

# Jeotermal Enerji Kaynakları ve Türkiye

Mehmet ŞENER  
TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası  
Bilimsel ve Teknik Kurul Sekreteri

## 1. GİRİŞ

Jeotermal enerji; yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde anomali yaratacak şekilde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamaya ek olarak, bazı alanlarda bulunan “sıcak kuru kayalar” akışkan içermemesine karşın jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir. Jeotermal akışkanı oluşturan sular meteorik kökenli olduklarından, yeraltındaki haznelere sürekli beslenmekte ve kaynak yenilenebilmektedir. Bu nedenle pratikte, beslenmenin üzerinde kullanım olmadıkça

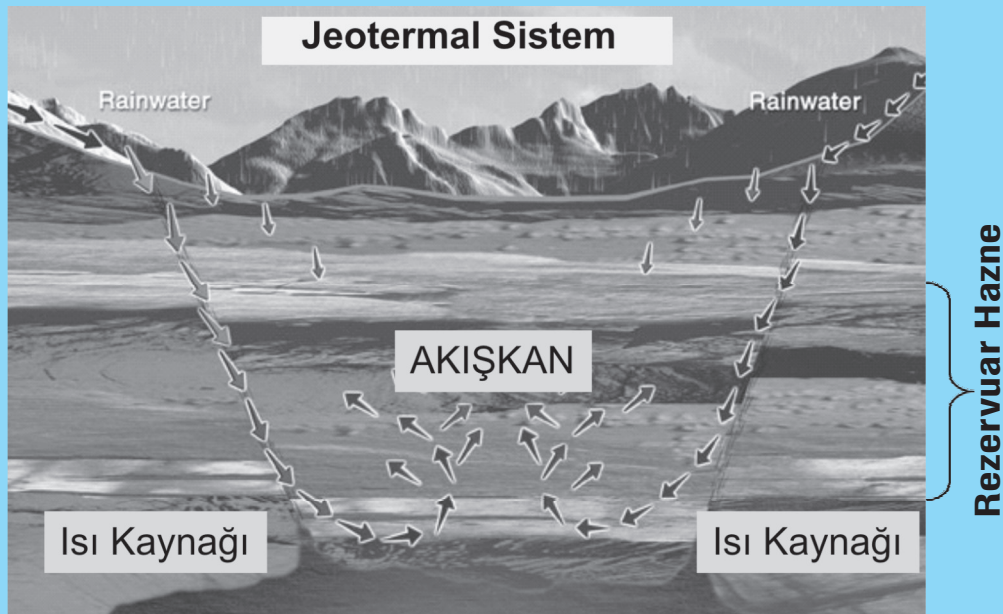
jeotermal kaynakların tükenmesi söz konusu değildir.

Yukarıdaki tanım ve saptamalar ışığında jeolojik dengeler jeopolitik baskılarla bozulmadığı sürece Jeotermal enerji yeni, yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmez, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yeşil bir enerji türüdür.

## 2. JEOTERMAL SİSTEM:

Jeotermal sistem, dört ana unsurdan oluşur (Şekil 1):

1. Isı Kaynağı
2. Rezervuar ve/veya hazne kayaç
3. Isıyı Taşıyan Akışkan
4. Örtü kayaç



Şekil 1. Jeotermal sistemi oluşturan unsurlar

Şekil 1'de şematik olarak gösterilen jeotermal sisteme ait unsurların kısa tanımlamaları ise aşağıdaki şekilde yapılabilir:

### 2.1. Isı Kaynağı:

Plaka hareketleri sonucu mantoda oluşan yersel veya bölgesel düzensizlikler mantoda ısı anomalileri oluşturur. Bu anomalilerin tektonik hatlar ve/veya kuşaklar boyunca yer kabuğuna ulaştığı noktalardaki ısı anomali zonları ve/veya sıcak noktalar (hot spots) jeotermal sistemler için ısı kaynağını oluşturur.

### 2.2. Jeotermal Rezervuar:

İşletilmekte olan jeotermal sistemin sıcak ve geçirgen kısmını tanımlar. Jeotermal sistemler ve rezervuarlar; rezervuar sıcaklığı, akışkan entalpisi, fiziksel durumu, doğası ve jeolojik yerleşimi gibi özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Örneğin jeotermal rezervuarda 1 km derinlikteki sıcaklığa bağlı olarak sistemleri iki gruba ayırmak olasıdır.

a) Rezervuar sıcaklığının 150°C'den düşük olduğu, düşük sıcaklıklı sistemler: Bu tür sistemler genelde yeryüzüne ulaşmış doğal sıcak su veya kaynar çıkışlar gösterirler.

b) Rezervuar sıcaklığının 200°C'den yüksek olduğu yüksek sıcaklıklı sistemler: Bu tür sistemler ise doğal buhar çıkışları (fumeroller), kaynayan çamur göletleri ile kendini gösterir.

Jeotermal sistemlerin fiziksel durumlarına bağlı olarak sınıflandırılmaları durumunda, üç farklı rezervuar durumu tanımlanabilir.

**1. Sıvının etken olduğu jeotermal rezervuarlar:** Rezervuardaki basınç koşullarında su sıcaklığının buharlaşma sıcaklığından daha düşük olduğu rezervuarları tanımlamakta kullanılır. Rezervuar basıncını sıvı su fazı kontrol etmektedir.

**2. İki fazlı jeotermal rezervuarlar:** Rezervuarda sıvı su ve su buharı birlikte bulunmaktadır ve rezervuar basıncı ve sıcaklığı suyun buhar basıncı eğrisini izler.

**3. Buharın etken olduğu jeotermal rezervuarlar:** Rezervuar basıncındaki akışkan sıcaklığının suyun buhar basıncı eğrisi sıcaklığından daha yüksek olması durumunda bu tür rezervuarlar oluşurlar. Rezervuardaki basıncı su buharı fazı kontrol etmektedir.

Bir jeotermal rezervuarın fiziksel durumu ve kimyasal özellikleri zamana bağlı olarak değişiklik gösterebileceği gibi aynı rezervuar içerisinde de bir noktadan diğerine farklılıklar gösterebilir.

Örneğin sıvının etken olduğu bir rezervuar, üretim sonucu oluşan basınç düşümünden dolayı, zamanla iki fazlı bir jeotermal akışkan durumuna dönüşebilir.

**2.3. Isıyı Taşıyan Akışkan ve/veya Jeotermal Akışkan:** Meteorik kökenli yağmur suları yeryüzüne düştükten sonra çatlaklı zonlardan süzülerek derinlerdeki ısı anomalisi etkisi ile ısınmış kayalardaki ısıyı süpürerek yüzeye, ekonomik anlamda erişilebilecek sığ derinliklere taşıyarak sistemin çalışan jeotermal akışkanını oluşturur.

**2.4 Örtü Kayaç:** Jeotermal sistemlerin geliştiği alanlar üzerinde derindeki rezervuar zonda bulunan akışkan ve ısının yeryüzüne ve dolayısı ile atmosfere boşalmasını önleyen geçirimsiz kayaçlardır.

### 3. SINIFLANDIRMA

Jeotermal kaynaklar buldukları ülkelere göre; kökenlerine ve sıcaklıklarına göre sınıflandırılmaktadır.

**3.1. Kökenlerine göre sınıflandırma:** Bu sınıflandırmada Tip A'dan Tip F'ye kadar uzanan ve aşağıda kısaca özetlenen sınıflandırmalar kullanılmaktadır.

**Tip A:** Magma ısıtmalı kuru sistem kaynaklar (Gayser)

**Tip B:** Andezitik volkanizmaya bağlı kaynaklar (Filipinler, Endonezya, Orta ve Güney Amerika)

**Tip C:** Kaldera kaynakları (Medicine gölü, Valles Kalderası, Yellowstone)

**Tip D:** Sedimanter ortamlarda volkanizma ile ilişkili kaynaklar (Imperial Vadisi)

**Tip E:** Gerilme Tektoniği, Fay kontrollü kaynaklar (Great Baseni)

**Tip F:** Okyanus ortası sırtı, bazaltik kaynaklar (Hawai, İzlanda, Azor Adaları)

Bu tiplere göre dünya genelindeki jeotermal kaynak dağılım yüzdelere bakıldığında andezitik volkanizmaya bağlı Tip B türü kaynaklar %52'lik bir oranla birinci sırada yer almaktadırlar (Şekil 2).

Dünya genelinde kullanılan bu sınıflandırma bazında Şekil 2'den de anlaşılacağı üzere ülkemiz kaynaklarının kökeni hakkında herhangi bir yorum getirme olanağımız günümüz koşullarında bile olanaklı değildir.

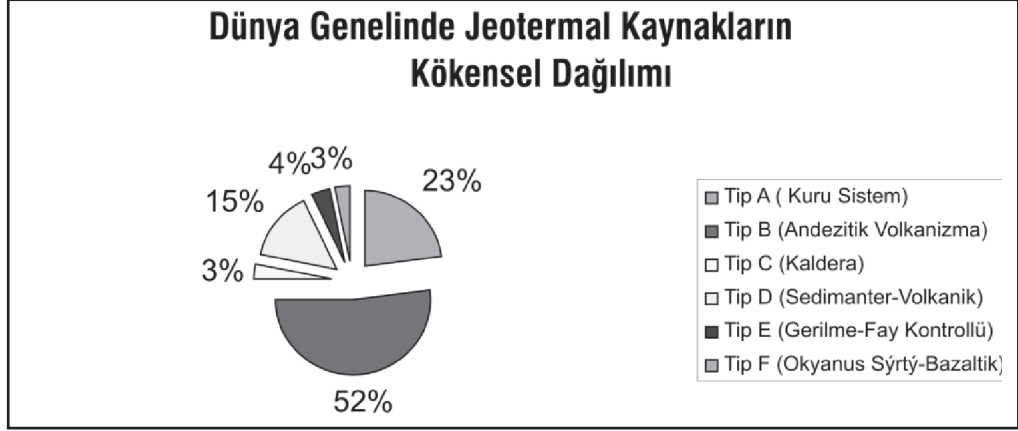
**3.2. Sıcaklıklarına göre sınıflandırma:** Ülkemizde de kullanılan ve jeotermal kaynakların sıcaklıklarına göre yapılan sınıflandırma ise:

1. Düşük Entalpili Sahalar (20-70 °C)
  2. Orta Entalpili Sahalar (70-150 °C)
  3. Yüksek Entalpili Sahalar (150 °C den yüksek)
- olmak üzere üç gruba ayrılır.
- Yukarıda verilen sınır değerler ülkemizle birlikte birçok ülkede de kullanılmaktadır. Ancak

jeotermal kaynak yönünden ülkemize göre daha yüksek entalpili (toplu ısı) sahalarla sahip olan bazı ülkelerde bu değerler yüksek tutulmaktadır.

#### 4. KULLANIM ALANLARI

Jeotermal kaynak ısısına bağlı olarak elde edilen enerjiye dayalı kullanım alanları Tablo 1'de sunulmuştur.



**Şekil 2.** Dünya genelinde jeotermal kaynakların kökensel dağılımları

**Tablo 1.** Jeotermal Enerji Kullanım Alanları

ISI (°C)	Kullanım Alanı	Elektrik Üretimi	Isıtma
180	Yüksek konsantrasyon çözeltisinin buharlaşması, amonyum absorpsiyonu ile soğutma	+	
170	Hidrojen sülfid yolu ile ağır su eldesi, Diyatomit kurutması	+	
160	Kereste, balık ve yiyeceklerin kurutulması	+	
150	Bayer's yöntemi ile Alüminyum eldesi	+	
140	Çiftlik ürünlerinin kurutulması (konservecilik)		+
130	Şeker endüstrisinde kullanım ve tuz eldesi		+
120	Temiz tuz üretimi ve tuzluluk oranının artırılması		+
110	Çimento kurutulması		+
100	Organik maddelerin kurutulması		+
90	Balık kurutma		+
80	Ev ve sera ısıtma		+
70	Soğutma (alt sıcaklık sınırı)		+
60	Kümes ve ahır ısıtma		+
50	Mantar yetiştirme, Balneolojik banyolar		+
40	Toprak ısıtma, kent ısıtma		+
30	Yüzme havuzları, fermantasyon		+
20	Balık çiftlikleri		+

#### 5. JEOTERMAL ENERJİ VE TÜRKİYE

Jeotermal enerjinin çok yönlü kullanım alanları göz önüne alınarak Dünya geneline bakıldığında;

-Filipinler'de toplam elektrik üretiminin %27'si,

-Kaliforniya Eyaleti'nde %7'si,

-Papua Yeni Gine'de 56 MWe kapasiteli jeotermal elektrik üretimi yapılmakta olup, Altın Madenciliği İşletmesinin enerji ihtiyacının %75'i jeotermalden

karşılanmaktadır.

-İzlanda'da toplam ısı enerjisi (şehir ısıtma) ihtiyacının %86'sı jeotermal enerjiden

karşılanmaktadır.

Elektrik üretimi açısından bakıldığında dünyada jeotermal elektrik üretiminde ilk 5 ülke sıralaması:

A.B.D., Filipinler, Meksika, Endonezya ve İtalya,

Isıtmacılık açısından bakıldığında ise, Dünyada

jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke sıralaması:

A.B.D, İsveç, Çin, İzlanda ve **TÜRKİYE** şeklindedir.

Bu veriler ışığında dünya genelinde 1995-2005 yılları arasında jeotermal enerjiden yararlanma

oranları giderek artmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2'de görüleceği üzere her geçen gün daha fazla kullanılmakta olan jeotermal enerjinin kullanım alanları açısından ülkemiz değerlerine bakılacak olursa aşağıdaki durum ortaya çıkmaktadır.

	1995	2005	% Artış
Hacim Isıtma (Konut, Termal Tesis Vb.)	2579 MWt	4158 MWt	61
Sera Isıtması	1085 MWt	1348 MWt	24
Elektrik Üretimi	6798 MWt	9732 MWt (2007 yılı)	43
Balneolojik Uygulamalar	1085 MWt	4911 MWt	Yak. 350

**Tablo 2.** 1995-2005 yılları arasında Jeotermal kullanım oranlarındaki değişim

### 5.1. Türkiye'de elektrik üretimine uygun sahalalar

1. Aydın-Germencik (232 °C),
2. Denizli-Kızıldere (242 °C),
3. Manisa-Alaşehir-Kurudere (184 °C)
4. Manisa-Salihli-Göbekli (182 °C)
5. Çanakkale-Tuzla (174 °C)
6. Aydın-Salavatlı (171 °C)
7. Kütahya-Simav (162 °C)
8. İzmir-Seferihisar (153 °C)
9. Manisa-Salihli-Caferbey (150 °C)
10. Aydın-Yılmazköy (142 °C)
11. İzmir-Balçova (136 °C)
12. İzmir-Dikili (130 °C)

### 5.2. Türkiye'de kent ısıtmacılığına uygun kentler

Türkiye'de jeotermal olarak merkezi ısıtma imkanı bulunan bazı yerleşim birimleri

Afyon	Akyazı	Aydın	Bademli
Balçova	Balakesir	Balya	Bigadiç
B olvadin	Buldan	Bursa	Denizli
Dikili	Edremit	Emet	Erciş
Erzurum	Gediz	Germencik	Güre
Havran	Havza	Hisaralan	Ilgın
Ilica	İzmir	Karacasu	Kızılcahamam
Kozaklı	Kuzuluk	Nazilli	Sarayköy
Pamukçu	Pasinler	Reşadiye	Sakarya
Salavatlı	Salihli	Sandıklı	Seben
Seferihisar	Sındırgı	Sivas	Sorgun
Susurluk	Turgutlu	Yenice	Yozgat

## 6. SONUÇ

“Yeraltı kaynak potansiyeli açısından son derece zenginiz.” “Yeraltı kaynaklarımızın toplam değeri milyarlarca dolar eder.” “Zengin madenlerin fukara bekçileri olmayalım” türünden söylemlerin her zaman geçerli olduğu ülkemizde, jeotermal

kaynaklarımız ülke ekonomisini bir çırpıda düze çıkaracakmış havasında değerlendiriliyor.

Mostra madenciliklerinin bittiği ve/veya biteceği gibi kaynak jeotermalciliğinin de bitebileceği kimsenin aklına gelmiyor. 1962 yılından bugüne kadar jeotermal kaynaklarımızın nasıl ele alındığı, neler yapıldığı ve neler yapılması gerektiği hakkında değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalar son günlerde yapılanlar dışında sanki yok gibi.

Vanaları açılıp elektrik üretiminin hemen yapılabileceği ve ülkemiz enerji açığının büyük ölçüde karşılanacağı gibi söylemlerin arkasındaki sorunlar hiç tartışılmıyor veya tartışmalar dinlenmek istenmiyor.

Yıllardır beklenen yasa sonunda çıkarıldı. Çıkış yasa çıkmamıştan iyidir gibi pembe tablolar çizmek mümkün iken yasa çıkmadan önce daha düzenli çalışabiliyorduk fikrine dönmek herhalde sadece ülkemize özgü bir paradoks olsa gerek.

Jeolojik oluşum tiplerini bilmeden, kaynak ve faylara bağlı verilen sondaj lokasyonlarının artık tükendiği ülkemizde, jeotermal potansiyelimiz gerçekten yıllar önce üstadımız Tahir Öngür'ün kendi ifadesi ile kabaca hesaplanmış olan 31.500 MWt midir? Yoksa bunun altında veya çok çok üstünde midir?

Türkiye genelindeki tüm jeotermal sahalalar tek modelli bir sistemde mi oluşmuştur? Yoksa her saha kendine özgü jeolojik koşullar ve unsurlara mı sahiptir?

Bu ve benzeri soruları çoğaltmak mümkündür. Tüm bu soruların yanıtı Akıl, Bilim ve Çekiç ekseninde jeolojik göstergelerin mühendislik parametreleri ile birleştirilmesi ve çok disiplinli ekip çalışmalarının çoğaltılması ile mümkündür.