

# JEOTERMAL

## ENERJİ

**Hilmi Güven**

Elektronik Mühendisi

*“Jeotermal kaynaklarının kullanılması, fosil yakıtların tüketimi ve bunların kullanılması sonucu oluşan sera etkisi ve asit yağmurlarının önlenmesinde çok önemli bir faktördür”.*

**J**eotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş basınç altındaki sıcak su, buhar, gaz veya sıcak kuru kayaların içindeki ısı enerjisidir. Yağmur ve kar suları yerkabuğundaki çatlaklardan magmanın ısıttığı kayalık katmanlara ulaşarak ısınır. Isınan sular, sıcak su kaynakları, buhar veya sıcak su-buhar karışımı olarak yeryüzüne ulaşır. Isı birikimi olmasına rağmen doğal su dolaşımına uygun kırık ve çatlaklar olmaması durumunda, akışkanlar yapay kuyularla veya borularla dolaştırılmak suretiyle enerji elde edilebilir. Bu gibi özel teknikler yardımıyla, yerin derinliklerinde bulunan sıcak kuru kayalar da jeotermal enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

Jeotermal enerji tükenmeyen, yenilenebilir alternatif bir enerji kaynağıdır. Jeotermal akışkanı oluşturan sular meteorik kökenli olduklarından, beslenmenin üzerinde rezervuardan üretim olmadıkça, bu kaynakların tükenmesi mümkün değildir.

Jeotermal kaynaklarının kullanılması, fosil yakıtların tüketimi ve bunların kullanılması sonucu oluşan sera etkisi ve asit yağmurlarının önlenmesinde çok önemli bir faktördür. Gelişen teknoloji ile modern santrallarda karbondiok-

sit ile azot ve sülfür türevleri gazlarının atımı çok düşük düzeylere indirilmiştir. Yeni kuşak “binary” santrallarda yoğunlaşmayan gazları buharın içinden çıkarıp, kullanılmış jeotermal akışkanla beraber yeraltına tekrar gönderen re-enjeksiyon sistemleri vardır. Bu teknikte, atmosfere verilen atık miktarı sıfırdır. Eski tip santrallarda ise, üretilen her MWsaat elektrik için en fazla 0,136 kg karbon dışarı atılır. Bu değer, doğal gaz ile çalışan bir santral için 128 kg, fuel oil ile çalışan bir santralde 190 kg, kömür ile çalışan bir santralde ise, 226 kg’dır. Kömür yakıtlı termik santrallardaki karbondioksit atımı, eski tip jeotermal santrallardakine oranla 1600 kat daha fazladır.

### **KULLANIM ALANLARI**

Jeotermal enerjinin ısıtmada kullanımı oldukça eskilere dayanmaktadır. İnsanlar yüzyıllardır, sağlık amaçlı kaplıçalarda ve hamamlarda bu doğal kaynağı kullanmaktadırlar. Yaygın olarak, konut ısıtma ve sıcak kullanma suyu olarak, sera ısıtmasında, yüzme havuzu, fizik tedavi merkezleri ve turistik tesislerde, toprak ve cadde ısıtmasında yararlanılmaktadır.

Jeotermal enerjiden, ısıtma amaçlı kullanımının yanı sıra elektrik enerjisi elde etmek amacıyla da

yararlanılmaktadır. Kaynaklardan 80 - 180 C° arasındaki sıcaklıklarda elektrik enerjisi üretilebilmektedir. 30 C°'den 150 C° kadar olan sıcaklıklarda ise ısıtma yapılabilir. Ayrıca, son yıllardaki çalışmalar sonunda, freon, izobütan benzeri buharlaşma sıcaklıkları düşük gazlar kullanılarak 60 C° ile 90 C° arası sıcaklıklardaki suların elektrik üretimi mümkün hale gelmiştir.

## DÜNYADAKİ UYGULAMALAR

Dünyada jeotermal enerjiden elektrik üretim çalışmaları, 1900'lu yılların başından beri yürütülmektedir. İlk jeotermal elektrik santrali 1913 yılında işletmeye alınmış ve 250 kW gücündeydi. Jeotermal buharda bulunan mineral tuzların neden olduğu korozyona ve yoğunlaştırıcıda oluşan vakuma karşı iki aşamalı bir işlem uygulanmıştır. Jeotermal sıvının ısıyla özel kazanlarda 0,15 megapaskal altında temiz buhar üretiliyordu. Bu yöntemde, buharda bulunan karbondioksit başta olmak üzere yoğunlaşmayan gazların ayrışması mümkün oluyordu. 1944 yılında İtalya'da jeotermal enerjisi kurulu gücü 127 MW'a

ulaşmıştı. Daha sonraki yıllarda, gelişen tekniklerle daha derin kuyulardan elde edilen buharın termodinamik özelliği sayesinde tek aşamalı direkt çevrimli türbünler kullanılmaya başlandı. Böylece, atmosferik basınç altında çalışan bu türbünler ile yeni tip yoğunlaştırıcı elektrik santralleri devreye girdi. Bu santrallerdeki türbünler, yoğunlaştırıcıları vakum altında tutularak buharı atmosferik basınçtan düşük basınçlarla tahliye edebiliyorlardı. Direkt buhar çevrimli türbünler, o zamanlar iki aşamalı olanlara alternatif olmuşlardı. İki aşamalı türbünler aynı anda kimyasal ve elektrik üretimlerinden dolayı tercih edilmelerine ve bu sayede, bir yandan elektrik üretirken, buhardan borik asit, amonyak gibi maddelerin eldesi mümkün olmasına karşın, ekonomik olarak elektrik üretimi daha önemli hale gelince terk edilmişlerdi.

İtalya'nın bu başarılarından sonra, Amerika'da bu konudaki çalışmalara hız verildi ve 1923 yılında Kaliforniya'da 250 kW gücünde ilk santral devreye alındı. Japonya ise, 1925'te Kyushu adasında 1 kW'lık bir deneme santrali ile jeotermal enerji araştırmalarına

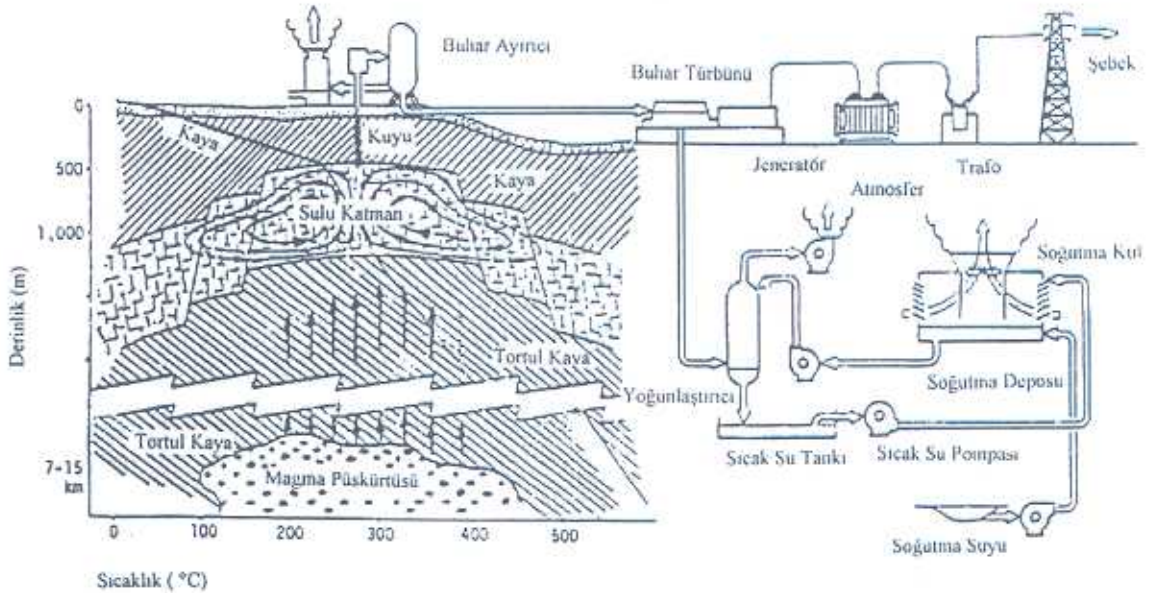
başladı. 1938 yılında İtalya'da Napoli şehrinde 300 kW gücünde ilk "binary" santral çalıştırıldı. 2. Dünya savaşı boyunca duran çalışmalardan sonra, Japonya araştırma geliştirme faaliyetlerine büyük yatırımlar yaptı ve bunun sonucunda 22 MW kurulu gücü olan bir projeyi yaşama geçirdi.

Dünyada, genç tektonizma ve volkanizma gibi jeolojik özellikleri nedeniyle birçok jeotermal kuşak bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri; And volkanik kuşağı, Alp-Himalaya kuşağı, Doğu Afrika rift sistemi, Karayip Adaları, Orta Amerika volkanik kuşağıdır.

## MALİYETLER

Bir jeotermal elektrik santralının toplam maliyetinde en önemli harcama kuruluş aşamasında yapılmaktadır. Gerekli saha etüdüleri, jeolojik ölçüm ve yapılabirlik çalışmaları sonrasında kuyuların kazılıp boruların döşenmesi işlemi ilk yatırım maliyetinin büyük bir kısmı olmaktadır.

Nihai saha geliştirme işlemi, santralin kurulması, deneme üretimi ise inşaatın son aşamasıdır. Bu aşamaya kadar - saha geliştirme, ve ekipmanın tesisi- yapılan toplam harcamalar, 1500-2000







S/kWsaat tutmaktadır.

İşletme ve bakım masrafları, santralin kapasite kullanımı ile ilgilidir. Dünya uygulamalarında kapasite faktörü - santralin yıl içinde üretimde olduğu zaman oranı çoğunlukla %90'ın üzerindedir. Bu değer, ortalama olarak %97-98 arasındadır. İşletme ve bakım maliyeti ortalaması ise, 1,5- 3 cent/kWsaat olmaktadır.

Dünyada kurulu gücü en büyük jeotermal elektrik santrali, A.B.D. de San Fransisco'da bulunmaktadır. Kaliforniya elektriğinin %7'sini sağlayan San Francisco Geysers jeotermal santralinde, satış fiyatı 3-3,5 cent/kWsaat'tir.

## TÜRKİYE'DE DURUM

Ülkemiz Alp-Himalaya orojenik kuşağında bulunması nedeniyle jeotermal enerji bakımından büyük potansiyele sahiptir. Batı Anadolu bölgesinde graben, Orta Anadolu'daki havza rejimi, doğuda sıkışma tektoniği ve kuzeyde Kuzey Anadolu fay hatından dolayı tektonik açıdan oldukça etkili bir bölge üzerindedir.

Jeotermal kaynaklarla ilgili arama, araştırma ve geliştirme faaliyetleri MTA genel müdürlüğü ta-

rafından yürütülmektedir. MTA, jeotermal kaynaklarla ilgili arama ve araştırma faaliyetlerini 1962 yılından beri sürdürmektedir. 1963 yılında İzmir Balçova sahasında 40 metre derinlikte 124 C° sıcak ilk sıcak su kaynağının bulunmasıyla çalışmalar hızlanmış ve ilk ısıtma uygulaması 1964 yılında Gönen Park Otelinin ısıtılmasıyla başlamıştır. Balıkesir Gönen'de 1987 yılından beri 16,3 MW termal kapasiteli ısıtma yapılmaktadır.

Ülkemizde jeotermal kaynaklı elektrik üretimine yönelik çalışmalar 1968 yılında MTA ile Birleşmiş Milletler Kalkınma Fonu ile ortak olarak geliştirilen bir proje kapsamında Denizli Kızıldere sahasında başlamış ve 1974 de 0,5 MW kapasiteli elektrik santrali kurulmuştur. Daha sonra ise, TEK tarafından halen çalışan 20,4 MW gücünde santral devreye alınmıştır. Aydın Germencik'de kapasitesi 50-100 MW arasında değişebilecek bir santralin kurulmasına yönelik planlama çalışmaları sürmektedir. 3. Beş Yıllık Kalkınma Planı hazırlanırken Sarayköy sahasında 1972 yılın-

dan 1981 yılına kadar her yıl 20 MW'lık santrallerin kurulması, sonraki yıllarda ise 30'ar MW'lık ünitelerin işletmeye alınması düşünülmüş, ancak uygulama planlarına yansıtılmamıştır. Böylece, planın hayata geçirilmemesiyle sadece Sarayköy sahasında işletimde olacak 710 MW kurulu güç mümkün olmuştur.

## JEOTERMAL POTANSİYELİMİZ

Jeotermal kaynaklarımızdan elde edilebilecek potansiyelimiz, 200 MW elektrik ve 2250 MW termal olmak üzere 2450 MW civarındadır. Jeotermal potansiyelin yaklaşık %70 kadarı Marmara bölgesindedir. Elektrik enerjisi olarak toplam kurulu güç kapasitesi 20,4 MW olup, oldukça düşük bir düzeydedir (Denizli Kızıldere Santrali) ve ayrıca işletmede bir takım sorunlar yaşanmaktadır. Batı Anadolu'da özellikle ege bölgesinde jeotermal enerji, ısıtma ve sera amaçları için kullanılmaktadır.

MTA tarafından yapılan araştırmalar sonucunda, 140 jeotermal sahada 100 dereceye ulaşan 600'den fazla sıcak su kaynak grubu belirlenmiştir. Yapılan detaylı saha etüdlere göre, Aydın Germencik ve Salavatlı, İzmir Seferihisar ve Dikili, Balıkesir Gönen, Çanakkale Tuzla, Kütahya Simav, Afyon Ömerli ve Gecek, Manisa Salihli, Balıkesir Gönen, Sivas Sıcakçermik, Van Erciş'de önemli jeotermal kaynaklar saptanmıştır.

MTA verilerine göre, konut ısıtması, tarımsal ve endüstriyel uygulamalar gibi dolaysız ısı enerjisi kullanımında en az 31.000 MW enerji imkanı sağlanacağı görülmektedir. Bu potansiyel, 5 milyon evin ısıtılmasına eşdeğerdir. Ayrıca, yüksek entalpili alanlarda en az 4500 MW kapasiteli elektrik santrali kurulması mümkündür. Denizli Kızıldere çevrim santrali 20,4 MW kurulu gücü ile hizmet



## BAZI ÜLKELERDEKİ MEVCUT VE PLANLANAN JEOTERMAL ELEKTRİK SANTRALLARI GÜÇLERİ (MW)

ÜLKE	1990	1995	2000
A.B.D.	2774,6	2816,7	3395
Filipinler	891	1227	1978
Endonezya	144,7	309,7	1080
Meksika	700	753	960
İtalya	545	631,7	856
Japonya	214,6	413,7	600
Yeni Zelanda	283,2	286	440
Türkiye	20,4	20,4	125

vermektedir. Bu santralin 1996 yılı elektrik üretimi 84 GWhsaat olmuştur.

Türkiye'de açılan kuyu sayısı 200'u geçmezken, onda bir potansiyele sahip Romanya'da kuyu sayısı 1000'in üzerindedir.

### SONUÇ

Ülkemizin jeotermal potansiyeli açısından zenginliği, jeotermal enerjinin önemini artırmaktadır. Jeotermal kaynakların dağılımı yöresel olarak enerji ihtiyacı ile paralellik göstermektedir. Elektrik üretimine elverişli jeotermal kaynaklar yoğun olarak enerji talebi yüksek, ancak fosil kaynaklar ile hidrolik potansiyeli daha az olan Batı ve Kuzeybatı Anadolu'da bulunduğundan, buralarda jeotermal enerji, diğer üretim teknikle-

rine alternatif olabilir.

Jeotermal enerji, çevre etkileri açısından en temiz enerji türlerinden birisidir. İklim koşulları sürekliliğine paralel olarak tükenmeyen enerji kaynağıdır.

Jeotermal enerji kullanan sistemler güvenilir, diğer konvansiyonel sistemlere oranla daha verimli ve esneklerdir. Bu sistemler, %98 oranında verimliliğe ulaşabilmektedirler. Ayrıca, modüler yapıda olduklarından, kuruluş kapasiteleri artırılabilir. A.B.D. deki Geysers tesisleri, %99 kapasite faktörüne ulaşabilmektedir. Nükleer santrallerde bu değer %60-70 arasında olduğu bilindiğinden, jeotermal santraller, maliyetlerinin ve çevreye verdikleri zararlı etkilerin çok az olmaları yanı sıra yüksek bir kapasite kullanım oranı ile ça-

lışabilmektedirler.

Jeotermal santral tesisleri inşaat süreleri oldukça kısadır: Gücü 10 MW'a kadar olan santrallerin inşaat süresi 6 ay, 250 MW ve üstü kombine tesislerin inşaat süreleri ise, 2 yıl civarındadır.

### Kaynaklar:

- Türkiye Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli, Bekdemir, S., Yumurtacı, Z., Akgün M., Yılmaz, A.; 3e dergi, Mayıs 1997
- Enerji Yol Ayrımında Türkiye, Greenpeace Akdeniz Raporu, Temmuz 1997
- Enerji ve Çevre, Doğan S., Sengün M., ISO Dergisi, Aralık 1995
- Jeotermal Enerji Raporu, MTA 1993
- Jeotermal Enerji, DPT Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Mayıs 1996
- <http://www.dae.gov.tr> (son güncelleme 9 Ocak 1997)