



10.33537/sobild.2021.12.2.14

**Makale Bilgisi**

Gönderildiği tarih: 03.03.2021  
Kabul edildiği tarih: 11.06.2021  
Yayınlanma tarihi: 30.06.2021

**Article Info**

Date submitted: 03.03.2021  
Date accepted: 11.06.2021  
Date published: 30.06.2021

**TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ İÇİNDE AYDIN İLİNİN YERİ VE ÖNEMİ**

TURKEY'S GEOTHERMAL ELECTRICITY GENERATION IN PLACE AND IMPORTANCE OF THE CITY AYDIN

**Ömer Faruk TUNÇBİLEK**

Doktora öğrencisi, Ankara Üniversitesi Sosyal Çevre Bilimleri ABD,  
oft2004@hotmail.com

**Mutlu YILMAZ**

Doç. Dr., Ankara Üniversitesi, DTCF, Coğrafya Bölümü,  
yilmazm@ankara.edu.tr

**Anahtar sözcükler**

Yenilenebilir enerji, Jeotermal enerji, Elektrik enerjisi, Aydın ili

**Keywords**

Renewable energy, Geothermal energy, Electrical energy, Aydın province

**Öz**

Yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtlar ile kıyaslandığında çevresel etkileri bakımından zararsız, sürdürülebilir ve temiz kaynaklardır. Ayrıca bu enerji kaynaklarında dışa bağımlı olma durumu söz konusu değildir. Bu yüzden dünyada olduğu gibi Türkiye'de de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimine hız vermiştir. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak elektrik üretimini teşvik amacı ile mevzuatların kolaylaştırılması ve devlet desteğinin artırılması bu enerji kaynaklarına olan yatırım artmıştır. Son yıllarda Türkiye'de başta rüzgâr ve güneş enerjisi daha sonra ise diğer yenilenebilir enerji kaynakları yatırımları giderek yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu enerji kaynaklarından birisi de Türkiye'de potansiyel bakımdan bol bulunan jeotermal enerjidir. Jeotermal enerji; yenilenebilir, sürdürülebilir, ucuz, kolay edilebilir, güvenilir, çevre dostu ve yeşil bir enerji türüdür. Ancak yatırım öncesinde doğru planlama ve fizibilite çalışmaları yapılmazsa, çevreye kalıcı ciddi hasarlar verebilmektedir. Jeotermal enerji kaynaklarından elektrik üretimi son yıllarda Türkiye'de bir hayli artış göstermiştir. Özellikle Ege Bölgesi ve özelinde Aydın İli jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk sırada gelmektedir. Bu makalede yenilenebilir enerji kaynakları hakkında genel bir bilgi verilerek, Aydın İlindeki mevcut elektrik üretim faaliyetlerine ve jeotermal enerji üretiminin Aydın'daki yerine değinilecektir. Geçmişten günümüze jeotermal enerji santrallerinin tarihsel gelişimi hakkında bilgi verilerek, Aydın İlinde faaliyet gösteren santrallerden ve Türkiye'nin elektrik üretimindeki payından bahsedilecektir.

**Abstract**

Renewable energy sources are harmless, sustainable and clean sources in terms of environmental effects compared to fossil fuels. In addition, these energy resources are not dependent on foreign sources. So where in the World in many developed countries such as Turkey gave momentum into electricity production from renewable energy sources. Legislation with the aim of promoting the production of electricity using renewable energy sources in Turkey facilitating and increasing government support increased investment in renewable energy sources. Wind and solar energy in particular has started to become widespread in Turkey, then the other investments in renewable energy sources. One of these sources of energy are found plenty of potential for geothermal energy in Turkey maintenance. Geothermal energy is a renewable, sustainable, easy to obtain, cheap, reliable, environmentally friendly and green energy type. However, if correct planning and feasibility studies are not made before the investment, it may cause serious permanent damage to the environment. Electricity production from geothermal energy sources has increased in our country in recent years. It is at the forefront of electricity production from geothermal energy especially in the Aegean Region and especially in Aydın Province. In this essay, by giving general information about renewable energy sources, current electricity production activities in Aydın Province and the place of geothermal energy production in Aydın will be mentioned. From past to present to provide information about the historical development of geothermal power plants, power plants operating in the Aydın Province and Turkey's share of electricity production will be discussed.

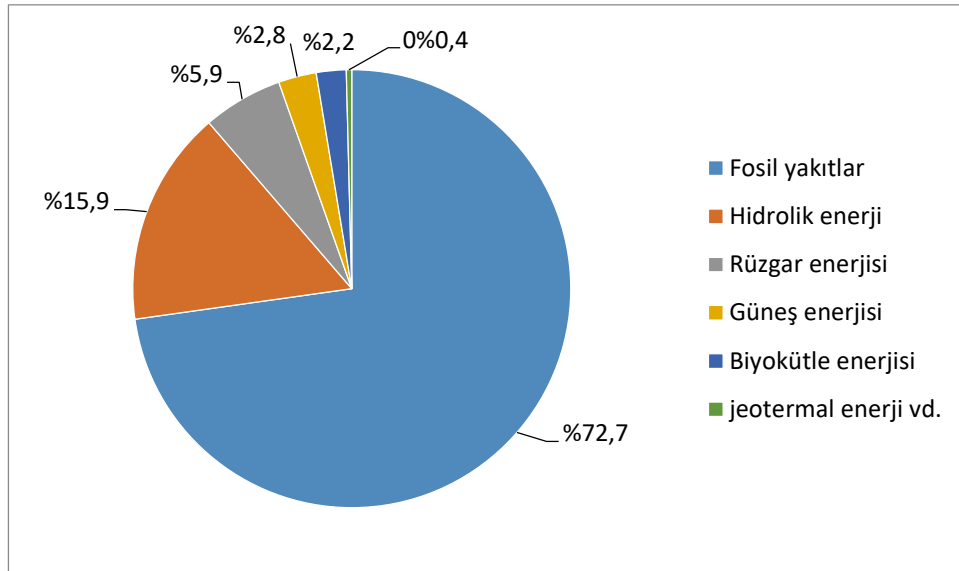
## 1. Giriş

Enerji, hayatın devamı için gerekli olmazsa olmaz en temel ihtiyaçlardan biridir. İnsanoğlu enerjiyi ilk çağlarda ısıtma, pişirme ve aydınlatma amacıyla kullanmıştır. Gelişen teknolojiyle birlikte hayatımızın vazgeçilmez unsurları olan elektrikli araçların kullanımı, lojistik, sanayi vb. birçok alanda enerji kullanımı artarak devam etmiştir. Ancak enerji kaynaklarının bilinçsiz kullanımı ve hızla tüketimi pek çok çevresel problemi de beraberinde getirmektedir. Özellikle fosil kaynaklardan enerji elde edimi ve kullanımı, insan hayatı ve çevre üzerinde önemli olumsuz sonuçlar meydana getirmektedir. Bu olumsuzluklar başta, hava kirliliği, toprak kirliliği, su kirliliği, gibi geri dönüşü pek mümkün olmayan çevre sorunlarına sebep olarak toplum sağlığına karşı büyük bir tehdit

oluşturmaktadır. Bu nedenle özellikle 21.yüzyılda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında önemli bir artış yaşanmıştır.

Dünya’da elektrik enerjisi tüketimi içinde fosil enerji kaynaklarının hâkimiyeti devam etmektedir. 2019 yılında tüketimi yapılan enerji kaynakları içinde fosil enerji kaynaklarından payı %72,7 olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının payı ise %27,3’tür. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde hidrolik %15,9 ile en büyük paya sahiptir. Sonrasında rüzgâr enerjisi (%5,9), güneş enerjisi (%2,8), biokütle ve atıklar (%2,2) ve jeotermal ve diğerleri (%0,4) izlemektedir (IEA, 2020) (Grafik 1).

Grafik 1: Dünya Elektrik Üretiminde Kaynakların Payları



Kaynak: (IEA, 2020)

Nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak birincil enerji kaynakları arzı her geçen yıl artarak devam etmektedir. Ancak bu artış payı içerisinde fosil kaynaklardan enerji üretim ve kullanımından kaynaklanan çevresel olumsuz sonuçlar ve fosil kaynakların bir gün biteceği gibi konular göz önüne alındığında çevreye etkileri daha az olan ve sürekli kendini yenileyebilen enerji kaynaklarına yönelim başlamıştır. Nitekim dünyada birincil enerji kaynaklarına olan talep yılda ortalama %2,3 düzeyinde artış göstermesine karşılık, yenilenebilir enerji kaynakları içinde bu oran yıllık %8,2 seviyesindedir (Yılmaz ve Pehlivanoglu, 2019:207). Ancak bu enerji türleri içinde artış oranı birbirinden farklı olabilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişmesinde teknolojik gelişmeler, fosil enerji kaynaklarının yaratmış olduğu çevre sorunları, fosil enerji kaynakları bakımından ülkelerin dışa bağımlı olması ve bunun için yüklü miktarda döviz harcamaları ve ticaret açığının

büyümesi önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle ülkeler sahip oldukları coğrafi konumun avantajları, iklim ve bitki örtüsü özellikleri ve jeolojik özelliklerine bağlı olarak potansiyeli bulunana yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya başlamıştır. Bu enerji kaynakları aslında büyük ölçüde bilinen klasik anlamda kullanılan kaynaklardı. Ancak özellikle elektrik üretiminde (hidrolik hariç) bu kaynakların kullanımı yakın dönemde gerçekleşmiştir.

Araştırma konusu olan jeotermal enerji kaynakları Türkiye’de ısı ve elektrik enerjisi kaynağı olarak kullanılmaktadır. Isı kaynağı olarak çok eski devirlerden beri kullanılan jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üretimi yaklaşık yarım yüzyıl önce başlamıştır. Türkiye’deki jeotermale dayalı elektrik üretiminin çok büyük bir kısmı Ege Bölgesi’nde yer alır. Bölgede yer alan Büyük Menderes ve Gediz Grabenleri oldukça yüksek rezervuar sıcaklıklarına sahiptir. Özellikle, Gediz Grabeni’nin güney kısmında çok yüksek sıcaklıklara ulaşılmış ve bu alanda jeotermal santraller kurulmaya

başlanmıştır (Kılıç ve Kılıç, 2013). Türkiye’de elektrik enerjisi üretim faaliyetinde bulunan toplam 58 jeotermal enerji santralının 28’i Aydın İli sınırları içerisinde yer almaktadır ve yaklaşık 776 MW elektrik enerji kurulu gücüyle Türkiye’de jeotermale dayalı üretilen enerjinin yarısında fazlasına denk gelmektedir (Enerji Atlası, 2020).

Jeotermal enerjinin elektrik üretmek amacıyla Türkiye’de kullanımı 2010 yılından sonra hızlı bir şekilde artmıştır. Ancak yatırım öncesinden doğru planlama yapılmazsa jeotermal enerjiden elektrik üreten santraller yenilenebilir enerji üretim santralleri içerisinde çevreye zarar verme potansiyelleri yüksektir. Santral kurulacak bölge hakkında derinlemesine bir analiz ve fizibilite çalışması yapılmadığı takdirde, santral kurulduktan sonra ciddi çevre sorunları görülebilmektedir. Özellikle üretim sonrası açığa çıkan kaynağın kullanıldıktan sonra tekrar yeraltına reenjekte edilmesi çok önemlidir (Gedik, 2015).

## 2. Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Payı

Teknolojik ve ekonomik gelişmeler, enerjiye olan talebi artırmıştır. Bu artış beraberinde değişimi de getirmiştir. Bu değişim geleneksel enerjiden yenilenebilir enerjiye geçiş olarak tanımlanabilir. Tüm bu değişim ana sebepleri; insanların refahını artırmak, teknolojiyi doğa yararına kullanmak ve gelecek nesillere iyi yaşam standartları sunmaktır. Bu bağlamda petrol ve kömür gibi fosil potansiyele bağlı olmayan ve bilimsel terminolojide alternatif enerji kaynakları olarak adlandırılan yeni enerji kaynakları geliştirilmiştir. Kaynak itibarıyla insan hayatı açısından tükenmez sayılacak kadar çok olan bu enerji kaynakları “Yenilenebilir Enerji” olarak adlandırılmaktadır (Koç, 2019). Dünyanın yenilenebilir elektrik enerjisi kurulu gücü hidrolik enerji hariç 1246 GW’a ulaşmıştır. Ülkeler ölçeğinde en büyük yenilenebilir elektrik enerjisi kurulu gücü 404 GW ile Çin’e aittir. Onu ABD (180 GW), Almanya (113 GW), Hindistan (78 GW) izlemektedir (Yılmaz ve Pehlivanoglu, 2019).

Günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlanan yenilenebilir enerji kaynakları aşağıda verilmiştir.

**Hidroelektrik Enerjisi:** Akarsuların sahip olduğu hareket enerjisini türbinler sayesinde mekanik enerjiye çeviren sistemlerdir. Su döngüsü ile birlikte dünyadaki su devamlı yer değiştirmektedir. Bu değişim sayesinde mevcut göl, nehir ve su kaynakları devamlı beslenmektedir. Suyun bu döngüsü devam ettiği sürece hidroelektrik enerji yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde olacaktır. İnsanoğlunun yine çok eski çağlardan beri kullandığı bu sistem uzun yıllardır da elektrik üretiminde başı çeken sistemlerdendir (Eroğlu, 2006:6).

Elektrik üretimi açısından en önemli potansiyeli taşıyan hidroelektrik santralleri elektrik üretim esnasında çevreye herhangi bir sera gazı emisyonuna sebep olmamaktadır. Yüksek verimli, yakıt gideri

olmayan, bakım giderleri düşük, uzun ömürlü olan bu yenilenebilir enerji santralleri düşük risk taşımaları nedeniyle dünya genelinde her ülke tarafından tercih edilmektedir.

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları içinde elektrik enerjisi üretiminde en büyük güç hidrolik kaynaklara aittir. 2020 yılında dünya hidrolik kurulu gücü 1210,6 GW’a ulaşmıştır (IRENA, 2021). Çin, Brezilya ve Kanada gibi hidrolik potansiyel bakımından zengin ülkeler bu enerji kaynağı üretiminde ilk sıralarda gelmektedir.

**Rüzgâr Enerjisi:** Güneşten gelen ışınlar, yeryüzünde farklı basınç, sıcaklık ve nem oluşturur. Bu oluşum neticesinde rüzgâr enerjisi meydana gelir. Yani rüzgâr güneş enerjisinin doğal bir ürünüdür. Güneşten dünyaya gelen saatte  $10^{18}$  Watt enerjinin %1-2’si rüzgâr enerjisine dönüşür. Rüzgâr oluşumuna bir diğer önemli etken ise Coriolis kuvvetidir. Bununla birlikte yeryüzü şekillerinin rüzgâr oluşumuna ve hızına etkisi olmaktadır. Bu sebepten dolayı adalar ve deniz kıyılarında rüzgâr daima daha fazladır. Kara ve denizlerin ısınmalarının farklı olması ve su yüzeyindeki pürüzlülüğün daha az olması da bu sonucun oluşmasında önemli etkenlerdendir (Tunçbilek, 2015).

Rüzgâr hızının en az 4 m/s olduğu bölgelerde rüzgârın pervane kanadını çevirmesi oluşan kinetik enerjinin, kuledeki türbini oradan da jeneratörü çevirmesi sonucu oluşan enerji rüzgârdan üretilen elektrik enerjisidir. Rüzgârdan üretilen elektrik enerjisi alternatif elektriktir, ayrıca başka bir faza çevrilmeye ihtiyaç duyulmadan doğrudan trafolar aracılığıyla üretim tesislerine ya da son kullanım merkezlerine gönderilebilir (Varınca ve Varank, 2005).

Temiz ve emisyon oluşturmayan bir enerji kaynağı olan rüzgâr, sera gazları oluşturmaz ve küresel ısınmaya sebep olmaz. Yakıt ve su ihtiyacı yoktur bu sebeple ekstra bir maliyet oluşturmamakla birlikte ayrıca karbondioksit ya da zararlı gaz salımına da sebep olmaz. Ayrıca enerji üretim sonucunda herhangi bir atık oluşturmaz. Bu sebeple çevre dostu bir enerji kaynağıdır (Yılmaz, 2012). Çevresel şartlar uygun olduğunda kesintisiz enerji üreten bir kaynaktır.

Dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücü 2020 yılında 733,2 GW’a ulaşmıştır. Bu değer 34 GW’ını offshore olarak adlandırılan açık denizler üzerinde kurulan rüzgâr türbinleri oluşturmaktadır (IRENA, 2021). Rüzgâr enerjisi kurulu gücünde Çin ilk sırada yer almaktadır.

**Güneş Enerjisi:** Güneş enerjisi dünyadaki en büyük potansiyele sahip enerji kaynağıdır. Bütün yenilenebilir enerji çeşitleri (gelgit ve jeotermal enerjisi hariç) ve fosil yakıt enerjisi güneşten kaynaklanmaktadır. Güneş yeryüzüne saatte 100.000.000.000.000 kW enerji gönderir. Diğer bir ifade ile gezegenimiz, güneşten  $10^{18}$  Watt kadar enerji kazanır. Sonsuz bir enerji kaynağı olan güneşten bir saniyede dünyaya gelen bu enerji, Türkiye’de üretilen enerjinin bin 700 katıdır (Tunçbilek, 2015).

Fotovoltaik (PV) hücreler olarak bilinen yarı-iletken malzemeler güneşten gelen ışığı elektronların hareketiyle doğrudan elektrik enerjisine dönüştürürler. Güneş enerjisinden elektrik üretiminde en çok kullanılan bu yöntem fotovoltaik (PV) sistemlerdir. Fotovoltaik sistemi ile gün ışığının doğrudan doğruya elektrige dönüştürülmesi sağlanmaktadır. Özellikle 2000 yılından sonra meydana gelen teknolojik gelişmeler ile birlikte PV sistemlerin maliyetleri düşmüş, ve kullanım alanı artmıştır. Günümüzde uygulanan farklı Fotovoltaik teknolojileri arasında kristal silisyum hücreler en çok kullanım alanı olan güneş pillerindedir (Evli, 2018).

Dünya'da güneş enerjisi kurulu gücü özellikle son yıllardaki artış eğilimine paralel olarak 713,9 GW'a ulaşmıştır. Bu değer dünyadaki yenilenebilir kurulu gücün %25,3'ünü oluşturmaktadır (IRENA, 2021). Güneş enerjisine dayalı kurulu güç kapasitesinde Çin ilk sırada yer almaktadır. Bu ülkeyi ABD, Japonya ve Almanya gibi gelişmiş ülkeler takip etmektedir.

**Biokütle Enerjisi:** Biokütle kaynakları bitki kaynakları, hayvan atıkları ve şehir ve endüstri atıkları olarak ayrılmıştır. Bitki atıkları içerisinde, orman ürünleri, su otları, tatlı sorgum, şeker kamışı, mısır, fındık ve ceviz kabuğu, prina, ayçiçeği kabuğu, çiğit vb. bitki kökenli maddeler girer. Hayvan atıkları ise hayvan gübreleri ve samanla karışmış tezektir. Şehir ve endüstri atıkları kapsamına ise ev ve sanayi atıkları ve çöp girer. Biokütle kaynaklarından elde edilen enerji çeşitleri ise; biyodizel, biyoetanol ve biyogazdır (Soylu, 2019).

Biokütle enerjisi, genel olarak çevreye uyumlu bir enerji kaynağı olmakla birlikte, kullanılan biokütle kaynağı türüne göre bazı çevresel etkiler oluşturabilmektedir. Örneğin, çöp gibi bazı atıkların yakılması sonucu ortaya çıkan ikincil atıklar bazı çevresel önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Diğer taraftan, depolanması ile geçici görsel kirlilik oluşturabilen bu tür kaynaklar, enerji kaynağı olarak kullanılması sonucunda, bertaraf edilmesi bu kaynakların önemli faydalarındandır.

Çok çeşitli bitkisel, hayvansal ve evsel atıklara bağlı kaynaklardan elde edilen biyokütle enerjisine bağlı elektrik enerjisi kurulu gücü 126,5 GW olmuştur (IRENA, 2021). Biyokütle enerjisine dayalı elektrik enerjisi kurulu güç kapasitesinde Çin ilk sırada gelmekte olup Çin'i Brezilya, ABD, Hindistan ve Almanya takip etmektedir.

**Jeotermal Enerji:** Jeotermal enerji yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmez, çevre dostu, bir enerji türüdür. Jeotermal enerji yaz yada kış mevsim fark etmeksizin yılın her anında ulaşılabilir bir enerji kaynağıdır. Bu yönü ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre pozitif yönden ayrılmaktadır. Girdi maliyeti olmadığı için bakım onarım dışında işletme

masrafları düşük olan bu enerji türünde, yüzlerce megavata kadar ısı enerjisinden yararlanmak da mümkündür (Uluşahin, 2009).

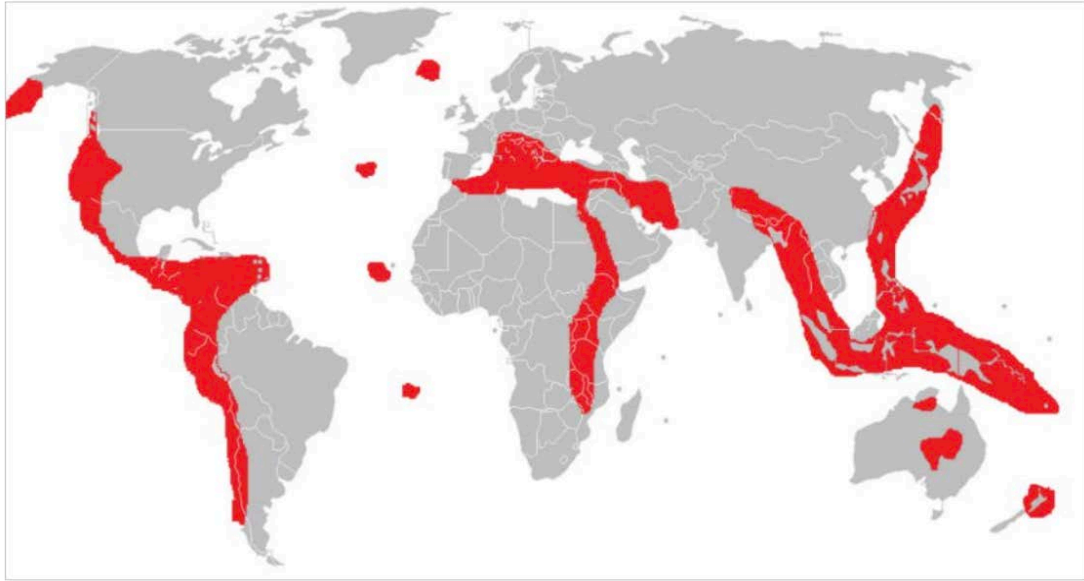
Geçmişten günümüze insanlar her zaman jeotermal enerji kaynaklarına yakın yerlerde yaşamayı tercih etmişlerdir. Söz konusu enerji kaynaklarının bir enerji birimi olarak kullanılmaya başlanması teknolojik gelişmeyle sağlanmıştır. Bununla birlikte, her geçen gün önemi daha da artan, yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal enerjinin kullanımı hızla artmaktadır (Evran ve Evran, 2018:2).

MÖ 300'lü yıllardan bu yana geçen çağlarda insanların jeotermal kaynakları banyo ihtiyacı ve yemek pişirmede kullandıkları bilinmektedir. Görüldüğü gibi sıcak su kaplıcaları çok eski zamanlardan bu yana banyo ve ısınma için kullanılmıştır. Bilinen en eski kaplıca, Çin'de MÖ III. yüzyılda Qin hanedanı zamanında inşa edilmiştir. Pompeii'deki hamamlar ve evler için MS I. yüzyılda sıcak su kaynaklarından bölgesel ısıtma sağlamıştır. Yine aynı dönem olan MS I. yüzyılda, Romalılar, İngiltere'de Aquae Sulis'i fethetmiş ve buradaki kaplıcaları, hamamları yerden ısıtmayı sağlamak için kullanmışlardır. Jeotermal enerjinin bilinen ilk ticari amaçla kullanımı ise 14. yüzyılda bir bölgesel ısıtma sisteminin inşa edildiği Fransa'nın Chaudes-Aigues Cantal kentinde gerçekleşmiştir. Sistem XIV. yüzyıldan günümüze işlemektedir (Bloomquist, 2003).

### 3. Dünyada Jeotermal Enerji

Dünyada jeotermal enerji potansiyeli yerkürenin jeolojik yapısına bağlı olarak şekillenmiştir. Dünyanın oluşumu süreci içerisinde yer alan fay hatları ve volkanizma bu potansiyel ile doğru orantılıdır. Levha tektoniğine bağlı olarak aktif kıta kenarların ve okyanus ortası sırtlarda en büyük potansiyeli barındırır (Arslan vd., 2021) (Harita 1).

Harita 1: Dünyada Potansiyel Jeotermal Bölgeler



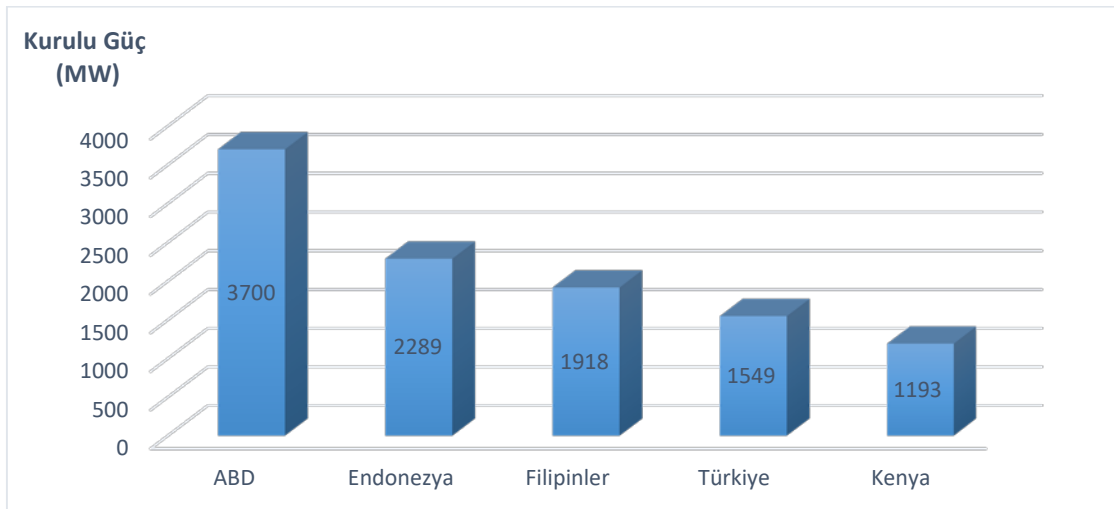
Kaynak: (University of Calgary, 2019)

Jeotermal enerjiden elektrik üretilmeye ilk defa İtalya'da Larderello sahasında 1904 yılında başlanmıştır. Günümüze kadar bu enerji kaynağı elektrik üretimi için kullanılmıştır. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre elektrik üretiminde daha eski bir geçmişe sahip olmasına rağmen jeotermal enerjiden elektrik üretim oranı dünyada %0,04'tür. Bu oranın düşük olmasının en önemli nedeni Jeotermal potansiyelin dünyanın her yerinde bulunmamasıdır. Harita 1'de de görüleceği üzere bu potansiyeli yeryüzündeki diri fay hatları ve volkanizmaya bağlıdır. Potansiyeli şartlarının olumsuzluklarına rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep patlaması jeotermal enerji içinde geçerlidir. Uluslararası Enerji

Ajansı'nın tahminlerine göre, 2050 yılına gelindiğinde toplam elektrik üretiminin, %3,5'i jeotermal enerji kaynaklarından sağlanacağı öngörülmektedir (Karagöl ve Kavaz, 2017:17).

Dünyada jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha sınırlı sayıda ülke tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu enerji kaynağına bağlı olarak 2020 yılına gelindiğinde dünya genelinde 14.939 MW kurulu güce ulaşılmıştır. Jeotermal kurulu güç kapasitesi en büyük ülke 3.700 MW ile ABD'dir. Onu sırasıyla Endonezya (2.289 MW), Filipinler (1.918 MW), Türkiye (1.570 MW) ve Kenya (1.193 MW) takip eder. Bu beş ülke "Binler Kulübü" olarak adlandırılır (Hutter, 2020) (Grafik 2).

Grafik 2: Jeotermal Enerji Kurulu Gücü En Yüksek Beş Ülke (Binler Kulübü)



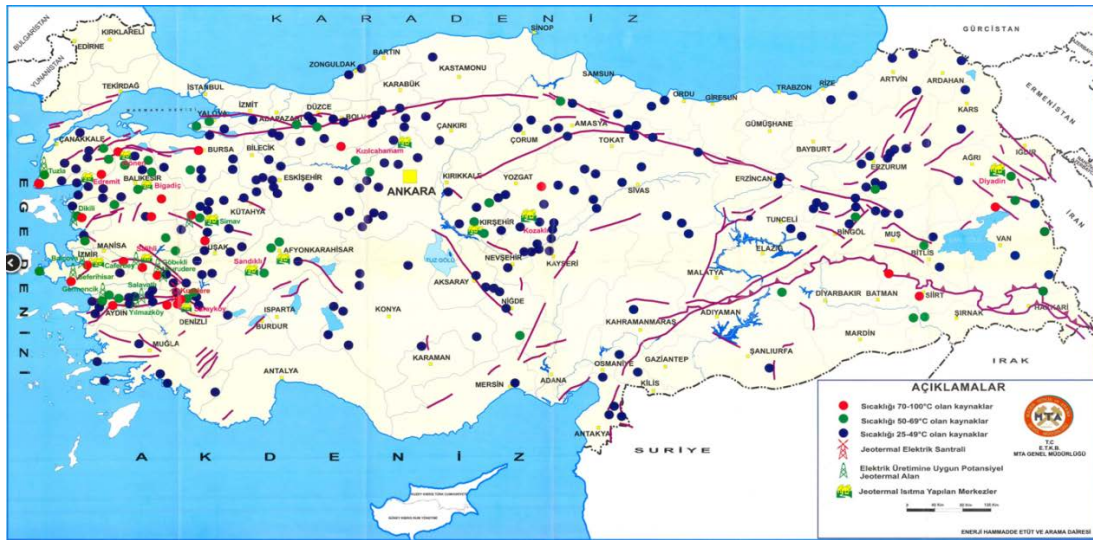
Kaynak: (Hutter, 2020)

### 3.1. Türkiye'de Jeotermal Enerji

Türkiye, Alp-Himalaya orojenik kuşağı alanında bulunmaktadır ve bulunduğu kuşağın sahip olduğu özellikleri incelendiğinde, orojenik, magmatik ve volkanik aktivitelerin çok olduğu bir alandır. Bu nedenle, Alp-Himalaya orojenik kuşağında bulunan aktif faylara sahip olan Ege Bölgesi, Kuzeybatı, İç Anadolu,

Güneydoğu ve Doğu Anadolu bölgelerinde birçok jeotermal kaynak alanları vardır (Bilgiç, 2015). Türkiye'nin her tarafına yayılmış, doğal çıkış şeklinde ve değişik sıcaklıklarda birçok jeotermal kaynak mevcuttur. Bu nedenle jeotermal enerji Türkiye için önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır (Zaim ve Çavşi, 2018:47).

Harita 2: Türkiye Jeotermal Enerji Kaynakları Haritası

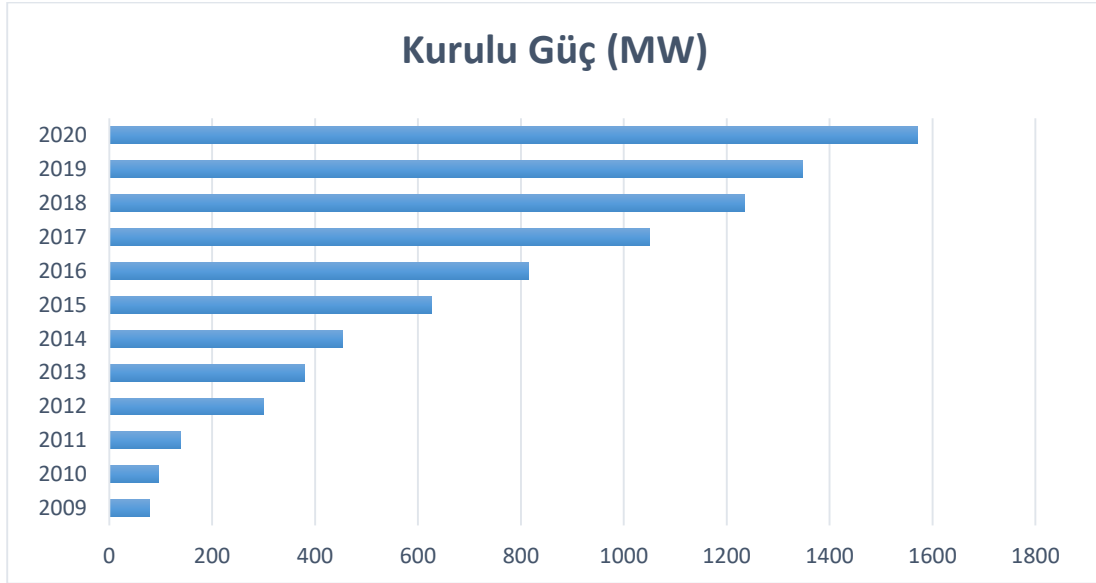


Kaynak: (MTA, 2016)

Türkiye jeotermal kaynaklardan elektrik enerjisi üretimine ilk olarak 1974 yılında başlamıştır. İlk üretimi MTA Denizli Kızıldere'de 0.5 MW gücünde bir pilot türbinde gerçekleştirmiştir. Ticari anlamda ilk elektrik üretimi ise 1984 yılında 15 MW kurulu güce sahip Kızıldere jeotermal santralinde TEAŞ tarafından gerçekleştirilmiştir. (Akkuş ve Alan, 2016:6). Bu alanda yapılan yatırımların az olması nedeniyle Türkiye'de jeotermal enerji kurulu gücü 2009 yılına gelindiğinde ancak 77 MW'a ulaşabilmiştir. Fakat son yıllarda hızla artan yatırımlarla 2020 yılı sonunda jeotermal elektrik kurulu gücü 1570 MW'ı geride bırakmıştır (TEİAŞ, 2020) (Grafik 3).

Türkiye'de Ege Bölgesi jeotermal faaliyetlerde ilk sırada gelir ve elde edilen kaynağın sıcaklık değerleri diğer bölgelere kıyasla elektrik üretimi için daha elverişlidir. Bu nedenle jeotermale dayalı elektrik üretiminin önemli bir kısmı Ege Bölgesi'nde yoğunlaşmıştır (Harita 2). Jeotermal enerjiye bağlı olarak kurulan elektrik üretim santralleri Büyük Menderes ve Gediz Grabeni'nin yüksek rezervuar sıcaklıklarına sahip alanları seçmişlerdir. Özellikle, Gediz Grabeninin güney kısmında yer alan yüksek rezervuarlı sıcaklıklar potansiyel bakımından oldukça elverişlidir. Bu nedenle bu alanda jeotermal santraller yoğun olarak kurulmuştur.

Grafik 3: Türkiye’de Jeotermal Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü (2009-2020)



Kaynak: (TEİAŞ, 2020)

Türkiye’de elektrik enerjisi üretim yapan yaklaşık 1570 MW güce sahip 58 jeotermal enerji santrali bulunmaktadır. Bu santrallerden 776 MW güce sahip 28’i Aydın İl’inde yer almaktadır. Bu değer

göstermektedir ki Türkiye’deki jeotermale dayalı elektrik enerjisi kurulu gücünün yaklaşık yarısı Aydın’da bulunmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1

Türkiye’de İllere Göre Jeotermal Enerji Üretim Santralleri

İller	Sayı	Kurulu Güç	Oran
Aydın	28	≈776 MW	%49,5
Manisa	15	≈382 MW	%24,5
Denizli	10	≈377 MW	%24,3
Çanakkale	3	17 MW	%0,04
İzmir	1	12 MW	≈%0,03
Afyonkarahisar	1	3 MW	≈%0,01
Toplam	58	≈1570 MW	≈%100

Kaynak : (Enerji Atlası, 2020)

Aydın’dan sonra bölgede yer alan illerden Manisa 15 santral ve 382 MW güç ile ikinci sırada gelmektedir. Onu 377 MW kurulu güce sahip 10 santralle Denizli ve 17 MW kulu güce sahip 3 jeotermal enerji santraliyle Çanakkale takip etmektedir. İzmir ve Afyon ise birer santrale sahiptirler (Enerji Atlası, 2020) (Tablo 1).

Jeotermal enerji, fosil yakıtlara göre çevreye olumlu etkileri oldukça fazla olan bir kaynak olsa da, kurulum ve enerji üretim esnasında çevreye olan bazı olumsuz etkileri de söz konusudur. Jeotermal kaynak, içerdiği sülfür, bor ve kükürt gibi elementlerden dolayı, tarımsal alanlara ciddi zararlar vererek çoraklaşmaya

neden olabilir. Reenjeksiyon (geri basım) yapılmaması halinde bu kaynağın tarım arazilerine verilmesi bölgedeki üretimi ve rekolteyi azaltabilir. Ayrıca bu kaynağın geri basım yapılmaması yer altı sularının azalmasına sebep olur. Jeotermal enerji üretimi esnasında kullanım esnasında veya sonrasında oluşan bu atık suların deniz ve göllere verilmesi ise pek çok canlı ve balık çeşidinin ölümüne sebep olmaktadır. Yöredeki balıkçılık ve balıkçılık endüstrisinin azalmasına sebep olabilir.

### 3.2. Aydın İl'inde Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Üretimi

#### 3.2.1. Aydın İli

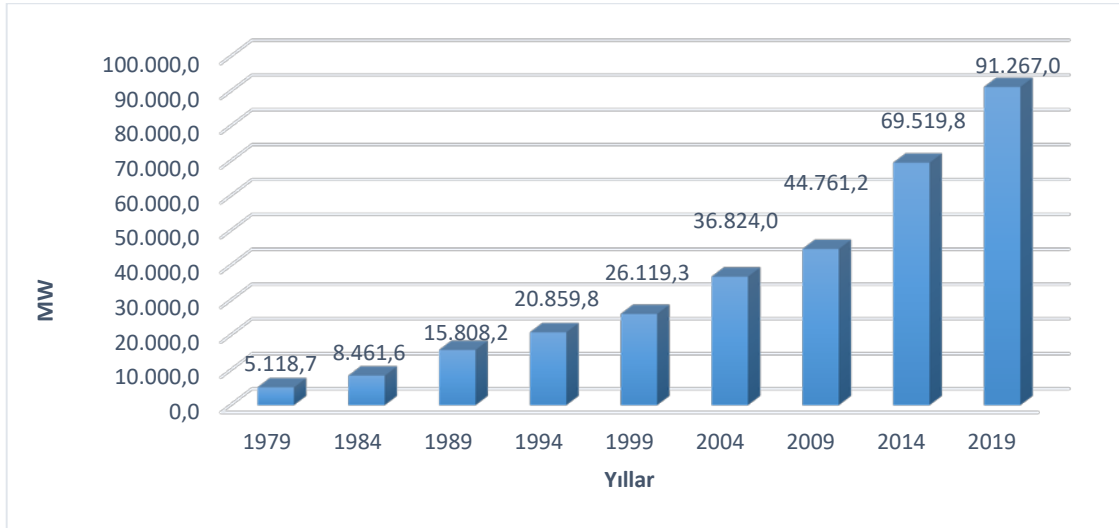
Aydın, orta ve batı kesiminde verimli ovalar, kuzey ve güneyi dağlar ile çevreli Büyük Menderes Havzası üzerinde 8.007 km<sup>2</sup>'lik yüz ölçüme sahip bir ildir. Doğusunda Denizli, batısında Ege Denizi, kuzeyinde İzmir ve Manisa, güneyde ise Muğla illeriyle komşudur. İl Merkezi rakımı 65 metre, kıyı şeridi uzunluğu 150 kilometreyi bulan Aydın İli topraklarının büyük bölümünü dağlık alanlar oluşturur. Batı kesimindeki Akdağ'ın 1891 metreye erişen Aktaş Tepesi ilin en yüksek noktasıdır. Kuzey kesimde doğal sınır oluştururcasına Aydın Dağları uzanır. İlin güney kesimini ise Menteşe Dağları olarak tanınan dağlık alanlar bulunur. Bu alandaki başlıca yüksek kesimler Karıncalı ve Madran Baba Dağları'dır (Yıldız, 2010).

Aydın İl'inin küçük bir kısmı kuzeyde Küçük Menderes ve Gediz Havzaları içindeyken, bir diğer bölümü ise güneyde Batı Akdeniz Havzası içinde bulunmakta ve il geneli ağırlıklı olarak Aşağı Büyük Menderes Havzası içinde yer almaktadır. Aşağı Büyük Menderes Havzasında ana akarsu kaynağını oluşturan Büyük Menderes Nehri boyunca uzanan ova ile ovanın kuzey ve güney sınırları boyunca kabaca doğu-batı doğrultulu bir dizi normal fayın meydana gelmesini sağlayan horst-graben tektoniği sonucunda gelişmiştir. Araştırma konusu olan jeotermal enerji potansiyeli var olan bu horst-graben sistemi sayesinde ortaya çıkmıştır.

#### 3.2.2. Aydın İli Mevcut Enerji Üretimi

Türkiye'nin elektrik enerjisi kurulu gücü 1979 yılında 5.118,7 MW iken, 1999 yılında 26.119,3 MW'a, 2019 yılında 91.267 MW'a yükselmiştir (TEİAŞ, 2020) (Grafik 4).

Grafik 4: Türkiye Elektrik Kurulu Gücünün Yıllara Göre Gelişimi



Kaynak: (TEİAŞ, 2020)

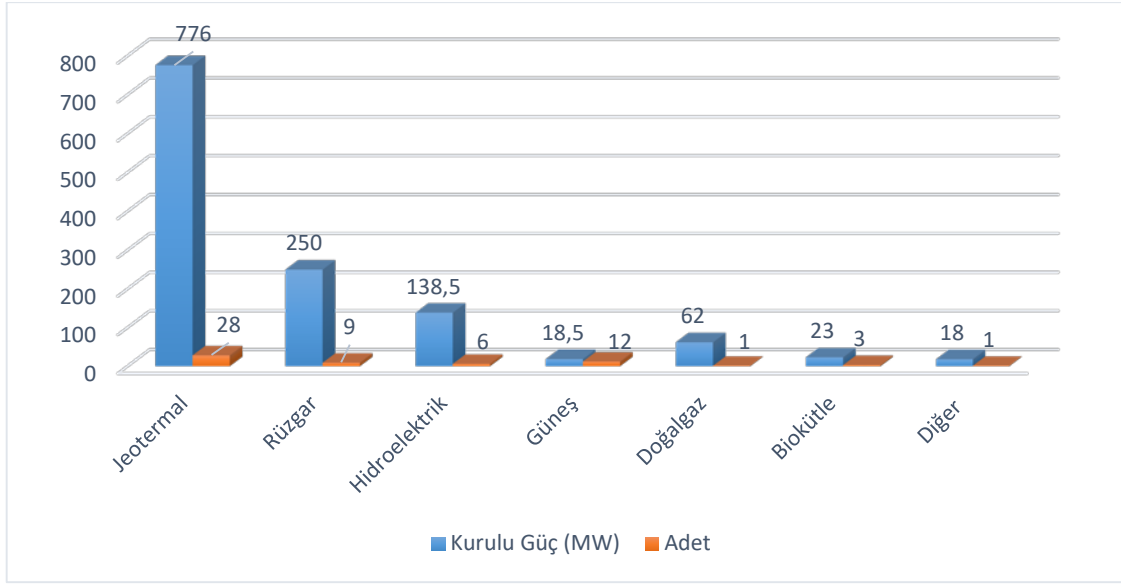
Görüldüğü gibi gelişmekte olan ülkeler içinde yer alan Türkiye her yıl elektrik enerjisi kurulu gücünü arttırmaktadır. Türkiye'nin enerji kurulu gücü sanayi ve kalkınmaya göre paralellik göstererek sürekli artmıştır. Geçmişte enerji ihtiyacının büyük kısmını fosil yakıtlardan sağlayan Türkiye, son yıllarda elektrik ihtiyacının önemli kısmını yenilenebilir enerjiden sağlamaktadır.

Aydın İl'inde hâlihazırda toplam ülke elektrik enerjisi kurulu gücünün %1.39'na tekabül eden 60 elektrik santrali bulunmaktadır. Bu 60 santralin 48'i lisanslı, 12'si ise lisanssız elektrik üretim yönetmeliğine göre üretim gerçekleştirmektedir. Toplam kurulu gücü 1286 MW olan bu santrallerin yıllık elektrik üretimleri yaklaşık 6.127GWh'dir. Bu santraller içerisinde en büyük pay 776 MW (28) ile toplam elektrik kurulu gücünün yaklaşık %60'nı oluşturan jeotermal enerji santrallerine aittir. Daha sonra 250 MW (9) gücü ile rüzgâr enerji santralleri gelmektedir. Üçüncü sırada 138,5 MW güce sahip (6) hidroelektrik enerji santralleri

yer alır. İl sınırları içerisinde 18,5 MW (12) gücünde güneş enerji santralleri ve 23 MW gücünde (3) biokütle enerji santralleri vardır. Görüldüğü gibi Aydın İl'inde yer alan elektrik enerjisi kurulu gücünün %95,1'i yenilenebilir enerji kaynaklarına aittir. İilde üretilen elektriğin sadece %4,9'u 62 MW'lık kurulu güce sahip doğalgaz çevirim santrallerinden sağlanmaktadır (Enerji Atlası, 2020) (Grafik 5).



Grafik 5: Aydın İli Enerji Santralleri Genel Görünümü



Kaynak: (Enerji Atlası, 2020)

### 3.2.3. Aydın İlinde Jeotermal Elektrik Enerjisi Üretimi

Aydın'da elektrik enerjisi üretimi yapan 28 jeotermal santral içinde en büyük olanı 115 MW kurulu güce sahip Efeler Jeotermal Enerji Santralidir. Daha sonra 68 MW güce sahip Pamukören Jeotermal Enerji Santrali ve 47 MW güce sahip Galip Hoca Germencik JES gelir (Tablo 2).

Tablo 2  
Aydın'da Yer Alan Jeotermal Enerji Santraller

	Santral Adı	Firma	Kurulu Güç	Kuruluş Yılı
1	Efeler Jeotermal Enerji Santrali	Güriş Holding	115MW	2015
2	Pamukören Jeotermal Enerji Santrali	Çelikler Enerji	68 MW	2013
3	Galip Hoca Germencik JES	Güriş Holding	47 MW	2012
4	Maren Jeotermal Enerji Santrali	Kipaş Holding	44 MW	2011
5	Dora 3 Jeotermal Enerji Santrali	MB Holding	34 MW	2012
6	Melih Jeotermal Enerji Santrali	Kipaş Holding	33 MW	2017
7	Efe 7 Jeotermal Enerji Santrali	Güriş Holding	25 MW	2018
8	Mehmethan Jeotermal Santrali	Kipaş Holding	25 MW	2016
9	Ken 3 JES	Kipaş Holding	25 MW	2018
10	Deniz Jeotermal Enerji Santrali	Kipaş Holding	24 MW	2012
11	Kerem JES	Kipaş Holding	24 MW	2014
12	Ken Kipaş Jeotermal Santrali	Kipaş Holding	24 MW	2014
13	Kubilay Jeotermal Enerji Santrali	24Çevik Grup	24 MW	2014
14	Efe 6 JES	Güriş Holding	23 MW	2017
15	Pamukören 2 JES	Çelikler Enerji	23 MW	2015
16	Pamukören 3 JES	Çelikler Enerji	23 MW	2015
17	Sultanhisar 2 JES	Çelikler Enerji	23 MW	2018
18	Kuyucak Jeotermal Enerji Santrali	Turcas Enerji	18 MW	2017
19	Dora 4 Jeotermal Enerji Santrali	MB Holding	17 MW	2016
20	3S Kale Jeotermal Enerji Santrali	3S Kale Enerji	17 MW	2018
21	Sultanhisar Jeotermal Santrali	Çelikler Enerji	14 MW	2016
22	Buharkent Jeotermal Enerji Tesisi	Lingaz Elektrik	14 MW	2018
23	Gümüşköy Jeotermal Enerji Santrali	MB Holding	13 MW	2013
24	Karkey Umurlu JES	Karadeniz Enerji	12 MW	2015
25	Umurlu 2 JES	Karadeniz Enerji	12 MW	2016
26	Dora 2 Jeotermal Enerji Santrali	MB Holding	9.5 MW	2010
27	Dora 1 Jeotermal Enerji Santrali	MB Holding	8 MW	2010
28	Pamukören Enerji Santrali	Çelikler Holding	5.5 MW	2018

Kaynak: (Enerji Atlası, 2020)

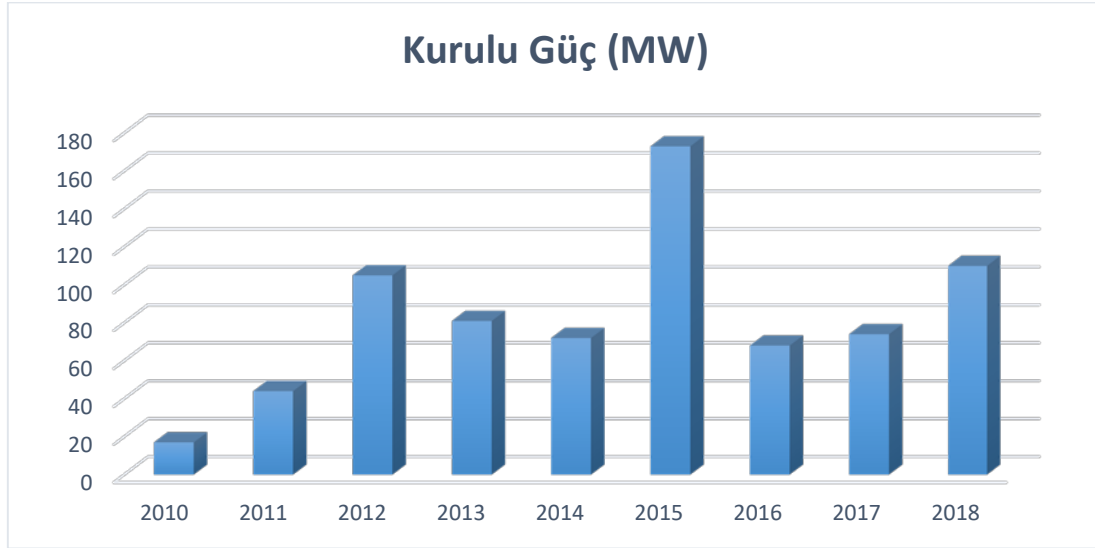
Aydın'da faaliyet gösteren mevcut santraller 115 MW ile 5,5 MW kapasite arasında büyüklüğe sahiptirler. Tablo 2 genel anlamda incelendiğinde ilde yer alan santrallerin (%89) daha çok 25 MW'den küçük kurulu güce sahip oldukları görülmektedir.

Aydın jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üretiminde açık ara ile Türkiye'de ilk sırada gelmektedir. Aydın'da mevcut üretim faaliyetlerine devam eden 28 JES'e ek olarak 215,6 MW kapasite üretim lisansı verilen 8 enerji üretim sahası bulunmaktadır. İlerleyen yıllarda bu sahalarda da elektrik enerjisi üretimine

başladığında Aydın'ın kuru güç ve üretim içindeki payı daha da artacaktır (TEİAŞ, 2020).

Türkiye'de 2023 yenilenebilir enerji hedeflerinde jeotermal enerji için öngörülen hedef 2016 yılında güncellenmiştir. Geçmişte 2023 hedefleri 600 MW olarak belirlenmişken Türkiye jeotermal enerjiden elektrik üretimi kurulu gücünde 2020 yılında 1570 MW'ı geride bırakmıştır. Türkiye'deki üretime paralel olarak Aydın'da da jeotermal enerjiye elektrik üretimi büyük bir ivme yakalamıştır. Aydın'da 2010 yılında 20 MW'ı bulmayan jeotermal enerji santralleri kurulu gücü, 2018 yılı sonunda 700 MW seviyelerini geçmiştir (Grafik 6).

Grafik 6: Aydın'da Yıllara Göre Jeotermal Enerji Santralleri Kurulumu



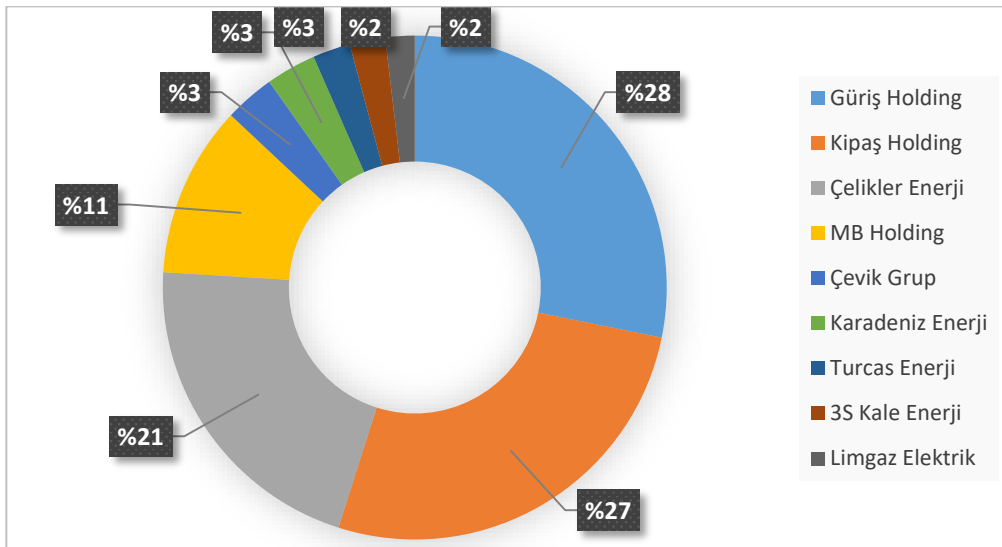
Kaynak: (Enerji Atlası, 2020)

Jeotermal enerjiden elektrik üreten santraller 2015 yılında YEKDEM'den istifade etmeye başlamış olup elde ettiği 1 kilovatsaat elektriği 0,1050 \$ fiyat ile devlet satın almaktadır (EPDK, 2019). Ayrıca yerli aksam kullanımı içinde ek teşvikler verilmektedir. İlk üretim ve kurulum maliyetinden sonra bakım-onarım ve genel giderler dışında herhangi bir girdiye ihtiyaç duyulmaması, yer altından gelen kaynağın ücretsiz kullanılması da jeotermal enerji santrallerine olan ilgiyi artırmaktadır.

Jeotermal enerjiden elektrik üretimi ciddi bir planlama, mühendislik kabiliyeti, sondaj ve inşaat imkânı gerektirmektedir. Bu nedenle enerji üretimi alanında faaliyet gösteren her şirket jeotermal enerji

üretim ve kurulum gerçekleştiremez. Tüm bu gereksinimlerine rağmen Türkiye'de jeotermal enerjiden elektrik üretebilecek kapasitede olan pek çok firma bulunmaktadır. Bu firmaların önemli bir kısmı Aydın'da jeotermal enerjiden elektrik üretimi gerçekleştirmektedir (Grafik 7). Aydın'da faaliyet gösteren jeotermal kaynaklardan elektrik enerjisi üreten firmalar içinde en büyük pay 210 MW ile Güriş Holding'e aittir. Bu firma Aydın'daki toplam güç kapasitesinin %28'ine sahiptir. Onu yaklaşık 200 MW (%27) ile Kipaş Holding ve yaklaşık 157 MW kurulu güç kapasitesi (%21) Çelikler Enerji takip etmektedir. Bu üç enerji şirketinin payı %76'yı bulmaktadır. Geriye kalan %24'lük pay diğer 6 firma tarafından karşılanmaktadır.

Grafik 7: Aydın'da Jeotermal Kurulu Gücün Şirketlere Göre Oranı (%)



Kaynak: (Enerji Atlası, 2020)

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu mevzuatlarına göre, Türkiye'de 1 MW altı elektrik santralleri lisanssız elektrik üretim yönetmeliğine tabi

iken, 1 MW üzeri elektrik santralleri için lisans alınması gerekmektedir. Bu tür lisansız üretim yapan jeotermal enerji santralleri için mevzuatları daha kolay olsa da

lisanssız üretim çok verimli değildir. Kurulum yapılan bölgedeki jeotermal kaynak dikkate alınarak olabildiğince yüksek kapasiteli santraller kurmak daha verimli olmaktadır. Bu da ciddi bir mühendislik, sondaj ve inşaat kabiliyeti gerektirmektedir. Bu nedenle jeotermal enerji santrali yatırımları lisanssız elektrik üretiminde olduğu gibi küçük yatırımcıdan ziyade genellikle ulusal veya uluslararası ölçekteki büyük firmalar tarafından gerçekleştirilmektedir.

#### 4. Sonuç ve Değerlendirme

Fosil yakıtların elde edilmesi, son kullanım yerlerine taşınması ve yakılması sonucu meydana gelen zararlı gaz salımı, oluşturduğu sera gazı etkisiyle küresel ısınmaya sebep olmakla birlikte iklim değişikliklerinin yaşanmasının da başlıca sebeplerindendir. Yoğun karbondioksit salımı sonucu oluşan asit yağmurları, doğayı, tarımı, ormanları yani kısacası bütün canlı hayatını ve ekosistemi olumsuz etkilemektedir. Karbon emisyonu ve sera gazı küresel ısınmanın ve iklim değişikliklerinin başlıca etmenlerindendir. Bu değişiklikler pek çok bölgenin sıcaklık değerlerinin değişimine, yoğun sel baskınlarına veya diğer doğa olaylarının beklenmedik şekilde gerçekleşmesine sebep olabilir. Bu da bu bölgelerde çevrenin, tarımın, ormanların kısacası doğal hayatın önemli bir şekilde zarar görmesiyle sonuçlanır. Fosil kaynaklara dayalı enerji üretim ve kullanımı neticesinde meydana gelen çevresel olumsuzluklar ve fosil kaynakların bir gün biteceği gibi konular göz önüne alındığında çevresel etkileri daha az olan ve sürekli kendini yenileyebilen yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerektiği gerçeği ortaya çıkmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtlarla kıyaslandığında çevreye olan olumsuz etkileri yok denecek kadar azdır. Fakat enerji elde edilmesi sürecinde doğru fizibilite çalışmaları ve saha araştırmaları yapılmazsa enerji üretilirken doğaya tamiri zor zararlar verilebilmektedir. Özellikle çalışmamızın da konusunu teşkil eden jeotermal enerji kaynaklarının edinim ve üretim aşamalarında çevreye verilebilecek zararlar iyi hesaplanarak çalışmalar yapılması önem arz etmektedir.

Yapılan çalışmalara göre araştırma konusu olan jeotermal enerji dünya elektrik ihtiyacının küçük bir bölümünü karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Özellikle Pasifik Ateş Çemberi Kuşağı ve Türkiye'nin de içinde yer aldığı Alp-Himalaya Kuşağı bu potansiyel bakımından zengindir. Bu potansiyele bağlı olarak bu alanlar üzerinde yer alan ülkeler jeotermal kaynaklarda elektrik enerjisi üretiminde ön sıralarda yer almaktadır. Fosil yakıtlarla kıyaslandığında, jeotermal enerji sera etkisine neden zararlı gaz emisyonları daha az olan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.

Aydın'da iktisadi faaliyet gerçekleştiren sektörler içerisinde; tarım, enerji, hizmetler, madencilik ve imalat önde gelmektedir. Enerji sektöründe ise rekabet gücü en yüksek sektör olarak jeotermal enerji, ilk sırada

gelmektedir. Son yıllarda, jeotermal enerji kaynaklarından elektrik üretimi amacıyla santraller yapılıyor olması, sektörün Aydın için önemli bir rekabet ortamı yarattığını ve ekonomik katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Yapılan incelemeler neticesinde elde edilen sonuçlara göre Aydın'da üretilen elektriğin neredeyse tamamına yakını yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Bu gezegenimiz ve geleceğimiz için arzu edilen optimum değerlerdedir. Bu denklemde jeotermal enerjiden elektrik üreten santraller ise başrolde. Lisans alma ve projelendirme çalışmaları devam eden jeotermal enerji santrali projelerinin tamamlanması ile birlikte dünya sıralamasında dördüncü olan ülkemizi bir basamak daha yukarı çıkaracaktır.

2014 yılından itibaren Türkiye'de jeotermal enerji üretim santrallerinin kurulumunun hızla arttığı görülmektedir. Her ne kadar jeotermal enerji yenilenebilir enerji yani çevreci bir kaynak olarak kabul edilse de, yatırım öncesinde doğru fizibilite çalışması yapılmaz ve yatırım içinde maliyetleri kısmak adına yapılması gerekenler yeterine yapılmazsa çevreye geri dönülmez zararlar vermektedir. Bu konuda son yıllarda Aydın İlinde yöre halkının ve STK'ların jeotermal enerjiye yönelik tepkileri artmaktadır. Bu nedenle santrallerin ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak, üretimlerini de çevresel hassasiyetler gözetilerek gerçekleştirmesi büyük önem arz etmektedir.

#### Kaynakça

- Akkus, I., Alan, H. (2016). Türkiye'nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar ve Öneriler Raporu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Yayın No: 123, sf.6, Ankara.
- Arslan, S., Darıcı, M., Karahan, Ç. (2001). Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli, Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri : Temelleri Ve Tasarımı Seminer Kitabı, MMO Yay No. MMO/2001/270, İzmir.
- Bilgiç, M. (2015). Salavatlı (Aydın) Jeotermal Alanının Hidrojeokimyasal ve Jeotermal Enerji Potansiyelinin Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- Bloomquist R. G. (2003). Geothermal Space Heating, (Ph.D, Washington State University Energy Program, Washington).
- Enerji Atlası. (2018). Jeotermal Enerji Verileri. Jeotermal Santralleri İle Aylık Elektrik Üretimi. Erişim adresi: <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-üretimi/jeotermal>.
- Enerji Atlası. (2020). Jeotermal Enerji, Erişim adresi: <https://www.enerjiatlası.com/jeotermal>.

- EPDK (2019). YEKDEM Destek Mekanizması, Erişim adresi: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-72/elektrikyekdem>.
- Eroğlu, V. (2006). İklim Değişikliği ile Mücadelede Yenilenebilir Enerji Olarak Hidroelektrik Enerji Üretiminin Artırılması ve Diğer DSİ Faaliyetleri, sf.6, Erişim adresi: <http://www.alternaturk.org/hidro.php/>.
- Evli, S. (2018). Türkiye’de Sürdürülebilir Kalkınma ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, (Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ) Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- Evran, U. ve Evran B. (2018). The Importance Of Geothermal Energy (Birinci baskı), sf.5, İzmir: Printer Ofset Yayıncılık.
- Gedik Ö. (2015). Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevresel Etkileri, (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul), Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- Huttrer, G.W. (2020). World Geothermal Power Generation 2015-2020 Update Report, World Geothermal Congress 2020, Virtual Event 27 April 2020, Reykjavik.
- IEA. (2020). Electricity Statistics, Erişim adresi: <https://www.iea.org/statistics/electricity/>.
- IRENA. (2021). Renewable Capacity Statistics 2020, Erişim Adresi: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series>.
- Karagöl, T. E. ve Kavaz, İ. (2017). Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji. Siyaset, Ekonomi, Toplum Araştırmaları Vakfı Analiz Dergisi, (197), sf.5-30.
- Kılıç, F.Ç., Kılıç, M.K. (2013). Jeotermal Enerji ve Türkiye, Mühendis ve Makina, (54-639), sf.45-56.
- Koç, E. (2019). Yenilenebilir Enerji Finansmanı, Türkiye ve Dünyadaki Uygulamaları, (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul) Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- MTA. (2016). Türkiye Jeotermal Enerji Haritası, Erişim adresi: <http://www.mta.gov.tr>
- Soylu B. (2019). Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Konya İli’nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli, (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Kayseri), Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- TEİAŞ. (2020). Türkiye’nin Elektrik Kurulu Güç Raporları, Erişim adresi: <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari>.
- Tunçbilek, Ö. F. (2015). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Tarımda ve Kırsal Kalkınmada Kullanımı ve Kütahya Simav Jeotermal Seracılık Örneği, (Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya), Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- University of Calgary. (2019). Geothermal electricity, Erişim adresi: [https://energyeducation.ca/encyclopedia/Geothermal\\_electricity#cite\\_note-7/](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Geothermal_electricity#cite_note-7/).
- Uluşahin, A. (2009). Enerji Gereksiniminde Bazı Gerçekler, Jeotermal Enerji ve Yasal Durum, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır.
- Varınca, K. B., Varank, G., (2005). Rüzgâr Kaynaklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları/Enerji Yönetimi Sempozyumu, Kayseri, 3-4 Haziran 2005.
- Yıldız, M., (2010). Aydın İlindeki Jeotermal Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmak Amacıyla Kullanımı Üzerine Bir Araştırma, (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.), Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- Yılmaz, M. (2012). Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi (4-2), sf. 33-54.
- Yılmaz M. ve Pehlivanoglu C. (2019). Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi İçinde Jeotermal Enerjinin Yeri ve Gelişimi, İşletme Araştırmaları İçinde (205-236). Ankara. Erişim adresi: <https://www.iksad.net/>
- Zaim A. ve Çavşı H. (2018). Türkiye’deki Jeotermal Enerji Santrallerinin Durumu, Mühendis ve Makina, (59-691), sf.45-58.