

## JEOTERMAL ENERJİ ALTERNATİF Mİ?

Saffet DURAK Maden Mühendisi

Son zamanlarda siyasiler, ülkemizin çok yakın bir gelecekte enerji sıkıntısıyla karşı karşıya kalacağını her fırsatta vurguluyorlar. Bunun temel gerekçesi; Orhaneli ve Kemerköy Termik Santralleri'nin işletilmesi karşısında oluşan çevreci toplumsal muhalefeti kırarak söz konusu iki santralin biran önce ve tam kapasiteyle devreye alınmasını sağlamak. Bir diğer neden de nükleer santral için kamuoyu oluşturmak. Başta EMO olmak üzere bazı sivil toplum örgütleri ise siyasilerin yukarıda bahsedilen gerekçelerini de iyi bildiklerinden haklı olarak bu sava karşı çıkıyorlar. Diğer taraftan ülkemizin kişi başına elektrik tüketimine baktığımızda 1300 kWh/yıl olduğunu görüyoruz ki dünya ortalaması olan 2400 kWh/yıl değerinin neredeyse yansı kadar. Dolayısıyla en azından dünya ortalamasını yakalamak için enerji üretimimizi arttırmamız gerektiği çok açık. Enerji yatırımının uzun zaman aldığı göz önüne alındığında, yukarıda belirtilen amaçlarla değilse de, ülkemizin gelişmiş ülkeler kadar enerji tüketmesini! sağlamak için bir an önce enerji üretiminin arttıracak yatırımlara başlanması gerektiği ortaya çıkıyor. Bu bağlamda, jeotermal enerjinin ülkemizin enerji gereksinimine ne oranda ve nasıl katkı koyabileceğini irdelemeye çalışacağız.

### JEOTERMAL ENERJİ NEDİR?

Tüm dünyada hızlı bir artış gösteren enerji gereksiniminin büyük kısmı, bir süre daha fosil yakıtlar ve hidrolik enerji ile karşılanabilecektir. Fosil yakıtların belirli süre sonunda tükenme olasılığının bulunması ve çevreye olumsuz etkileri nedeniyle alternatif enerji kaynaklarının araştırılması zorunlu olmaktadır. Bunlar içerisinde güneş, biyomas, rüzgar ve dalga enerjileri henüz ekonomik ve ticari anlamda kullanıma sunulmamışlardır. Öte yandan jeotermal enerji ilk çağlardan bu yana ekonomik olarak kullanılmaktadır.

Jeotermal enerji; yerkabuğunun sahip olduğu ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan, çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içeren sıcak su ve buharın taşıdığı enerji olarak tanımlanabilir. Yerkabuğunun derinliklerinde var olan ısı kaynağı; henüz soğumasını tamamlamamış bir magma kütlesi veya genç bir volkanizma ile ilgilidir. Yüzeiden kırık ve çatlaklar aracılığı ile derinlere süzülen meteorit sular, bu ısı kaynağı tarafından ısıtıldıktan ve mineralce zenginleştikten sonra yükselirler, yeryüzünde değişik derinliklerde yer alan ve geçirimsiz örtü kayalarla kontrol edilmiş olan gözenekli ve geçirimli hazne kayalarda (rezervuar) birikirler. Bu akışkan, kırık ve çatlak sistemlerinin oluşturduğu yollarla yeryüzüne ulaşarak termal kaynakları oluşturur yada sondajlarla çıkartılarak ekonomik kullanıma sunulur. Ayrıca bazı alanlarda bulunan "sıcak kuru kayalar (hot dry rock)"da herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir (1).

Jeotermal enerji, termal bölgelerde yaşayan insanlar tarafından, ilk çağlardan beri sağlık, banyo ve yiyecek pişirme gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır (2). Gelişen teknolojiye "ve enerjiye olan talebin artmasına paralel olarak jeotermal kullanımı da yaygınlaşmış ve çeşitlilik kazanmıştır. Bunların basında elektrik üretimi, ısıtmacılık ve sanayide çeşitli amaçlarla kullanım gelmektedir. Jeotermal kaynağın sıcaklığına göre kullanım sahalarını gösteren Lindall Diyagramı sayfa 24'te sunulmuştur (Sekil 1).

1970'li yıllardan bu yana jeotermal enerji kullanımı yılda ortalama % 10 artmaktadır. Artış hızının bu denli yüksek olması aşağıdaki gerekçelerle açıklanabilir.

Jeotermal enerjiden elde edilen birim gücün maliyeti, hidroelektrik dışında termik ve diğer santrallere oranla çok daha düşüktür.

Termik santrallere oranla daha az çevre sorununa yol açmaktadır. Geri basım (geri basım) uygulaması ile bu sorunlar minimum seviyeye indirilmektedir. Yani temiz bir enerji kaynağıdır.

Son yıllarda geliştirilen "Binary Cycle" ve "Multi Flashing System" gibi yeni teknolojiler ile daha düşük sıcaklıktaki akışkanlardan da elektrik enerjisi elde etmek mümkün olmakta ve santral çevrim verimi arttırılarak birim üretim maliyeti daha da aşağıya çekilebilmektedir.

Doğrudan kullanıldığında veya elektrik üretimi ile entegre olarak geliştirilen sistemlerle jeotermal akışkandan daha fazla termal güç elde etmek mümkün olmaktadır. Santralde belli bir sıcaklıkta atılan akışkan düşük sıcaklık gerektiren alanlarda kullanılabilir.

Ülkelerin kendi enerji kaynaklarını kullanarak enerjide dışa bağımlılığı azaltmaya yönelmeleri de jeotermal kaynakların kullanımını arttırmaktadır.

Yenilenebilir oluşu ve yerinde kullanımı mümkün kılan karaktere sahip olması jeotermal kaynaklara ilgiyi arttırmaktadır.

#### ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ

180 °C'nin üzerinde akışkana sahip olan sahalardan elektrik üretimi mümkün olmaktadır. Son yıllarda geliştirilen "Binary Cycle" ve "Multi Flashing System" gibi yeni teknolojiler ile daha düşük sıcaklıktaki akışkanlardan da elektrik enerjisi elde etmek mümkün hale gelmiştir.

Jeotermal Enerjiden elektrik üretimi ilk kez 20. yüzyılın başlarında Larderello Sahası'nda (İtalya) başarıyla uygulanmıştır. Daha sonra başta Yeni Zelanda, ABD ve Japonya gibi ülkelerde olmak üzere geniş bir kullanım alanı bulmuş ve 1992 yılı rakamlarıyla 18 ülkede toplam 58 sahada 6275 MWe kurulu güç kapasitesine ulaşmıştır. Bu kapasitenin ülkelere göre dağılımı aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

#### doğrudan KULLANIM

ilk çağlarda başlayan jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı, günümüzde çeşitlenerek ve yaygınlaştırılarak önemli bir seviyeye ulaşmıştır. Daha düşük sıcaklıktaki kaynakların kullanımına imkan vermesi, yeni ve yüksek teknoloji gerektirmemesi (mevcut teknolojinin yeterli olması) ve elektrik enerjisi eldesi ile kıyaslandığında termal verimin çok daha yüksek olması (35 °C'ye kadar kullanıma olanağı) gibi nedenlerle gelişimi daha hızlı olmuştur. Bugün 30'un üzerinde ülkede jeotermal enerji ısıtma ve diğer amaçlarla kullanılmaktadır ve kurulu güç 13.000 MW'a ulaşmıştır.

Jeotermal, enerji sağlık, banyo, rekreasyon, endüstriyel proses, tarım ve soğutma gibi çok çeşitli kullanım olanakları sağlıyorsa da, mevcut kurulu gücün büyük bir bölümü konut ısıtmacılığında kullanılmaktadır, ilk yatırım maliyetinin yüksekliğine karşın işletme giderlerinin çok düşük olması ve özellikle çevreyi hiçbir kirletici etkisinin olmaması nedeniyle (geri basım yapmak koşuluyla) geniş bir kullanım imkanı bulmuştur. Bu konuda ilk ve en önemli örnek; İzlanda'nın başkenti Reykjavik şehrinin jeotermal enerji ile ısıtılması uygulaması olmuştur. Halen Reykjavik'in hemen hemen tamamı jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Bu uygulamanın başarısı özellikle fosil yakıt kaynakları sınırlı, düşük entalpili jeotermal kaynaklara sahip ülkelerde jeotermal enerjiyi önemli bir alternatif kaynak durumuna getirmiştir.

#### TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ

Alp Himalayalar tektonik kuşağı üzerinde yer alan ülkemiz, jeotermal kaynaklar açısından zengin sayılabilecek bir konumdadır. Düşük, orta ve yüksek entalpili olmak üzere bilinen 140 saha mevcuttur. Bunlardan Denizli Kızıldağ ve Aydın Germencik sahaları klasik yöntemlerle elektrik üretimine uygun sahalardır. Bunların yanı sıra Çanakkale Tuzla, Kütahya Simav, Aydın Salavatlı, İzmir Seferihisar ve Dikili gibi yeni teknolojilerin

uygulanması ile elektrik üretilebilecek orta entalpili sahalar da vardır. Ülkemizde sadece Kızıldere Jeotermal Sahası'nda elektrik üretimi yapılmaktadır.

#### KIZILDERE JEOTERMAL SAHASI

Kızıldere'nin ilk sondaj çalışmaları 1968 yılında başlamış ve 212 °C sıcaklıkta jeotermal akışkan bulunmuştur. MTA'nın dizayn ettiği 0.5 MWe kapasiteli pilot santralin başarılı bir şekilde çalışmasından sonra 20 MWe kapasiteli bir santral 1984 yılında devreye alınmıştır. Santralin gereksinim duyduğu buhar 8 üretim kuyusundan karşılanmaktadır. Başlangıçta çeşitli sorunlar nedeniyle düşük kapasitede çalışabilen santral. 1989 yılından itibaren yıllık 75 milyon kWh ortalama üretim değerine ulaşmıştır. Kızıldere Jeotermal Sahası'nda karşılaşılan en önemli sorun kuyu içinde ve yüzey hatlarda meydana gelen CaCO<sub>3</sub> çökmesidir. Bu çökme yılda bir kez yapılan mekanik temizlik ile giderilmektedir. Sahada karşılaşılan bir başka sorun ise; atık suyun içerdiği yüksek oranda bor nedeniyle Menderes Nehri'nde bor kirlenmesine neden olmasıdır. Bu nedenle sulama dönemlerinde Dsi'nin talebi ile santral üretime kapatılmaktadır. Bu sorunun giderilmesi amacıyla Reenjeksiyon projesi olarak adlandırılan bir proje başlatılmış olup, atık akışkan yeniden rezervuara basılarak hem kirlenme önlenecek, hem de rezervuar beslenerek basınç düşümü engellenecektir. Kızıldere'de üretilen enerjinin birim maliyeti 1994 rakamlarıyla 640 TL/kWh (1.64 cent) olmuştur. Termik santrallerle kıyaslandığında birim maliyet çok düşük olmaktadır (4). Kızıldere Jeotermal Santrali ile entegre olarak çalışmakta olan CO<sub>2</sub> tesisleri, santralin atık gazlarından sıvı CO<sub>2</sub> ve kuru buz üretmekte ve Ülkemizin hemen tüm ihtiyacım karşılamaktadır.

Türkiye'de jeotermal enerji sağlık ve banyo amaçlarıyla çok uzun yıllardır kullanılmaktadır. Daha sonraları sera ısıtmacılığında kullanılan jeotermal enerji ile ilk konut ısıtmacılığı Gönen'de uygulanmıştır. Bu uygulamanın başarısı sonucu birçok jeotermal kaynak ısıtma amacıyla kullanılmaya başlamıştır. Bugün Ülkemizde 160 MW'lık bir kurulu güç kapasitesine ulaşılmış ve 23.000 konut eşdeğeri ısıtma işletmeye alınmıştır. Ayrıca yaklaşık 600 Mwt kapasitesinde ısıtma projeleri de inşaat veya proje aşamasındadır. Jeotermal enerjinin konut ısıtmacılığında kullanıldığı önemli merkezler Kütahya Simav, Balıkesir Gönen, Kırşehir şehir merkezi, Kızılcahamam, Afyon Oruçoğlu tesisleri, Afyon Ömer Kaplıca tesisleri, Akyazı Kuzuluk devre mülk tesisleri ve İzmir Balçova tesisleri ile 9 Eylül Üniversitesi'nin bir kısmıdır. Halen Afyon şehir merkezi, İzmir şehir merkezi, Nevşehir Kozaklı, Balıkesir Sındırgı, Afyon Sandıklı, Kütahya Gediz, İzmir Dikili ve Manisa Salihli gibi sahalarda da konut ısıtmacılığı için çalışmalar sürdürülmektedir. Isıtmacılıkta halen kullanılmakta olan sahal ve kapasiteleri aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

#### SONUÇ

Ülkemizin tek jeotermal santrali olan Kızıldere Jeotermal Santrali'nin kurulu gücü 20 Mwe olup yıllık enerji üretimi 7580 milyon kWh civarındadır. Jeotermal enerjinin Ülkemizin enerji üretiminde % 0,1 payı bulunmaktadır. Germencik sahasında 25 Mwe kapasiteli bir santral kurulması durumunda bu üretimin 200 milyon kWh değerine ulaşması beklenmektedir. Bu rakamlar Ülkemizin enerji tüketiminin çok küçük bir bölümüne karşılık gelmekteyse de enerji maliyetinin fasıl yakıt santrallerine oranla çok daha düşük olması, çevre sorunlarının minimum seviyede olması ve kendi doğal kaynağımız olması gibi nedenlerle jeotermal kaynaklardan enerji üretimi ekonomik olmaktadır.

Ülkemizde yaygın olarak bulunan orta entalpili sahaların ısıtma ve endüstriyel kullanım gibi amaçlarla doğrudan kullanılması ise termal verimin enerji santrallerine oranla daha yüksek olması nedeniyle çok daha ekonomik olmaktadır. Nitekim ilk uygulamaların

yararlarını gören yerel yönetimler jeotermal kaynakların kullanımına hızla yönelmektedirler.

Yüksek ve orta entalpili sahalarda enerji üretimi ile entegre olarak doğrudan kullanımın yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Örneğin Kızıldere'de ortalama 1000 t/saat 147" sıcaklıktaki atık su kullanılmadan atılmaktadır. Bu atık su ile Denizli'de 20.000 konutun Isıtılması mümkündür.

#### KAYNAKLAR

1. Jeotermal Enerji, (1989) MTA Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara
2. Armstead, H.C.H. (1983) Geothermal Energy. E&F.N.Spon, London
3. Koçak, A. Erkan B., Durak S., Tuğran M. (1994) Jeotermal Enerji, MTA Genel Müdürlüğü, (yayınlanmamış rapor)
4. Durak S., Erkan B., Aksoy N., (1993) Kızıldere Jeotermal Sahası Çalışma Raporu.
5. Mertoğlu O., Başarır N. (1995) Geothermal Utilisation and applications in TurkeyThe 5. Geothermal Energy Congress, italy.

[http://www.maden.org.tr/e\\_bulten/sayi\\_goster.asp?sayi=49&yazi\\_sira\\_no=10](http://www.maden.org.tr/e_bulten/sayi_goster.asp?sayi=49&yazi_sira_no=10)

## **JEOTERMAL ENERJİ KOORDİNATÖRLÜĞÜ**

### **JEOTERMAL ENERJİ VE KAPLICA ETÜTLERİ BİRİMİ**



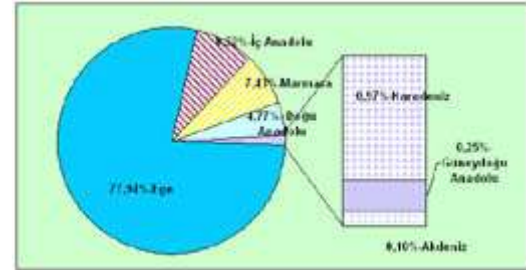
Jeotermal Enerji ve Kaplıca Etütleri Biriminde; 1 Birim Yöneticisi, 2 Birim Yönetici Yardımcısı, 25 Jeoloji Mühendisi ve 1 jeomorfolog görev yapmaktadır.

Birim sorumluluğunda jeotermal kaynaklara yönelik prospeksiyondan başlanarak ön fizibilite aşamasına kadar olan jeolojik etüt, hidrojeokimyasal etütler, alterasyon çalışmaları, toprak gazı ölçümleri, jeofizik çalışmalar ve sondajlı arama ve araştırma çalışmaları yürütülmektedir. Ayrıca kaynak, kuyu ve çevresinin koruma alanı etütleri ile ücreti karşılığında etüt, sondaj ve danışmanlık hizmetleri verilmektedir.

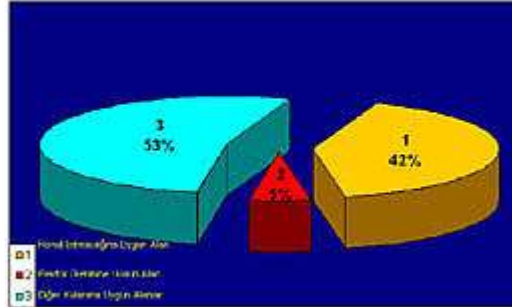
Dairemiz, Genel Müdürlüğümüzün, ülkemizin jeolojik yapısının tanımlanması ve doğal kaynaklarının bulunabilmesi için bilgi ve belgelerin üretilmesi, hammaddelerimizin kullanım alanlarının genişletilmesi veya yeni kullanım alanları bulunması ve sektöre hizmet verecek alt yapı çalışmaları ve araştırmaları görevi kapsamında jeotermal kaynakların bulunup çıkarılması ve ülke ekonomisinin hizmetine sunulması için gerekli tüm çalışmaları sistematik olarak sürdürmektedir. Türkiye'de jeotermal enerji aramalarının başlangıcı 40 yıl öncesine dayanmaktadır. Bu araştırmalarda prospeksiyon ile başlayarak, jeoloji, jeofizik, hidrojeokimya ve sondaj çalışmaları şeklinde sürdürülen çalışmalar sonucunda genel kabul gören sınıflamaya göre; Düşük Sıcaklıklı Sahalar (20-70oC), Orta Sıcaklıklı Sahalar (70-150oC) ve Yüksek Sıcaklıklı Sahalar (> 150oC) olmak üzere ülkemizde 170 adet sahanın olduğu belirlenmiştir. Toplam 600 dolayında sıcak su kaynağının bulunduğu sahalardan çoğunda yapılan etütler sonucunda elde edilen bilgiler değerlendirilerek belirlenen lokasyonlarda 300 civarında gradyan sondajı ve toplam 150.000 m derinliğinde 377 adet arama/araştırma kuyusu açılmıştır.



Türkiye'deki Jeotermal Sahaların Kullanım Olanaklarına Göre Dağılımı



Türkiye'nin Genç Tektoniği -Volkanik Etkinliği ve Sıcak Su Kaynaklarının Dağılımı (2003)



Türkiye Jeotermal Alanlarının Dağılımı (2003)

<http://www.mta.gov.tr/mta/enerji/jeokor.asp>

**Jeotermal Enerji**

Jeotermal enerji, Dünya'nın ısısından elde edilen enerjidir. Jeotermal sözcüğü "yer" ve "ısı" anlamındaki Yunanca iki sözcükten üretilmiştir. Bilim adamları, jeotermal ısının nereden kaynaklandığı, yeryüzüne çıkan buharın nasıl oluştuğu konusunda henüz tam bir görüş birliğine varamamışlardır. Büyük bir olasılıkla bu ısının kaynağı , Dünya'nın derinliklerindeki "magma" denilen erimiş kayaç kütesidir.

Yüzeye püsküren buharın da, yüzeyden derinlere sızan yağmur sularının, bu kızgın magma bölgesinde ısınıp buharlaşması sonucunda oluştuğu sanılmaktadır. Bu ısıdan, İzlanda ve Japonya'da olduğu gibi, evlerin, hamamların ve seraların ısıtılmasında yararlanılabilir. Elektrik enerjisi üretiminde de, üreteçlere bağlı buhar türbinlerinin çalıştırılmasıyla jeotermal enerji kullanılabilir.

İlk jeotermal enerji santrali 1931'de İtalya'daki Larderello'da kuruldu. Bugün Larderello'da toplam gücü 351 megawatt olan ve yaklaşık 600 bin nüfuslu bir kenti beslemeye yeterli elektrik üreten bir grup jeotermal enerji santrali bulunmaktadır.

Ucuz enerji çağından pahalı enerji çağına girilirken ömrü son derece kısıtlı olan konvansiyonel enerji kaynaklarının, bir gün tükenebileceği düşünölmeye başlanmıştır. Bu nedenle, hızla artan nüfusun ve teknolojik yeniliklere bağlı olarak gelişen endüstrinin enerji gereksinimi karşısında, konvansiyonel enerji kaynaklarının yerine geçebilecek, yeni ve yenilenebilir doğal kaynakların araştırılması bulunması ve bunlardan yararlanılması konusunda büyük bir arayış içine girilmiştir.

Dünyadaki enerji kaynakları fosil kaynaklar (kömür, petrol, doğal gaz, turba, petrollü, kaynaklar, vb.) yenilenebilir kaynaklar (hidrolik, biyomas, jeotermal, jeotermal gradyan, rüzgar, gelgit, dalga, vb.) olmak üzere iki bölüme ayrılabilir. Bunlardan yenilenebilir kaynaklar grubuna giren Jeotermal Enerji, önemli bir yer tutmaktadır.

Yerkabuğu içerisinde hazne kayalarda bulunan, basınç altında aşırı derecede ısınmış suların enerjisidir. Ekonomik önemdeki jeotermal enerji birikimi, 40°C-380°C arasında olup, 3000 m 'ye kadar olan derinliklerde geçirimsiz kayalar altında yer alan, geçirimli hazne kayalar içinde bulunmaktadır. Şimdiye kadar üç çeşit jeotermal sistemin varlığı saptanmıştır. Sıcak kuru kaya sistemi, sıcak su sistemi, kuru buhar sistemi.

### **Sıcak Su Sistemi**

Yeryüzünde sıcak su esaslı sistemler Buhar esaslı sistemlerden yirmi kat daha fazla bulunmaktadır. Sıcak su sisteminde, derindeki hazne kaya içerisinde, basınç altında, yüksek sıcaklıkta, erimiş kimyasal madde bakımından çok zengin, farklı kimyasal özelliklerde sular bulunmaktadır. Bu tür sistemlerden sondajlarla yeryüzüne çıkarılan sıcak su+buhar karışımından elde edilen buhardan, elektrik enerjisi üretilmekte, buharı alınmış sıcak su ise atılmaktadır.

## **Kuru Buhar Sistemi**

Buhar esaslı sistemler, sıcak su esaslı sistemlerden farklı olarak, çok fazla ısınmış, nem miktarı az, sıcaklığı yüksek buhar üretirler. Bu tür buhar, bir enerji kaynağı olarak doğrudan jeotermal santrallere gönderilerek elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Bir bakıma bunlar yerkabuğu üzerinde oluşmuş, birer doğal nükleer reaktör olarak kabul edilir.

## **Sıcak Kuru Kaya Sistemleri**

Yerküremizde özellikle genç, aktif volkanik kuşaklarda, jeotermal gradyanın çok yüksek olduğu bölgelerde, sıcak su içermeyen yüksek sıcaklığa sahip kızgın, kuru kayalar bulunmaktadır. Bu tür sistemlere soğuk su basılarak sıcak su+ buhar karışımı alınmakta ve bu, bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır.

<http://www.fenokulu.net/jeotermal0675.htm>Tasarım:

**Fatih AKYÜZ**