

JEOTERMİK ENERJİDEN FAYDALANMA ÖLÇÜLERİ*

Yazarlar: F.Oszusky-A.Szeless
Çeviren: Orhan Zeki Demiray
Elk.Yük.Müh.

1. TANIMLAMA

Jeotermik enerji, öncelikle yer altındaki radyo-aktif malzemenin parçalanmasından hasil olan - genellikle yer kabuğunun her yerinde bulunan ısıdır.¹ (Buna istinaden fosil nükleer enerjinin bir tipi olarak da değerlendirilebilir). Jeotermik enerji regeneratif (yenilenebilir) bir enerjidir, daima yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır. İnsanlığın ölçülerine göre tükenmezdir.

Normal jeolojik koşullar altında jeotermik ısı yeryüzünde ortalama 63 kW/km^2 dir. Bu değer ortalama 30°C/km lik bir sıcaklık gradyanına tekabül eder.

Jeotermik enerjiden faydalanma, sınırlı bir hacimde yoğunlaştığı yerlerde - ki buralarda işletilebilir ma-

* ÖZE dergisinin 1980 yılı 5. sayısından çevrilmiştir.

den ve petrol rezervleri ile mukayese edilebilir - ekonomik öneminden dolayı tercih edilir. Genel jeolojik mülahazalar ve on yılda edinilen uluslararası tecrübelerle göre jeotermik enerji daha ziyade yeni (Kanozoik) yer hareketleri ve/veya daha yeni (dördüncü zaman) volkanik hareketler ile oluşan bölgelerde bulunmaktadır.¹ Bu durum, jeotermal sistemin dağılımına jeolojik karakter bakımından da uygun düşmektedir.² Diğer önemli bir kriter hidro-jeolojik durumdur, zira sadece mevcut yeraltı suyu sıvı veya gaz halindeki enerji kaynaklarını ihtiva etmektedir. Bu görüşe göre jeotermik olanlar dört tipe ayrılabilir.^{3 4 14}

Kaynar (sıcak) su tipi

Birikimde (depolanan yerde) sıcaklığı maksimum 100 C'ye ulaşır. Sıcaklık gradyanı 30 C/km ile 50-70 C/km arasındadır. Su tabakasının (Aquifer) üstü bir cap-rock (sızdırma örtü kültesi) ile kaplı ise, termal su ekseriya artezyenik durumdadır, fakat cap-rock'suz açık sistemlerde vardır. İşletmede jeolojik sorunlar soğuk yeraltı sularında olduğu gibidir, fakat işletme masrafları büyük sondaj derinliklerinden dolayı (3.000 m'ye kadar) oldukça yüksektir.

(3) nolu literatüre göre, en az 60 C ve en az 2.000 m derinlikte olduğu tahmin edilebilen zengin bir sıcak su sahasının ticari kullanma olanakları araştırılmaya değer görülmektedir. Jeotermik sahanın bu tipi yaygındır (örneğin Macaristan, S.S.C.B'nde pek çok saha), hatta Avusturyadaki Hoffnungsgebiete'ler (ümitli bölgeler) bile bu tip içinde sayılmaktadır.

Yaş buhar tipi

Bu tip sıcaklığı 100 C nin üzerinde olan basınç altında bulunan bir su tabakası (Aquifer) olarak tanımlanır; kaynar su yüzeye çıkarken basınç düşmesi nedeniyle buhar haline dönüşür. Buhar/su oranı değişir, genellikle su daha fazladır. Bu tipe, Reykjavik, Wariakei (yeni Zelanda), Salton Sea (ABD) ve 340 C ile en yüksek sıcaklığa sahip olan Cerro Prieto (Meksika) sahaları örnek teşkil eder.

Kuru buhar tipi

Jeotermik kuru buhar sahalarından kuru veya kızgın buhar atmosfer basıncı üzerindeki basınçlar altında çıkarılır. Sıcaklık 0 ile 50 C arasında değişir. Yaş buhar tipine nazaran jeolojik farklılık hemen hemen yoktur, bu kadarı bir durumdan diğerine geçişlerde mevcuttur. Bir jeotermik buhar sahası dört ana şartı sağlamalıdır; büyük ısı akışlı (Magma-Intrusion) çok tabii bir ısı kaynağı, yeterli bir yer altı suyu ile beslenme, uygun bir depolayıcı kütle ve bir caprock (sızdırma örtü kültesi). Halen faydalanılan kuru buhar sahalarına, Larderello ve Monte Amiata (İtalya), The Geysers

(Kaliforniya) ve Matsukawa (Japonya örnek teşkil ederler.

Jeotermik buhar sahalarının elektrik üretiminde kullanılabilmesi için ilk önce olanaklarının kontrol edilmesi gereklidir.

Jeolojik Basınç kuşağı tipi

Bu tip ilk defa 1927 yılında Hickek⁴ tarafından diğer 180 C'lik kaynar su açılmış delikten basınç altında yer yüzüne çıkarılır ve daima erimiş gazları ihtiva eder. Bundan kademeli enerji elde edilir.

- Yüksek basınç enerjisi, sıcaklığa uygun doyma basıncına kadar su türbinleri yardımıyla elektrik üretimi için kullanılabilir;

— Yüksek sıcaklıktaki su, ani basınç düşürümü ile (Flashing) kısmen buhar haline dönüştürülür ve elektrik üretimi için buhar türbinleri tahrik edilir ve mevcut kaynar sudan ikinci bir Flash-prozes yardımıyla bir kere daha su buharı elde edilir ve bundan ya tekrar elektrik üretiminde veya diğer endüstriyel, tarımsal ve bina ısıtılması amaçlarında faydalanılır;

- Bu kaynar su tipinde bol miktarda erimiş olan karbon hidrat gazları kolayca elde edilebilir.

Bu tip,, şimdiye kadar üçüncü zamanın kil ve kumla örtülü ve ekseriya 2 ila 3 km derinlikteki tortul kütlelerinde bulunmuştur. Bu tipin geleceği parlak görülmektedir.⁵

Yukarıda açıklanan dört tipe ilaveten şunlar da sayılabilir:

Sıcak Lavlar

Bunlar dünyanın pek az bölgesinde bulunur ve ihtiva ettiği enerjiden faydalanmak çok büyük güçlükler doğurmaktadır.

Sıcak-Kuru Kütle'ler (Hot - Dry - Rock)

Bu tipde kuru kütlelerin ihtiva ettiği ısı yer altından çıkarılır. Faydalanılabilir jeotermik enerjinin büyük bölümünü teşkil eder. Bununla beraber bu enerji bir ısı değiştirici üzerinden alınabilir.

Böyle bir tesisin prensibi Los Alamos'da (ABD) geliştirilmektedir. Deneme 1972'den beri sürdürülmektedir. Sıcak ve kuru kütlelerden yer ısını alacak tesis aşağıdaki elemanlardan oluşur.

— Önce, yüksek kütle sıcaklıklarının hüküm sürdüğü derinliklere kadar bir delik açılır. Kütlelerin normal sıcaklığı 200 C nin üzerinde olmalıdır.

- Bu ilk delik içinde uygun önlemlerle, örneğin hidrolik parçalama, yer altında infilak veya kültelerin kimyasal maddelerle eritilmesi gibi, ısı transferi sağlayacak yüzeyler olarak etki etmek üzere, vüsatlı çatlak yüzeyleri hasil edilir.

- Su veya buharın sirküle edileceği bir sirkülasyon devresi oluşturmak üzere çatlak yüzeyleri de kesen ikinci bir delik açılır. Bu sirkülasyon sistemi yardımıyla ısı çatlak yüzeyleri sınırlayan kültelerden alınabilir ve yüzeye taşınabilir.

Çatlak sisteminin lokalizasyonu ve ikinci deliğin açılması güçlüklerine rağmen ilk defa 1977 yılında Los Alamos'da bir sirkülasyon devresi tesis edilmiş ve sıcak su çıkarılmıştır.

Hot - Dry - Rock projesi ilk defa 1978 yazında 300 MWd (sürekli işletme) jeotermik enerji ile test edilmiştir, termik gücü 4-5 MW arasındadır. Bu projede $80 \cdot 10^6$ lt su sirküle edilmiştir; depolanan su hacmi takriben $6 \cdot 10^6$ lt olup efektif ısı transfer yüzeyi takriben 800 m^2 'dir. Halen tesisin 20 MW ila 50 MWa (termik) tevsi edilmesi düşünülmektedir. Japonya'nın yanında Federal Almanya'da Los Alamos'taki Hot-Dry - Rock projesine Ekim 1979 dan beri %25 oranında katılmaktadır.

ABD'nde geliştirilen bu jeotermik santralin tadilatı da önerilmiştir. Örneğin Brunaschweiler'in teorik bir önerisi vardır⁶, bu öneriye göre bir kaç metre çapındaki bir kuyunun sıcak bölgeye kadar açılması önerilmektedir. Oradan, küçük çaplı az veya çok dik ve kilometrelerce uzunluğundaki delikler kayalara kadar inecek ve daha sonra buralarda buharlaştırılacak ve merkezi kuyu içinden yeryüzüne sevkedilecektir.

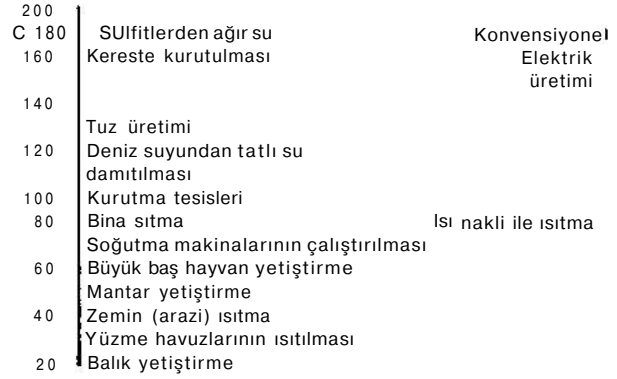
2. ULUSLARARASI ve AVUSTURYADAKİ DURUM

Yer altında mevcut ısının ekonomik olarak çıkarılmasında ısı değerinin kesinlikle sıcaklık tarafından belirlendiği unutulmamalıdır. Şekil 1'de muhtelif sıcaklıklardaki ısının değerlendirme olanakları belirtilmiştir.

Büyük endüstriyel ölçülere göre ısının sıcaklığı 80 C'nin üzerinde ise ancak o zaman kullanılması rasyonel olmaktadır. 40 C'nin altında kalan sıcaklık bölgesinde yeraltı ısısı ancak istisnai durumlarda çıkarılmaktadır. Büyük santrallerin soğutma suyu çevreye 40 C civarında atıldığından büyük miktarlarda var demektir. Bu nedenle düşük sıcaklıktaki yer ısısı ile ilaveten çevre kirlenmesinden kaçırılmaktadır.

Isıdan elektrik üretiminin verimi sıcaklığı bağlıdır. Isı-

kuvvet tesisleri için erişilebilen verim 100 C de %10'dur ve 350 C de takriben %30'a yükselmektedir. Jeotermik tesislerde erişilen verim daha da düşüktür. Verimin artan sıcaklıkla iyileşmesine karşılık buhar tüketimi azalır. Yer ısısının elektrik üretimi için araştırılması için, sıcaklığın 100 C'nin üzerinde olduğu yeraltı bölgesini bulmaktır.



Şekil 1. Muhtelif sıcaklıklardaki ısının değerlendirilmesi (yaklaşık değerler).

Yabancı Ülkeler

Jeotermik araştırmaların bugünkü durumu ve kısa dönemde tahmini gelişmesi tablo 1 de topluca verilmiştir.

Jeotermik enerjiden elde edilen güç kapasitesi dünya çapında %0,07'dir. Kısa dönemde (yaklaşık 10 sene) takriben %0,1'e yükseleceği tahmin edilmektedir. 1 numaralı bölümde de açıklandığı gibi yer altındaki sıcak buhar ve sıcak su kaynakları volkanik proseslere çok yakından bağlıdır. Bu kaynaklar dünyanın volkanik kuşağında yoğunlaşmıştır, dünyanın sıcak ve kuru kültelerin bulunduğu her yerde çok derinlerde mevcut olması da beklenmektedir.

Avrupa'da Kanarya adaları hariç, aktif volkanik olaylar İzlanda, İtalya ve Yunanistanla sınırlıdır. Bu üç ülkede, henüz kullanılmamakla birlikte ekonomik olarak değerlendirilecek sıcak buhar ve sıcak su rezervleri dikkati çekmektedir. Oberrhein çukurunda, hem Fransız hem de Almanlar tarafından bildirildiği üzere sıcak su kaynakları bulunmaktadır.

Macaristan'da sıcak su tabakalarından (Aquifer) halen yoğun bir şekilde faydalanılmaktadır.

Büyük ve geniş yüzeyli sıcak su rezervlerine Paris havzasında (Platosunda), Kuzey Almanya'da ve Güney Almanya'nın Molasse havzasında rastlanmaktadır. Afrikada bilinen jeotermik kaynaklar Afrika yüzölçümünün takriben %4'ünü kaplamaktadır. Bir UN- araştır-

maya göre, sadece Etiyopya (Habeşistan) daki jeotermik potansiyelin bu kıtanın şu andaki elektrik ihtiyacının Dannakiol-Rift sistemi ile karşılayabileceği iddia edilmektedir.

S.S.C.B. yüz ölçümünün takriben %50 ila %60'ı yerin derinliklerinde sıcak su tabakaları ihtiva etmektedir. Bu enerji kaynakları herşeyden önce Sibiry'a'daki evlerin ısıtılması amacıyla çıkarılmaktadır.

Aşyadaki takım adalar jeotermik sahaların bulunduğu sayısız volkanik bölgeye sahiptir ve halen Kamçatka yarım adasında, Filipinlerde Japonya'da ve Endonezya da işletilmektedir.

Yeni Zelanda'da jeotermik satrallarda kullanılan sayısız sıcak su kaynağı bilinmektedir.

Pasifik adalarının hepsi volkanik kaynak olup en çok da Havai, faydanılmaya başlanacak olan çok büyük jeotermik potansiyele sahiptir.

Kuzey Amerika'da volkanik olaylar az veya çok Pasifik sahilleri boyunca uzanan bölgedir, yer altının anormal ısınması da bu bölgede yoğunlaşmıştır. Golf sahilleri ve bunu çevreleyen Schelf bölgesinde, yüzeyi 150.000 km², sıcaklığı takriben 115 C ve derinliği takriben 3,3 km olan, bilinen en büyük sıcak su sistemi bulunmaktadır.

Tablo 1: Şimdiki ve kısa dönem için planlanan jeotermik güç kapasitesi (13)

Ülke	Jeotermik Güç Kapasitesi MW			
	1979		kısa dönem için planlanmış	
	Elektrikli	termik	elektrikli	termik
ABD	522	15 ilâ 20	3 000 ilâ 4000	3 000 ilâ 6 000
Meksika	78,5	-	400	-
Guatemala	-	0	-	30 ilâ 100
El Salvador	60	-	100	-
Nikaragua	0	-	100	-
Guadelop	0	-	30	-
Arjantin	0	-	20	-
Şili	0	-	210	-
İslande	3	340	360	420
İsveç	-	-	-	500
Federal Almanya	-	200	-	200
Fransa	-	170	-	5000
İtalya	421	-	421	-
Türkiye	0,5	-	11	-
Macaristan	-	1010	-	1010
S.S.C.B.	6	440	6	440
Japonya	130	1930	1 000	1 930
Filipinler	0	-	1320	-
Yeni Zelanda	210	75	360	75
Etiyopya	0	-	10	-
	1431	4 185	8648	15 575 ¹⁾

1) Üst unu değer

Orta ve Güney Amerika'da jeotermik sahalarda Pasifik sahilleri boyunca yer almaktadır.

Dünyada halen mevcut olan takriben 500 Volkanın jeotermik potansiyeli, 7 km'lik derinliğe kadar olan kuru ve sıcak kültelerin mevcut potansiyeli ile mukayese edilirse volkanları enerji potansiyelinin jeolojik olarak sükunette bulunan jeotermik bölgelerde bulunan enerjinin binde birinden küçük olduğu tesbit edilir. 12 nolu Literatürde bütün dünyadaki jeotermik potansiyel her bir ülkeye göre tesbit edilerek detaylı olarak açıklanmıştır.

Avusturya

Avusturyada aşağıdaki bölgeler, faydalanabilir miktarlarda jeotermik enerjinin çıkarılacağı ümidini vermektedir.

Viyana havzası (Wiener Becken)

Burada, Alplerle Karpatların birbirinden morfolojik olarak ayrıldığı üçüncü zamanın son çağına ait çökme havzası söz konusudur⁷. Üçüncü zamanın etkisi 5.500 m derinliğe kadar inmektedir. Jeotermik enerjinin elde edilmesi için uygun su tabakasının (Aquifer) mevcut olması çok önemlidir. Bu durumda, havzanın derin kısımlarında üçüncü zamanın son çağına ait tortul kültürler içinde sıcak su ihtiva eden tabakaların olduğu kabul edilebilir. Derinde bulunan dolomitler de her halükarda sıcak su olduğu beklenebilir. Aspern'de ÖNV'nin yaptığı bir deneme sondajında 3.000 m'de takriben 100 C de sıcak suya rastlanmıştır. Erimiş maddeler litrede 150.000 mg gibi çok büyük miktarlardadır, fakat su kimyası için karakteristik değildir: Hirschstetten'deki birkaç kilometrelik sondajlarda tuzluluk oranı daha az bulunmuştur. Prencip itibariyle tuzlu su olarak değerlendirilmektedir.

Üçüncü zamanın son çağına ait farklı seviyelerde yapılan sondajlarda (Oberlan ve Laxenbur) sıcaklığı çok değişik olan sıcak suya rastlanmıştır. Ayrıca kaplıca hattı bovu, ı \ er ilan sıcak kaynaklar açık bir yüzeyel İjret teşkil etmektedir. Bütün bu sahalarda ekseriya kükürtlü su bulunmaktadır.

Südburgenland • İstirya havzası

Bu havza Macaristanın üçüncü zamanın son çağına ve dördüncü zamana ait tortul kültürlerle dolu olan büyük Pormoik havzasının devam niteliğindedir.

Jeotermik koşullar Macaristandakine benzemektedir.⁸ . 2.000 metrede 100 C lik su olduğu ümitedil-

mektedir. Jeotermik enerjinin ekonomik kullanılması- na ilişkin ilerlemiş durumda olan Doğu İstiryadaki (Hartberg ile Fürstenfeld arasında) Waltersdorfer projesidir. ÖNW - AG ve RAG tarafından karbon hidrat- ların araştırılması için 1500 metreye bir sondaj yapı- lmıştır. Karbonhidratlar bulunamamış, fakat takriben 1100 metrede Karbonat kültelerinde sıcak su bulun- muştur. Waltersdorfer sondajı Garz araştırma merkezi tarafından kapasite, sıcaklık ve kimyasal yönden ince- lenmektedir. 1979 yılı başından beri, basınç koşulla- rında muhtemel bir değişikliği tesbit etmek amacıyla uzun süreli pompa denemesi sürdürülmektedir. Delik- ten 4 lt/sn debili, 56 C'lik ve çok az mineralize olmuş su fışkırmaktadır, bu su aşındırıcı etkisi olmadığından özel bir ısı değiştiricisine gerek kalmaksızın ısıtma amaçları için kullanılabilir. Halen bu kaynağın ısı enerjisi ile bir zemin ısıtması ve radyatörler yardı- mıyla bir sera beslenmektedir. Resmi binalar da örne- ğin okullar bu kaynakla ısıtılacaktır. Mahalli idareler faydalanma zincirini sağlamayı yani suyun soğuma derecesine göre kademeli kullanmayı düşürmektedir- ler.

Molasse bölgesi

Molasse bölgesi jeotermik bakımdan ümit verici bir bölge olarak görülmektedir. Kuzey ve Güneyde üçüncü zamanda oluşan Böhmik kütlelerin Kristalizasyonu ile oluşmuştur.

Yukarı Avusturya'nın Molasse bölgesinde yoğun kar- bonhidrat araştırmasında, örneğin Geinberg 1 sonda- jında olduğu gibi (takriben 2.150 metrede 100 C) müsbet sıcaklık anomalileri hakkında iyi sonuçlar alınmıştır. Molasse havzasının güneyindeki derin kı- sımarda, üçüncü zamanın ilk klastik çağına ait tortul kültelerde bile yumuşak suya rastlanılacağı ümit edil- mektedir.

Molasse bölgesindeki Vorarlberger'de, derin bir sondaj yapılmıştır, Dornbirn 1 sondajından 2280 metrede 136 C'lik suya rastlanmıştır. Komşu ülkelerdeki son- dajlar ve termal kaynaklar keza Bodensee bölgesinde ve Alplerin Ren vadisinde sismik hareketler, jeolojik ön koşulların uygun olduğunu ümit ettirmektedir.

3. POTANSİYEL

Yer küresinin gizli ve izotopların sürekli parçalanması ile (U-238, U-235, Th-232 ve K-40) hasil olan ısı de- vasa bir ısı potansiyeli arz etmektedir.² Dünyada depo- lanan termik enerji tekriben 3.10^{24} kWh (= $3.4.10^{11}$ TWa = 11.10^{30} J= 11.10^{15} Pj) dir, yani dünyada

mevcut kömür, petrol ve tabii gaz rezervlerinde kim- yasal olarak bağlı bulunan bütün enerjinin takriben 10^6 katı.³

Bu enerji dünyanın enerji tüketimine (halen takriben 8 TWa) ve gelecekteki her türlü artışa oranla sonsuz büyüktür.

Enerji (= ısı) akışı yerin derinliklerinden yüzeye doğ- rudur ve jeotermik olarak bozulmamış bölgelerde takri- ben ortalama 63 kVv/km²'dir. Burada bütün yer yüze- yinde - karalar ve denizler - takriben 32 TW'lık termik gücün sürekli bulunduğu hesaplanabilir. Dünyada ha- len yılda 8 TW tüketilmektedir. İhtiyacın jeotermik enerji ile karşılanması istenirse mevcut miktarın dört- te biri yeterli olacaktır. Jeotermik ısı akımı, yer ka- buğunun bozulmamış jeolojik koşulları altında ortala- ma 3 C/100 m olan jeotermik sıcaklık gradyeninden de belirlenebilir. Güneşten dünyaya yaklaşık 136.10^4 kW/km² 'lik (bir kısmı yansımakta ve bir kısmı atmos- ferde emilmektedir) sürekli bir ısı akımı olmaktadır, yani jeotermik ısı akışına nazaran 20.000 defa daha bü- yük. Güneş enerjisinden teknik olarak faydalanmak enerji yoğunluğunun az oluşu nedeniyle güçlüklerle doludur. Jeotermik enerjiden faydalanma şimdilik uyg- un görülmemektedir. Bununla beraber kararlı durum- lar dikkate alınırca, sadece enerji sürekli alınmayıp sü- rekli geri de verilirse bir soğumaya meydan verilme- miş olacaktır. Bunun anlamı, 1000 MW'lık (termik güç) bir santralin işletilmesi için takriben 16.000 km² lik (Avusturya'nın yüzölçümünün takriben %20'si) bir sahanın gerekli olmasıdır.

Bu yöntem, gerekçekten uygun ve ekonomik değildir, bu yüzden kararlı bir işletmeden vazgeçilmeli ve kül- telerde depo edilen termik enerji, kömür, petrol ve tabii gaz gibi muhtelif fosil yakıtlarda olduğu gibi bir yatakta toplanmalıdır. Böylece 280 m x 280 m kesit- li, 3,3 km uzunluğunda ve yer kabuğunun 3 ilâ 6,3 km derinliğinde bulunan karesel bir sütunun (sıcaklık sahası 100 C ilâ 200 C), 100 C soğuması ile yılda 8,3 kWh'lik bir termik enerji (1000 MW termik güçlü bir santrale ve % 100 yük faktörüne tekabül eder) alınabi- lecekti.

Bununla beraber ekonomik faydalanma için ısı tüke- necek ve yerin derinliklerindeki tabii ısı akışı ile ısı dengesi sağlanıncaya kadar yüzbinlerce yıl beklenmesi gerekecekti.⁴

Yeryüzü sıcaklığında bu nedenden ötürü bir düşme ha- sıl olmaz. Şimdiye kadar jeotermik enerji hakkında 3 noktadaki müşahadeler, normal, jeotermik bakımdan

letme masraflarından dolayı elektrik enerjisi ekonomik olarak üretilebilir. Aksine, jeotermik sıcak su sahalarından faydalanan bir jeotermik satral, yatırım masrafları takriben 30 yılda emorti edildiği için, halen bir işletme için riskli bir ticari maceradır. Jeotermal sahalardaki sıcak sudan bina ısıtmasında, endüstriyel ve tarımsal amaçlarda doğrudan faydalanma yaygın olmakla beraber çok sınırlı boyutlarda kalmıştır. Sıcak su nakil sırasında ısı enerjisini süratle kaybettiği için jeotermik rezervlerin civarında kullanılmalıdır.

Jeolojik basınç kuşağı tipi veya kızgın kay veya Magma yataklı jeotermik enerji çok sık rastlanan en büyük jeotermik enerji potansiyelini temsil eder, buna rağmen ticari kullanım için araştırma ve geliştirme çalışmaları gereklidir.

Avusturyadaki durum aşağıdadır:

Avusturyada jeotermik enerjinin elde edileceği ümitli bölgelerin hemen hemen hepsi karbonhidratların arandığı bölgelerdir. Halihazırdaki arama ruhsatları ÖMV-AG, RAG ve Vorarlberg'deki Vorarlberg Petrol ve Gaz nakli şirketine aittir. Bu müteşebbüsler olmaksızın Avusturya'da jeotermik enerjinin işletilmesi (ve daha sonra kullanılması) düşünülemez.

Kaplıcalar (termal banyolar) hariç Avusturya'da jeotermik enerji kayda değer ölçüde kullanılmamaktadır. Avusturya'da jeotermik suyun (veya buharın) ekonomik olarak elde edilip edilmeyeceği şimdiye kadar açıklanmadığı için kullanımı için henüz pek az geliştirilmiş tasarımlar vardır. Komşu ülkelerdeki gelişmelere göre güvenilir bir yol bulunacaktır. Avusturya'da jeotermik enerjinin elektrik enerjisi üretiminde kullanılması, ön görülen sıcaklık seviyesi bakımından ve henüz devanı eden teknik geliştirme çalışmalarına istinaden (düşük sıcaklıkta kaynayan sivil türbin devresi = İzobütan, Frigen v.s) ancak uzun vadede bir anlam kazanacaktır.

Jeotermik enerjinin kısa dönemde kullanımı bina ısıtma ve soğutmada ve endüstriyel ve tarımsal proseslerde olacaktır. Bunun için, jeotermal suyun doğrudan ısıtma için yeterli sıcaklıkta olmaması halinde ısı pompaları ile kombinasyonu gerekecektir.

Umulan sıcak su ve kaynar su rezervlerindeki jeotermik suyun yoğun merkezlerin veya endüstrinin hemen yanına taşınıp taşınmayacağına veya jeotermik enerjinin çıkarıldığı noktaya uygun alıcıların yerleştirilip yerleştirilmeyeceğine karar verilmelidir.

Avusturya Elektrik Kurumu 1976 yılında Avusturya'da jeotermik enerjinin işletilmesi ve kullanılmasına

ilişkin bir araştırma tasarımının hazırlanmasına- ilim ve araştırma bakanlığının yönetimi altında- katılmıştır.

Avusturya Elektrik Kurumu jeotermik enerjinin kullanılmasına ilişkin yerli ve yabancı gelişmeleri büyük bir ilgi ile izlemiştir.

Jeotermik enerjinin uygulanması münasebetiyle çevre sorunlarına ilişkin olarak jeotermal tesisler için ülkenin ihtiyacı olan özellikler tayin edilecek ve ayrıca sismik etkiler ve jeotermal tesislerin bulunduğu yerde geri enjeksiyon olanakları da araştırılacaktır.

- 1 Yaklaşık 2/3'ü radyo-aktif parçalanma ve 1/3'ü oluşum sisidir.
- 2- Bugün için müşahade edilen ısı akışının takriben %30'dan fazlasının oluşum ısısından kaynaklandığı kabul edilmektedir.
- 3- Bu enerji hatta, dünyanın takriben 10 kWh olan rotasyon enerjisinden de fazladır.
- 4- Sütunun soğuması ile 1,6 m'lik bir büzülmenin olacağı da zikredilmelidir.
- 5- Jeotermik enerjinin artık ısı, termik santraller için münazam bir yüküdür.

Litaratür:

- 1- McNitt, J.R.: The Role of Geology and Hydrology in Geothermal Exploration, Geothermal Energy. UNESCO Paris 1973.
- 2- Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Sektion Forschung: Forschungskonzept für Erschließung und Nutzung geothermischer Energie in Österreich, Wien 1976.
- 3- Facca, G.: The Structure and Behaviour of Geothermal Fields. Geothermal Energy. UNESCO, Paris 1973.
- 4- Hickel, W.J.: Geothermal Energy. University of Alaska, 1972.
- 5- Barena, J.: Exploration and Development of Wet Steam and Hot Water Fields. Geothermics 2,2, Pisa 1973.
- 6- Brunnschweiler, K.: Geothermal Poşer Station on a hot Dry Rock Source. Proceedings (Vol.3), Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco 1975.
- 7- Kröll, A., und G. Wessely: Neue Ergebnisse beim Tiefenaufschluß im Wiener Becken. Erdöl-Erdgas-Z., Wien 1973.
- 8- Ronner, F., und J.Zötl: Beispiele der Nutzung geothermaler Wasser in Ungarn und in der Slowakei. Forschungszentrum Graz, 1974.
- 9- Stegena, L.: Geothermal Map of Eastern Europe. Geothermics, 1,4, Pisa 1972.
- 10- Musmann, G.: Über den gegenwertigen Stand der geothermischen Forschung. Haus der Technik, Essen, 19. Septemer 1979.
11. Kappelmeyer, O.: Die Möglichkeiten zur Nutzung geothermischer Energie, Bundesanstalt für Geovissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- 12- Rauh, H.: Geothermische Energie, weltweite nutzung der Erdvarme, München: Udo Pfiemer Verlag. 1978.
- 13- Energy from Geothermal Resources. Second Edition, prepared for the Committee on Science and Technology, U.S House of Representatives-, Ninety-Fifth Congress Second Session, Serial SS, Juni 1978.
- 14- Ronner, F.: Die Nutzung geothermischer Energie, Steirische Beiträge zur Hydrologie 26, H.1, S.81.1974.

bozulmamış bölgelerde olduğu gibi, tutarlıdır. Bu verilere göre jeotermik enerjinin elde edilmesi teknik bakımdan zor, fakat çözülebilir bir problemdir. (Hot-Dry-Rock-Metodu). Bu enerji potansiyelini faydalanabilir yapmak için herşeyden önce ısı alımında masrafları belirleyen faktörlerin bilinmesi gereklidir ve bu nedenle araştırmaların, uygun tabii özellikleri ihtiva eden sahaların seçimi ve uygun elde etme metodlarının geliştirilmesi ile yer ısısının ekonomik bir şekilde alınmasını mümkün kılacak amaçlara yönelmesi gerekir. Uygun çözümleri içeren metotlar halen incelenmektedir. Bununla beraber, bu tip sarmalların dünyanın her yerinde inşa edilebilmesi büyük bir avantaj teşkil ettiği için jeotermik enerjinin kullanılması mümkün kılınacaktır.

4. EKONOMİKLİK

Jeotermik enerjiden ekonomik bir şekilde faydalanmadan, şayet masrafları diğer enerji kaynakları ile mukayese edilebiliyorsa, bahsedilebilir.

Jeotermik enerjiden ekonomik faydalanma gelecekte büyük ölçüde mümkün olacaktır, zira;

- bu yenilenebilir enerjiden faydalanma teknikleri başarı ile gelişecektir ve
- enerji fiyatları bu arada sürekli artacaktır.

Konvensiyonel enerji kaynakları yerine jeotermik enerjinin ikamesi enerji ithalatına bağımlılığı azaltacaktır.

Jeotermik enerjide ekonomikliğe götürecek yollar şunlardır:

- Termal suların (veya buharların) yeterli yükseklikteki sıcaklık seviyesi,
- Tüketim merkezi ile sondajın yapıldığı yer arasındaki mesafenin azlığı,
- Sıcaklıktan çok maksatlı faydalanma yolları ile azami istifade.
- Band enerjisi olarak ikamesi,
- Kimyasal terkibi düzenlenebilen her jeotermal sudan faydalanma,⁵
- Jeotermik enerji kaynağını bir ısıtma tesisine bağlama.

Jeotermal enerjiden faydalanmada çok önemli bir ekonomiklik faktörü olan sondaj masrafları izahatsız kalmamalıdır. Sondaj masrafları delik (sonda) çapına, sondaj derinliğine, kültelerin (kayaların) ve kullanılan araçların tipine bağlıdır. Sondaj masrafları durumdan duruma farklı olduğu için klavuz değerlerin verilmesi güçtür. Sondaj masraflarının tesbiti zaruridir. Avusturyada yer ısısından faydalanma koşulları - bugünkü bilgi ve program durumuna göre - çok iyi hidrolojik ve

memnuniyet verici jeotermik durumun olduğuna işaret etmektedir. Jeotermal enerjinin Avusturyadaki sıcaklık seviyesi mutad sondaj derinliklerinde 100 ila 200 C'dir. Bu nedenle kısa ve orta dönemde jeotermik enerjisinin ekonomik elektrik üretiminde önemli bir payı olmayacaktır. Isı ihtiyacını karşılamadaki payı da yakın gelecekte toplu ısı tüketiminin mütevazı bir yüzdesi civarında kalacaktır.

Jeotermik enerjinin kullanma sahası kullanma suyu için sıcak su hazırlama ve özellikle tarım sektörü olacaktır.

Jeotermik enerjinin çıkarılması ve kullanılmasında çevrenin korunması problemi basit olup önlenemez.

özellikle aşağıdaki çevre sorunları da araştırılmalıdır.

- Jeotermal alanlardan faydalanmak için gerekli düzey ihtiyacı ve tarımsal değişikliklerin ölçüsü
- Jeotermik enerjiden faydalanmanın diğer tarımsal faydalanma amaçları ile uyumu
- Tabiatı koruma bölgelerinin korunması
- Yer altındaki jeolojik koşulların değişimi

Burada önemli olan özellikle suyun çıkarılması ile yer yüzeyinde muhtemel seviye düşmesi ve muhtemel sismik hareketlerinin araştırılmasıdır. Bu münasebetle alınan suyun alınan yere geri enjekte edilmesi de denenmelidir. Şayet jeotermal suyun ihtiva ettiği mineraller çevre kirlenmesini engelleyecek dereceye düşürülemezse geri enjeksiyon gereklidir.

5. SONUÇ

Jeotermik enerji yer kabuğunun ihtiva ettiği tabii bir ısı enerjisidir. Bu enerjinin büyük bir bölümü, büyük ölçüde ekonomik olarak faydalanılabilecek şekilde dışarıya yansır. Bununla beraber, uygun jeolojik veriler bakımından ısı yataklarda yoğunlaşan bölgelerde şimdi veya gelecekte jeotermik enerjinin ekonomik kullanımı başarılı olabilir.

Fakat en iyi jeotermal sahalar bile (örneğin The Geysers, Kaliforniya, kuru buhar sahaları) elektrik üretimi için mukayese edilebilir enerji kaynaklarından daha az kalitelidir. (180 C, 7 bar'lık buhar; konvensiyonel santral Takriben 540 C, 250 bar).

Jeotermik santrallardaki düşük sıcaklık ve basınçlar aynı güçteki konvensiyonel santral I ara nazaran daha düşük verimlere ve daha fazla buhar tüketimine neden olur.

Jeotermik kuru buhar sahalarında düşük buhar ve iş-