

TÜRKİYE'DE

JEOTERMAL ENERJİ

POTANSİYELİ VE KULLANIMI



İlk çağlardan yakın geçmişe kadar sadece sağlık ve yiyecekleri pişirme amacıyla yararlanılan jeotermal kaynaklar günümüzde, ya doğrudan ısıtmada, ya da başka enerji türlerine dönüştürülerek kullanılmaktadır.

Şakir Şimşek
Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
ssimsek@hacettepe.edu.tr

Tüm dünyada hızlı bir artış gösteren enerji ihtiyacının büyük bir kısmı, bir süre daha fosil yakıtlar ve hidrolik enerji ile karşılanabilecektir. Aşırı enerji ihtiyacı, günümüzde tüm dünya ülkelerinin en başta gelen sorunları arasındadır. Bunun en önemli nedenleri nüfus artışı, sanayileşme ve yaşam standartlarının yükselmesi olarak gösterilmektedir. Fosil yakıtların kısa bir süre içerisinde tükenmesi ve bir süre sonra bunların yerini yeni enerji kaynaklarının alması beklenmektedir. Son yıllarda bütün ülkeler yeni enerji kaynaklarının geliştirilmesi için çalışmaktadırlar.

Jeotermal enerji nedir?

Jeotermal kaynaklar; yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli 20°C'den fazla olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir. Bu kaynaklardan elektrik üretimi veya ısı enerjisi sağlanmaktadır. Ticari anlamda jeotermal kaynaklardan üretilen ve ya yararlanan enerji jeotermal enerji olarak adlandırılmaktadır.

İlk çağlardan yakın geçmişe kadar sadece sağlık ve yiyecekleri pişirme amacıyla yararlanılan jeotermal kaynaklar günümüzde, ya doğrudan ısıtmada, yada başka enerji türlerine dönüştürülerek kullanılmaktadır. Jeotermal kaynakların kullanım alanları, gelişen teknolojiye bağlı olarak günümüzde oldukça yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir. Bunların başında elektrik üretimi, ısıtma ve endüstrideki çeşitli kullanımlar gelmektedir.

Elektrik üretimi

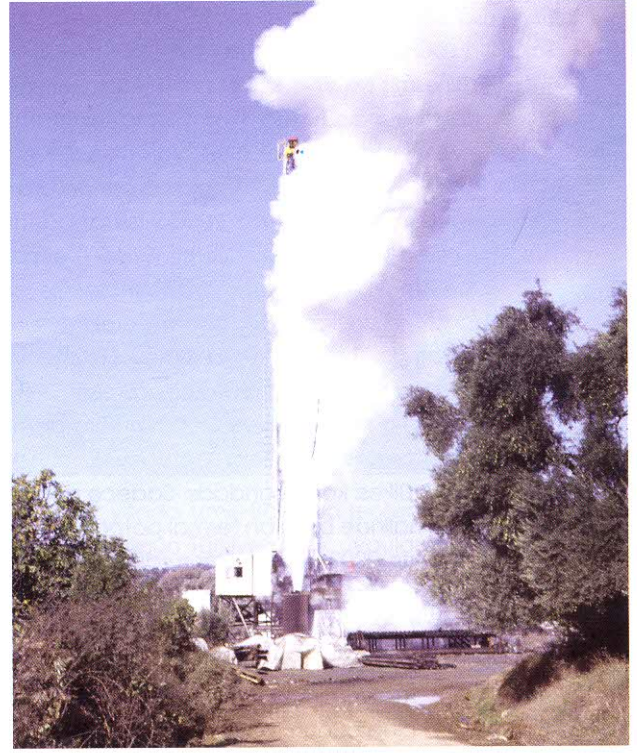
Hazne sıcaklığı 200°C ve daha fazla olan jeotermal akışkandan elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak günden güne gelişmekte olan yeni teknolojilere göre 150°C'ye kadar düşük hazne sıcaklıklı akışkandan da elektrik üretilebilmektedir. Ayrıca, son zamanlarda buharlaşma noktaları düşük gazlar (freon, izobütan vb.) kullanılarak 60-90°C sıcaklıktaki sulardan da elektrik üretimi (binary sistem) çalışmaları sürdürülmektedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi ilk olarak 1904 yılında İtalya'da gerçekleştirilmiştir. Jeotermal akışkandan elektrik üretimi, başta A.B.D. ve İtalya olmak üzere Ja-

ponya, Yeni Zelanda, El Salvador, Meksika, İzlanda, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve diğer ülkelerde yapılmaktadır. Dünyada jeotermal enerjiden elektrik üretimi gün geçtikçe artmaktadır.

Isıtma

Düşük sıcaklıktaki jeotermal akışkan (30–150°C) doğrudan ısıtmada kullanılmaktadır. Yeni geliştirilen ısı pompaları yardımıyla sıcaklığı 5°C'ye düşünceye kadar akışkandan yararlanılabilmektedir. 40°C'den fazla sıcaklıktaki jeotermal akışkan kullanılarak binalar ve kentler merkezi sistemle ısıtılmakta ve sıcak kullanma suyu olarak (İzlanda, Fransa, Japonya, A.B.D., Türkiye, Yeni Zelanda, Macaristan) yararlanılmaktadır. Seraların ısıtılması ile turfanda sebzeçilik, meyvecilik, çiçekçilik yapılmakta ve dünyada yaklaşık 17.174 MWt karşılığı jeotermal enerji bu amaçla kullanılmaktadır. Macaristan, İtalya, A.B.D., Türkiye, Japonya, Yeni Zelanda ve İzlanda'da 30°C'den fazla sıcaklıktaki akışkan kullanılarak seralar ısıtılmaktadır.

Tavuk ve benzeri hayvan çiftliklerinin ısıtılmasında (Japonya, A.B.D., Yeni Zelanda, Macaristan, Rusya), yüzme havuzu, fizik tedavi merkezleri ve diğer turistik tesislerde (İtalya, Japonya, A.B.D., İzlanda, Türkiye) ve toprak, cadde, havaalanı pistlerinin ve benzeri yapıların ısıtılmasında yine jeotermal enerjiden yararlanılmaktadır. Japonya'da farklı bir uygulama alanı olarak tropikal bitki ve balık yetiştirilmektedir.



Çeşitli endüstrilerde uygulamalar

Jeotermal kaynaklar çeşitli endüstri kollarında da uygulama alanı bulmaktadır. Yiyeceklerin kurutulmasında (balık, yosun vb.) ve sterilize edilmesinde, konserveçilikte (Japonya, A.B.D., İzlanda, Filipinler); kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayinde (Yeni Zelanda); kağıt (Yeni Zelanda, İzlanda, Japonya) ve dokuma (Yeni Zelanda, İzlanda) endüstrisinde ağartma maddesi olarak kullanılmakta; şeker, ilaç, pastörize süt fabrikalarında (Japonya vb.), bira ve benzeri endüstrilerde mayalama ve damıtma (Japonya), işlemlerinde rol almaktadır. Ayrıca Soğutma tesislerinde de (İtalya) uygulama alanı bulmaktadır. Kimyasal madde üretiminde jeotermal akışkan; borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su (döteryum oksit), amonyum sülfat (Japonya, A.B.D., İtalya), ve CO₂'den kuru buz elde edilmesinde (A.B.D., Türkiye) kullanılmaktadır. Ayrıca birçok ülkede sağlık tesislerinde ve turistik tesislerde ilgi görmektedir.

Ülkemizin Jeotermal Enerji Potansiyeli

Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde yer alan Türkiye'de genç tektoniğe bağlı olarak gelişen grabenlerin, yaygın volkanizmanın, fümerollerin (doğal buhar ve gaz çıkışları), hidrotermal alterasyonun ve sıcaklığı yer yer 100°C'ye ulaşan, sayıları 625 dolayında sıcak ve minerali kaynağının varlığı, ülkemizin önemli bir jeotermal enerji potansiyeli taşıdığını göstermektedir. Yurdumuzda 1962 yılında MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) tarafından sıcak sulara yönelik envanter çalışmasıyla jeotermal enerji projeleri başlatılmıştır. İlk kuyu 1963 yılında

Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanım Alanları

- 180°C Yüksek konsantrasyon solüsyonunun buharlaşması, Amonyum absorpsiyonu ile soğutma
- 170°C Hidrojen sülfid yolu ile ağır su eldesi, diyatomitlerin kurutulması
- 160°C Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
- 150°C Bayer's yoluyla alüminyum eldesi
- 140°C Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (Konserveçilikte)
- 130°C Şeker endüstrisi, tuz eldesi
- 120°C Temiz su eldesi, tuzluluk oranının artırılması
- 110°C Çimento kurutulması
- 100°C Organik maddeleri kurutma (Yosun, et, sebze vb.) Yün yıkama ve kurutma
- 90°C Balık kurutma
- 80°C Ev ve sera ısıtma
- 70°C Soğutma
- 60°C Kümes ve ahır ısıtma
- 50°C Mantar yetiştirme, balneolojik banyolar (kaplıca tedavisi)
- 40°C Toprak ısıtma, kent ısıtması (Alt sınıır), sağlık tesisleri
- 30°C Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlık tesisleri

İzmir-Balçova'da açılmış ve 40 metrede 124°C'lik akışkan (buhar + sıcak su) bulunmuştur. Daha sonra UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Teşkilatı) ile yapılan ortak çalışmalar sonunda 1968 yılında, elektrik üretimine elverişli ilk jeotermal alan olan Denizli-Kızıldere alanı keşfedilmiştir. 1976-1982 yılları arasında ara verilen sondajlı aramalara 1982 yılında tekrar başlanmış ve yine elektrik üretimine elverişli Aydın-Germencik (232°C), Çanakkale-Tuzla (174°C) sahaları ile ısıtma ve endüstriyel kullanımda önemli olabilecek Aydın-Salavatlı (172°C), Kütahya-Simav (162°C) ve İzmir-Seferihisar (158°C) sahaları keşfedilmiştir. 2001 yılına kadar 400 adet arama ve üretim kuyusu açılmıştır.

Ülkemiz jeotermal enerji potansiyeli açısından Dünyanın 7. ülkesi konumundadır. Sadece doğal olarak kaynak halinde boşalan termal potansiyeli yaklaşık 600 MWt'dir. 2002 yılına kadar sürdürülen jeotermal enerji arama çalışmaları sonucu açılan kuyularla 2538.83 MWt görünür potansiyel belirlenmiştir. Türkiye de görünür toplam potansiyel 3138.83 MWt'dir (Akkuş vd., 2002). Türkiye'nin olası jeotermal ısı potansiyeli 31,500 MWt olup bunun teorik olarak karşılığı 5 milyon konutun jeotermal akışkanla ısıtılmasıdır (Şimşek vd., 2000).

Sıcak Kuru Kaya Nedir?

Yeralında herhangi bir akışkan olmamasına karşın birkaç kilometre derinlikte çok yüksek sıcaklıklı granit gibi kırılğan kayaların bulunduğu alanlar sıcak kuru kaya alanları olarak tanımlanır. Bu alanlarda derinlere su basılması sonucu oluşturulacak kırıklı ortamda yapay bir rezervuar (sıcaksu-buhar akiferi) oluşturularak bu rezervuarlara ulaşan diğer kuyulardan yüksek sıcaklıklı su ve buhar elde edilebilir. Bu konuda dünyadaki denemelerden olumlu sonuçlar alınmaktadır. Dolayısıyla, geleceğin enerji kaynağı dünyanın kendi içinde olacaktır. Sıcak kuru kaya (hot dry rock) projeleri olumlu sonuç verdiğinde, yurdumuzun jeotermal enerjiden yararlanma olanağı daha da artabilecektir. Türkiye'de başlıca sıcak kuru kaya alanları; Nevşehir Acıgöl, Orta ve Doğu Anadolu'daki volkanik bölgeler ve masiflerdedir.

Türkiye'de İlk Jeotermal Saha

Türkiye'de elektrik üretimine uygun ilk jeotermal alan 1968'de Kızıldere-Denizli sahasında keşfedilmiştir. Bu saha önemli jeotermal enerji potansiyeline sahip olup, Batı Anadolu'daki Büyük Menderes grabeni'nin doğu kısmında yer almaktadır. Bu alandaki çalışmalar MTA-UNDP işbirliği çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Jeoloji, hidrojeoloji, jeofizik, jeokimya etütleri ile 108 sıg gradyan (termal) sondaj tamamlanmıştır. Bunlardan sonra ilk derin sondaj (KD-1) ile elektrik üretimine elverişli yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkan elde edilmiştir. Alanda iki rezervuar belirlenmiştir. Birinci re-



zervuarın sıcaklığının 198°C olduğu saptanmış ikincisinin ise derinliğinin 450-1100 metreler arasında değiştiği ve sıcaklığın da 212°C'ye ulaştığı görülmüştür. Bu kuyulardan elde edilen akışkanın buhar oranı %10-12 olup, elektrik üretiminde kullanılan kuyular bu rezervuardan üretim yapmaktadır.

1998 yılında açılan araştırma kuyusunda 242°C sıcaklığında rezervuar keşfedilmiş, üretilen buharın oranı % 20'ye yükselmiş ve sahanın kapasitesi önemli ölçüde artmıştır. Günümüzde rezervuarın beslenmesi ve çevrenin korunması amacıyla sahada yeni geribesim (reenjeksiyon) sondajlarının açılmasına ve testlerine devam edilmektedir.

EÜAŞ (Elektrik Üretim Anonim Şirketi) (eski adı TEK) tarafından yaptırılan ve Şubat 1984'de devreye giren 20.4 MW gücündeki pilot (deneme) santral Türkiye'de ilk ticari jeotermal santral olmuştur. Sahada elektrik üretimi yanında buhar içindeki kondanese olmayan (yoğunlaşmayan) gazlardan (CO₂) kuru buz üretimi amacıyla yıllık 120.000 ton kapasiteli bir tesis 1986 yılında kurulmuş ve ticari üretime başlamıştır. Santralden çıkan 140°C'lik yaklaşık 1.500 ton/saat debilli atık akışkanda yaklaşık 500 dönüm serayı veya 8.000-10.000 konutu ısıtabilecek bir ısı enerjisi mevcuttur. Denizli şehrinin bir bölümünün bu atık akışkanla ısıtma proje çalışmaları sürdürülmektedir. Halen 4.500 m² olan sera uygulamalarının geliştirilmesi için Tarım-Orman ve Köyşleri Bakanlığı tarafından 1000.000 m² bir alan kamulaştırılmıştır. Bu sahalardaki entegre tesislerin (dokumacılıkta iplik ağartma, kurutmacılık vb.) tamamlanması durumunda ulusal ekonomimize büyük katkı ve önemli döviz tasarrufu sağlanmış olacaktır.

Türkiye'de Elektrik Dışı Kullanımlar

Türkiye'deki bazı jeotermal sahalarda, yaklaşık 15 yıldan beri elektrik dışı kullanım sürmektedir. Düşük sıcaklıklı ve kabuklaşma özelliklerine sahip bu sahalarda, konut ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Son yıllarda

kuyu ve taşıma borularında görülen ve başlıca kalsiyum karbonattan (CaCO_3) oluşan kabuklaşma sorununun çözümü ve jeotermal enerji kullanımının özendirilmesi nedeniyle kullanım oranı artmaktadır. 2002 yılı itibarıyla 867 MW termal kurulu gücü ile 57.000 konut 500.000 m² sera tesisi ısıtılmaktadır. Elektrik dışı kullanımdan yılda yaklaşık 660.000 ton fuel-oil tasarrufu sağlanmaktadır.

Türkiye’de jeotermal enerjinin 2000 yılı itibarıyla kullanımı ve hedef projeksiyonuna göre önümüzdeki yıllarda enerji ihtiyacımızın karşılanmasında jeotermal kaynakların kullanımının önemli yer tutması beklenmektedir.

Türkiye’de Gönen (Balıkesir), Simav (Kütahya), Kırşehir, Afyon, Kızılcahamam (Ankara), Kozaklı (Nevşehir), Sandıklı (Afyon) ve İzmir-Balçova’da merkezi şehir ısıtma sistemi mevcuttur. Ülke potansiyelinin yaklaşık %95’i ısıtmaya uygun jeotermal sahalardan oluşmaktadır.

Jeotermal su taşımada boru çapının 300 milimetreyi geçmesi durumunda, 90°C’lik bir jeotermal akışkanda sıcaklık kaybı, kilometrede 0,1°C’ye kadar düşmektedir. Şehir içi dağıtım ve benzeri 300 milimetrenin altındaki boru çaplarında yine 90°C sıcaklık durumunda jeotermal su taşımadaki sıcaklık kaybı kilometrede 0,5°C olmaktadır. Bu çok küçük sıcaklık kaybı Türkiye’de yapılan bir çok tesiste sağlanmıştır (Mertoğlu ve Bakır, 2000).

Artık 40°C sıcaklığındaki jeotermal suyla bile evlerde ısıtma yapılabilir. Yurdumuzda Batı Anadolu’da yüksek sıcaklıklı, Orta ve Doğu Anadolu’da ise orta ve düşük sıcaklıklı kaynaklar vardır. Ancak, sıcaklığı 40°C’nin üzerinde 170 jeotermal saha bulunmaktadır (Şimşek vd., 2000). Yerleşim bölgelerinin jeotermal enerji ile (ekonomik olarak) ısıtılması sonucu hava kirliliği kesinlikle önlenir ve bacaların yerini jeotermal ısıtma sistemleri alabilir.



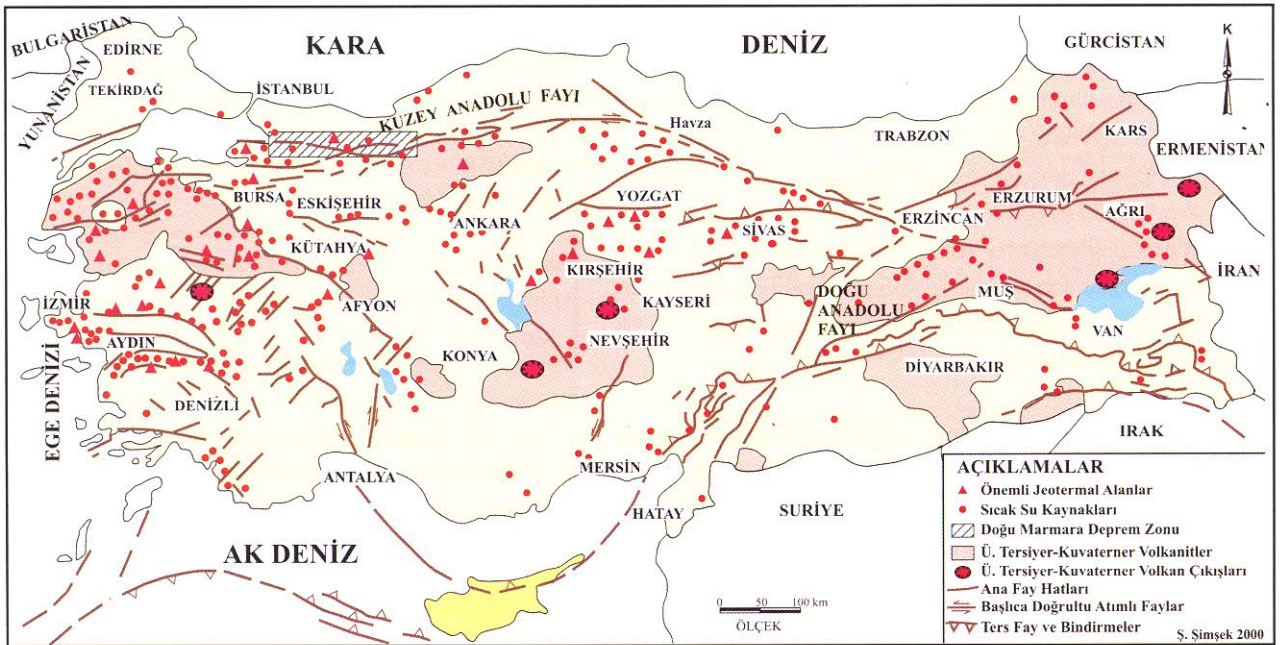
1982 yılında İzmir-Balçova jeotermal alanında kuyu içi eşanjörünün Türkiye’de ilk uygulanması sonucu otel, motel, TV salonu ve benzeri yerler 1982 yılından beri ısıtılmaktadır. Ayrıca, beş yıldızlı Termal Otel Balçova Termal Tesisleri Aralık 1994’den beri işletilmektedir. Balçova’da 7500/25000 konut kapasiteli jeotermal merkezi ısıtma ve 1500/5000 konut kapasiteli jeotermal soğutma (air-conditioning) sistemi bağlantıları devam etmektedir.

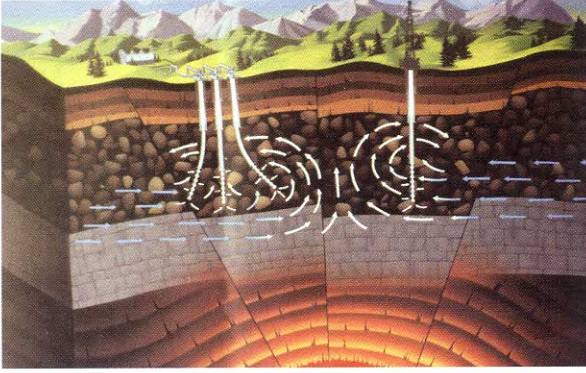
Dokuz Eylül Üniversitesi Kampüsü Tıp Fakültesi, hastane ve fakülte binaları (yaklaşık 90000 m³) 1993 yılından bu yana Balçova Jeotermal Alanı’ndan ısıtılmaktadır. Yatırım, kendisini fuel-oil’e göre 6 ayda geri ödemiştir.

Gönen’de 2400 konut, 56 adet tabakhane, 2000 m² sera ve 600 yataklı otellerin ısıtma, tabakhanelerin proses sıcak suyu sistemi Ekim 1987’den beri işletilmektedir.

Dünyada 10 Milyon m² jeotermal enerji ile ısıtılan sera tesisi bulunmaktadır. Türkiye’de ise 750.000 m² sera tesisi

Türkiye’de Önemli Jeotermal Alanlar ve Sıcak Su Kaynakları Haritası





Bir jeotermal sistemin blokdiyagramı

kurulmuştur. Şanlıurfa-Karaali sahasında yaklaşık 250.000 m² olarak kurulan seralardan elde edilen ürünler büyük oranda yurtdışına ihraç edilmektedir.

Kızılcahamam'da 2500 konut kapasiteli jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile 900 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır. Devreye alınan konutların sayısı her geçen gün artmaktadır. Kızılcahamam'daki konutlar kışın ısıtma ve tüm yıl sıcak su için ayda 30.000.000 TL (2002 yılı için) ödemektedirler (Mertoğlu ve Bakır, 2002). Sandıklı 5000 konut kapasiteli jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile 2002 yılı itibarıyla 2000 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır.

Gediz kaplıca ve motelleri (200.000 kcal/saat kapasiteli) 78°C'deki jeotermal su ile ısıtılmaktadır. Havza kaplıcası 60.000 kcal/saat tesis kapasitesi ile 54°C'deki jeotermal suyla 1000 m²'lik alanı tabandan ısıtmaktadır.

Rize-Ayder'de 1700 metre yüksekteki kür merkezi ve kaplıca tesisi 54°C jeotermal su ile ısıtılmaktadır. Haymana'daki iki adet cami 43°C'deki jeotermal su ile tabandan ısıtılmaktadır. Sistemin toplam kapasitesi 60.000 kcal/saat'dir. 2000/3500/6500 konut kapasiteli Simav jeotermal ısıtma merkezi 1992 yılında işletmeye açılmıştır.

Türkiye'deki en uzun jeotermal su taşıma hattı 8,6 km ile 5000/7000 konut kapasiteli Sandıklı jeotermal merkezi ısıtma sistemidir. Jeotermal merkezi ısıtma sistemi yatırımları kendilerini 3-5 yılda geri ödemektedirler. Jeotermal ısıtma işletmeciliğinin bugün için hiç bir problemi yoktur.

Jeotermal Enerjinin Sağlık ve Turizm Katkısı

Jeotermal sular eski çağlardan beri sağlık ve turizm amacıyla kullanılmaktadır. Ülkemizde MTA tarafından yapılan envantere göre toplam 625 adet sıcak ve mineralli su kaynağı ve içmece vardır. Ayrıca, açılan 400 sondaj kuyusundan da jeotermal akışkan

üretilmektedir. Toplam 195 kaplıcadan yılda 7.000.000 yerli ve yabancı turist yararlanmaktadır.

Jeotermal Enerjinin Çevreye Olumlu Katkısı

Jeotermal enerji çevre dostu olarak bilinen bir kaynaktır. Jeotermal kaynakların kullanılması ile hava kirliliği önlenmektedir. Türkiye'de jeotermal enerjinin kullanımı ile 7000 konut eşdeğeri ısıtma karşılığında 565.000 ton CO₂ gazının atmosfere atılması önlenmiştir (Mertoğlu ve Bakır 2002). Projelerin tam olarak uygulanması sonunda toprak ve suda herhangi bir kirlilik görülmemektedir.

Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal santrallerde CO₂, NOX, SOx, atımı çok daha düşük özelliklerle merkezi ısıtma sistemlerinde ise sıfırdır. Yeni kuşak modern jeotermal santrallerinde (Binary Cycle System), yoğunlaşmayan gazları buharın içinden alıp, kullanılmış jeotermal akışkan ile birlikte yeraltına geri veren geribesim (reenjeksiyon) sistemleri vardır. Bu jeotermal santraller ile jeotermal ısıtma sistemlerden dışarı hiçbir şey atılmamaktadır.

Kömür yakıtlı santrallerdeki CO₂ atımı, eski tip jeotermal santrallerdekine bile oranla çok daha fazladır. ABD Enerji Kurumunun verilerine göre jeotermal enerjinin avantajı açık şekilde görülmektedir. Bunun yanında jeotermal tesisler için diğer enerji kaynaklarından üçte bir oranında daha az bir sahaya gereksinim duyulmaktadır.

Sera gazı emisyon değerleri (kW's için)

Kömür	900-1300 g/kW's
Doğal Gaz	500-1250 g/kW's
Güneş	20-250 g/kW's
Rüzgar	20-50 g/kW's
Jeotermal	20-35 g/kW's

Enerji kaynaklarına göre arazi kullanım miktarları

Teknoloji	Saha kullanımı:m ² /GW's
Güneş Termal	3651
Kömür	3642
Fotovoltaik	3237
Rüzgar	1335
Jeotermal	404

Eski tip jeotermal santraller, fosil yakıtları ile çalışanların sadece %1'i kadar kükürt salırlar. Ayrıca azotoksit salımı da fosil yakıtlı santrallere göre çok daha düşüktür. Eski tip jeotermal santrallerdeki partikül atımı, sadece soğutma kulelerinin içindeki suyun buharlaşmasından kaynaklanır. Bu da, kömür ve petrol



ile çalışan santrallerinkine oranla yaklaşık 1000 kat daha azdır.

Öte yandan, yurdumuzun doğal güzelliklerinden Pamukkale jeotermal suları ve travertenlerini koruma çalışmalarını sürdürülmektedir. Önceki yıllarda kirlenmiş olan travertenlerde yapılan çalışmalar Kültür Bakanlığı, Denizli Valiliği, Hacettepe Üniversitesi-UKAM ve diğer ilgili kuruluşların katkıları sonucu her geçen gün düzelerek eski doğal güzelliğine kavuşmaktadır.

Termal Kaynak-Deprem İlişkisi

Dünya'da depremlerin önceden tahmin edilmesi amacıyla yer kabuğunun derinliklerinden gelen termal sular, mineralli sular ve gaz çıkışları özellikle, Çin ve Japonya'da gözlem altında tutulmaktadır (Wakita, 1996). Yeraltı sularının düzenli olarak gözlenmesi ve ölçüm alınması deprem mekanizmasının gelişimi ve erken uyarı açısından önem taşımaktadır. Aktif deprem kuşaklarında jeokimyasal ve hidrojeolojik araştırmalar kapsamındaki sularda kimyasal değişiklikler (klorür, radon, trityum) ve su seviyelerindeki değişiklikler ölçülmektedir. 17 Şubat 1995'deki Kobe depremi öncesinde yağış olmamasına rağmen, yeraltısuyu seviyeleri ve klorür değerlerinde anormal derecede yükselmeler tespit edilmiş, deprem sonrasında ise deprem bölgesindeki yeraltı suyu seviyesindeki sıcaklıklarda ve akarsu debilerinde önemli artışlar görülmüştür.

Türkiye'de deprem kuşakları üzerinde sıcaklıkları 20-101°C arasında 1500 dolayında kaynak çıkışı ve rezervuar sıcaklıkları 30-242°C arasında değişen 400 kuyudan sıcak ve mineralli su çıkışı mevcuttur. Türkiye'deki bu jeotermal kaynaklar Kuzey Anadolu Fay hattında, Batı Anadolu grabenler sistemi üzerinde, Orta ve Doğu Anadolu'daki volkanik bölgelerde ve yoğun tektonik zonlarda yer almaktadır (Şimşek 1997; Pfister vd., 1998).

17 Ağustos 1999 depreminin olduğu Adapazarı, İzmit ve Yalova hattında Yalova termal ve Sakarya-Akyazı Kuzuluk'ta ve 12 Kasım 1999 Düzce depremi ile Efteni ve Bolu Küçükkaplıca jeotermal alanlarındaki kaynak ve kuyularında bazı değişiklikler gözlenmiştir. Benzer değişikliklerin 13 Mart 1992 Erzincan depreminde bölgede yer alan sıcak ve mineralli su kaynaklarında da olduğu bilinmektedir (Yıldırım, 1992).

Sonuç olarak, ucuz, ekonomik, sürdürülebilir ve temiz enerji elde edilen jeotermal kaynakların öncelikli olarak ele alınması ile bu kaynakların bulunduğu yörelere ve ülkemize önemli ölçüde ekonomik ve sosyal katkı sağlanacaktır.

Kaynaklar

- Akkuş, I., Aydoğdu, Ö., Sarp, S., 2002. Ülkemiz Enerji Gereksiniminin Karşılansında Jeotermal Enerjinin Yeri, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İstanbul 613-629.
- M.T.A.1996. Jeotermal Enerji Envanteri MTA Matbaası, Ankara.
- Mertoğlu, O. and Bakır, N., 2002. Existing and Possible Geothermal Projects. Examples From Turkey. Proceedings of Int. Summer School Workshop Greece 2002, Milos, Greece. 120-125.
- Şimşek, Ş., Mertoğlu, O., Koçak, A., Bakır, N., Akkuş, I., Durak, S., Dilemre, A., Şahin, H., Akıllı, N., Suludere, Y., Karakaya, C. ve Tan, E., 2000. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Jeotermal Enerji Raporu, DPT Yayın no 2609-ÖİK:620 ISBN 975-19-2825, Ankara, 67s.
- Şimşek, Ş., 2001. Jeotermal Enerji "Yerçi ısısından Yararlanma" Temiz Enerji Vakfı Yayını no: 6 ISBN: 975-8547-08-9 TÜBİTAK Matbaası, Ankara. 24s.
- Şimşek, Ş., 2002. Potential and Developments of Geothermal Energy in Turkey, ENERGY'2002 Conference, Proceedings İstanbul, 1-10.
- Wakita, H., 1996. Chemical Challenge to Earthquake Prediction. Proceedings Natural Academic Science Vol. 93 pp. 3781-3786. USA.
- Yıldırım, N., 1992. 13 Mart 1992 Erzincan depreminde lokal yeraltı sularında meydana gelen değişiklikler. Doğu Anadolu Ulusal Deprem Sempozyumu. 21-25 Ekim 1992, Erzincan.