

JEOTERMAL ENERJİ VE JEOTERMAL KAYNAK ÇALIŞMALARINDA JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

Arzu ÇAĞLAYAN*

Ekonomik ve sosyal kalkınmanın en önemli girdilerinden olan enerji, temel ihtiyaçların karşılanması ve yaşamın sürdürülebilmesi açısından da vazgeçilmezdir. Enerjinin dünyanın ve insanlığın geleceğindeki belirleyici konumu, giderek daha da artmaktadır.

Enerji kaynaklarına olan ihtiyacın hızla arttığı günümüzde, enerjinin yeterli, güvenilir, sürdürülebilir olması, ülkelerin öncelikli konuları arasındadır. Bu anlamda enerjinin planlama ve yönetim boyutları önem kazanmaktadır (Çağlayan, 2012).

Dünya ülkelerinin giderek büyümeleri ve gelişmeleri enerji gereksinimini hızla arttırdığından, ülkeler bir yandan alışılmış enerji kaynaklarının yerine alternatifler ararken, öte yandan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek bu kaynaklardan kapsamlı bir biçimde yararlanma yollarını araştırmaya ve kullanmaya başlamışlardır (Alan, 2010).

Gelecekte dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payının %6'ya ulaşması beklenmektedir. En önemli artış güçlü hükümet desteklerinin bulunduğu OECD-Avrupa'da gerçekleşecek, özellikle rüzgar ve biyokütle enerjisi kullanımı en fazla artan kaynaklar olacaktır (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2011).

Son beş yıldır dünyada yaşanan global ekonomik krize rağmen, birincil enerji fiyatlarının tümünde yüksek artışlar meydana gelmiştir. Enerji fiyatlarındaki yüksek artışlar ülkeleri enerji ithalatından uzaklaşmaya, buna karşın yerli üretimin artırılması politikalarına yönlendirmiş bulunmaktadır. Örneğin, 2007 yılında ABD'nin enerji tüketiminin %29'u ithalatla karşılanırken, 2009 yılında bu %24'e düşürülmüş, 2035 yılın-

da ise %17'ye düşürüleceği öngörülmektedir. ABD'de enerjide yerli payının artışına şeyl gazı ve biyoyakıtların yön vereceği belirtilmektedir. Bu amaçla çeşitli petrol şirketlerin oluşturduğu bir konsorsiyum, bu konuda yüksek lisans ve doktora yapacak başarılı öğrencilere burs vererek destekleyeceklerini duyurmuşlardır" (TM-MOB, 2006).

ABD'de enerji tüketiminin yerli kaynaklardan karşılanmasına yönelik çabalar Avrupa Birliği'nde de görülmektedir. Özellikle Almanya'da tüm nükleer santrallerin 2022 yılında kapatılması politikası, Almanya'nın yenilenebilir kaynaklardan karşılanacak enerji talebi hedefini her geçen gün arttırmaktadır (Alan, 2010).

Ülkemizin enerji gereksinimi; petrol, doğal gaz ve kömür gibi birincil enerji kaynaklarıyla karşılanmakta, özellikle petrol ve doğalgazda tam anlamıyla dışa bağımlılık yaşanmaktadır (Çağlayan, 2012).

Ülkemizde petrol ve doğal gaz aramalarında arzu edilen sonuçlara ulaşılamamış olması, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı ulusal bir enerji politikasının oluşturulması gereğini açık olarak ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynaklarımızdan olan jeotermal enerjiye olan ilgi her geçen gün artmaktadır (Çağlayan, 2012).

Önemli bir jeotermal kuşak üzerinde yer alan ülkemizin potansiyeli hakkında farklı görüşler bulunmakla birlikte, MTA tarafından 2011 yılı itibariyle tespit edilen yaklaşık 200 adet jeotermal sahanın %6'sının elektrik, %39'unun konut ısıtması ve %55'nin ise kaplıca vb. gibi diğer kullanımlar için uygun olduğu bilinmektedir (Alan, 2010).

Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımına (kaplıcalar, bölgesel konut ısıtmacılığı, sera ısıtması, endüstriyel, tarımsal kurutma, jeotermal ısı pompası vb.) bakıldığında, 2010 yılı itibariyle 78 ülkede jeotermal enerjinin doğrudan kullanma kapasitesinin toplamı 50.583 MWt'dir. Türkiye ilk on ülke arasında 2.084 MWt ile ABD, Çin, İsveç, Norveç, Almanya ve Japonya'dan

* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara.

sonra yedinci sırada bulunmaktadır. Dünyada toplam 50.583 MWt jeotermal enerjinin doğrudan kullanım kapasitesinin uygulamalarına göre dağılımına bakıldığında; "jeotermal ısı pompaları 35.206 MWt, yüzme havuzları/kaplıcalar 6.689 MWt, bölgesel konut ısıtmacılığı 5.391 MWt, sera ısıtması 1.544 MWt, balık çiftlikleri 653 MWt, endüstriyel kullanımlar 533 MWt, soğutma/ kar eritme 483 MWt, tarımsal kurutma 127 MWt ve 72 MWt diğer kullanımlar" şeklinde sıralanmaktadır.

Ülkemizde jeotermal kaynakların doğrudan kullanımına bakıldığında, sera ısıtmasında ilk sırada, bölgesel konut ısıtmacılığında ve kaplıca kullanımında ilk beş ülke arasında üçüncü sırada, balık çiftlikleri, tarımsal kurutma uygulamaları, endüstriyel kullanım soğutma/kar eritme gibi uygulamalarda yeterince iyi konumda olmadığı görülmektedir. Ayrıca jeotermal kaynakların doğrudan kullanımına bakıldığında; dünyada ilk sırada "jeotermal ısı pompası" uygulamaları yer alırken, ülkemizde bu uygulamanın oldukça az veya hiç olmayışı oldukça dikkat çekicidir (Alan, 2010).

Jeotermal kaynakların dünya elektrik enerjisi üretiminde kullanımına bakıldığında, 2010 yılı verilerine göre, jeotermal santrallerin toplam kurulu gücünün 10.715 MWe olduğu görülmekte olup, bunun büyük bir bölümü ABD, Filipinler, Endonezya, Meksika, İtalya gibi ilk beş ülke tarafından üretilmektedir. Ülkemizin ise; 100 MWe kurulu gücü bulunmakta olup (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2011) , MTA tarafından 2011 yılı da dahil olmak üzere ihale edilen ve elektrik üretme kapasitesine sahip sahalar da dikkate alındığında, önümüzdeki süreçte kapasitesinin 600 MWe çıkaracağı öngörülmektedir.

Yukarıda belirtilen veriler dikkate alındığında jeotermal kaynaklar, ülkemizin önemli yer altı kaynaklarıdır. Anayasa'da belirtildiği şekli ile kamunun malıdır ve Devlet'in hüküm ve tasarrufu altındadır (Çağlayan, 2012).

Statik maden kaynaklarından (metalik maden, mermer ve doğal taşlar, petrol gibi) farklı olarak sürekli ve dinamik özelliğinden dolayı çıkarılmasa da bulunduğu ortamda sürekli ısı

yüklenmekte ve ısı yitirmektedir. Aynı şey ısıyı taşıyan akışkan için de geçerlidir. İnsanlar bu kaynağı üretmese de sisteme yeni akışkan, su ve gaz katılması ve sistemden dışarıya akışkan göçü olmaktadır. Bu durum akışkanda bulunan çözünmüş mineral ve gazlar için de aynıdır. Bu nedenle ekonomik olarak yapılabilirliği olan her türlü yolla bu kaynaktan yararlanılması, bunun ısı içeriğinin doğrudan ya da dönüştürülerek kullanılması kamu yararınadır.

Doğru işletme, öngörü ve teknolojiler kullanılarak işletildiğinde sürekli ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olması, ülkemiz gibi jeotermal enerji açısından şanslı ülkeler için öz kaynak oluşturması, ucuz, temiz ve çevre dostu olması, sifıra yakın emisyonu neden olması, konutlarda, tarımda, endüstride, sera ısıtmasında ve daha pek çok alanda çok amaçlı ısıtma uygulamaları için ideal şartlar sunması jeotermal kaynakları öne çıkarmaktadır (Çağlayan, 2012).

Yerel niteliği nedeniyle doğrudan ihracının mümkün olmaması, uluslararası konjüktür, kriz, savaş gibi faktörlerden etkilenmemesi, konutlarda kullanım rahatlığı sağlaması gibi nedenlerle büyük avantajlar sunan jeotermal kaynakların; aranması, araştırılması, işletilmesi süreçlerinin doğru tanımlanması kaynağın korunması ve sürdürülebilir olması enjeksiyon, re-enjeksiyon gibi çalışmalar özel önem taşımaktadır.

Bu amaçların hayata geçirilmesinde jeoloji mühendisliği hizmetleri temel faktör olup, bu faktörlerin yerine getirilmesi süreçlerinde de jeoloji mühendisliğinin farklı uzmanlıklarına da ihtiyaç duyulmaktadır (Çağlayan, 2012).

Jeotermal kaynak elde etme amacına yönelik teknik çalışmaları üç ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar; 1- Arama-araştırma, 2- İşletme ve geliştirme, 3- İzleme, kontrol ve denetim süreçleri olarak tanımlanabilir (Alan, 2010).

1- Arama-Araştırma

"Jeotermal sistemden akışkan elde etmek amacıyla jeolojik araştırmalarla başlayan, hidrojeolojik, jeokimyasal ve jeofizik çalışmalarla

desteklenen, yapılan tüm çalışmalara ait verilerin değerlendirilmesi sonucu belirlenen lokasyon veya lokasyonlarda amaç ve tekniğine uygun olarak, jeolojik takiple açılan sondaj çalışmaları ile üretime yönelik test çalışmalarını da içeren faaliyetlerin bütünü” olarak tanımlanmaktadır.

Arama ve araştırma süreçlerinde;

- Uydu veya hava fotoğraflarının incelenmesi,
- Eldeki mevcut verilerin (jeolojik, hidrojeolojik, jeokimyasal vb.) derlenerek toplanması ve değerlendirilmesi,
- Havadan manyetik veya termal infrared ölçümlerin yapılması,
- Arama yapılacak bölgede yer alan litolojik birimlerin uygun ölçekte ayrıntılı jeolojik harita, kesit ve stratigrafisinin hazırlanması,
- Bölgenin tektonik yapısı ile arama yapılacak alanın yapısal jeoloji haritalarının hazırlanması (fay, kırık ve çatlak sisteminin tespit edilmesi, bunların birbirleriyle ve stratigrafik çökellerle olan ilişkilerinin ortaya konulması),
- Bölgede volkanizmanın bulunup bulunmadığı, varsa dağılım, yaş, ürün gelişim dereceleri,
- Bölgede yer alan sıcak ve soğuk su kaynak ve akiferlerinin tespit edilmesi, hidrojeolojik, hidrojeolojik, hidrojeokimyasal araştırmaların yapılarak rapor ve haritaların hazırlanması,
- Uygun lokasyonlardan alınan örnekler ile çatlak ve kırıklardan alınan dolgu örnekleri üzerinde jeokimyasal ve jeokronolojik incelemeler yapılması,
- Hidrotermal alterasyon zonlarının tespit edilmesi, alterasyonun yoğunluğu, yayılımı, şekli konularında inceleme, analiz, harita ve kesitlerin hazırlanması,

- Jeolojik bilgi ve veriler dikkate alınarak jeofizik çalışma yapılacak alan veya güzergâhların belirlenmesi ve elde edilen sonuçların jeolojik verilerle deneştirilmesi,
- Yapılan tüm inceleme araştırmalar sonucunda sondaj lokasyon veya lokasyonlarının belirlenmesi,
- Yapılacak sondajın planlanması, sondaj sırasında litolojik logun takibi, uygun derinliklerde numune alınması, alınan numuneler üzerinde inceleme yapılması ve verilerin toplanması,
- Sondajlar sırasında test ve ölçümlerin yapılması ve değerlendirilmesi, tüm arama, araştırma ve sondaj verileri ile sondaj esnasında veya sonrasında yapılacak test ve izleme çalışmaları ile jeotermal sahanın üç boyutlu jeolojik, hidrojeolojik modelinin oluşturulması ve günün teknolojik imkanlarıyla işletilebilir muhtemel ve görünür rezerv miktarının ve özelliklerinin belirlenmesi açısından gereklidir.

2- İşletme ve Geliştirme

İşletme; “arama ve araştırma sürecinde belirlenen kaynağın uygun teknolojiler kullanılarak ekonomik değer elde etmek amacıyla üretilmesi çalışmalarının bütünü” olarak tanımlanabilir. Bu tanımlama dikkate alındığında, işletme süresince;

- Jeotermal kaynağın geliştirilmesi kapsamında yapılacak arama ve araştırma çalışmaları,
- Yapılacak ilave sondaj ve bu sondajların açılması sırasında veya sonrasında yapılması gereken debi, sıcaklık, basınç-derinlik profili çalışmaları,
- Jeotermal akışkanın sıcaklık-basınç-debi ve kimyasal durumunda meydana gelen değişiklikler de dikkate alınarak sürekli takip ve kontrolünün yapılması, bu suretle üretim miktarının planlanması,
- Enjeksiyon ve re-enjeksiyon kuyularının planlanması, açılması, takip edilmesi,

- Üretim, enjeksiyon ve re-enjeksiyon kuyularında meydana gelebilecek hasar ve deformasyonlar ile kuyu içine dışarıdan soğuksu ve benzeri girişimlerin önlenmesi amacıyla kuyuların düzenli olarak takip ve kontrol edilmesi,
- İşletme esnasında arama, geliştirme, üretim ve akışkanın deşarjı esnasındaki faaliyetlerin kamu sağlığı ve güvenliği ile çevreye olabilecek olumsuz etkilerin önlenmesi kapsamında yapılan hizmetler, bu kapsamda yerine getirilmesi gereken çalışmalardır.

3- İzleme, Kontrol ve Denetim

Jeotermal kaynağın, ekonomik olarak sürdürülebilirliğinin sağlanması, çevreye, insana, doğaya zarar vermeden işletilebilmesi, kaynağın korunarak gelecek nesillere aktarılması sıkı bir izleme, kontrol ve denetimle mümkündür. İzleme kontrol ve denetimin sağlanması amacıyla;

- Arama ve işletme proje ve raporlarında tahhüt edilen tüm arama, araştırma, işletme ve geliştirme hizmetlerinin denetlenmesi,
- Jeotermal akışkanın üretim, enjeksiyon, re-enjeksiyon sıcaklık, basınç, debi ve kimyasal derişiminin düzenli olarak takip edilmesi ve buna göre üretim miktarının düzenlenmesi,
- Kuyu dışı hasar ve deformasyonların takip edilmesi,
- Hayata, sağlığa ve doğal kaynaklara bir zarar gelmesini önlemek, jeotermal rezervuarı bozulmadan korumak, kamunun içme, kullanma ve sulama veya diğer amaçlarla kullanabildiği yüzey veya yer altı sularına zararlı maddelerin sızması önlemek amacıyla gerekli olduğu varsayılan her türlü test ve iyileştirmelerin yapılması, izlenmesi, kontrol edilmesi,
- Üretim, enjeksiyon, re-enjeksiyon ve deşarj işlemlerinin çevreye olan etkilerin takip ve kontrol edilmesi,

- Üretim, enjeksiyon ve re-enjeksiyon kuyularının, kuyu başı, çimento ve kuyu içi donanımının düzenli olarak takip ve kontrolünün yapılması, gereklidir.

Sonuç olarak; yukarıda belirtilen arama-araştırma, işletme, izleme, kontrol ve denetim süreçleri ile ülkemizdeki yasal mevzuat ve uluslararası uygulamaların tamamına bakıldığında farklı meslek disiplinlerinden veri girişi ile bunların jeolojik bilgi temelinde jeoloji mühendisleri tarafından yorumlanarak kaynağın sürdürülebilirlik ilkesi çerçevesinde işletilmesi gereklidir.

Tüm bu süreçlere bakıldığında jeoloji mühendisliği hizmetleri de çeşitlilik sunar. Bu hizmetlerin her biri jeolojinin farklı uzmanlık alanıyla ilgili olması nedeniyle birden çok jeoloji mühendisi bu çalışmalarda yer alabilir. Bu çeşitlilik açısından bakıldığında jeoloji mühendisleri, jeotermal kaynak arama-araştırma, işletme, izleme, kontrol ve denetim süreçlerinde;

1- Arama ve işletme döneminde yapılan ve yukarıda kısaca açıklanan hizmetlerin gerçekleştirilmesinde "Saha Mühendisi" olarak;

2- Arama ve işletme esnasında; kaynak bölgelerinin hidrolik, hidrojeolojik, hidrojeokimyasal özelliklerinin ortaya çıkarılması ve sahanın 3 boyutlu hidrojeolojik modelinin ortaya çıkarılması çalışmalarında "Hidrojeoloji Mühendisi" olarak,

3- Arama ve işletme sırasında kaynak bölgelerinde yüzeysel ve sondajlarda alınan numuneler üzerinde hidrotermal alterasyonun varlığının ortaya konulması, alterasyonun şekli, yayılımı ve yoğunluğunun bulunması ile akışkan kayaç ilişkisinin belirlenmesi çalışmalarında "Jeokimyacı" olarak,

4- Arama ve işletme esnasında planlanan sondajın niteliği ve derinliği de dikkate alınarak, sondaj makinesi tipinin seçilmesi, kuyunun yapılacağı lokasyona yerleştirilmesi, kuyu başı inkişafının yapılması, litolojik yapıya bağlı olarak donanımın tespiti, sondajın delinmesi gibi sondaj yapımı esnasında gerekli olabilecek her türlü çalışmayı yapmak ve sondaj delinmesini

sağlama konularında “Sondaj Mühendisi” olarak,

5- Yapılan sondajlar esnasında; litolojik birimlerin takip edilmesi, kuyularda gerekli derinliklerde numuneler alınarak gözlem ve analizlerin gerçekleştirilmesi, sondaj çamurunun sıcaklık ve yoğunluğunun takibi gibi rezervuar hakkında bilgi verilmesini sağlayacak verilerin toplanması konularında sondaj başında “Kuyu Jeoloğu” olarak,

6- Alanda yer alan birimlerin fiziksel, kimyasal dinamik özellikleri ile akışkanın sıcaklık, basınç, debi ve kimyasal özelliklerindeki değişiklikler de dikkate alınarak beslenme-boşalım-üretim ilişkisini ortaya koyarak, sahanın sürdürülebilirlik ilkesi çerçevesinde işletilmesini sağlamaları çalışmalarında “Rezervuar Mühendisi” olarak,

7- Arama ve işletim hizmetlerinin gerek yapılması, gerekse de sevk ve idaresinde idareye karşı sorumluluğu da bulunan çalışmalar kapsamında “Teknik Sorumlu” olarak,

8- Bina veya tesislerin ekonomik olarak işletilmeleri, minimum enerji harcanarak ihtiyaçlarının giderilmesi amacıyla son yıllarda hızlı bir şekilde gelişen Yer Kaynaklı İklimlendirme/ Jeotermal Isı Pompalarının gerçekleştirilmesi esnasındaki jeoloji mühendisliği hizmetlerinin yerine getirilmesi süreçlerinde “Proje Mühendisi” olarak,

9- İdari, mali ve teknik olarak bir jeotermal sahasının izlenmesi, kontrolü ve denetimi hizmetlerini yapmak üzere “Kontrol Mühendisi” olarak,

10- Bir jeotermal işletmenin idari, mali ve teknik altyapısının oluşturulması ile sevk ve idare edilmesi kapsamında “Yönetici” olarak, görev alırlar (Alan, 2010).

Özetle; ülkemizde pek çok sektörde olduğu gibi enerji sektöründe de Jeoloji Mühendisliği hizmet süreçleri büyük önem taşımaktadır. Öte yandan;

- Yeterli ve sürdürülebilir enerji temini, yeterli ve modern koşullarda enerjiye erişim ola-

nağının sağlanması, bu konuda bölgeler ve gelir grupları arasındaki eşitsizliğin önüne geçilmesi,

- Enerji maliyetleri ve fiyatlar,
- Çevre sorunları,
- Enerji verimliliğinin iyileştirilmesi,
- Bilimsel teknolojik gelişmeler enerji sektöründe kritik konular olarak öne çıkmaktadır.

Üretim, dönüşüm ve tüketim süreçlerinde, enerji verimliliğinin iyileştirilmesi, kirlilik önleyecek arıtma teknolojilerinin devreye sokulması, daha da öncelikli olarak arıtmaya gerek kalmaksızın kirliliğin kaynaktan kontrolü, fosil yakıtlardan kaynaklı kirliliğin bertarafı, çevre açısından kabul edilebilir nitelikteki yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, planlamaların çevresel etkilerle birlikte ele alınması, gibi önlemler enerji alanında çevre sorunlarını en aza indirmeye yönelik yöntemlerdir (TMMOB, 2006).

Yerel ve küresel ölçekteki çevre sorunlarının artmaya ve çevre bilincinin oluşmaya başlamasıyla birlikte enerjinin üretimi, dönüşümü ve tüketilmesinden kaynaklanan çevre sorunlarının önlenmesi de enerji politikaları ve programlarının ayrılmaz bir parçası haline dönüşmüştür.

Ulusal kaynaklarını teknolojik olarak daha fazla kullanabilen ülkeler gelecekte daha etkin konumda olacaklardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından, yararlanma konusu da, bu etkin konuma gelmek için gereken parametrelerin başında gelmektedir. Uzun dönemde sanayiden tarıma her alanda enerji verimliliğini iyileştirecek teknolojilere destek verilmesi, güneş, jeotermal, biyokütle, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının teşvik edilmesi gereklidir. Yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları daha çok üretime sokulmalı, ithal enerji kaynaklarına olan bağımlılık azaltılmalıdır (TMMOB, 2006).

DEĞİNİLEN BELGELER

Alan, H. 2010. Jeotermal kaynak ve doğal mineral su arama ve işletmeciliğinde jeoloji mühen-

disinin işlevi ve mevcut yasal durum. JMO Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Eğitimi Semineri Ders Notları.

Çağlayan, A. 2012. Jeotermal Kaynak ve Doğal Mineralli Su Arama ve İşletmeciliğinde Jeoloji Mühendisliği". JMO Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Eğitim Semineri Ders Notları

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. 2011. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi enerji raporu, Ankara.

TMMOB, 2006. TMOOB Enerji Raporu.