeotermal enerji kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Örneğin, ABD'nin Kaliforniya eyaletinde, jeotermal enerjiden yıllık 3 GW elektrik üretilmektedir. İzlanda ise, tüm enerjisinin %65'ini jeotermal enerjiden karşılamaktadır ve bu ülke aynı zamanda, dünyanın en büyük jeotermal santrallerinden birine sahiptir.

Türkiye'de ise, jeotermal enerji kullanımını giderek artmaktadır. Ülkemizde jeotermal enerjiden en yaygın olarak seralarda ve banyo tesislerinde yararlanılmaktadır. Ayrıca Aydın, Denizli, Manisa, Kütahya, Afyonkarahisar, Bursa ve Uşak gibi illerde elektrik üretimi için de kullanılmaktadır. Türkiye'nin en büyük jeotermal santrallerinden biri olan Kızıldere Jeotermal Santrali, yıllık 150 MW elektrik üretebilmektedir. Türkiye'de jeotermal kaynakların kullanım alanlarının çeşitlendirilmesi ve enerji üretimi için daha fazla kullanımı için çalışmalar devam etmektedir.

Jeotermal kaynakların sıcaklıkla değerlerine göre sınıflandırılmaları Şekil 7 de gösterilmektedir. 100 °C'nin altındaki sıcaklıklar ısıtma ve kaplıca uygulamalarında, kurutmada, balık çiftliklerinde kullanılabilirken, 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar ise elektrik üretiminde (Binary ve konvansiyonel) ve sıcak su ve buhar ihtiyacı olan endüstriyel uygulamalarda kullanılabilir (Lindal, 1973).

Sıcaklık(°C)	Kullanım Alanı	
180	Yüksek konsantrasyonlu solüsyonun buharlaşması Amonyum absorpsiyonu ile soğutma Hidrojen süfit yolu ile ağır su eldesi	Konvansiyonel Elektrik Üretimi
170	Diyatomitlerin kurutulması Kağıt hamuru yumuşatma Kereste kurutulması	
160	Balık vb. yiyeceklerin kurutulması	Binary Cycle Elektrik Üretimi
150	Bayer's yoluyla alüminyum eldesi	
140	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması(konservecilikte)	Isı Pompaları ile Isıtma
130	Şeker endüstrisi Tuz eldesi	
120	Temiz su eldesi Tuzluluk oranının artırılması	
110	Çimento kurutulması	
100	Organik maddeleri kurutma(Yosun, et, sebze vb.) Yün yıkama ve kurutma	
90	Balık kurutma	
80	Ev ve sera ısıtma	
70	Soğutma(alt sıcaklık sınırı)	
60	Kümes ve ahır ısıtma-havalandırma Mantar yetiştirme	
50	Balneolojik banyolar	
40	Toprak ısıtma, kent ısıtması(alt sınır), sağlık tesisleri	
30	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlık tesisleri	
20	Balık çiftlikleri	

Şekil 3.6. Jeotermal akışkanın sıcaklık değerlerine göre kullanım alanları (Lindal, 1973).

3.4.1 Isıtma

Sıcaklığı 40 °C 'den yüksek jeotermal akışkanlar;

- Binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada,
- Seraların ısıtılması ile turfanda sebzeçilik, meyvecilik, çiçekçilik yapılmasında,
- Tropikal bitki ve balık yetiştirilmesinde,
- Tavuk ve hayvan çiftliklerinin ısıtılmasında,
- Toprak, cadde, havaalanı pistlerinin ısıtılmasında,

- Yüzme havuzu, termal tedavi ve diğer turistik tesislerde kaplıca amaçlı kullanımda,
- Yiyeceklerin kurutulmasında ve sterilize edilmesinde, konservecilikte kullanılmaktadır.

3.4.2 Endüstriyel Uygulamalar

- Kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayinde,
- Dokuma ve boyamacılıkta,
- Deri kurutma ve işlemede,
- Bira ve benzeri endüstrilerde mayalama ve damıtmada,
- Soğutma tesislerinde ve beton blok kurutulmasında kullanılmaktadır.

3.4.3. Kimyasal Madde Üretimi

- Borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, amonyum sülfat, potasyum klorür, lityum, hidrojen, karbondioksit vb. kimyasal maddelerin elde edilmesinde,
- Jeotermal akışkandaki CO₂'den kuru buz elde edilmesinde kullanılmaktadır.

3.3 Türkiye'deki Jeotermal Kaynaklar

Türkiye, jeotermal enerji kaynakları bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Türkiye'deki jeotermal kaynakların sadece mevcut kaynak (açılmış kuyu, doğal kaynak, kaplıca vb.) sayıları incelendiğinde 1. 000'den fazla jeotermal kaynak ve mineralli su olduğu bilinmektedir. Jeotermal enerjinin Türkiye'deki teorik potansiyelinin ise 60.000 MWt civarında olduğu belirtilmektedir (WB,2021).

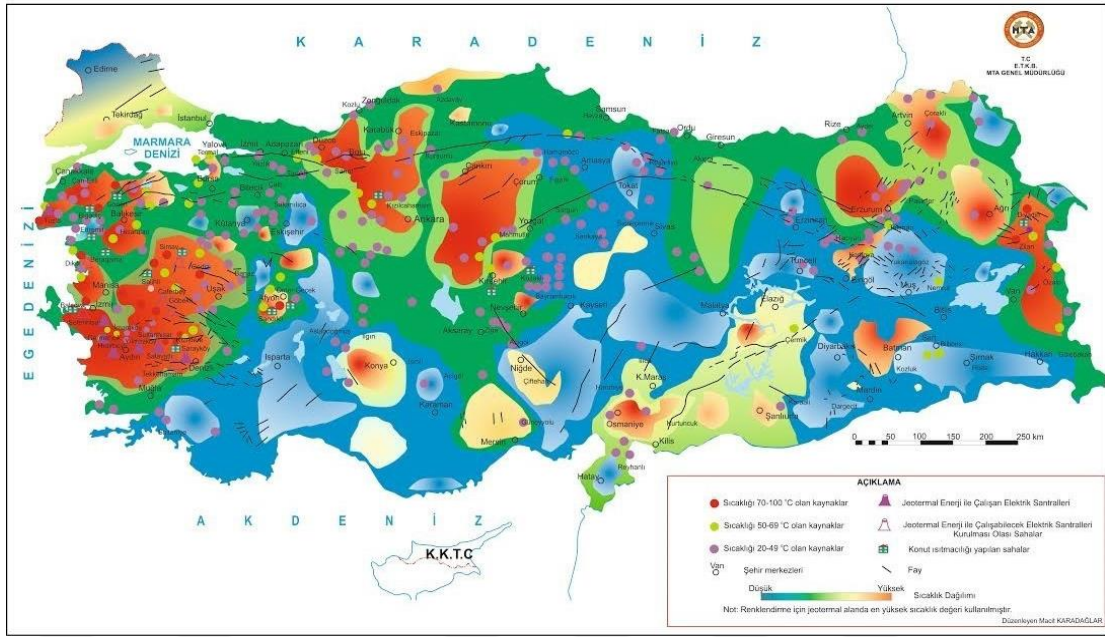
Ülkemizin jeotermal enerji potansiyeli, yaklaşık 31 GW'tır ve bu potansiyel, elektrik üretimi, ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılacak yeterli bir kapasiteye sahiptir (Şengör, Ketin 2005). Türkiye, jeotermal enerji kullanımında dünya liderlerinden biri konumundadır ve son yıllarda jeotermal enerjiye olan talep giderek artmaktadır. Jeotermal enerji, Türkiye'nin sürdürülebilir enerji hedeflerine ulaşmak için önemli bir role sahiptir ve Türkiye'nin enerji ihtiyacının bir kısmını karşılamak için de önemli bir kaynaktır. Ancak, jeotermal enerjinin kullanımı Türkiye'de halen yeterli düzeyde değildir ve jeotermal enerjinin kullanımının artırılması için daha fazla yatırım ve teknolojik gelişmeye ihtiyaç vardır.

Türkiye'de jeotermal kaynak kullanımının artırılması için farklı adımlar atılabilir. Bunlar arasında araştırma ve keşif çalışmalarının artırılması, yatırımların desteklenmesi, uygun yasal düzenlemelerin geliştirilmesi, teknolojik gelişmelerin takip edilmesi ve halkın jeotermal enerji hakkında bilgilendirilmesi yer almaktadır. Jeotermal enerji, Türkiye'nin sürdürülebilir bir enerji kaynağına olan ihtiyacını karşılamada önemli bir rol oynayabilir.

Jeotermal kaynakların Türkiye'nin her yanına dağılmış olmasının sebebi, jeolojik yapıdaki çeşitlilik, beslenme ve boşalım koşulları, jeolojik unsurlar ve jeodinamik süreçlerle ilgilidir. Bu kaynaklar, genç tektonizma ve volkanizma ile de yakından ilişkilidir. Türkiye'de jeotermal alanların keşfi için yapılan jeolojik araştırmalar, bu kaynakların belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Jeotermal kaynaklar, yer altındaki kayalar ve suların sıcaklığına bağlı olarak oluşur. Bu kaynaklar, doğal bir enerji kaynağı olarak kullanılabilirler ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak kabul edilirler. Türkiye'nin jeotermal potansiyeli oldukça yüksek olmasına rağmen, henüz tam olarak keşfedilmiş ve kullanılmaya başlanmış değildir. Ancak, jeotermal kaynakların keşfi ve kullanımı için yapılan çalışmalar, Türkiye'nin bu alanda daha da ilerlemesini sağlayacaktır. Şekil 5'te ülkemizin genç tektonik birimleri ile jeotermal kaynakların dağılımı Şekil 6 da ise Jeotermal kaynaklar ve uygulama alanları gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Türkiye'nin genç tektonik unsurları ve jeotermal kaynakların dağılımı (Akkuş ve vd., 2005).



Şekil 3.8. Türkiye'nin jeotermal kaynakları ve yararlanma biçimleri (MTA)

Türkiye sismik olarak oldukça aktif bir coğrafyada yer almaktadır. Bu tektonik aktivite ve volkanizma; yeryüzünde deformasyona neden olup yeni kaynakların oluşmasını sebep olabilir. Aynı zamanda bu aktiviteler mevcut kaynakların aktivitesini kontrol eder. Depremlerde olduğu bu bölgelerdeki jeotermal sistemler arasında farklılık görülmektedir. Ülkemizde mevcut kaynakların çoğu Batı Anadolu bölgesinde yer almaktadır. Ancak aktif fayların ve volkanizmanın etkinliğine ve dağılımına bakılacak olursa Türkiye'nin neredeyse her bölgesinde jeotermal ile ilişkili bir kaynak bulunabilir. Ülkemiz jeotermal kaynakları ve fümerol çıkışlarıyla birlikte Dünya'da kaynak zenginliği bakımından 7.sıradadır. Sıcaklık alt sınırı 20°C kabul edildiğinde ise Avrupa'da kaynak grubu bakımından 1. Sıradadır.

Jeotermal Saha	Saha sayısı (Sıcaklığı $\geq 30^{\circ}\text{C}$)				347		
Doğal çıkış	Kaynak sayısı				600		
Alan dağılımı	Yüksek / Düşük ve orta entalpili alanlar		44/303	% 12 / % 88			
	Elektrik üretimi		44	% 12			
	Isıtma / Termal kullanım		153/135	% 43 / % 45			
Potansiyel	Tahmini teorik potansiyel (MWt)				52700-62000		
	Kullanılabilir potansiyel(MWt)				17000		
Kuyu	Tahmini kuyu sayısı				2200		
Değerlendirme	Doğrudan kullanım		Saha Sayısı	Uygulama	Kurulu Güç	Miktar	
	Merkezi ısıtma		153	18	1033	116.020 K. E.	
	Termal kullanım		135		1005	400 Ad.	
	Sera ısıtması		153		820	4283 Dönüm	
	Termal tesis, otel ısıtması		153		420	46.400 K. E	
	Isı pompası		?		42,8		
	Tarımsal kurutma		153	2	1,5		
	TOPLAM				3322,3	369.100 K.E	
	Elektrik Üretimi		Saha Sayısı	Uygulama	Santral	Kurulu Güç	Üretim
	CO ₂ Üretimi		Kapasite(ton/yıl)				240.000

Şekil 3.9. Jeotermal sektörde kaynakların durumu ve güncel görünümü (Akkuş, 2018).

Türkiye, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün (MTA) 2018 verilerine göre sıcaklığı 30°C ve üzerinde olan 347 adet jeotermal sahaya sahiptir. Bu rakam, delinmiş kuyuları bulunan tanımlanmış sahaları ve doğal kaynakları içermektedir. Sahaların %88'i düşük ve orta sıcaklıklarda yer alırken, %12'si sıcaklığı 295°C 'ye kadar ulaşabilen yüksek sıcaklıklı sahalardır. Enerji üretimi için kullanılacak alan sayısı 43, bu oran ise %12'dir. Alan ve bölge ısıtmasında kullanılacak sahaların sayısı ise, enerji üretilen sahalarla birlikte 153'tür ve tüm sahaların %43'ünü oluşturur. Geri kalan %45'lik dilimdeki düşük ve orta sıcaklıkta akışkan içeren sahalara, sera, sağlık, termal turizm ve diğer uygulamalardaki potansiyel kullanım alanlarıdır.

3.5 Türkiye'de Jeotermal Kaynakların Kullanım Alanları:

Türkiye'de jeotermal kaynaklar, birçok alanda kullanılmaktadır. Kullanım alanlarına göre bazı istatistikler:

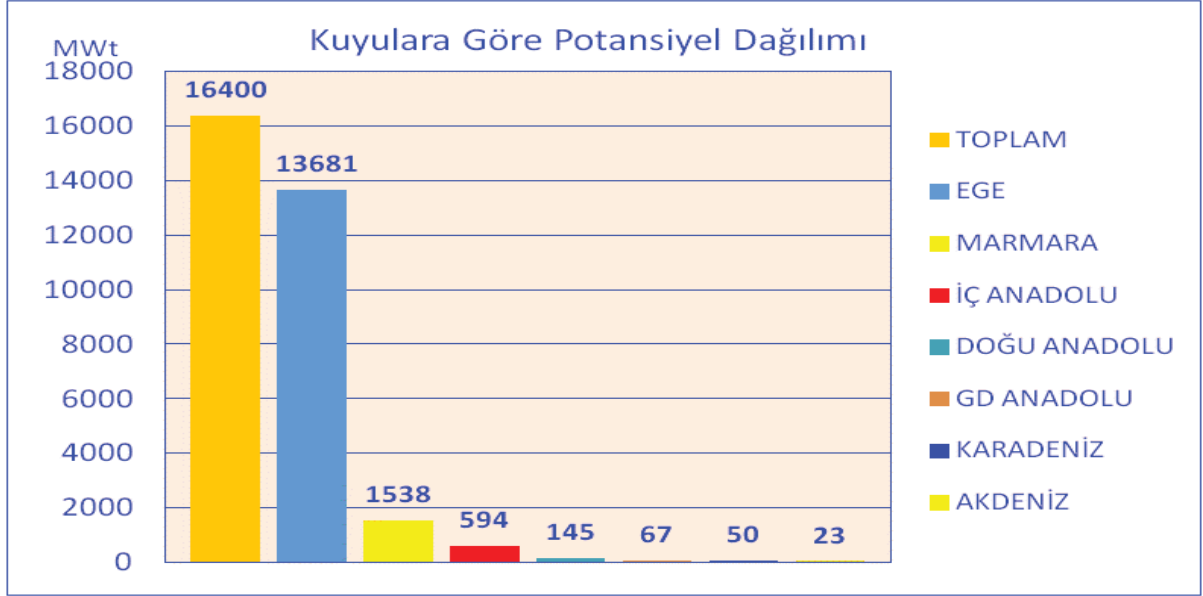
- **Enerji Üretimi:** Türkiye'de 2018 yılında, jeotermal kaynaklarla toplamda 1.774 GWh enerji üretimi gerçekleştirildi. Bu üretimin %99'u elektrik üretimi için kullanılmıştır.
- **Isıtma:** Türkiye'deki jeotermal kaynaklar ayrıca bölge ısıtması ve endüstriyel uygulamalar için kullanılmaktadır. 2018 yılında, jeotermal kaynaklarla 476 MW'tan fazla ısı güç üretimi gerçekleştirildi.

- Turizm: Türkiye'deki jeotermal kaynaklar, termal turizm için önemli bir potansiyele sahiptir. 2018 yılında, Türkiye'deki termal tesislerdeki toplam yatak kapasitesi 26.000'i aşmıştır.
- Tarım ve Seracılık: Türkiye'deki jeotermal kaynaklar, sera ısıtması için kullanılmaktadır. Bu sayede sera üretimi artmakta ve yılın her döneminde ürün yetiştirilebilmektedir. Ayrıca, tarım alanlarının ısıtılması için de jeotermal kaynaklar kullanılmaktadır.
- Sağlık: Türkiye'deki jeotermal kaynaklar, çeşitli hastalıkların tedavisinde de kullanılmaktadır. Jeotermal suyun sıcaklığı ve mineral içeriği, çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde faydalı olabilmektedir.
- Türkiye'de jeotermal kaynakların turizm ve sağlık alanlarında kullanımı oldukça yaygındır. Bu alanlarda jeotermal kaynakların kullanımı hem yerli hem de yabancı turistler tarafından tercih edilen popüler bir aktivitedir. Ayrıca jeotermal kaynakların sağlık alanında da birçok faydası bulunmaktadır.
- 2018 yılı verilerine göre, Türkiye'de 18 adet termal turizm merkezi bulunmaktadır. Bu merkezlerde toplam 67 adet kaplıca, 31 adet termal otel, 9 adet termal tatil köyü ve 8 adet termal villa yer almaktadır. Bu merkezlerin toplam kapasitesi yaklaşık 18 bin yatak kapasitesidir. En fazla termal turizm merkezi Afyonkarahisar'da bulunmaktadır ve bu merkezde 22 adet kaplıca ve 8 adet termal otel yer almaktadır.
- Sağlık alanında, jeotermal kaynakların tedavi edici özellikleri nedeniyle birçok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır. Özellikle romatizmal hastalıklar, ortopedik rahatsızlıklar, dermatolojik rahatsızlıklar, solunum yolu hastalıkları, kadın hastalıkları, sindirim sistemi hastalıkları ve sinir sistemi hastalıklarının tedavisinde jeotermal kaynakların kullanımı yaygındır.

3.6 Doğu Anadolu Bölgesi'nde Yer Alan Jeotermal Kaynaklar

Doğu Anadolu Bölgesi bilinenin aksine jeotermal kaynaklar ve mineralli sular bakımından çok sayıda kaynağa sahiptir. Sıcaklık olarak Ağrı-Diyadin (66-78°C), Bingöl-Hacıyan (40-68°C), Bitlis-Nemrut (46-59,5°C), Erzurum-Tekman (57°C), Hakkâri-Sarıtaş (53°C), Van çevresindeki kaynaklar (64-104°C) en önemlileri olmak üzere MTA 2005 Jeotermal kaynaklar envanterine göre Doğu Anadolu Bölgesi'nde 87 jeotermal kaynak ve 18 adet açılmış kuyu bulunmaktadır (Tablo 1). Bu sayıya bilinmeyen kaynaklar/kuyular ve son yıllarda açılmış kuyular dahil olmadığı düşünüldüğünde

jeotermal açıdan yararlanılabilecek kaynakların potansiyeli Doğu Anadolu Bölgesi'nde önem arz etmektedir (Şekil 10).



Şekil 3.10. Potansiyelin (MWt) kuyulara göre bölgesel dağılımı.

Ağrı-Diyadin'de Kaplıca amaçlı kullanım, otel, konut, sera ısıtmacılığı yapılmaktadır. Sıvılaştırılmış CO₂ üretim tesisi mevcuttur. Elazığ-Golan-Karakoçan'da kaplıca amaçlı modern tesisler yapım aşamasındadır. Erzurum'da Belediye'ye (Ilıca ilçesi) ait hamam ve kaplıca tesislerinde kullanılmaktadır. Bunun dışındaki kaynaklar oldukça ilkel şartlarda yıkanma, çamaşır ve bulaşık yıkama, çamur banyosu ve küçük kaplıca havuzları, sıcak su temini ve bazı yörelerde şifalı olduğu için farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Ancak mevcut kaynaklarda modern bir kullanım bahsedilen yerler dışında neredeyse hiç yoktur. Çoğu kaynak dere kenarında ve dereye boşalmaktadır. Muş ili ve yakın çevresindeki kaynaklar üzerinde de profesyonel uygulamalar bulunmamaktadır. Genellikle yöre insanı tarafından yıkanma, yıkama, sulama, hamam ve sıcak su temini şeklindeki kullanımlar gözlemlenmektedir.

Çizelge 3.1. Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan jeotermal kaynaklar ve mineralli sular (Akkuş ve vd., 2005) (*MTA, 2005 envanterinde kimyasal verileri mevcuttur. *A:Artezyen, T: Toplam Debi).

ŞEHİR	LOKASYON-AD	SICAKLIK (°C)	DEBİ (l/s)	DERİNLİK (m)	ÜRETİM ŞEKLİ	pH	TARİH
AĞRI	DİYADİN (Köprü Çermiği)*	39-59 (53)	10	-	-	7.10	1998
AĞRI	DİYADİN (Yılanlı Çermiği)*	40	0.5	-	-	7.70	1998
AĞRI	DİYADİN (Tazekent Çermiği)*	42 (37)	0.5	-	-	6.40	1998
AĞRI	DİYADİN (Davut Çermiği)*	23-70	-	-	-	7.10	1998
AĞRI	DİYADİN (Gelereş Kaynakları)	33-63	1-2	-	-		
AĞRI	DİYADİN (Kireçtepe)*	66.5	0.5	-	-	7.3	1998
AĞRI	DİYADİN (Hıdır Çayırı)	35-45	0.1	-	-		
AĞRI	DİYADİN (Dibekli)*	40-45 (42)	0.5	-	-	7.1	1998
AĞRI	DİYADİN (Molla Kasım)	44-68	-	-	-	-	-
AĞRI	DİYADİN (KUYU AD-2)*	70	5.5	77	A	6.77	1999
AĞRI	DİYADİN (KUYU MT-1)	62	135	130.55	A	-	-
AĞRI	DİYADİN (KUYU MT-2)*	78	150	215.10	A	6.55	1999
AĞRI	DİYADİN (KUYU MT-3)*	76	150	200	A	7.05	1999
AĞRI	DİYADİN (KUYU MT-4)*	72	120	180	A	6.55	1999
AĞRI	TUTAK (Çermik)*	25	1.5	-	-	7.4	2000
AĞRI	DİYADİN (Köprü Çermiği-ÜST)*	46	-	-	-	6.97	1988
AĞRI	DİYADİN (Köprü Çermiği-ORTA)*	54	-	-	-	6.7	1988
AĞRI	DİYADİN (Köprü Çermiği-ALT)*	54	-	-	-	6.9	1988
BİNGÖL	KÖS (Kaynak)	31-45,5	60	-	-	-	-
BİNGÖL	KÖS (Kuyu K-1)*	41	4	300.2	A	6.57	1989-1990
BİNGÖL	KAYNARPINAR*	40	0,01	-	-	7.6	2000
BİNGÖL	KORTAMIN*	28	0,05	-	-	7.6	2000
BİNGÖL	HACILAR-HACIYAN (Gümeağan)*	40-68	2	-	-	7.8	2000
BİNGÖL	YAYLADERE-HASKÖY*	33,6	1	-	-	7.7	2000
BİNGÖL	ILIPINAR*	29	0,7	-	-	6.8	2000
BİNGÖL	HOZAVİT	47	0,07	-	-	-	-
BİNGÖL	HARUR (Sabırtaş)*	49	0,3	-	-	8.3	2000
BİTLİS	NEMRUT KB*	46	-	-	-	6.2	-
BİTLİS	NEMRUT KD*	59,5	-	-	-	6.2	-
BİTLİS	GÜROYMAK DOĞU*	39	12	-	-	8.9	-
BİTLİS	GÜROYMAK ORTA*	38	-	-	-	8.6	-
BİTLİS	GÜROYMAK BATI*	37.5	10	-	-	8.9	-

BİTLİS	GERMAP	40	0,1	-	-	-	-
ELAZIĞ	GOLAN (Ana kaynak)*	45-46,4	25 (T)	-	-	7.1	-
ELAZIĞ	GOLAN (4 no'lu kaynak)*	30,3	-	-	-	6.5	-
ELAZIĞ	GOLAN (Gaz çıkışlı 3 no'lu kaynak)	45,2	-	-	-	-	-
ELAZIĞ	GOLAN (1 no'lu sızıntı kaynak)	30,1	-	-	-	-	-
ELAZIĞ	GOLAN (EK-1)	41	25	400,6	A	-	2002
ERZİNCAN	İLİCA*	28,6-31	1	-	-	6,8	1997
ERZİNCAN	KÖŞÜNKER	29	0,1	-	-	-	-
ERZİNCAN	E-1 (KÖŞÜNKER)*	31,5	6	601	A	7,3	1998
ERZURUM	PS-1 A KUYUSU*	42	75	200,5	A	7,56	1991
ERZURUM	PS-2 KUYUSU*	38-42	95	200	A	7,57	1991
ERZURUM	İLİCA E-1 KUYUSU*	39	6	605	A	6,95	1985
ERZURUM	İLİCA KAPLICA KAYNAĞI*	38-39	4	-	-	6,6	-
ERZURUM	PS-3 KUYUSU*	39-40	110	205	A	8	1994
ERZURUM	PASİNLER BÜYÜK KAPLICA*	39-40	23	-	-	7,10	1982
ERZURUM	PS-4 KUYUSU*	42-43	35	500	A	6,7	2000
ERZURUM	PS-5 KUYUSU*	39	65	150	A	6,15	2000
ERZURUM	İLİCA E-2 KUYUSU*	38,5-39	45	166	A	7,1	1999
ERZURUM	İLİCA GELİN GELDİ KAYNAĞI*	36	-	-	-	7,7	1999
ERZURUM	İLİCA HARMANLAR KAYNAĞI*	38	-	-	-	6,8	1999
ERZURUM	HORASAN GÖKÇE KAYNAĞI*	45	3-5	-	-	8,4	1999
ERZURUM	DUMLU AKDAĞ KAPLİCASI*	29	5	-	-	7,5	1999
ERZURUM	PASİNLER ASBOĞA*	32	1	-	-	7,4	1999
ERZURUM	ERZURUM ARZUTİ (YEŞİLYAYLA)*	33	SIZINTI	-	-	7,1	1999
ERZURUM	LUR ÇERMİK*	37	2	-	-	9,8	1999
ERZURUM	KÖPRÜKÖY DELİÇERMİK*	26	3 (T)	-	-	6,3	1999
ERZURUM	AT-HÖLENK	32	4	-	-	-	-
ERZURUM	TEKMAN-HAMZAN	57	-	-	-	-	-
ERZURUM	TEKMAN	45,5	3 (T)	-	-	-	-
ERZURUM	BÖKOĞLAN	33	0,5	-	-	-	-
ERZURUM	DUMLU-KÜÇÜK	28	2-3	-	-	-	-
ERZURUM	İLİCA-İSTASYON	33	1	-	-	-	-
ERZURUM	İLİCA-KAZUTLAR-KOKMUŞLAR	27	1	-	-	-	-
ERZURUM	KÖPRÜKÖY KIZILÇERMİK (4NOKTA)	25-30	4 (T)	-	-	-	-
ERZURUM	PASİNLER DELİÇERMİK	26	2	-	-	-	-
ERZURUM	KÖPRÜALTI	40	2	-	-	-	-
ERZURUM	DERE	26	2	-	-	-	-

ERZURUM	BELEDİYE OTELİ	42	3	-	-	-	-
ERZURUM	UZUNAHMET	35	3	-	-	-	-
HAKKARİ	SARITAŞ	53.7	0.02	-	-	-	-
HAKKARİ	GÖLEBAKAN	39.2	0.05	-	-	-	-
KARS	KÖTEK	26	5 (T)	-	-	-	-
MALATYA	HEKİMİHAN HAMAMPINARI*	29	1	-	-	7.2	1999
MUŞ	YUKARI ALAGÖZ*	26.5	60-70	-	-	7.1	-
MUŞ	AŞAĞI ALAGÖZ	29.5	1-1,5	-	-	-	-
MUŞ	KAYNARCA KÖYÜ	32	0,2	-	-	-	-
MUŞ	GÜZELKENT*	30	1,2	-	-	7.9	-
MUŞ	GÜMGÜM MADEN SUYU	25	0,02	-	-	-	-
MUŞ	DERİK ABDURRAHMANPAŞA*	25	0,02	-	-	7.5	-
MUŞ	KAYNARCA*	32	0,2	-	-	7	-
TUNCELİ	AĞIN*	38	2,5	-	-	7	2000
VAN	ZİLAN KUZEY*	64	-	-	-	6.3	1981
VAN	ZEHİRLİ KAYNAK*	63	-	-	-	5.8	1981
VAN	GANİSİPİ KAYNAĞI*	78	-	-	-	5.1	1981
VAN	ERKEKLER HAMAMI*	65	-	-	-	6.5	1981
VAN	KADINLAR HAMAMI*	65	-	-	-	6.5	1981
VAN	G-1 KUYUSU*	80	40	394.2	A	7.92	1988
VAN	VAN ERCİŞ ZG-2 SONDAJ*	92	4	490	A	7.5	2000
VAN	ERCİŞ ZG-3 SONDAJ*	98	22	264.7	A	7.7	2000
VAN	ERCİŞ HASANABDAL KAPLICASI*	64 (34-65)	9	-	-	7	2000
VAN	ÇALDIRAN AYRANCI KAYNAĞI*	43	-	-	-	6.72	2001
VAN	ÇALDIRAN BUĞULU KAYNAĞI*	36-37	5 (T)	-	-	7.55	2000
VAN	ÖZALP ÇAYBAĞI*	61	0,1	-	-	7.6	2000
VAN	GÜRPINAR YURTBAŞI SEYHAN KAPLICA*	25	1,5	-	-	6.7	2000
VAN	BAŞKALE ÇAMLIK KAPLICA*	33 (31-37)	1,5 (T)	-	-	8.4	2000
VAN	ÖZALP-SARAY SONDAJ	87	30	452.35	A	-	2003
VAN	ÇALDIRAN-AYRANCI DOĞAL KAPTAJ	60.8	1 (T)	-	-	-	-
VAN	ÇALDIRAN-AYRANCI-DOĞAL KAPTAJ KD KAYNAK GRUBU	20-25	1,5 (T)	-	-	-	-
VAN	ÇALDIRAN-AYRANCI OVA KAYNAK GRUBU	26-50	8 (T)	-	-	-	-

VAN	ÇALDIRAN-AYRANCI OVA KD KAYNAK GRUBU	14-31	1	-	-	-	-
VAN	ŞORKÖY (TAŞKAPI)	42-80	18	-	-	-	-
VAN	ZİLAN ZD-1	104.92	-	1172.7	-	-	1989
ARDAHAN	DELİKLİTAŞ ÇERMİĞİ*	30	3	-	-	7.8	1996
ARDAHAN	KAYABEYİ ÇERMİĞİ*	25-27	1,5-2	-	-	6.8	1996

4. MUŞ İLİNDEKİ JEOTERMAL SİSTEMLER VE ÖZELLİKLERİ

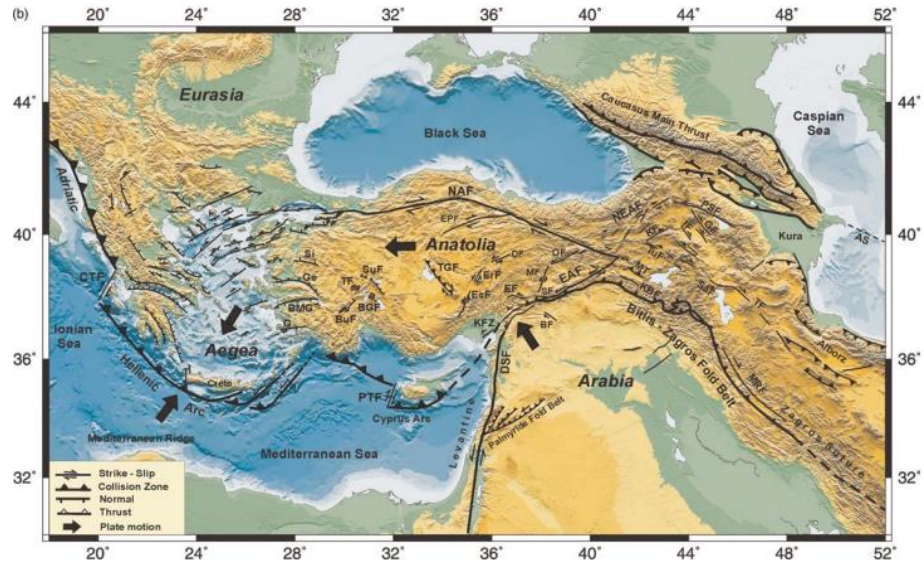
Muş Havzası Doğu Anadolu bölgesinde Yukarı Murat Van bölümünde, Muş ili sınırları içerisinde yer alır (Harita 9). Muş Havzası: Nemrut Volkanın yaklaşık 2 milyon yıl önceki etkinliklerine bağlı olarak Van Gölü Havzasından ayrılmıştır. Muş Havzası, doğuda Nemrut volkanizması ve Van Gölü, güneyde Bitlis metamorfikleri ve kuzeyde Oligosen-Miyosen yaşlı birimlerle sınırlanmış bir dağ arası havzasıdır (Bozcu, 2002), (Özsayar vd, 2016). Havzanın temel oluşumu Miyosen Dönemi ile başlamış ve daha sonrasında tortul birikimlerle devam etmiştir. Havzada, Neojen- Kuvaterner dönemlerindeki tektonik faaliyetler sonucu bir çöküntü havzası oluşumu meydana gelmiştir. Bölgede yer alan Kars-Kağızman fay hattı etrafında devam eden tektonik hareketlilik, zaman zaman depremlere neden olabilmektedir (Kuşçu et al., 2021).

Muş Havzasını oluşturan en önemli morfolojik ünitelerden biri Muş ovasıdır. Muş Ovası güneyden Karaçavuş (Bitlis Güneyi Dağları), kuzeyden Şerafettin ve Otluk Dağları (Elçiler-Darhovi) tarafından sınırlandırılır.

Muş havzasının suları Karasu ve Murat Nehirleri tarafından drene edilir. Havzanın doğusunda İron sazlığı (Sulak Alan) ve onun hemen doğusunda volkanik bir kütle olan Mazik Dağı yer alır.

4.1 Genel Jeolojik Özellikler

Muş ilinin yer aldığı Doğu Anadolu Bölgesi, Avrasya ve Arap levhalarının çarpışması sonucu oluşan bir sıkışmalı tektonik bölgedir. Anadolu levhası, Avrasya levhasının güney yönlü (~5 mm/yıl), Arap levhasının kuzey yönlü (~15 mm/yıl) ve Afrika levhasının kuzey yönlü (~5 mm/yıl) hareketleri nedeniyle batıya doğru hareket etmekte (~24 mm/yıl) ve aynı zamanda saat yönünün tersine rotasyonel hareket göstermektedir (Şengör & Yılmaz, 1981; Bozkurt, 2001; Reilinger vd., 2006; Emre vd., 2018; Alkan vd., 2021) (Şekil 4.1). Dolayısıyla yaklaşık olarak 12 milyon yıl önce başlayan ve halen devam eden bu çarpışma neticesinde, bu levhaların çarpışma kuşakları boyunca bölgede farklı oryantasyondaki aktif faylar, sıkışma ve açılma tektoniği, yoğun volkanizma, kabuksal kısılma/kalınlaşma gelişmiştir (Koçyiğit vd., 2001; Şengör vd., 2008; Alkan, 2022). Bu deformasyon karakteri doğrultu atımlı olan fay mekanizmalarının gelişmesine sebep olmuştur (Işık vd., 2020; 2021a, b).



Şekil 4.1. Anadolu'nun tektonik hatları (Taymaz vd.2007)

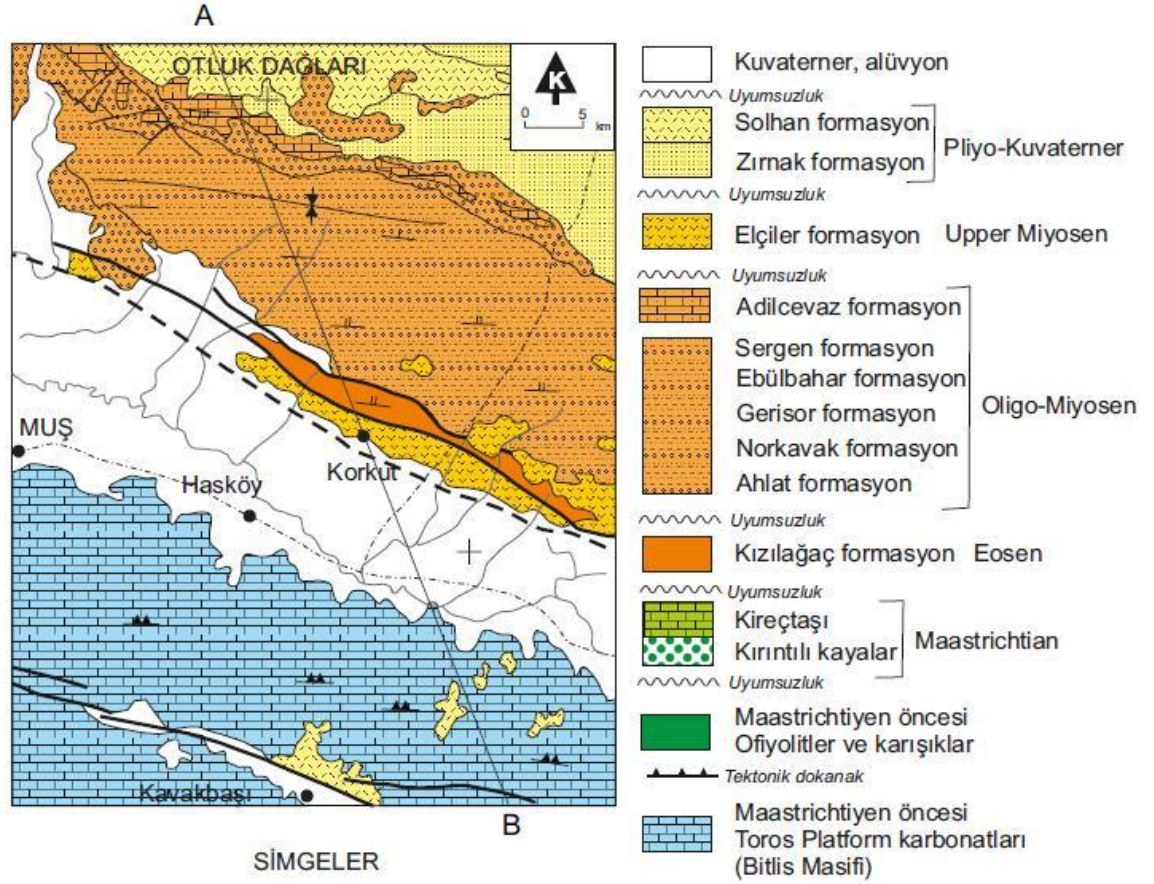
Muş ili, bu tektonik hareketlerin etkisiyle oluşan dağlar, vadiler ve platolarla çevrilidir. İlin Bulunduğu saha Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı (DAF)'nın birleştiği Karlıova havzasının doğusu ile kuzeyde Pontidler, güneyde kenar kıvrımları (Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı), doğuda ise Türkiye ülke sınırlarıyla sınırlanmış bölge içerisinde yer almaktadır.

Anadolu'da; dolayısıyla Doğu Anadolu'da bugünkü tektonik yapıların da genel hatlarını belirleyen değişimler neotektonik dönemde biçimlenmeye başlamıştır. Neotektonik dönem Orta Miyosen 'de başlamıştır. Neotektonik dönem Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı'nda Neotetis'in kapanmasına bağlı olarak gelişen kıta-kıta çarpışmasının bir sonucudur (Şengör ve vd. 1979). Bu çarpışmaya bağlı sıkışmalı tektonik sebebiyle Doğu Anadolu'da kıvrımlar, bindirmeler, doğrultu atımlı faylanmalar ve açılma çatlakları oluşmuştur.

K-G yöndeki sıkışmaya bağlı bölgesel daralma Orta Miyosen'deki peneplene yakın olduğu düşünülen paleocoğrafyayı kıtasal kabuktaki kalınlaşma sebebiyle değiştirmiş ve bölgenin yükselmesine sebep olmuştur (Şaroğlu ve Yılmaz, 1984). Kıtasal kabuktaki deformasyon, açılma çatlakları ve faylanmalar sebebiyle bölgenin evrimi, neotektonik dönem süresinde volkanizmadan da oldukça fazla etkilenmiştir. Bu volkanik etkinliğe bağlı olarak çok çeşitli volkanik unsurlar (Kirkor Domu, Mazik Dağı) meydana gelmiştir.

Doğu Anadolu Bölgesi'nde neotektonik dönem Adilcevaz kireçtaşlarının yüzeylenmesi ve bölgede yükselme süreci ile volkanizmanın başlangıcı ile karakterize edilir (Şengör ve diğerleri, 2003). Sığlaşma ve yükselme sürecinin 11 My. önce,

volkanizmanın ise 6-7 My. önce başladığı bilinmektedir (Pearce ve vd., 1990; Keskin ve vd., 1998; Şengör ve diğerleri, 2003). Neotektonik dönem boyunca Doğu Anadolu'yu etkileyen ve bölgedeki jeolojiyi genelleştirmemize olanak sağlayan dört yapısal dönem tanımlanmıştır (Şaroğlu ve Güner, 1981; Şaroğlu ve Yılmaz, 1984).



Şekil 4.2. Muş havzasının genelleştirilmiş jeoloji haritası (Yılmaz & Yılmaz, 2019)

Muş havzasında en yaşlı kaya topluluğu genellikle gnays, mikaşist, granit, meta-volkanitler ve mermerlerden oluşan Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı metamorfik kayalardır (Perinçek, 1980; Perinçek ve Özkaya, 1981; Göncüoğlu ve Turhan, 1983; Çağlayan ve vd., 1983; Şaroğlu ve Yılmaz, 1984). Üst Kretase zamanında metamorfik kayalar üzerine bindirme ile yerleşen Neotetis'in kuzey koluna ait ofiyolitik melanj kayaları vardır (Şekil 1-B). Bu birimler yer yer bazik ve ultrabazik kayaları da kapsayan kumtaşı, kireçtaşı, tuf ve kireçtaşı bloklarından oluşmuştur (Ketin, 1977; Şengör, 1980; Şengör ve vd., 1980; Yılmaz ve vd., 1981; Şengör ve Yılmaz, 1981). Üçüncü dönem henüz volkanizma etkisinin gözlemlenmediği, alttaki kaya topluluklarını örten ve Eosen-Alt Miyosen yaşlı olduğu düşünülen çökel ortamı ürünleridir (Şekil 1-C). Şaroğlu ve Güner (1981)'de tanımlandığı üzere denizel ve belirli bir çökelme ortamını belirleyen bu birimler alttan üste doğru filiş, molas, ve resifal kireç taşlarından oluşur. Alttaki birimler

üzerine uyumsuz şekilde yerleşmişlerdir ve dördüncü dönem kaya toplulukları tarafından örtülmüşlerdir. Dördüncü dönem kayaları (Şekil 1-D) Üst Miyosen zamanından başlayıp günümüz topografyasını da şekillendiren baskın olarak karasal ortam ürünleri olan, tektonizma ve volkanizma ile yoğun olarak etkileşmiş birimleri içermektedir (Yılmaz ve vd., 1981; Şaroğlu ve Güner, 1981).

Muş ilinin de içerisinde yer aldığı bölümün jeolojik özelliklerinin belirmesinde, Kretase dönemi sonrasında oluşmuş üç ana tektonik blok belirleyici olmuştur. Bunlar, Erzurum-Kars volkanik dağları, Erzincan Çöküntü Havzası ve Malazgirt Fayı'nın oluşturduğu bloktur. Yukarı Murat Bölgesi, bu blokların birleşme noktasında yer almaktadır. Jeolojik olarak, bölge Neojen Dönemi'nde volkanik kayalar, kumtaşı, çamurtaşı ve konglomeralarla karakterize edilmektedir. Ayrıca, bölgede yeraltı sularının sıcaklıklarının yüksekliği ve jeotermal kaynakların varlığı da dikkat çekmektedir. Bu özellikler, bölgenin jeotermal potansiyelini artırarak termal turizm açısından da önemli bir bölge haline getirmektedir (Yavuz, vd., 2006). Havzada yer alan volkanik kayalar, yüksek sıcaklıkların ve jeotermal suların kaynağı olabilir. Ayrıca havzada yer alan alüvyon birimlerinin de jeotermal potansiyelleri incelenmelidir (Çetin, 2015).

Havzanın batısında yer alan Bitlis Metamorfikleri, paleozoyik ve mesozoyik yaşlı birimlerden oluşmaktadır. Batıdan doğuya doğru sırasıyla; Karakaya Formasyonu, Bulaklı Formasyonu ve Muş Formasyonu gibi neojen yaşlı konglomeralar ve çakıl taşları yer almaktadır. Bu birimler, büyük ölçüde çökelti akışları ve faylanma sonucu oluşmuştur. Muş Formasyonu'nda yer alan volkanik kayalar ise, çevredeki volkanik aktiviteler sonucu meydana gelmiştir (Kuşçu vd., 2021; Özsayar vd., 2016).

Muş havzası jeolojik olarak da oldukça ilgi çekicidir. Havzada genellikle kumtaşı, çamurtaşı ve volkanik kayalar hâkimdir. Kuvaterner Dönem'e ait alüvyonik birimler de havzada yer alır. Havzada yer alan kayaların yaşı Kretase'den Miyosen'e kadar değişir (Yılmaz ve Erendil, 2007).

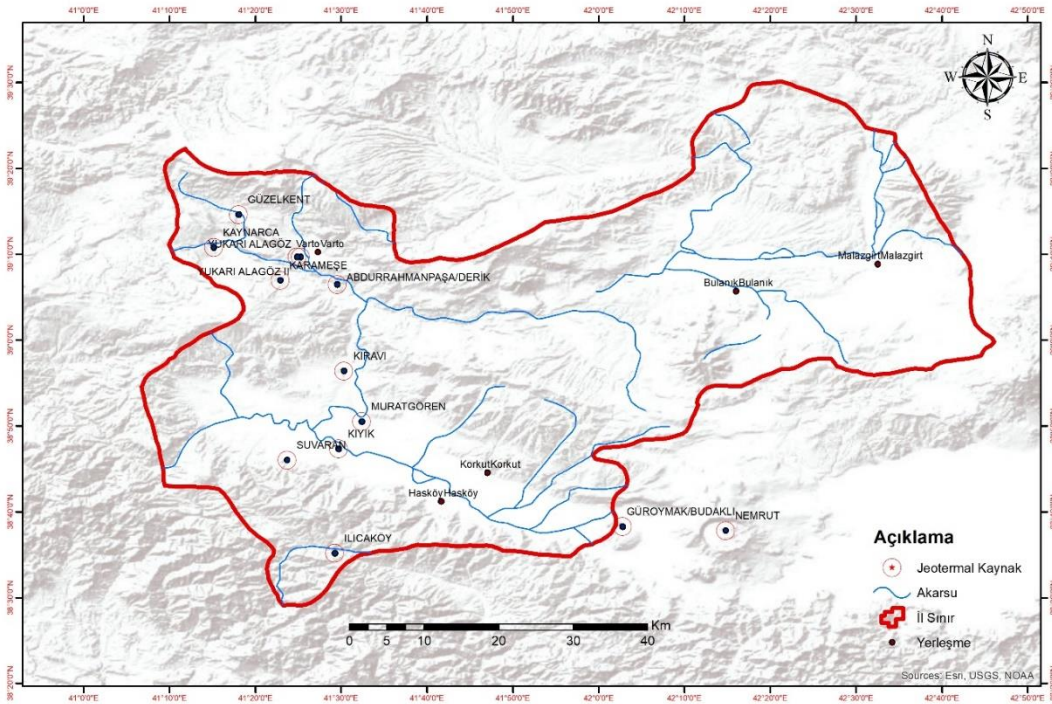
Havzanın volkanik kayaları, Nemrut volkanizmasının kalıntılarıdır. Bu kayalar, bazalt ve andezitlerden oluşur. Havzanın güneyinde yer alan Bitlis metamorfikleri ise kireçtaşları, şistler ve mermerlerden oluşur. Bu metamorfik kayalar, özellikle Paleozoyik döneme aittir. Havzanın kuzeyindeki Oligosen-Miyosen yaşlı birimler ise genellikle kumtaşı, çamurtaşı ve bazaltik tuf içerir (Şen, 2007).

Muş havzası coğrafik olarak Muş ovası olarak da bilinen bir KB-GD uzanımlı dağ arası havzasıdır. Havza, Nemrut volkanizması ve Van Gölü ile doğuda sınırlanmış, güneyde Bitlis metamorfikleri ve kuzeyde Oligosen-Miyosen yaşlı birimlerle

sınırlandırılmıştır. Havzanın jeolojisi genellikle kumtaşı, çamurtaşı ve volkanik kayalardan oluşur ve Kretase'den Miyosen'e kadar değişen yaşlı kayaçları içerir. Havzanın jeotermal potansiyeli de yüksektir (Korkmaz ve vd. 2017).

4.2 Nemrut Jeotermal Sahası

Nemrut jeotermal sahası Bitlis ilinde yer alan, Nemrut kalderası sınırları ve volkanizmanın etkin olduğu kaldera çevresi ile kuzeyde en son aktivitenin görüldüğü alanı da içeren geniş ve volkanik morfolojinin etkin olduğu bir alandır (Harita 4.1). Kaldera çevresinde Nemrut volkanizmasına ait ignimbiritler ve volkanosedimanter birimler yaygın olarak gözlenirken, kaldera içi, güneybatı ve kuzey kısımlarda ise andezit, trakit, riyolit ve bazaltlar ile lav akmaları yaygın olarak gözlemlenmektedir. Kaldera içerisinde sıcaklıkları 50-60°C civarında ölçülen kaynaklar bulunmaktadır. Bu sıcak su çıkışları genellikle kaldera içindeki ılıcağöl veya sıcak göl olarak da adlandırılan kuzeydeki küçük göl ve çevresinde yoğunlaşmıştır (Şekil 21). Suyun pH değeri 7-8 aralığında iken EC değerleri 2300 μ S/cm civarındadır (Uzelli, 2019).



Harita 4.1. Muş ilinde yer alan jeotermal kaynaklar

kaynak geliştirmesi detaylı etüdüler gerekmektedir. Kaynak günümüzde direkt olarak kullanılmamaktadır.

4.3 Güroymak-Çukur Jeotermal Sahası

Güroymak kaplıcaları da Nemrut sıcak su kaynağı gibi Bitlis-Muş illeri sınırında yer alan bir jeotermal alandır. Alanda belirlenen en az 4 sıcak su çıkışı ve gölet bulunmaktadır. Literatürde Can ve Ünlü (1982) tarafından yapılan etüt çalışmaları da mevcuttur. Kaynakların ortalama sıcaklığı 36-40°C aralığında değişmekte iken, farklı su toplama havuzlarında 6.8-7.6 aralığında pH değerleri ölçülmüştür. EC değerleri ise 3300-3340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında değişmektedir (Uzelli,2019).



Resim 4.2. Güroymak-Çukur kaplıcalarına ait havuzlardan görünümlemler.

Güroymak kaplıcaları Nemrut volkanizmasının batı sınırını oluşturmaktadır. Ancak oluşum açısından K-G yönlü açılma çatlakları ile ilişkili bir mekanizma tarafından kontrol edildiği için Nemrut kalderasının oluşumu ile ilişkilendirilebilir. Kaynaklar Germav domu çevresinde yer almaktadır. Mazik domu çevresinde kuzey kısımdaki soğuk su çıkışları dışında bir aktivite belirlenmemiştir. Kaynaklar direk volkanizma ile ilişkili

lav akıntıları çevresinde gözlemlenmektedir. Isı kaynağı Nemrut volkanizması iken örtü kaya olarak Kuvaterner volkanizması ürünü lavlar ve ignimbiritler değerlendirilebilir. Ayrıca çevrede yer alan bataklık çökelleri dışında bölgede Nemrut volkanizmasına ait olan bazaltik, trakitik siyah renkli bazalt akmaları, tüf ve tüfitler, bazalt ve andezit serileri gelmektedir. Kaynaklar K-G, KB-GD ve KD-GB doğrultulu kırık hatları boyunca çıkar (Şekil 24'de S5 a-b-c etiketiyle gösterilmiştir). Bitlis masifinin mermerleri rezervuar kayayı oluşturur (Can ve Ünlü 1982). Saha gözlemlerinde toplama havuzu çevresinde kabuklaşma ve kükürt kokusu belirlenmiştir. Kaynak günümüzde bölge halkı tarafından kaplıca amaçlı kullanılmaktadır. Ancak modern bir tesis veya havuz bulunmamaktadır.

4.4 Ilıcaköy Jeotermal Sahası

Muş ili merkezinin güneyinde Derecik-Tosunlu köy yolları aracılığı ile ulaşımı sağlanan Ilıca köy yakınında yer alan sıcak su kaynağı literatürde bilinen bir kaynaktır ancak saha çalışmaları sırasında güvenlik-ulaşım problemleri sebebiyle incelenememiştir. Ancak kaynak yakınında yer alan maden suyu çıkışları belirlenmiştir (Şekil 25a). Bu kaynakta yapılan fiziksel ölçümlere göre sıcaklık değerleri 13-19°C aralığında iken pH değeri 6,8 olarak kaydedilmiştir (Akkuş ve vd., 2005).

Alanda çeşitli şistler ile bunları kesen, Alpin metamorfizmaya uğramış granitik kayalardan oluşan Pan-Afrikan temel vardır. Bitlis metamorfizmaları olarak değerlendirilen temeldeki kireçtaşı birimleri içerisinde yer alan kaynağın çıktığı alanda kuvars, kuvars şist, şisti kuvarsit ve kuvarslı mermerler gözlemlenmektedir. Örtü kayaç olarak değerlendirilen Kuvaterner yaşlı alüvyon akarsu yatakları boyunca gözlemlenmektedir. Kavakbaşı fayı üzerinde yer aldığı düşünülen kaynak bu fay zonundaki temel birimlerden kırıklar aracılığı ile yüzeye çıkmaktadır. Kullanımı yoktur.

4.5 Kızılağaç – Muratgören - Mercimekkale Bölgesi Potansiyel Jeotermal Alanı

Morfolojik olarak gerek fay ve çizgiselliklerin durumu gerekse de havza örtüsünün kalınlığı ve beslenme şartları düşünüldüğünde Muş havzasındaki en önemli jeotermal potansiyeli olabilecek alan Muratgören ve Kızılağaç arasındaki Murat Nehri'ninde dirsek yapıp batıya yöneldiği havzanın orta kısmıdır. Bu alanda bu çalışmaya kadar jeotermal açıdan bir bulgu söz konusu değildir. Sadece havzanın genelinde olduğu gibi MTA'nın kömür arama projesi kapsamında yaptığı sondajlar ve sığ su kuyuları veri olarak değerlendirilebilir. Alanın güney kısmında (Kızılağaç-Suluca) barit işletmeleri

mevcut olup orta ve kuzey kısımlarda nehir çökellerinden elde edilen taş, kum ve mıcır işletmeleri bulunmaktadır.

Muratgören ve Kızılağaç çevresinde farklı lokasyonlardan kayaç ve su numuneleri alınıp analizleri yapılmıştır. Örneklerden ilki Şenoba-Muratgören yerleşimleri arasında yol kenarında yer alan ve halk arasında “Kiravi” olarak bilinen su kaynağından alınmıştır (Şekil 4.3.d). Bu kaynağın maden suyu özelliğine yakın bir özellikte olduğu ancak kaynak başında alınan numunelerde gaz içeriğinin ve debisinin düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca halka göre kaynak suyunun böbrek taşı tedavisinde kullanıldığı bilinmektedir. Kaynak başı sıcaklığı 16,8°C pH değeri ise 7-7,3 arasında ölçülmüştür. EC değer aralığı 5150-5190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında değişmektedir. Kaynağın debisinin yakındaki ana yol yapımından sonra azaldığı bilinmektedir.

İkinci örnek Muratgören köyünde bir vatandaşa ait özel su kuyusundan alınmıştır. Yaklaşık 50 m derinliğe sahip kuyudan çıkan suda yüksek miktarda gaz içeriği mevcuttur ve suyun tadı maden suyu karakterindedir. Suyun sıcaklığı 18-20°C iken pH değerleri 6,9-7,3 aralığındadır. EC değerleri 3400-3650 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak ölçülmüştür.

Üçüncü ölçüm Muratgören’in doğusunda Çukurbağ köyünde bir evin bahçesinde açılmış su kuyusundan yapılmıştır. Yapılan fiziksel ölçümlerde sıcaklık 17,8°C, pH 8,2 ölçülmüş ancak incelenmek için su örneği alınmasına izin verilmemiştir. Bu kuyudan çıkan suyun en önemli özelliği suyun ateşle teması durumunda alev alması ve olası hidrokarbon içeriği sebebiyle uzun süre yüksek sıcaklıkta ateşi korumasıdır. Mevcut durumda kuyu ve yanan su ev ısıtmasında kullanılmaktadır.

Muratgören’in güneyinde havzanın güney sınırına yakın Kızılağaç ve Suluca köylerinde yapılan analizlerde yüzey suyu sıcaklıklarının yüksek kotlarda daha düşük (16.6-18°C) olduğu belirlenmiştir. Bu suların temele ait kireçtaşlarından geldiği düşünülmektedir. Ancak daha düşük kotlarda ve Murat Nehri’ne yakın kısımlarda (Kıyık, Karaköprü, Bağlar) farklı anomaliler belirlenmiştir. Bunlardan en önemlisi bir vatandaşın bahçesinde artezyen olarak yüzeye çıkan 98°C olarak ölçülen sıcak su ve gaz çıkışıdır (Şekil 4.3.b). Yağış sonrasında debisi artan çıkış bir süre sonra gaz çıkışı olarak devam etmiştir. Buna benzer bir olay da daha batıda başka bir su kuyusundan farklı zamanlarda sıcak su çıkışı olarak gözlemlenmiştir ancak sıcaklığı nispeten daha düşüktür.



Resim 4.3. a) Ilıca köy mevkiinde gözlenen maden suyu çıkışları b) Kıyık mevkiinde gözlenen gaz çıkışı c) Kıyık mevkiinde gözlenen sıcak su çıkışı (98°C) d) Şenoba-Muratgören mevkiinde yer alan maden suyu kaynağı.

4.6 Derik Abdurrahmanpaşa Jeotermal Kaynağı

Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri'nde de yer alan kaynaklardan olan Derik-Abdurrahmanpaşa jeotermal kaynağı Muş merkez ile Varto arasında yer alan Abdurrahmanpaşa köprüsü civarında yer aldığı belirtilen bir sıcak su kaynağıdır. Saha çalışmaları sırasında kaynak belirlenememiştir. Gerek düşük debisi gerekse de alanda yapılan yol yapımı çalışmaları sebebiyle kaynağın tahribata uğramış veya yüzeye su çıkışının azalmış olması olasıdır. Stratigrafi göz önüne alındığında bölgede yaygın olarak gözlenen Adilcevaz kireçtaşları kaynağın rezervuar kayası olarak değerlendirilebilecek iken Zırnak ve Yazla formasyonuna ait volkanosediman ter birimler ve Solhan volkanikleri kaynak için örtü kayaç özelliği gösterebilmektedir. Daha önceki yapılan

çalışmalarda kaynak sıcaklığının 25-32°C olduğu belirtilmiştir (Akkuş ve vd., 2005), (Uzelli,2019).

4.7 Karameşe Maden Suyu Kaynağı

Maden suyu kaynağı Muş ili Varto ilçesine bağlı Karameşe köyünde yer almaktadır. Küçük bir havuzda toplanmakta olan gaz içeriği yüksek maden suyu karakterindeki su çıkışı bölge yüzey sularına göre nispeten sıcak olarak değerlendirilebilir. Kaynak ile ilgili literatürde bir çalışma mevcut değildir. Saha gözlemlerinde toplama havuzu çevresinde kabuklaşma ve kükürt kokusu belirlenmiştir. Fiziksel ölçümlere göre kaynak başında yapılan sıcaklık ölçümleri suyun sıcaklığını 23,6 °C olarak göstermekte iken pH 7,2 olarak belirlenmiştir (şekil 4.4), (Uzelli,2019).



Resim 4.4. Karameşe kaynağına ait saha ölçümleri yapılan çıkış noktası.

4.8 Başkan-Kaynarca Jeotermal Kaynağı

Varto ilçesine bağlı Kaynarca köyünde yer alan Baskan (Bazikan-Başkan) kaplıcası yaklaşık Doğu-Batı yönde aşınmış olan bir vadinin sonunda alüvyon yelpazesinin üzerinde yer almaktadır. Yakın evresinde Zırnak formasyonuna ait okeller, Kuvaterner okelleri ve Solhan volkanitlerine ait Kohkale (Tepe) lavları bulunmaktadır. Kaplıcadaki etrafı kapatılmış havuzlarda yapılan sıcaklık ölçümlerinde

ortalama yüzey sıcaklığı 35°C olarak belirlenmiştir. pH değeri 7,4 iken EC değeri 2300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirlenmiştir. Sıcak suyun havuz ve yıkanma dışında herhangi bir kullanımını yoktur (Şekil 4.5).



Resim 4.5. Baskan kaplıcasının çevresine ait drone görüntüsü.

4.9 Güzelkent Jeotermal Kaynağı

Kaynak Baskan Kaplıcası gibi Varto Fay Zonu üzerinde yer almaktadır. Leylekdağı'nın batı ucunda yer alan kaynaklar KB-GD uzanımlı dağ sınırında yer alan segmentlerin kesiştiği alanda yüzeye çıkmaktadır. Kaynaklar Kuvaterner dere çökelleri ve Pleyistosen yaşlı Bulanık veya Yolüstü formasyonu çökelleri ile Leylekdağı'ndaki Kohkale Tepe lavlarının gözlemlendiği alanda yer almaktadır. Kaynak rezervuarının Adilcevaş kireçtaşları ve Miyosen öncesi temel kayalarındaki kireçtaşları olma olasılığı yüksektir ve fay kontrollü olarak yüzeye çıkmış olması olasıdır.

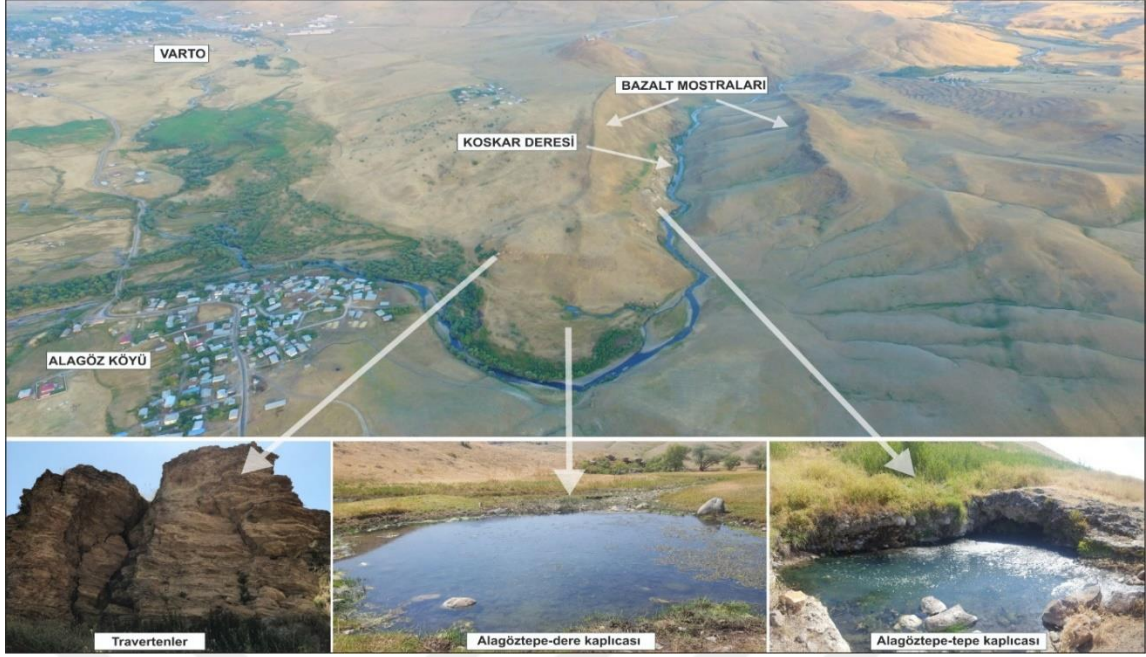


Resim 4.6. Güzelkent'te yer alan sıcak su kaynaklarından görünüm

Yaklaşık 29-33°C sıcaklığa sahip iki farklı su birikintisinden oluşan Güzelkent jeotermal sahasındaki sıcak su çıkışlarında yapılan pH ölçümleri 7,2 civarındadır. Havuzlar etrafında fiziksel olarak dere drenaj-taşkın çalışmaları yapılmaktadır. Havuzların yöre halkı tarafından banyo-kaplıca amacıyla kullanıldığı belirlenmiştir (Şekil 4.6).

4.10 Alagöztepe Jeotermal Kaynağı

Alagöztepe jeotermal alanı Varto ilçesi merkezi güneyinde Alagöztepe yerleşimlerinin olduğu alanda yer almaktadır. Morfolojik olarak bir sırtta yer alan kaynaklar güneyde Koskar Deresi ile sınırlanmaktadır. Leylekdağı segmentinin devamı olması muhtemel olan hattın güney kısmında Solhan volkanitlerine ait bazaltik lavlar gözlemlenmekte iken kaynakların bulunduğu sırt üzerinde güncel birimler, volkanik bloklar ve kalın traverten oluşumları bulunmaktadır. Kaynakların çevresinde de traverten oluşumları gözlemlenmektedir (Şekil 4,7).



Resim 4.7. Alagöztepe'de yer alan sıcak su kaynakları ve travertenlerden görünümler

Belirlenen iki sıcak su çıkışı ve bu çıkışların etrafında belirlenmiş ufak göletler bulunmaktadır. Bunların ilki tepenin güney yamacında yer almaktayken ikincisi tepenin uç kısmındaki kırıklardan çıkan ve yükseklik olarak daha alçakta yer alan dere kenarındaki gölette yer alır. Örnekleme sırasında da bu iki kaynak konumları sebebiyle Alagöztepe-Dere ve Alagöztepe-Tepe olarak adlandırılmıştır (Şekil 4,7). Alagöztepe-Tepe kaynağı 30°C sıcaklığa sahip iken Alagöztepe-Dere sıcak su çıkışı 29°C sıcaklığa sahiptir ve iki kaynakta 7,3 pH değerine sahiptir. Sıcak suların herhangi bir kullanımı yoktur.

Bu sahada Muş Valiliğinin koordinasyonunda 2021 yılında MTA tarafından yapılan sondaj çalışmaları ile 830 metre derinlikten 39-40 °C sıcaklığında saniyede 45 litre akıma sahip sıcak su çıkarıldı. Mevcut bir jeotermal kaynağın ısı potansiyeli,

$$Q = A \times H \times C_v \times (T - T_o) \text{ ile hesaplanmaktadır.}$$

Ancak eşitlikle daha detaylı bir ısı potansiyeli hesaplanabilmesi için rezervuar modelinin oluşturulması gerekmektedir. Bu nedenle;

$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_g - T_ç)$ formülü kullanılarak Alagöz Dere termal kaynağı için fikir vermesi açısından potansiyel ısı hesaplaması yapılmıştır.

$$Q = 5 \text{ kg/s} \cdot 4186 \text{ J/(kg}^\circ\text{C)} \cdot (29^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C)}$$

$$Q = 5 \text{ kg/s} \cdot 4186 \text{ J/(kg}^\circ\text{C)} \cdot (-11^\circ\text{C)}$$

$$Q = -230 \text{ kW}$$

\dot{m} : Jeotermal akışkan debisi (kg/s),

C_p : Spesifik ısı (Jeotermal akışkan sıcaklığına göre belirlenir)

T_g : Jeotermal akışkanın kuyu başı sıcaklığı ya da doğal kaynak sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{\text{ç}}$: Jeotermal akışkanın kullanımdan sonraki atım ya da re-enjeksiyon sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$) ifade eder.

Bu formüle göre Enerji transferi (Q) yaklaşık olarak -230 kW olarak hesaplanmıştır. Negatif işaret, enerjinin sistemden dışarıya transfer edildiğini gösterir. Ancak, hesaplama Alagöztepe Dere jeotermal kaynağı için sadece genel bir su değeri ile yapıldığından ve jeotermal akışkanın spesifik ısı kapasitesi bilinmediğinden, gerçek sistemdeki değerinden farklılık gösterebilir. Jeotermal akışkanın özellikleri belirlendikten sonra daha kesin bir hesaplama yapılabilir. Ayrıca, jeotermal enerji transferi negatif olduğu için, sistemin jeotermal kaynaktan enerji aldığını ve bu enerjiyi dışarıya transfer ettiğini gösterir. Jeotermal enerji genellikle ısınma amaçlı kullanılabileceğini, bu nedenle bu negatif değer sistemin ısınmaya katkıda bulunduğunu gösterir.

5. TERMAL TURİZM

Son yıllarda Dünyada yaşanan değişimlere bağlı olarak turizm eğilimleri de değişmektedir. Uzun yıllar boyunca devam eden ve kitlelere paket şeklinde sunulan deniz, kum, güneş odaklı tatil anlayışı yerini alternatif turizm çeşitlerine bırakmaktadır. Ülkemiz sahip olduğu doğal ve kültürel özelliklere bağlı olarak alternatif turizm olanakları bakımından oldukça zengin bir portföye sahiptir. Ülkemizde geliştirilmesi gereken alternatif turizm kaynaklarından biride termal turizmdir.

Term sözcüğü; Latince sıcak anlamına gelen *thermos* kelimesinden gelmektedir. Romalılar zamanında önceleri halk banyoları anlamında kullanılan term sözcüğü daha sonraları su alınan yer anlamına evrilmiştir. Doğal sıcak sular için termal, suların sıcaklık özelliğini belirtmek için termik, doğal sıcak su kaynaklarının incelenmesi ve sağlık amacıyla yararlanılması amacıyla düzenlenmesi ise, termalizm denmektedir (Kahraman, 1978: 5).

Süreç içerisinde kavram ve kavramla birlikte ifade edilen termal turizm kapsam olarak genişlemiş “Termomineral su banyosu, içme, inhalasyon, çamur banyosu gibi çeşitli türdeki yöntemlerin yanında iklim kürü, fizik tedavi, rehabilitasyon, egzersiz, psikoterapi, diyet gibi destek tedavilerinin birleştirilmesi ile yapılan kür (tedavi) uygulamalarının yanı sıra termal suların eğlence ve rekreasyon amaçlı kullanımı ile meydana gelen turizm türü” olarak tanımlanmaya başlanmıştır (Kültür ve Turizm Bakanlığı). Termal turizm, sağlık turizmi içerisinde değerlendirilen, içeriklerinde erimiş mineral bulunan maden sularının dinlenme, zindeleşme, tedavi ve benzeri amaçlarına dönük olarak kullanımından doğan bir dizi ilişkiden oluşmaktadır (Kozak, 2001: 6). Belli bir zaman dilimi içerisinde yer değiştiren insanlar, gittikleri yerlerde konaklama, beslenme, kür ve tedavi uygulaması, dinlenme ve eğlenme gereksinimlerini karşılayacak tesislere gerek duymaktadırlar (Usta, 2002). Bu kapsamda ortaya çıkan gereksinimi karşılayacak hizmeti veren işletmeler termal turizm işletmeleridir. Sağlık alanında teknolojinin gelişmesine rağmen insanların sağlıklarını doğal termal kaynaklarda araması bu işletmelerin değerini arttırmaktadır (Kiss, 2012: 57-62).

Türkiye sahip olduğu termal kaynaklarla dünyada ön sıralarda yer almaktadır. Türkiye'deki termal kaynaklar, fiziki ve kimyasal yapısı, tedavi edici özellikleri, debi ve sıcaklıkları itibarıyla Avrupa'daki diğer ülkelerin termal kaynakların daha fazla çekicilik unsuru içermektedir. Ancak bu çekicilik unsurunun değerlendirilemiyor olması, bu tür

destinasyonlara gelen turist sayısının diğer ülkelere nazaran az olması sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Ülkemiz, tarihi, kültürel ve coğrafi güzellikleriyle dünya turizminde popüler bir destinasyon olarak yer almaktadır. Turistlerin farklı beklentilerini karşılayacak çok sayıda turizm türüne ev sahipliği yapmaktadır. Her turizm türüne yönelik birçok turizm merkezi mevcuttur ve bu merkezlerin popülerliği arttıkça yer seçimi daha da önem kazanmaktadır. Bir destinasyonu turizm açısından çekici kılan faktörlerin basında doğal çekicilikler gelmektedir.

Turistler tatil için gittikleri destinasyonları seçerken, tercih ettikleri aktiviteleri gerçekleştirebilecekleri, turizm hizmetlerinin bulunduğu ve ulaşım imkanlarının gelişmiş olduğu destinasyonları tercih etmektedir. Turistlerin seyahat alışkanlıkları zamanla değiştiği için, turistik yerler de bu değişikliklere uygun olarak hizmetlerini ve olanaklarını güncellemektedir. Bu nedenle, turistik destinasyonların, turistlerin değişen ihtiyaçlarına cevap verebilecek şekilde sürekli olarak geliştirilmesi gerekmektedir.

Turizm ve çevre arasında sıkı bir bağlantı vardır. Turizm faaliyetleri doğal güzelliklere sahip bölgelerde gerçekleştirildiğinde, sadece konaklama değil, turistlerin doğal alanları ziyaret ederek, dağlarda yürüyüş yaparak, kamp yaparak ve diğer doğa etkinliklerine katılarak doğayla etkileşim kurma şansları da olur. Ancak turizm faaliyetleri doğal alanları olumsuz etkileyebilir ve çevresel sorunlara neden olabilir. Bu nedenle, turizm ve çevre ilişkisine yönelik sürdürülebilir turizm yaklaşımı önemlidir. Sürdürülebilir turizm, turizmin çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerini dengede tutmayı amaçlar ve turizm faaliyetlerinin doğal çevreye minimum zarar vermesini hedefler. Bu şekilde, turizm faaliyetleri hem doğal alanların korunmasına hem de turistlerin doğayla etkileşim kurmalarına olanak tanır.

Bir ülkede veya bölgede çok zengin turistik değer ve kaynakların olması tek başına turist talep oluşturmakta yeterli değildir. Bu kaynakların turizm endüstrisinde islenmesi ve turistin kullanımına sunulabilir olması gerekir. Turizmde arz unsurları olan, bu çok sayıdaki olanak ve hizmetler, geniş gruplar halinde; çekicilikler, ulaşım, konaklama, tamamlayıcı hizmetler alt ve üstyapı ana başlıkları altında toplanabilir (Zengin, 2006).

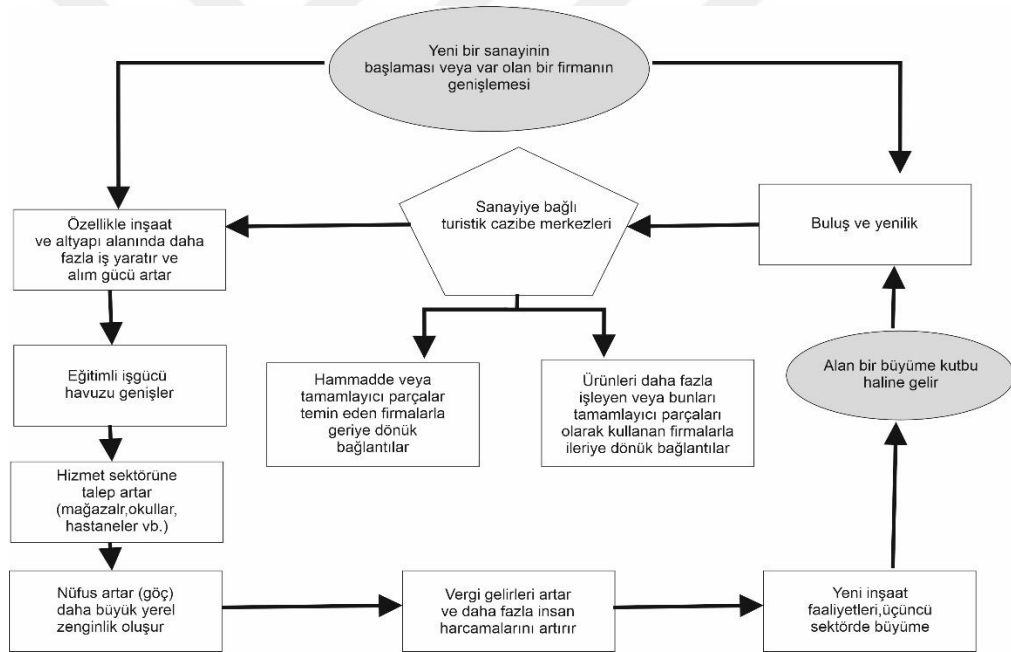
5.1 Termal Kaynakların Turizme Etkisi

Termal kaynaklar, sıcak su kaynaklarından gelen yüksek mineralli sulardır ve insan sağlığı için birçok faydası vardır. Bu nedenle termal kaynaklar turizmde önemli bir

yere sahiptir. Termal turizm, insanların termal kaynaklardan faydalanarak sağlık problemlerine çözüm aradığı bir turizm türüdür.

Termal kaynakların turizme katkısı, öncelikle insan sağlığına olan faydaları ile ilgilidir. Sıcak su, vücuttaki kan dolaşımını artırır; kasları gevşetir ve ağrıları hafifletir. Bu nedenle termal kaynaklar sıklıkla romatizma, eklem ağrısı, kas ağrısı, fibromiyalji, psöriyazis, sedef gibi rahatsızlıkların tedavisi için kullanılır. Bu tedaviler, insanların termal kaynakların bulunduğu bölgelere seyahat etmelerine ve burada konaklamalarına neden olur.

Termal turizm ayrıca ekonomik açıdan da önemlidir. Termal turizm, termal kaynakların bulunduğu bölgelerde yeni işletmelerin açılmasına ve istihdamın artmasına yol açar. Bu turizm türü, çarpan etkisi ile otel, restoran, spa merkezi, termal kaplıca gibi işletmelerin açılmasını gerektirir. Bu işletmeler de bölgedeki insanlara iş imkânı sunar.



Şekil 5.1. Myrdal¹ tarafından ortaya konan çarpan etkisinin şematik gösterimi

Termal turizm aynı zamanda yerel halkın sosyal ve kültürel hayatını da etkiler. Turizm faaliyetleri sayesinde, yerel halk, turistlerle tanışır ve farklı kültürleri tanıma fırsatı bulur. Ayrıca termal kaynakların bulunduğu bölgelerdeki doğal ve tarihi güzelliklerin tanıtımı da yapılır. Böylece turizm, yerel halkın kültürel mirasının korunmasına da katkıda bulunur.

¹ Gunnar Myrdal 1898-1987 yılları arasında yaşamış İsveçli bir ekonomisttir. Kümülatif Nedensellik olarak isimlendirilen bir teoriyle bir otel ve çevresinde gelişen bir endüstrinin ekonomik etkilerin ortaya koymuştur. 1974 yılında ekonomi alanında Nobel ödülünü paylaşan araştırmacılardan biridir.

Bir diğerk önemli katkısı ise turizmin çevresel sürdürülebilirliğine olan etkisidir. Termal turizm, yerel kaynakların sürdürülebilir şekilde kullanımını sağlamak için önlemler alınmasını gerektirir. Termal kaynakların doğal dengesinin bozulmaması için koruma altına alınması veatık suların kontrol edilmesi gibi önlemler alınmalıdır. Bu da turizmin çevreye olan etkisini azaltır ve bölgenin sürdürülebilirliğine katkıda bulunur.

Sürdürülebilir turizm; turizmin doğal, kültürel ve sosyal kaynakları sürdürülebilir şekilde kullanarak gelecek nesillere aktarılmasıdır. Bu bağlamda, termal turizm de sürdürülebilir turizm anlayışı içerisinde ele alınmalıdır. Termal kaynakların turizm açısından önemi büyüktür ve bu kaynakların sürdürülebilir kullanımı, turizmin sürdürülebilirliği açısından da önemlidir.

Termal kaynaklar, doğal kaynaklardan biri olarak yeryüzünde oldukça yaygın bir şekilde bulunur. Türkiye, termal kaynaklar açısından oldukça zengin bir ülkedir. Bu kaynakların sürdürülebilir kullanımı, doğal çevrenin korunmasına ve turizm gelirlerinin artırılmasına katkı sağlayabilir. Sürdürülebilir termal turizm, kaynakların kullanımı sırasında çevre koruma ve kaynakların gelecek nesillere aktarılmasını da içeren bir anlayıştır.

Termal turizmin sürdürülebilirliği için çevre koruma önlemleri alınmalıdır. Termal kaynakların kullanımı sırasında doğal çevrenin tahribatının önlenmesi, çevre kirliliğinin önüne geçilmesi ve sürdürülebilir turizm için gerekli diğerk önlemlerin alınması gerekmektedir. Ayrıca termal tesislerin inşası ve işletilmesi sırasında çevre dostu yöntemler kullanılmalı ve enerji tasarrufu sağlanmalıdır.

Turizm faaliyetlerinin sürdürülebilirliği için sosyal ve kültürel faktörler de dikkate alınmalıdır. Termal turizm, kültürel ve tarihi zenginlikleri ile de ilgi çeken bir turizm türüdür. Bu nedenle, yerel halkın kültür ve geleneklerinin korunması ve turizmin sürdürülebilirliği için turizm faaliyetlerinin yerel kültüre uygun olarak planlanması gerekmektedir. Ayrıca, yerel halkın turizm faaliyetlerinden de pay alması sağlanarak, sosyal sürdürülebilirlik de desteklenmelidir.

Sürdürülebilir turizm anlayışı çerçevesinde, termal turizmin ekonomik etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Termal turizm, yerel ekonomilere katkı sağlayarak iş imkânları yaratır ve turizm gelirleri ile ekonomik kalkınmaya katkı sağlar. Bu nedenle, termal turizmin sürdürülebilirliği için turizm faaliyetlerinin çevreye zarar vermeyen ve sosyal sorumluluk ilkesine uygun şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Yerel halkın turizm faaliyetlerinden adil bir şekilde faydalanması, kültürel mirasın korunması ve çevresel etkilerin minimize edilmesi, sürdürülebilir turizm anlayışının temel prensipleridir.

Termal turizm faaliyetlerinin sürdürülebilirliği, doğal kaynakların korunması ve etkin şekilde kullanımı ile de ilgilidir. Sıcak su kaynaklarının yanlış kullanımı, aşırı tüketimi ve kirlenmesi hem termal turizmin sürdürülebilirliğini hem de doğal kaynakların korunmasını tehdit eder. Bu nedenle termal turizmin sürdürülebilirliği için sıcak su kaynaklarının yönetimi, korunması ve sürdürülebilir kullanımı önemlidir.

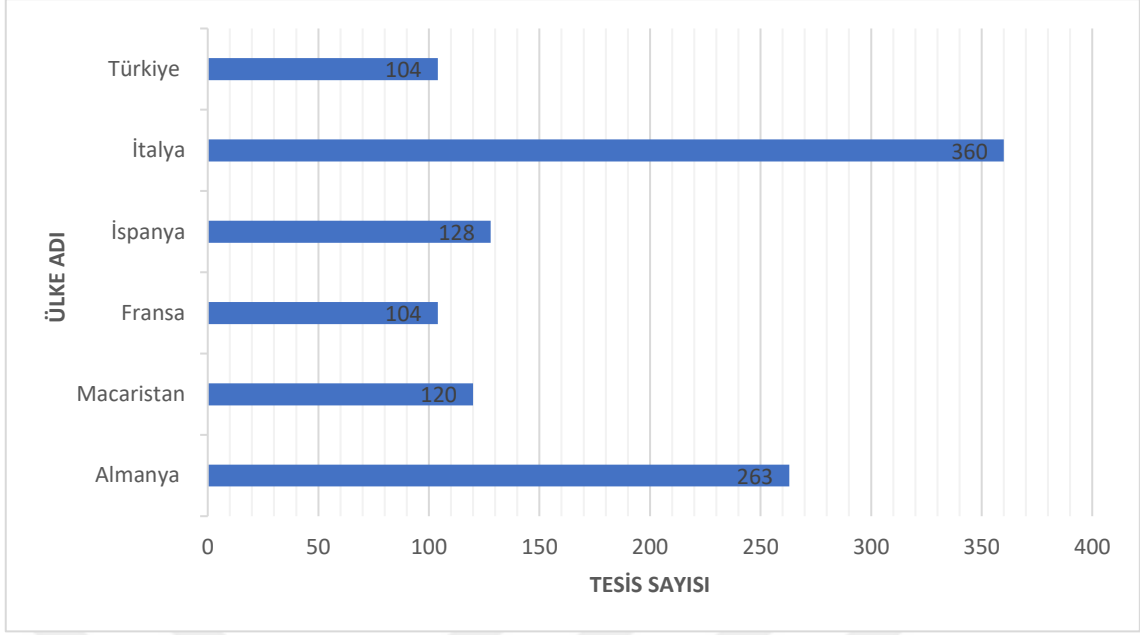
Bunun yanı sıra, termal turizm faaliyetlerinin planlanması ve yönetimi de sürdürülebilir turizm açısından önemlidir. Turizm faaliyetlerinin yerleşim alanlarına ve doğal alanlara olan etkisi göz önünde bulundurularak, turizm tesislerinin ve aktivitelerinin planlanması ve yönetimi yapılmalıdır. Böylece, doğal kaynakların korunması ve turizm faaliyetlerinin sürdürülebilirliği sağlanabilir.

Termal turizm sürdürülebilir turizm anlayışının bir parçasıdır ve ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri göz önünde bulundurularak yönetilmelidir. Doğal kaynakların korunması, yerel ekonomilerin kalkınması, kültürel mirasın korunması ve turizm faaliyetlerinin sosyal sorumluluk ilkesine uygun şekilde yürütülmesi, termal turizmin sürdürülebilirliği için önemli faktörlerdir. Çünkü klasik turizm anlayışından farklı olarak termal turizm faaliyetleri bütün yıl sürdürülebilirler. Termal tesisler yüksek doluluk oranları ile çalışırlar. Diğer turizm türleri ile kolay entegre olur tamamlayıcı bir unsur olarak bölgesel gelişmeye daha fazla katkı sunarlar. Fiziksel ve psikolojik tedavi edici aktivasyonlar yanında eğlence ve dinlenme olanakları da sunarlar.

Yukarıda belirtilen bütün cazip yönleri dışında Termal turizm merkezleri maliyetini çabuk geri ödeyen karlı ve rekabet gücüne sahip yatırımlardır (Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2007).

5.2 Dünyada ve Türkiye’de Önemli Termal Merkezler.

Termal kaynaklar, dünya genelinde birçok ülkede bulunmaktadır ve turizm açısından da önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Burada literatür taramasıyla ulaşılan ve bazı temel özellikleri incelenen dünya çapında üne sahip bazı tesisler ve bunlara ait kısa bir değerlendirme yapılmıştır. Bu tesislerin öne çıkan özellikleri dikkate alınarak da Muş ili için örnek bir tesis tasarımında hangi unsurların belirleyici olacağı da değerlendirmeye çalışılmıştır.



Şekil 5.2. 2010 yılında Avrupa Kıtası ve Türkiye'deki termal tesis sayıları.

Blue Lagoon, İzlanda: Dünyanın en ünlü termal kaynaklarından biri olan Blue Lagoon, mavi renkli sıcak su havuzları ve mineral bakımından zengin çamur banyoları ile tanınır. İzlanda'nın batısında yer alan bu termal merkez, turistlerin ilgisini çekmektedir.

Pamukkale, Türkiye: Türkiye'nin en önemli turistik mekânlarından biri olan Pamukkale, termal kaynakları ve doğal travertenleri ile ünlüdür. Antik Hierapolis kenti yakınlarında yer alan bu bölge, turistlerin ziyaret ettiği popüler bir yerdir.

Terme di Saturnia, İtalya: Toscana bölgesinde yer alan Terme di Saturnia, yüksek mineral içeriği ile ünlüdür. Sıcak su kaynakları ve çamur banyoları ile tanınan bu termal merkez, İtalya'nın en popüler turistik yerlerinden biridir.

Beppu, Japonya: Japonya'nın en ünlü termal kaynaklarından biri olan Beppu, 2.800'den fazla termal kaynak ile ünlüdür. Buhar çıkışları, kaplıcalar ve doğal sıcak su havuzları ile ziyaretçilerin ilgisini çeker.

Yalova, Türkiye: Türkiye'nin termal turizm açısından önemli merkezlerinden biri olan Yalova, termal suları ve doğal güzellikleri ile tanınır. Ayrıca bölgede bulunan tarihi Osmanlı hamamları da turistlerin ilgisini çekmektedir.

Termal merkezler, buldukları bölgelere önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle turizm sektörü açısından önemli bir gelir kaynağıdır ve bölge ekonomisine katkı sağlarlar. Ayrıca termal kaynakların sağlık açısından faydaları da göz önüne alındığında, turizm faaliyetleri ile birlikte sağlık turizmi de gelişmektedir. Bunun yanı

sıra, termal kaynakların korunması ve sürdürülebilir kullanımını da bölge için önemlidir ve sürdürülebilir turizm anlayışı çerçevesinde bu kaynakların korunması gerekmektedir.



6.SÜRDÜRÜLEBİLİR TURİZM VE DOĞAL KAYNAKLARIN KORUNMASI PERSPEKTİFİNDEN BİR TERMAL TESİS TASARIMI

Sürdürülebilir turizm anlayışı, doğal kaynakları koruyarak, toplumun sosyoekonomik refahını artırırken turizm faaliyetlerinin etkilerini minimize etmek için birçok uygulama ve prensibe dayanır. Termal turizm tasarımı da bu anlayışa uygun olarak gerçekleştirilmelidir. Gerek ülkemizde gerekse dünyanın farklı ülkelerinde yer alan termal turizm merkezleri incelenmiştir. Bu termal turizm merkezleri ve termal turizm merkezlerini içeren tesisler analiz edilerek bir termal turizm merkezinin sürdürülebilir turizm kapsamında nasıl bir içeriğe sahip olması ve hangi birimlerden oluşması gerektiği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda İzlanda'da Blue Lagoon, Japonya'da Kusatsu Onsen, Afyonkarahisar'ın Sandıklı kaplıcaları incelenmiş ve bu termal tesislerin sahip olduğu özellikler dikkate alınarak bir termal turizm tesisinin aşağıda açıklanan özelliklere sahip olmasının gerektiği öngörülmektedir. Muş ili için önerilen termal tesis tasarımı da bu özelliklere göre oluşturulmuştur.

6.1 Doğal Kaynakların Korunması

Termal turizm tasarımı, termal kaynakların korunmasına yönelik bir yaklaşım içermelidir. Bu, termal kaynakların sürdürülebilir şekilde kullanılmasını ve gelecek nesillere aktarılmasını sağlar. Dünya genelinde birçok termal turizm merkezi, sürdürülebilir turizm anlayışı çerçevesinde termal kaynakların korunmasına yönelik önlemler almaktadır. Örneğin, İzlanda'nın doğal termal kaynaklarından biri olan Blue Lagoon, sadece turistlerin ziyaret ettiği bir bölge değil, aynı zamanda yerel halkın da faydalandığı bir termal spa'dır. Blue Lagoon'un yöneticileri, kaynakların doğal yapısını koruyarak termal turizmi sürdürülebilir kılmak için özenle çalışmaktadır.

Benzer şekilde, Japonya'da yer alan Kusatsu Onsen, termal kaynakların korunmasına büyük önem vermektedir. Bölgede kullanılan su, sıcaklığına ve kimyasal bileşimine göre sınıflandırılarak, farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Ayrıca, termal kaynakların doğal yapısını korumak için sıcak suyun miktarı da düzenlenmektedir.

Türkiye'de de sürdürülebilir termal turizm örnekleri bulunmaktadır. Afyonkarahisar'ın Sandıklı ilçesinde yer alan Sandıklı Kaplıcaları, doğal termal kaynakların sürdürülebilir kullanımını benimseyen bir termal turizm merkezidir. Bölgede termal suyun çıkış noktası olan Sahra Kaplıcası, sadece yüzme havuzları için değil; aynı zamanda diğer termal turizm aktiviteleri için de kullanılmaktadır. Termal kaynakların

korunması için de çeşitli önlemler alınmıştır. Örneğin, bölgede kullanılan termal suyun miktarı ve sıcaklığı kontrol edilmektedir. Ayrıca, bölgedeki tesislerin atık suyunun doğal kaynaklara zarar vermemesi için arıtma sistemleri kurulmuştur.

Sürdürülebilir termal turizm tasarımı, termal kaynakların sürdürülebilir kullanımını sağlamak amacıyla çeşitli önlemleri içermelidir. Bu önlemler arasında termal kaynakların sıcaklığı ve su miktarının kontrolü, atık suyunun doğal kaynaklara zarar vermemesi için arıtılması, doğal kaynakların korunması için özel çevre düzenlemeleri ve yerel halkın katılımı ile turizmin yönetimi gibi konular yer alabilir. Bu önlemler sayesinde termal turizm hem çevre hem de ekonomi açısından sürdürülebilir olabilir.

6.2 Çevresel Etkilerin Azaltılması:

Termal turizm tasarımı, çevresel etkileri minimize etmek için tasarlanmalıdır. Bu, doğal alanların korunması, atık yönetimi, enerji tüketimi ve su kaynaklarının korunması gibi faktörleri içerir.

Termal turizm tasarımı, sürdürülebilir turizm anlayışı ile uyumlu olarak çevresel etkileri en aza indirmeyi hedeflemelidir. Bu amaç doğrultusunda termal turizm merkezleri, doğal alanların korunması, atık yönetimi, enerji tüketimi ve su kaynaklarının korunması gibi faktörlere özen göstermelidir.

İzlanda, sürdürülebilir turizm örneklerinin en önemlilerinden biridir. İzlanda'nın Mývatn bölgesinde yer alan Mývatn Doğal Termal Bölgesi, sürdürülebilir turizm yaklaşımı ile tasarlanmış bir termal turizm merkezidir. Bölgedeki tesisler, çevre dostu malzemeler kullanılarak yapılmış ve çevre dostu uygulamalar benimsenmiştir. Ayrıca, atık suyun geri dönüşümü ve yeniden kullanımı gibi sürdürülebilir atık yönetimi uygulamaları da mevcuttur.

Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Yellowstone Ulusal Parkı da sürdürülebilir turizm örneklerinden biridir. Bölgedeki termal kaynakların korunması için çeşitli önlemler alınmıştır. Ziyaretçilerin kaynaklara yakın bir mesafede dolaşmaları engellenmiş ve atık yönetimi sistemleri geliştirilmiştir. Bölgede ayrıca, yenilenebilir enerji kaynakları da kullanılmaktadır.

Türkiye'deki sürdürülebilir termal turizm örneklerinden biri de Afyonkarahisar'da yer alan Gazlıgöl Termal Turizm Merkezi'dir. Bölgedeki tesisler, çevre dostu malzemeler kullanılarak inşa edilmiştir ve su kaynakları yönetimi konusunda titiz bir çalışma yürütülmektedir. Bölgedeki termal su kaynakları, turizm faaliyetlerine rağmen sürdürülebilir şekilde kullanılmaktadır.

Sonuç olarak, sürdürülebilir turizm anlayışı ile tasarlanmış termal turizm merkezleri, doğal alanların korunması, atık yönetimi, enerji tüketimi ve su kaynaklarının korunması gibi faktörlere özen göstererek gelecek nesillere sağlıklı bir çevre bırakabilir. İzlanda, Yellowstone ve Gazlıgöl Termal Turizm Merkezi gibi örnekler, sürdürülebilir turizm yaklaşımının başarılı bir şekilde uygulandığını göstermektedir.

6.3 Yerel Ekonomik Kalkınma:

Termal turizm tasarımı, yerel ekonomik kalkınmaya katkı sağlamalıdır. Bu, turizm faaliyetleri ile iş imkanlarının yaratılması, yerel halkın istihdam edilmesi ve yerel ürünlerin satın alınması gibi unsurları içermelidir.

Termal turizm, yerel ekonomik kalkınmaya önemli bir katkı sağlayabilir. Bu nedenle, termal turizm tasarımı, yerel ekonomik kalkınmaya yönelik stratejileri de içermelidir. Dünya genelinde birçok termal merkez, yerel ekonomik kalkınmaya katkı sağlamaktadır.

Örneğin, İzlanda'daki Blue Lagoon, turizm faaliyetleri sayesinde ülkenin ekonomisine önemli bir katkı sağlamaktadır. Blue Lagoon, yerel halkın istihdam edildiği bir işletmedir ve turistlerin çoğu da bölgedeki diğer turizm faaliyetlerinden yararlanarak bölgedeki yerel esnaflara katkı sağlamaktadır.



Resim 6.1. İzlanda'daki Blue Lagoon

Japonya'da, Beppu termal merkezi de yerel ekonomik kalkınmaya katkı sağlayan bir turizm destinasyonudur. Beppu, turistlerin yanı sıra yerel halkın da termal suları kullanabileceği bir alan olarak tasarlanmıştır. Bu sayede, yerel halkın istihdam edildiği turizm faaliyetleri sayesinde bölgede ekonomik büyüme sağlanmaktadır.



Resim 6.2. Japonya Beppu Termal tesisleri

Türkiye'de de Kaplıca turizmi, yerel ekonomik kalkınmaya katkı sağlamaktadır. Afyonkarahisar, Kütahya ve Denizli'de bulunan termal merkezler, hem yerel halka iş imkânı sağlamakta hem de bölgenin ekonomik kalkınmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, bölgedeki termal otellerin çoğu yerel ürünleri kullanarak, bölgedeki küçük esnafın da ekonomik olarak gelişmesine katkı sağlamaktadır.

Termal turizm tasarımı, yerel ekonomik kalkınmaya katkı sağlarken, aynı zamanda yerel halkın çıkarlarını da göz önünde bulundurmalıdır. Böylece, turizm faaliyetleri hem turistlerin hem de yerel halkın mutluluğuna katkı sağlayarak, sürdürülebilir bir turizm modeli oluşturulabilir.

6.4 Kültürel Mirasın Korunması

Termal turizm tasarımı, kültürel mirasın korunması için tasarlanmalıdır. Bu, yerel kültürel öğelerin turizm faaliyetleri ile değerlendirilmesi, turistlerin kültürel mirası deneyimlemesi ve yerel halkın kültürel mirası koruması için bilinçlendirilmesini içerir.

Dünya genelinde birçok termal turizm destinasyonu, kültürel mirasın korunması için özenli tasarımlara sahip olmaktadır. Bunun bir örneği, Japonya'daki Kinokuni Onsen'dir. Burada, termal kaynaklar doğal peyzaj ve mimari ile uyumlu hale getirilmiş,

geleneksel Japon onsen kültürünü koruyarak turistlerin deneyimlemesine imkan sağlanmıştır. Ayrıca, turizm faaliyetleriyle bölgedeki geleneksel el sanatları ve kültürel etkinliklerin korunması teşvik edilmiştir.

Bir diğer örnek, İtalya'daki Bagno Vignoni'dir. Burası, Roma döneminden kalma tarihi bir termal merkezdir ve UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde yer almaktadır. Bölge turizm faaliyetleri ile tarihi mirasın korunması ve turistlerin antik Roma kültürünü deneyimlemesi için tasarlanmıştır.

Türkiye'de de termal turizm destinasyonları, kültürel mirasın korunması açısından önem taşımaktadır. Kaplıca turizminin önemli merkezlerinden biri olan Afyonkarahisar'da, tarihi Afyon Kalesi ve tarihi termal hamamlar turizm faaliyetleri ile korunmaktadır. Yine, Bursa'daki termal merkezlerde Osmanlı dönemi hamamları, tarihi camiler ve kültürel etkinlikler turistlerin ilgisine sunulmaktadır.

Bu örnekler, termal turizm tasarımının kültürel mirasın korunması açısından ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Bu tasarım yaklaşımı hem turistlerin kültürleriyle buluşmalarını sağlarken hem de yerel halkın kültürel mirası koruma bilincinin artmasına katkıda bulunur.

6.5 Turizm Faaliyetlerinin Çeşitlendirilmesi

Termal turizm tasarımı, turizm faaliyetlerinin çeşitlendirilmesi için tasarlanmalıdır. Bu, turistlerin farklı faaliyetlerle ilgilenebileceği bir turizm ortamı yaratır. Örneğin, termal kaynakların yanı sıra, doğa yürüyüşleri, bisiklet turları, kültürel etkinlikler gibi faaliyetler de sunulabilir.

Termal turizm tasarımları, turistlerin ilgisini çekebilecek farklı faaliyetler sunarak çeşitlendirilmiş bir turizm ortamı yaratmaya yönelik olabilir. Örneğin, İzlanda'da bulunan Blue Lagoon, termal kaynakların yanı sıra doğal manzaraların ve buz mağaralarının da sunulduğu bir turizm alanıdır. Turistler burada yürüyüşler yapabilir, buz mağaralarını ziyaret edebilir ve termal suların keyfini çıkarabilirler. Bu sayede, turistlerin turizm alanında daha fazla zaman geçirmeleri sağlanır.

Japonya'daki Beppu şehri de farklı termal turizm faaliyetleri sunarak turistlerin ilgisini çekmektedir. Bu şehirde turistler, termal kaynakların yanı sıra, yerel kültürel etkinliklere katılabilir, doğa yürüyüşleri yapabilir ve geleneksel Japon binalarını ziyaret edebilirler.

Türkiye'de ise Kapadokya, termal turizme alternatif bir turizm sunan bir bölgedir. Bölgede tarihi yerleri ziyaret edebilir, balon turlarına katılabilir, at binme turlarına

çıkabilir, yamaç paraşütü yapabilir ve doğa yürüyüşleri yapabilirsiniz. Bu sayede, turistlerin ilgisini çekebilecek farklı aktiviteler sunularak turizm faaliyetleri çeşitlendirilmiş olur.

Bu örnekler, termal turizm tasarımlarının farklı faaliyetlerle çeşitlendirilerek turistlerin ilgisini çekebileceğini göstermektedir. Bu sayede, turizm sektörü çeşitlendirilerek daha sürdürülebilir hale getirilebilir ve turistlerin bölgede daha fazla zaman geçirmeleri sağlanabilir.

Tüm bu unsurların bir arada değerlendirilmesi, sürdürülebilir bir termal turizm tasarımının anahtarlarından biridir.

Dünya ekonomisindeki değişimler, turizm çekiciliklerinin değişmesinde önemli bir etkidir. Örneğin, küresel finansal kriz sonrasında, turizm sektörüne yapılan harcamalarda azalma yaşandı (Gössling ve Scott, 2014). Ayrıca, artan küreselleşme, turizm sektöründe değişen talepleri tetikledi ve farklı turizm türleri ortaya çıktı (Hjalager, 2010). Bununla birlikte, iklim değişikliği, doğal afetler ve güvenlik sorunları gibi faktörler de turizm çekiciliklerinde değişikliklere neden olmaktadır (Scott, Gössling ve Hall, 2012). Buna ek olarak, turizm sektöründe yeni teknolojilerin kullanımı ve turistlerin internet üzerinden tatil planlaması da turizm çekiciliklerinin değişmesinde etkili olmuştur (Buhalis ve Law, 2008).

Geleneksel tatil anlayışı olan paket turlar, turistlerin ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalabilmektedir. Artan bilinç seviyeleri ile birlikte turistler daha fazla bağımsızlık, esneklik ve deneyimleme isteği ile tatil planlamaktadırlar. Bu durumda, turistler daha fazla kişisel kontrol ve karar verme gücüne sahip olmak istemektedirler (Uriely, 2005). Ayrıca, turizmdeki gelişmeler ve internet kullanımının yaygınlaşması ile birlikte, turistlerin turizm hizmetleri hakkında daha fazla bilgiye sahip olmaları ve kendi tatil planlarını oluşturabilmeleri mümkün hale gelmiştir. Bu nedenle, turistler paket turlar yerine, kendi seyahat rotalarını oluşturmayı ve kendilerine özgü deneyimler yaşamayı tercih etmektedirler (Echtner ve Prasad, 2003).

Turizm çekiciliklerinin değişmesiyle birlikte, turistlerin doğa ve sağlık turizmine olan ilgisi artmaktadır. Bunun nedenleri arasında, artan sağlık bilincinin yanı sıra doğal ve sürdürülebilir turizme olan talebin artması yer almaktadır (Köseoğlu ve Şimşek, 2017). Ayrıca, kentlerdeki stresli yaşam koşulları, turistlerin doğal alanlarda dinlenme ve kendilerini yenileme ihtiyacını artırmaktadır (Buckley ve Şimşek, 2010). Sağlık turizmi de, turistlerin sağlık hizmetleri ihtiyaçlarını karşılamak için tercih edilen bir turizm

türüdür. Bu alanda, tıbbi tedavi, termal turizm, spa ve wellness turizmi gibi çeşitli alt kategoriler yer almaktadır (Erfurt-Cooper ve Cooper, 2009).



7. BULGULAR

Yapılan literatür taraması ve saha çalışmaları Muş ilinin bazı bazı alanlarında önemli jeotermal potansiyel olduğu belirlenmiştir. Suların sıcaklık ve bazı kimyasal özellikleri dikkate alındığında termal turizm için kullanıma uygun oldukları düşünülmektedir.

CBS kullanılarak ile ait jeotermal suların mevcut yerleri kaydedilmiş, yüzey sıcaklıklarını gösteren yüzey sıcaklık haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan sıcaklık haritasında (Harita 4.2) sıcaklık değişimi, Ekinci vd.,2020) yapılan ile de uyumlu olduğu görülmüştür. Bu sıcaklık değişimi Ekinci (2020) tarafından Nemrut Kalderası ve civarı için gerçekleştirilmiş modelleme çalışmalarında; Nemrut Kalderası altında yaklaşık 5 km derinlikte bir magma odasının varlığı belirtilmiştir. Kalderada ve civarında bulunan sıcak su çıkışlarının oldukça sığ derinlikte bulunan bu magma odasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Bu yorum bu tez çalışması için oluşturulan haritada ki (Harita 4.2) sonuçlarla da oldukça uyumludur. Yüzey suyu sıcaklık haritasında Muş ilinin doğusundan batıya doğru kademeli olarak sıcaklıkların düştüğü görülmektedir. Bu bulgunun ısıtıcı görevi gören sözü geçen magma odasından uzaklaşmayla örtüştüğü açıktır. Varto civarında gözlemlenen yüksek sıcaklık değerlerinin bu bulguya özgü mü yoksa farklı bir sistemden mi kaynaklandığını belirleyebilmek için kapsamlı jeofizik çalışmaların yapılması önerilmektedir.

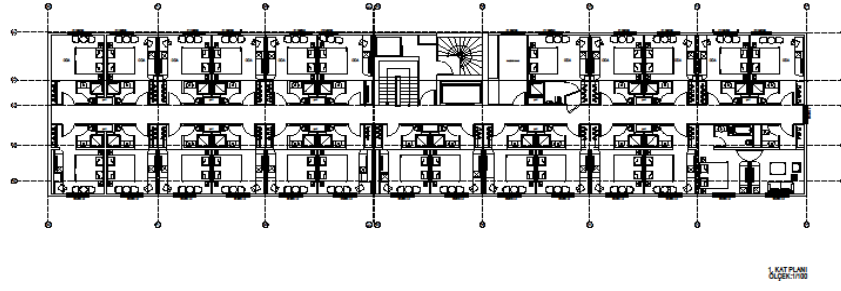
Muş ilinin sismik açıdan aktif bir sahada yer alması ilin jeotermal açıdan önemli bir potansiyele sahip olmasına neden olmuştur.

Muş il sınırları içerisinde ve ilin çevresinde önemli aktif faylar yer almaktadır.

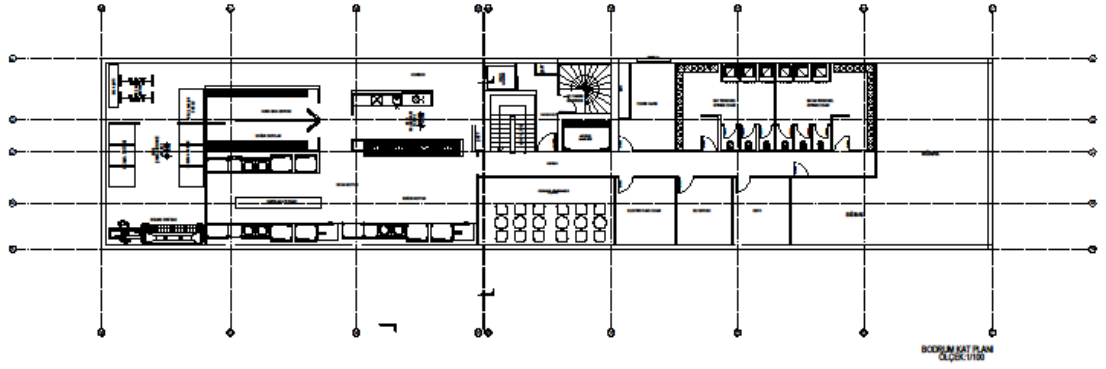
Yıllık ortalama 700 mm civarında yağış alması, kış mevsimindeki karın uzun süre yerde kalması, Murat ve Karasu gibi iki önemli akarsuya sahip olması, sulak alanların varlığı il sınırları içerisinde yer alan jeotermal sistemlerin akışkanla beslenmesi açısından önemli unsurlardır.

Muş ili gibi ekonomik kaynakların sınırlı olduğu illerde kaynakların doğru kullanımı, ekonomik yatırımların ilin kendi bünyesinden karşılanması ilin sektörel anlamda rekabet şansını artıracaktır.

Termal turizm gibi çarpan etkisi yüksek ve kendi maliyetini karşılama süresi kısa olan kaynaklar bakımından Muş ili Alagöz, Kaynarca, Güzelkent, Nemrut, Güroymak gibi jeotermal alanlara sahiptir.



Şekil 7.2. Termal tesise ait 1. Kat planı



Şekil 7.3. Termal tesise Bodrum Kat planı



Resim 7.4. Termal tesise ait üç boyutlu görünümü



Resim 7.1. Termal tesise ait üç boyutlu görünümü



Resim 7.2. Termal tesise ait üç boyutlu görünümü



Resim 7.3. Termal tesise ait üç boyutlu görünümü

8.SONUÇ

Bu çalışma Muş ilinin jeotermal potansiyelini değerlendirerek termal turizm için örnek bir tesis tasarımı sunmaktadır. Elde edilen bulgular, bölgedeki potansiyelin ve sürdürülebilir kalkınma için jeotermal turizmin önemli bir unsur olabileceğini vurgulamaktadır. Ayrıca, bu çalışma gelecekte yapılacak daha detaylı araştırmalar ve proje uygulamaları için bir temel oluşturabilecek bir başlangıç noktası sunmaktadır.



KAYNAKÇA

- Anonim, 2021Joetermalhaber.com
- Anonim, 2022. http://www.kursatozcan.com/jeoter_mal_enerji/
- Alkan, H. 2022. Crustal structure in and around the East Anatolian volcanic belt by using receiver functions stacking. *Journal of African Earth Sciences*, 191, 104532.
- Alkan, H., Büyüksaraç, A., Bektaş, Ö., Işık, E. 2021. Coulomb stress change before and after 24.01. 2020 Sivrice (Elazığ) Earthquake (Mw=6.8) on the East Anatolian Fault Zone. *Arabian Journal of Geosciences*, 14 (23), 1–12.
- Bozkurt, E. 2001. Neotectonics of Türkiye-a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14 (1–3), 3–30.
- Buckley, R., Şimşek, Z. 2010. Ecotourism and certification: Setting standards in practice. *Journal of Sustainable Tourism*, 18(3), 297-317.
- Buhalis, D., Law, R. 2008. Progress in information technology and tourism management: 20 years on and 10 years after the Internet—The state of eTourism research. *Tourism Management*, 29(4), 609-623.
- Dölek, İ. 2021. Muş Tarihini Şekillendiren Coğrafya. In M. Alanoğlu, M. Alican, & M. Özalper (Eds.), *Muş Tarihi*. İdeal Kültür Yayıncılık, İstanbul, ss. 36-51.
- Echtner, C. M., Prasad, P. 2003. The context of third-world tourism marketing. *Annals of Tourism Research*, 30(3), 660-682.
- Ekinci, Y. L., Büyüksaraç, A., Bektaş, Ö., Ertekin, C. (2020). Geophysical investigation of Mount Nemrut stratovolcano (Bitlis, Eastern Turkey) through aeromagnetic anomaly analyses. *Pure and Applied Geophysics*, 177(11), 3243-3264.
- Emre, O., Duman, T. Y., Ozalp, S., Saroglu, F., Olgun, S., Elmaci, H., Can, T. 2018. Active fault database of Türkiye. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16, 3229–3275.
- Erfurt-Cooper, P., Cooper, M. 2009. Health and wellness tourism. Butterworth-Heinemann.
- Gargiulo, M. 2019. Geothermal Energy: An Overview of the Main Scientific and Technical Aspects. *Energies*, 12(14), 2707. doi: 10.3390/en12142707
- Gianessi, F., Martelli, F., Pieri, D. 2012. Geothermal Energy: Current Status and Future Development in Italy. *Energy Procedia*, 24, 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.06.009>

- Gössling, S., Scott, D. 2014. *Tourism and water: Interactions, impacts and challenges*. Channel View Publications.
- Hjalager, A. 2010. A review of innovation research in tourism. *Tourism Management*, 31(1), 1-12.
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., Kuloshvili, S. 2001. Neotectonics of East Anatolian plateau (Turkey) and lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta*, 14, 177–195.
- Koroneos, C. 2012. Geothermal energy in Greece: Status and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4998-5009. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.049>
- Köseoğlu, M. A., Şimşek, Z. 2017. The effects of sustainability on nature and health tourism: A research on the Turkish Aegean and Mediterranean regions. *Journal of Destination Marketing & Management*, 6(1), 50-59.
- Kucukali, S., Yilmaz, I. 2018. Geothermal energy and its current use. *In Renewable Energy and Sustainable Technologies for Building and Environmental Applications*. Springer, Cham, pp. 253-277.
- Kuo, C.-H., Chen, Y.-J. 2010. A Review of Geothermal Classifications and their Applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(8), 1999-2010. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.012>
- Kuşçu, İ., Özsayar, T., Güleç, N. 2021. Muş Havzasının Jeolojisi. *2nd International Bitlis Congress*, 30-31.
- Lucon, E., Chiappini, M. 2010. The geothermal potential of the Italian territory: An overview. *Geothermics*, 39(4), 276-290.
- Lund, J. W. 2011. Geothermal resources for electric power generation. *Renewables: A Review of Sustainable Energy*, 2(4), 180-206.
- Mert, B. A., Aydın, A. 2017. Çaldıran/VAN Jeotermal Enerji Kaynakları ve Kullanım Olanaklarının Araştırılması. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22 (1): 12-20, 2017
- Ozgener, L., Hepbasli, A. 2016. Utilization of geothermal energy for greenhouse heating applications. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1636-1646.
- Öztürk, H. 2015 Jeotermal seracılık. *Umuttepe Yayınları*, Kocaeli
- Rafferty, K., Boak, R. 2012. Geothermal energy: An alternative resource for the 21st century. *Renewable Energy*, 44, 195-198.

- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R. 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 111, B05411.
- Schellschmidt, R., Yang, C., Zhou, W., Lund, J. 2015. Geothermal energy development and its potential environmental impact in China. *Energy Policy*, 86, 338-347.
- Scott, D., Gössling, S., Hall, C. M. 2012. Tourism and water: Interactions, impacts and challenges: an introduction. *In Tourism and Water*. Channel View Publications, pp. 1-12.
- Sharma, V. 2018. Geothermal energy: An environmentally friendly renewable energy source. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 9(4), 837-844.
- Şengör, A. C., Özeren, M. S., Keskin, M., Sakıncı, M., Özbakır, A. D., Kayan, I. 2008. Eastern Turkish high plateau as a small Turkic-type orogen: Implications for post-collisional crust-forming processes in Turkic-type orogens. *Earth-Science Reviews*, 90 (1-2), 1–48.
- Şengör, A. M. C., Ketin, İ. 2005. Jeotermal enerji kaynakları ve Türkiye'deki durumları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 48(1), 1-25.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Türkiye: a plate Tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181–241.
- Taymaz, T., Yılmaz, Y., Dilek, Y. 2007. The geodynamics of the Aegean and Anatolia: introduction. *Geological Society, London, Special Publications*, 291 (1), 1–16.
- Tester JW, Anderson BJ, Batchelor AS, Blackwell DD, DiPippo R, Drake EM, Garnish J, Livesay B, Moore MC, Nichols KM, Petty S, Toksöz MN, Veatch Jr RW, Baria R, Augustine C, Murphy E, Negraru P, Richards M. 2006. The future of geothermal energy: impact of enhanced geothermal systems (EGS) on the United States in the 21st century. *Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts* (ISBN: 0-615-13438-6).
- Uriely, N. 2005. The tourist experience: conceptual developments. *Annals of Tourism Research*, 32(1), 199-216.
- Uzelli, T. (2019). Varto ve Muş havzalarındaki (Doğu Anadolu, Türkiye) jeotermal sistemlerin yapısal kontrolleri Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Ankara.

- Yılmaz, H., Yılmaz, A. 2019. Structural evolution of the Eastern Anatolian Basins: an example from collisional to postcollisional tectonic processes, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 28, 329–350.
- WB (2021). Turkey – Assessment of Opportunities and Interest in Direct Uses of Geothermal Energy, Project Final Report Workshop Presentation, World Bank, ESMAP, Stantec and Reykjavik Geothermal, 15 September 2021.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Onur Cem ALGAN

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Muş Endüstri Anadolu Meslek Lisesi	2010
Üniversite	: Fırat Üniversitesi	2018
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

