



Denizli İli Jeotermal Enerji Kaynakları ve Kullanım Alanlarının Araştırılması

Mehmet KOZAK ^{a*}

^a TCDD 7. Bölge Demiryolu Bakım Servis Müdürlüğü, Afyonkarahisar, TÜRKİYE

* Sorumlu yazar e-posta adres: mkozak15@hotmail.com

ÖZET:

Bu araştırmada, Denizli ili jeotermal enerji kaynaklarının araştırılması amaçlanmıştır. Günümüzde dünyadaki enerji ihtiyacının büyük bir bölümü konvansiyonel enerji kaynakları kullanılarak karşılanmaktadır. Bunun yanı sıra dünyadaki enerji ihtiyacı her geçen gün artış göstermekte ve konvansiyonel yakıtların rezervleri dünya üzerinde sınırlı ve artan enerji ihtiyacına bağlı olarak giderek tükenmekte ve bu durum gelecekteki üretim/tüketim dengesinin sağlanmasını tehlikeye düşürmektedir. Bütün bunların yanı sıra konvansiyonel yakıtların kullanılması, doğaya büyük ölçüde zarar vermektedir. Bu açıdan günümüzde yenilenebilir enerji sistemlerinden birisi olan jeotermal enerji çok önemli olup kullanımının yaygınlaştırılması ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır.

Denizli ili sıcak su kaynakları bakımından oldukça zengindir. Kaynaklar Büyük Menderes Grabeni ve Gediz Grabenini oluşturan kırık hatları boyunca çıkmakta ve 10 adet jeotermal saha bulunmaktadır. Denizli ilinin jeotermal enerji kaynakları elektrik enerji üretiminde, kaplıca, kuru buz üretimi, konut ve sera üretiminde kullanılmaktadır. Ülkemizde yer alan jeotermal enerji santrallerinde ki kurulu gücün yaklaşık % 25 Denizli ilinde bulunan jeotermal enerji santrallerinde üretilmektedir. Jeotermal enerjiden yararlanmanın birbirine entegre edilerek elde edilen jeotermal akışkanın birden fazla amaç için kullanılmasının yaygınlaştırılması Ülkemiz ekonomisine büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Denizli, Jeotermal, Jeotermal enerji, Pamukkale, Kızıldere.

Investigation of Denizli Geothermal Energy Sources and Usage Areas

ABSTRACT:

In this study, it was aimed to investigate the geothermal energy resources of Denizli province. Today, most of the energy need in the world is met by using conventional energy sources. In addition, the need for energy in the world is increasing day by day, and the reserves of conventional fuels are increasingly depleted due to the limited and increasing energy need in the world, and this endangers the maintenance of the future production / consumption balance. In addition to all these, the use of conventional fuels greatly harms the nature. In this respect, geothermal energy, which is one of the renewable energy systems today, is very important and the widespread use will make a great contribution to the national economy.

Denizli province is very rich in terms of hot springs. The springs are located along the broken lines forming the Büyük Menderes Graben and Gediz Grebe and there are 10 geothermal fields. Geothermal energy sources of Denizli province are used in electricity energy production, hot spring, dry ice production, residential and greenhouse production. Approximately 25% of the installed power in the geothermal power plants in our country is produced in the geothermal power plants in Denizli. It is thought that the utilization of geothermal energy by integrating the use of geothermal energy for more than one purpose will make a great contribution to the economy of our country.

Keywords: Denizli, Geothermal, Geothermal energy, Pamukkale, Kızıldere

1. GİRİŞ

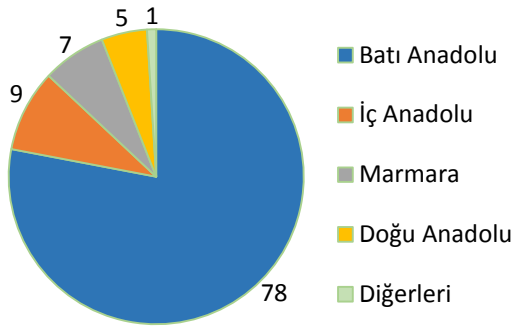
Günümüzde dünyadaki enerji ihtiyacının büyük bir bölümü kömür, doğal gaz ve petrol gibi konvansiyonel enerji kaynakları kullanılarak karşılanmaktadır. Bunun yanı sıra dünyadaki enerji ihtiyacı her geçen gün artış göstermekte, bu durum da konvansiyonel yakıt ihtiyacını giderek arttırmaktadır. Öte yandan bahsi geçen konvansiyonel yakıtların rezervleri dünya üzerinde sınırlıdır ve artan enerji ihtiyacına bağlı olarak giderek tükenmektedir. Bu durum da gelecekteki üretim ve tüketim dengesinin sağlanmasını tehlikeye düşürmektedir. Bütün bunların yanı sıra konvansiyonel yakıtların kullanılması, sera gazı salınımının önemli oranda artmasına ve buna bağlı olarak küresel ısınma gibi bütün dünyayı etkileyebilecek önemli sonuçların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu açıdan günümüzde başta güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik ve biyokütle olmak üzere alternatif ve yenilenebilir enerji sistemleri, çevre dostu ve sürdürülebilir bir işletim sağladıklarından dolayı gelecek açısından önemli olarak değerlendirilen enerji kaynakları konumundadırlar [1].

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal enerji, yerin derinliklerindeki kayaçlar içinde birikmiş olan ısının akışkanlarca taşınarak rezervuarlarda depolanması ile oluşmuş sıcak su, buhar ve kuru buhar ile kızgın kuru kayalardan yapay

yollarla elde edilen ısı enerjisidir [2].

Jeotermal enerji, bütün dünyada olduğu gibi Türkiye'de de kullanılmakta ve giderek de önemi artmaktadır. Halen kullanılmakta olan fosil yakıtların (petrol, doğalgaz, kömür) tükenebilir enerji kaynakları olmalarının getirdiği kaygılara paralel olarak fiyatlarında artış olabileceği nedeniyle jeotermal enerjiye ilgi artmakta ve kullanım alanları genişlemektedir. Örneğin jeotermal enerji günümüzde; konut ısıtmacılığında, elektrik enerjisi üretiminde, sera ısıtmacılığında, termal turizmde, düşük sıcaklıklarda kültür balığı üretimi gibi çeşitli alanlarda kullanılmakta ve kullanım alanları da gün geçtikçe yenileri eklenmektedir. Bu açıdan bakıldığında Ülkemizdeki jeotermal enerji alanlarının araştırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi çok büyük öneme sahiptir.

Bilindiği gibi jeotermal enerji yenilenebilir temiz, ucuz ve çevre dostu olan yerli bir yeraltı kaynağıdır. Ülkemiz jeolojik ve coğrafik konumu itibarı ile aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer aldığı için jeotermal açıdan dünya ülkeleri arasında zengin bir konumdadır. Ülkemizin her tarafına yayılmış 1000 adet civarında doğal çıkış şeklinde değişik sıcaklıklarda birçok jeotermal kaynak mevcuttur. Ülkemizin jeotermal potansiyeli oldukça yüksek olup, potansiyel oluşturan alanların bölgelere göre yüzdeleri Şekil 1.'de verilmiştir [3].



Şekil 1. Türkiye jeotermal kaynak alanları bölgelere göre dağılımı

Jeotermal kaynaklarımızın % 90'ı düşük ve orta sıcaklıklı olup, doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar vs.) için uygun olup, % 10'u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur [3]. Şekil 2.'de Ülkemizin jeotermal kaynak alanları ve sıcaklık dağılımı haritası verilmiştir.



Şekil 2. Türkiye jeotermal kaynak alanları ve sıcaklık dağılımı haritası [4].

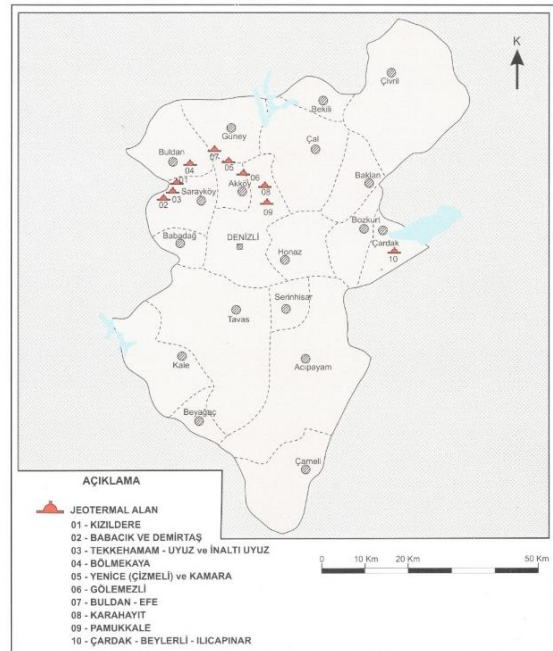
Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2018 yılı sonu verilerine göre 14,9 GW düzeyindedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk 5 ülke; ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Yeni Zelanda şeklindedir. Elektrik dışı kullanım ise 70.000 MW aşmış olup, Dünya'da doğrudan kullanım uygulamalarındaki ilk 5 ülke ise ABD, Çin, İsveç, Belarus ve Norveç'tir.

Jeotermal kaynakların arama ve ortaya çıkarılması çalışmaları MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1962 yılında başlatılarak bugüne kadar getirilmiş olup 287,5 °C sıcaklığa kadar ulaşan yüksek sıcaklıklı jeotermal kaynaklar keşfedilmiştir [3].

Bu çalışma ile Denizli ilinde yer alan jeotermal sahalar ve kullanım alanlarının araştırılması amaçlanmıştır. Yapılan bu çalışmanın literatüre katkı sunması hedeflenmiştir.

2. JEOTERMAL SAHALAR

Denizli ili sıcak su kaynakları bakımından oldukça zengindir. Kaynaklar Büyük Menderes Grabeni ve Gediz Grabenini oluşturan kırık hatları boyunca çıkmaktadır. Denizli ilinde bulunan jeotermal alanlar Şekil 3.'de verilmiştir.



Şekil 3. Denizli ili jeotermal alanları [5].

Denizli ilinde bulunan jeotermal sahaların jeolojisi birbirine benzerlik göstermekte olup bu çalışmada Kızıldere jeotermal

sahasının jeolojisi ele alınmıştır. Kızıldere jeotermal sahası, Denizli Sarayköy yakınlarında, Büyük Menderes nehrinin batı ucunda yer almaktadır [6]. Bölgede Menderes Masifine ait metamorfik kayalar ile Pliyosen ve Kuvaterner çökel kayaları bulunur. Temelde Menderes Masifinin metamorfikleri ve İğdecik Formasyonu yer almaktadır. Bunlar tabandan tavana doğru yanal ve dikey geçişli gnays, şist, kuvarsit, mikaşist ve mermerlerle temsil edilmektedir.

Senezoyik'e ait Alt Pliyosen çökelleri alttan itibaren çakıltası ve kumtaşından oluşan Kızılburun Formasyonu, kireçtaşı ve marndan oluşan Sazak Formasyonu, marn ve kumtaşından oluşan Kolonkaya Formasyonu ile temsil edilmektedir. Bunların üzerindeki Üst Pliyosen yaşlı Tosunlar Formasyonu bloklu çakıltası, kumtaşı ve kireçtaşından oluşur. Kuvaterner kaya topluluklarına ilişkin olarak ise eski alüvyon, yeni alüvyon ve yamaç molozları gözlenir.

Kızıldere jeotermal alanı Ege Graben sistemleri içinde yer almaktadır. Kenar fayları olarak izlenen kırıkların hemen hepsi derine doğru eğimleri azalan listirik normal faylardır. Bölgesel yapıyı kontrol eden kırık hatları D-B, KD-GB, KB-GD doğrultuludur. Fakat ana yapı D-B yönlü kırıklardır. Jeotermal alanlar bu kırık hatları üzerinde yüzeylenmişlerdir [5].

Menderes Masifi Metamorfitleri: En

yaşlı birimler, Menderes Masifine ait metamorfitler olup, Menderes Masifinin çekirdeğini gnayslar oluşturmaktadır. Gnayslar ilksel kayaçların bileşimine ve metamorfizma derecesine göre, benekli gnays, ince taneli gnays ve albit gnays olarak tanımlanmaktadır. Genellikle sert, keskin topoğrafyalı, ince-orta katmanlı, bol eklemlili ve kırıklı olan kuvarsitler ise, gnaysların üzerinde ve şistlere geçiş zonlarında yer almaktadırlar [7]. Yörede ana rezervuar kaya, metamorfik temele ait mermer, kuvarsit, kuvarslı şist ve gnayslarla temsil edilmektedir [5].

İğdecik Formasyonu: Mikaşist – kuvarsit - mermer araldanmasından oluşan birime, Şimşek (1984) tarafından İğdecik Formasyonu adı verilmiştir. Birim Kızıldere jeotermal sahasında II. hazne kayacı oluşturmaktadır. İğdecik Formasyonunu oluşturan birimler birbirleri ile düşey ve yanal geçiş göstermektedir. Birimdeki kalın mermerler, genellikle şistlerin en üst seviyelerinde şistlerle ve kuvarsitlerle araldanmalı olarak görülmektedir. Şistler içinde önce kalk şistler daha üstte orta-kalın katmanlı mermerler gözlenmektedir. Mermerler genellikle koyu gri ve beyaz renkli, iri kristalli, mika pullu, kırılğan, bol eklemlili ve ince-orta katmanlıdır [7].

Kızılburun Formasyonu: İnceleme alanında genellikle horst alanlarında gözlenen Kızılburun Formasyonu, alacalı, kızıl, kahverengi, yeşil, sarımsı çakıltası, kumtaşı, kıltaşı ve killi kireçtaşı katmanlarından

oluşmaktadır. Kötü boylanmış kaba kırıntılarının çokluğu, yuvarlak ve yassı çakılların bulunuşu, oygu ve dolgu yapıları, çapraz katmanlanma ve kanal yapılarının, kömürlü seviyelerin, karasal Lamellibrans ve Gastropod'ların varlığı, formasyonun akarsu-göl ortamında çökeldiğini göstermektedir. Çakıltaşı ve kumtaşının nöbetleşmesi olasılı sellenme dönemleri sonunda kaba taneli malzemenin durulduğunu belirtmektedir [7].

Gerek komşu sahalarla deneştirilmesi, gerekse bu birimin üzerine konkordan olarak gelen Sazak Formasyonunun Alt Pliyosen yaşlı olması nedeni ile birime Alt Pliyosen yaşı olabileceğini ileri sürmüştür [8].

Sazak Formasyonu: Kızıldere jeotermal alanında birinci-hazne kayayı oluşturan birim, kireçtaşı, marn, miltaşı, kıltaşı ve diatomitten oluşmaktadır. Düşük enerjili, duraysız şelfli bir gölde çökelen Sazak Formasyonu tabanda Kızılburun Formasyonu, tavanda ise Kolankaya Formasyonu ile dikey geçişlidir.

Kolankaya Formasyonu: Kumtaşı - marn aralanmasından oluşan Kolankaya Formasyonu, Sazak Formasyonu ile geçiş zonlarında kılavuz seviye olabilecek kireçtaşlarını da içermektedir. Diğer birimleri gibi yanal fasiyes değişimleri sunan formasyon, havzanın değişen özellikleri nedeni ile; kumtaşı, marn, miltaşı, kıltaşı ve yer yer jipsli

seviyelerden oluşmaktadır. Killi ve marnlı seviyelerinin varlığı nedeni ile çok uygun bir örtü kayadır.

Tosunlar Formasyonu: Geniş alanlar kaplayan formasyon, gevşek tutturulmuş alacalı kırmızı ve sarımsı çakıltaşı, kumtaşı ile kıltaşı ve kireçtaşından oluşmaktadır. Blok ve çakıllar köşeli, gevşek tutturulmuş, kötü boylanmalı ve genellikle az belirgin katmanlı eski bir yığışım çökeli olarak görülür. Genellikle üst seviyelerde bloklu ve çakıllıdır. Çakıl taşlarının bileşenleri arasında Menderes Masifine ait gnays, şist, mermer, kuvarsit ile Mesozoyik birimlerine ait çakıl taşları, kireçtaşı, ofiyolit ve Alt Pliyosen yaşlı Kızılburun, Sazak ve Kolankaya formasyonuna ait çakıl ve bloklar vardır. Üst Pliyosen-Kuvaterner yaşı verilen birim az tuzlu gölsel ortamda çökelmiştir.

Alüvyon: Büyük Menderes Nehrinin alüvyon dolgusu çok yaygındır ve doğuya doğru daha da genişlemekte, Gediz ve Büyük Menderes grabenini birleştiren alanda genişlik yaklaşık 15 km'yi bulmaktadır. Bu alanda Büyük Menderes Nehri ile Çürüksu Çayı ve Buldan Çayları birleşmektedir. Çökeller çakıl, kum, mil ve kil aralanmasından oluşmaktadır [7].

3. JEOTERMAL SULARIN KULLANIM ALANLARI

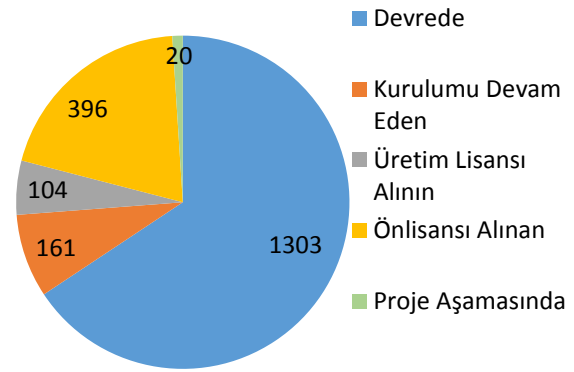
Jeotermal suların, kuyudan çıkarılan sıcaklığına göre çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Düşük sıcaklıklı olarak adlandırılan 20-70 °C sıcaklık aralığındaki

jeotermal suların elde edildiği sahalarda çokluğu, kaplıca kullanımını yaygınlaştırmıştır. Orta sıcaklıklı olarak adlandırılan 70-150 °C aralığında sıcaklığa sahip jeotermal akışkanlar, genellikle konut ısıtma ve seracılık amacı ile kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklık olarak tabir edilen 150°C sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklardaki jeotermal akışkanın elde edildiği sahalarda ise elektrik enerjisi elde edilmektedir [9].

Dolayısıyla jeotermal akışkanlar sıcaklıklarına göre farklı alanlarda veya birbirine uyum sağlamak suretiyle değerlendirilmekte ve başlıca kullanım alanları; elektrik enerjisi üretimi, merkezi ısıtma, soğutma, sera ısıtması, endüstriyel amaçlı kullanım, kimyasal madde üretimi, mineral eldesi, karbondioksit, gübre, lityum, ağır su eldesi, kaplıca maksatlı kullanım ve çok düşük sıcaklıklarda (30°C) kültür balıkçılığı üretimidir [10].

3.1. Denizli Jeotermal Suların Elektrik Enerjisi Üretiminde Kullanımı

Ülkemizde 48 adet devrede, 5 adet kurulumu devam eden, 4 adet üretim lisansı alınan, 18 adet önlisansı alınan ve 1 de adet proje aşamasında olmak üzere toplam 76 adet jeotermal enerji santrali bulunmaktadır. Ülkemizde bulunan jeotermal enerji santrallerinin işletme ve proje aşamalarına göre güçleri MW cinsinden Şekil 4.'de verilmiştir [11].



Şekil 4. Ülkemizde bulunan jeotermal enerji santrallerinin işletme ve proje aşamalarına göre güçleri (MW) [11].

Denizli ilindeki jeotermal enerji santralleri Tablo 1.'de verilmiştir [11].

Tablo 1. Denizli ilindeki jeotermal enerji santralleri [11].

Durumu	Santral Adı	Firma	Güç (MW)	Toplam Güç (MW)
Devrede	Kızıldere 3 JES	Zorlu Enerji	165	322,66
	Kızıldere 2 JES	Zorlu Enerji	80	
	Greeneco 3 JS	Greeneco Enerji	26	
	Greeneco JES	Greeneco Enerji	26	
	Kızıldere (Zorlu) JES	Zorlu Enerji	15	
	Bereket Enerji Kızıldere JES	Bereket Enerji	6,85	
	Tosunlar JES	Akça Enerji	3,81	
Kurulumu Devam Eden	Jeoden JES	Jeoden Elektrik Üretim	2,52	2,52
Üretim Lisansı Alınan	Greeneco 5 JS	Greeneco Enerji	28,05	31,05
	Gök JES	İn-Altı Termal Turizm	3	

Önlisansı	Greeneco 6 JS	Greeneco Enerji	26	
Alınan	Emirler 1 JES		9,9	35,90
		Toplam	392,13	392,13

Denizli’de jeotermal enerjinin, elektrik üretiminde kullanıldığı saha Denizli’ye 35 km uzaklıktaki Kızıldere jeotermal sahasıdır. Burası Türkiye’de jeotermal enerjinin elektrik üretiminde kullanıldığı ilk saha olması nedeniyle çok önemlidir.

Denizli’de jeotermal enerjiden elektrik elde edilmesi ilk olarak MTA Genel Müdürlüğü tarafından Kızıldere jeotermal sahasında yapılan sondajlarla 1968 yılında başlanmıştır. Sahadan küçük ölçekli yararlanma Kızıldere’de küçük bir buhar türbini (0.5 MW) kurulmasıyla 1975’de başlamıştır [12].

3.2. Denizli Jeotermal Suların Kuru Buz Üretiminde Kullanımı

Ülkemizde ve özellikle dünyada tek uygulama alanı olan jeotermal enerjiden kuru buz üretimi Denizli Kızıldere bölgesinde gerçekleştirilmektedir. Kuru buz üretilirken, buhar içinde kullanılmayan ve kondanse olmayan gazlardan yararlanılmaktadır. Kızıldere’de üretilen karbondioksit ve kuru buzun çok geniş kullanım alanları bulunmakta olup bunlara; meşrubat sanayi, seralarda, endüstride, yangın söndürme aletlerinde, gıda maddesi saklamada, termik santrallerde, eğlence merkezlerinde, cenazelerde, tıp alanında, kömür ocaklarında, çimento fabrikaları örnek verilebilir.

Kızıldere jeotermal sahasında üretilen kuru buz hem yurt içi hem yurt dış pazarlarına satılarak bölge ve ülke ekonomisine önemli

bir katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda bu tür yatırımların bölgesel kalkınmayı da destekleyeceği düşünüldüğünde bu tip yatırımların artırılması gereği ortaya çıkmaktadır [12]. Kızıldere Bölgesi’nde ki Linde Gaz, Türkiye’nin sıvı karbondioksit ihtiyacının yüzde 70’ini karşılamaktadır [13].

3.3. Denizli Jeotermal Suların Termal Sağlık Turizminde Kullanımı

Pamukkale dünyada önemli bir yere sahip turistik çekim merkezidir. Antik Hierapolis kenti kalıntıları arasında doğal termal suyun oluşturduğu doğa harikası yıllık 3 milyon turist çekmektedir. Laodikya, Afrodisas, Tripolis, Efes gibi antik kültür, sanat ve dini merkezler ile birlikte sunulabilecek değerlere sahiptir. Türkiye’ye gelen 30 milyon turist Pamukkale için hazır potansiyeldir. Pamukkale Özel Çevre Koruma Bölgesi; Dünya Miras Listesinde yer alan Pamukkale Travertenleri ve Hierapolis Antik Kenti, Jeotermal Kaynakların potansiyel değerleri, bölgede gelişen turizm potansiyeli, bölgenin biyoçeşitliliği, yerleşimlerin turizm ve kentsel gelişme ihtiyaçları ve artan altyapı talepleri nedeniyle özel çevre koruma bölgesi olarak tespit ve ilan edilmiştir. Pamukkale-Karahayit Kür ve Rehabilitasyon Bölgesinde dünyanın hiçbir yerinde bulunmayan 3 adet termomineral su kaynağı ve bir adet çamur kaynağı (peloid) bulunmaktadır.

Dünyada jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke sıralaması ABD, Çin, İsveç, Türkiye ve Almanya'dır. Denizli başta olmak üzere ülkemizin avantajları; termal kaynakların debilerinin yüksek olması, eriyik mineral maddeler ve sıcaklık değerleri bakımından termal kür ve uygulamalarına uygun olması ve termal kaynakların çoğunun coğrafi konumlarıyla (deniz kıyısına yakın veya orta yükseklikteki dağlık ve ormanlık bölgede) termal turistik çekim merkezi olmaya aday olmasıdır. İç ve dış turizme on iki ay hizmet sunulabilecek Denizli ili en çok turist çeken iller sıralamasında Ülkemizde Antalya, İstanbul, Muğla ve Edirne'den sonra 5. sırada yer almakta olup, İlimizde yer alan Pamukkale Ören yerini her yıl 3 milyon turist ziyaret etmektedir [14].

Sarayköy Termal Turizm Merkezi, Akköy - Gölemezli Termal Turizm Merkezi, Gölemezli Çamur Kaplıcaları, Buldan - Tripolis Termal Turizm Merkezi, Çizmeli (Yenice) Kaplıcaları, Çardak - Beylerli Termal Turizm Merkezi, Pamukkale Termal Suları, Pamukkale Travertenleri, Karahayıt Kaplıcaları gibi Denizli ilinde önemli termal ve kaplıca turizm merkezleri bulunmaktadır [15 ve 16].

3.4. Denizli Jeotermal Suların Konut Isıtımında Kullanımı

Halen Sarayköy ilçesi jeotermal kaynaklarla ısıtılmaktadır. Denizli ve çevresinde 100.000 civarında konutun bu kaynaklardan ısıtılma potansiyeli vardır [14]. Denizli-Sarayköy

ilçesinde 2500-3000 konut ısıtılmakta ve Denizli kentinin ısıtılması için girişimler sürmektedir [17].

3.5. Denizli Jeotermal Suların Sera Isıtımında Kullanımı

Denizli İl Özel İdaresi kayıtlarına göre; bölgede örtü altı üretim alanı 597 dekar olup, bunun 387 dekarı jeotermal sera alanıdır. Türkiye'de jeotermal sahaların belirlenmiş potansiyellerine göre bölgesel dağılıma bakıldığında %78'lik oranla Ege Bölgesi en fazla jeotermal sahaya sahiptir. Bunu İç Anadolu ve Doğu Anadolu takip etmektedir. Ege Bölgesi illeri içerisinde de Denizli ili yaklaşık %16 paya sahiptir. Jeotermal kaynakların sıcaklıkları 29 - 100 °C arasında, sondaj sıcaklıkları ise 25 - 242 °C arasında değişmektedir. İlde il özel idare verilerine göre sera olarak jeotermalle ısıtılan yaklaşık 387 dekar arazi bulunmaktadır [18].

3.6. Denizli Jeotermal Suların Maden Suyu Olarak Kullanımı

Buldan - Efe jeotermal alanındaki yüzeylenen kaynağın sıcaklığı 25°C olup kaynak Denizli - Budan - Güney ilçesinin yol ayrımında bulunan Efe Maden suyu fabrikasında işletilmektedir [5].

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Denizli ili sıcak su kaynakları bakımından oldukça zengindir. Kaynaklar Büyük Menderes Grabeni ve Gediz Grabeninin oluşturan kırık hatları boyunca çıkmaktadır. Denizli ilinde on adet jeotermal saha bulunmaktadır.

Denizli ilinde bulunan jeotermal alanların jeoloji ve jeotermal modelleri birbirine benzemektedir. Kolankaya Formasyonu (marn, miltaşı, kiltası ve yer yer jipsli seviyelerden oluşmaktadır) killi ve marnlı seviyelerinin varlığı nedeni ile çok uygun bir örtü kayacı temsil etmektedir. Sazak Formasyonu (kireçtaşı, marn, miltaşı, kiltası ve diatomit) jeotermal alanda I. hazne kayayı temsil etmektedir. İğdecik Formasyonu (mikaşist, kuvarsit, mermer) jeotermal alanda II. hazne kayacı temsil etmektedir. Menderes Metamorfikleri içerisinde yer alan geçirimli mermer vb. birimler III. hazne kayacı (ana rezervuar) temsil etmektedir. Menderes metamorfikleri (mermer, kuvarsit, kuvarlı şist ve gnays) geçirimsiz temeli kayayı temsil etmektedir.

Denizli ilinde bulunan jeotermal sular; elektrik enerjisi, kuru buz ve karbondioksit üretiminde, termal sağlık turizminde, konut ve sera ısıtımında, maden suyu olarak kullanılmaktadır.

Türkiye'nin ilk jeotermal elektrik üretimi 20,4 MW Kurulu gücüyle Denizli - Kızıldere jeotermal elektrik santralinde gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde jeotermal enerji santrali olarak devrede 48 adet santral bulunmakta ve bunların toplam kurulu gücü 1.303 MW olup bu kurulu gücün % 24,76 Denizli ilinde bulunmaktadır. Ayrıca kurulumu devam eden, lisansı ve ön lisansı alınan jeotermal elektrik santrallerinin devreye girmesi halinde Denizli ilindeki

kurulu güç 323 MW'tan 392 MW yükselecektir.

Ülkemizde ve özellikle dünyada tek uygulama alanı olan jeotermal enerjiden kuru buz üretimi Denizli Kızıldere bölgesinde gerçekleştirilmektedir. Kızıldere'de üretilen karbondioksit ve kuru buzun çok geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Kızıldere Bölgesi'nde bulunan jeotermal kaynaktan elektrik üreten Zorlu Enerji'nin üretimi sırasında açığa çıkan karbondioksit gazını alıp ayrıştırarak saf sıvı karbondioksite dönüştüren Linde Gaz, Türkiye'nin sıvı karbondioksit ihtiyacının yüzde 70'ini karşılamaktadır. Kızıldere jeotermal sahasında üretilen kuru buz ve karbondioksit hem yurt içi hem yurt dış pazarlarına satılarak bölge ve ülke ekonomisine önemli bir katkı sağlamaktadır.

Denizli ili en çok turist çeken iller sıralamasında ülkemizde 5. sırada yer almakta olup, Pamukkale'yi her yıl 3 milyon turist ziyaret etmektedir. Pamukkale - Karahayıt Kür ve Rehabilitasyon Bölgesinde dünyanın hiçbir yerinde bulunmayan 3 adet termomineral su kaynağı ve bir adet çamur kaynağı bulunmaktadır. Pamukkale travertenleri, UNESCO dünya mirası listesinde yer almaktadır.

Halen Sarayköy ilçesi jeotermal kaynaklarla ısıtılmaktadır. Denizli ve çevresinde 100.000 civarında konutun bu kaynaklardan ısıtılma potansiyeli bulunmaktadır. Denizli - Sarayköy ilçesinde 2500 - 3000 konut

ısıtılmakta ve Denizli kentinin ısıtılması için girişimler sürmektedir.

Denizli ilinde örtü altı üretim alanı 597 dekar olup, bunun 387 dekarı jeotermal sera alanıdır.

Yüksek sıcaklık olarak tabir edilen 150°C sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklardaki jeotermal akışkanın elde edildiği Denizli ilinde bulunan jeotermal sahalarından elde edilen jeotermal suyunun sıcaklığı elektrik enerjisinin üretilmesinde kullanılmakta olup Ülkemizde ki jeotermal enerji kurulu gücün % 24,76 Denizli ilinde bulunmaktadır. Jeotermal enerjiden yararlanmanın birbirine entegre edilerek elde edilen jeotermal akışkanın birden fazla amaç için kullanılmasının yaygınlaştırılması Ülkemiz ekonomisine büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Hadjipaschalis, I., Poullikkas, A. and Efthimiou, V. (2009). "Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(6-7):1513–1522.
- [2] Kozak, M. (2016) "Konut Isıtmacılığın da Jeotermal Yenilenebilir Enerji Kaynağının Kullanılmasının Araştırılması", Yekarum e-Dergi, 3(2), 33-40.
- [3] <http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>, 04.11.2019

- [4] <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita>, 04.11.2019
- [5] Anonim, 2005. Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri, MTA Genel Müdürlüğü.
- [6] Gökçen, G., Özcan, N. Y., 2008. Yoğuşmayan Gazların Jeotermal Santral Performansına Etkisi: Kızıldere Jeotermal Santrali, Jeotermal Enerji Semineri, Makina Mühendisleri Odası Seminer Bildirisi.
- [7] Ozan, Z. Ö., 2007. Kızıldere (Denizli) ve Ömerbeyli (Aydın) Jeotermal Alanında Gelişen Hidrotermal Alterasyon Minerallerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.
- [8] Şimşek, Ş., 1984. Denizli, Kızıldere-Tekkehamam Tosunlar-Buldan-Yenice Alanının Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları, MTA Raporu No: 846.
- [9] Bölükbaş, C., (21013). Kızıldere (Denizli) Jeotermal Alanının Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programı.
- [10] <http://www.jeotermalvakfi.org.tr/jeoenerji.html>, 29.11.2019
- [11] <https://www.enerjiatlasi.com/jeotermal/>, 27.11.2019
- [12] Aygören H., Aygören T., 2014. "Denizli Kent Gelişimi Üzerinde Jeotermal Enerji

- Kullanımının Etkileri", Kentsel Ekonomik Araştırmalar Sempozyumu, Mart, 43-56.
- [13] <https://www.haberler.com/turkiye-nin-gidalarini-jeotermal-koruyor-4392871-haberi/>, 12.12.2019
- [14] <http://www.denizli.gov.tr/turizm-sektoru>, 02.12.2019
- [15] <http://www.pamukkale.gov.tr/tr/Termal-Saglik-Turizmi>, 02.12.2019
- [16] Kıymaz, İ. (2012). Karahayıt (Denizli) Yöresinin Jeotermal Potansiyeli, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.
- [17] Erkul, H., 2012, Jeotermal Enerjinin Ekonomik Katkıları ve Çevresel Etkileri: Denizli-Kızıldere Jeotermal Örneği, Yönetim Bilimleri Dergisi, 10(19) 115-133.
- [18] <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Lists/Haber/Attachments/13/TurkiyeJeotermalSerac%C4%B1C4%B1k14.pdf>, 04.12.2019