

KONUTLARIN JEOTERMAL ENERJİYLE ISITILMASINA BİR ÖRNEK: BİGADİÇ (BALIKESİR)

(An Example of Heating Buildings by Geothermal Energy: Bigadiç
(Balıkesir) Turkey)

Yrd. Doç. Dr. İbrahim AYDIN ¹

ÖZET

Günümüzde sanayileşmeye bağlı olarak enerji temel ihtiyaç haline gelmiştir. Kullanımının yaygınlaşması ile tüketimi de oldukça artmıştır. Ancak, enerjinin elde edildiği fosil yakıtların tükenebilir olması ve çevre kirliliğine neden olması, alternatif enerji kaynaklarının önemini arttırmıştır. Jeotermal enerji, alternatif enerji kaynağı olmanın yanında, aynı zamanda çevreyi kirliletmeyen bir enerji kaynağıdır.

Ülkemiz, jeolojik olarak genç oluşumlu bir bölgede yer alması ile deprem riskinin fazla olduğu ülkelerdendir. Kırıklı ve faylı alanların fazla olması hem deprem riskini gündeme getirmekte, hem de jeotermal kaynakların bulunma olasılığını arttırmaktadır. Taşkömürü ve petrol kaynakları açısından fakir bir ülke olmamız, enerji konusunda dışa bağımlı olmamıza neden olmuştur. Bu ve bunun gibi sebeplerle rüzgâr, güneş ve jeotermal enerjiden yararlanma daha çok gündeme gelmeye başlamıştır.

Uzun yıllardır termal sağlık ve temizlik amaçlı kullanılıyor olmasına rağmen, elektrik üretim alanında yararlanma yeni olduğu için, yeni kaynaklar arasında yer alan jeotermal enerji, yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Bu makale, Balıkesir iline bağlı Bigadiç İlçesi'nde jeotermal enerjinin merkezi ısıtma sistemi ile konutların ısıtılması ve sağladığı avantajlar ile ilgilidir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal enerji, alternatif enerji, Bigadiç, çevre, merkezi ısıtma sistemi.

ABSTRACT

Energy has nowadays been a basic necessity because of industrialization. Widespread use of energy resulted in increase in consumption. However, since fossil energy resources are limited and will be

¹ Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü,
E-mail: ibrahimaydin@balikesir.edu.tr

KONUTLARIN JEOTERMAL ENERJİYLE ISITILMASINA BİR ÖRNEK: BIGADIÇ (BALIKESİR)

used up soon along with causing environmental pollution, the importance of alternative energy resources has also been increasing. Geothermal energy is one of the alternative sources of energy, and it does not pollute the environment as well.

Since Turkey is geologically active and has many active fault zones, it is one of the countries with a great deal of earthquake risk. Fault zones bring both the probability of an earthquake risk and a chance for geothermal water sources. Since coal and oil do not exist in Turkey abundantly, the import of these energy sources causes a big load on the budget. Therefore, wind, sun, and geothermal energy are considered as alternatives.

Thermal hot springs have been used for health and cleaning purposes for many years. However, it is quite new to use these resources for producing electricity.

The purpose of this paper is to explain advantages of geothermal energy at residences to keep houses warm during winter season with a central heating system in Bigadiç, a town of Balıkesir, Turkey.

Key Words: *Geothermal energy, alternative energy, Bigadiç, environment, central heating system*

1. GİRİŞ

Günümüzde ülkelerin gelişmişliği ile ilgili olarak kullanılan kriterlerden birisi de kişi başına düşen enerji tüketimidir. Bir ülkede kişi başına enerji tüketimi ne kadar fazlaysa o ülkenin ekonomik gelişmişliği ve insan gelişme endeksi de o kadar yüksektir. Sanayi inkılabından sonra, makineleşmeye bağlı olarak tüm alanlardaki üretimde kol gücünün yerini makine gücü almaya başlamış, bu durum enerji tüketimini arttırmıştır. Buna bağlı olarak, enerji tüketim miktarı ile sanayileşme oranı arasında paralellik bulunmaktadır.

İnsanların kullanmış oldukları enerji kaynakları; yenilenmeyen (tükenen, fosil) ve yenilenen (tükenmeyen) enerji kaynakları olarak ikiye ayrılır. Fosil yakıtlar olarak da bilinen yenilenmeyen enerji kaynakları (petrol, kömür, doğalgaz vb.) atmosfere oldukça fazla CO₂ salınımı gerçekleştirmekte, bu durum çevre kirliliğinin yanı sıra, sera gazı etkisiyle iklim değişikliğine de sebep olmaktadır. Kömürde %100, petrolde %81, doğalgazda %57 oranında olan CO₂ salınımı jeotermal enerjide yakma sistemi olmadığı için %3'tür (Tablo 1). Kömür gibi fosil yakıtların tüketimi kül gibi katı atıklara da neden olmaktadır. Petrol ve

doğalgaz kaynakları yönünden ülkemizin fakir olması, enerji konusunda dışa bağımlı olmasına ve dış ülkelere milyarlarca dolar döviz ödemesine neden olmaktadır.

Enerji Kaynağı	CO ₂ Emisyon Oranı (%)
Kömür	100
Petrol	81
Doğalgaz	57
Jeotermal Enerji	3

Ancak ülkemiz, sahip olduğu coğrafi konumu, yeryüzü şekilleri ve jeolojik geçmişi ile tüketimi yaygın olan bu enerji kaynaklarına alternatif enerji kaynaklarına sahiptir. Güneş, rüzgâr ve jeotermal enerji kaynakları, hem yenilenen hem de çevreyi kirletmeyen enerji kaynakları olmasına rağmen, kullanımı henüz tam anlamıyla yaygınlaşmamıştır. Ülkemiz, Senozoyik'te blok tektonizmasıyla gerek düşey gerek yatay atımlı faylarla parçalanmıştır. Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu yatay atımlı fay hatları, İç Batı Anadolu ise dikey ve yatay atımlı fay hatları jeotermal enerji alanlarıdır. Bu durum, ülkemizde deprem riskini sürekli gündemde tutmasına karşılık, yenilenen, çevreyi kirletmeyen ve milli olan jeotermal enerji kaynağı açısından ülkemizin zengin olmasını sağlamıştır. Dünyada jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke; Çin, Japonya, ABD, İzlanda ve Türkiye şeklinde sıralanmaktadır (Yörükoğlu, 2008). 1. derece deprem bölgesinde yer alan Bigadiç'te son yıllarda jeotermal enerjiyle konutların ısıtılmasına başlanmıştır. Bigadiç'teki bu proje; 3000 konut ile seraların ısıtılması, kurulan devre mülklerle (HERA) termal turizmin canlandırılmasını da kapsamaktadır.

2. JEOTERMAL ENERJİ NEDİR?

Jeotermal, kelime anlamı olarak; jeo (yer) termal (sıcak), “yer sıcaklığı” anlamına gelir. Yüzeiden yerin derinliklerine özellikle zayıf kuşaklar olan faylar boyunca sızarak ısınan suyun bazen sondajla çıkarılmasıyla, bazen de doğal olarak çıkmasıyla jeotermal kaynaklar

KONUTLARIN JEOTERMAL ENERJİYLE ISITILMASINA BİR ÖRNEK: BİGADİÇ (BALIKESİR)

oluşur. Ancak çıkan jeotermal akışkan, içerisinde çözünmüş halde çeşitli kimyasallar içeren sıcak su ve buhar halindedir. Bilindiği gibi yerin derinliklerine inildikçe sıcaklık artmakta, sıcaklığın 1 °C derece artması için inilmesi gereken derinliğe, *jeotermi basamağı* denilmektedir. Bu derinlik genel olarak 33 metre kabul edilse de, bölgelere göre değişmektedir. Örneğin bu derinlik, genç volkanik sahalarda 15.5 m, stabil bölgelerde ise 100 m dolayındadır. Yerkabuğunun alt yüzeyinde sıcaklık değeri teorik olarak 1100–1200 °C’yi bulur (Ketin,1977).

Yeryüzünün uygun alanlarından yeraltına sızan yağış suları, gözenekli boşlukları bulunan rezervuar tabakalarda depolanır. Altta ve üstte geçirimsiz kayaç tabakaları ile çevrili olan bu sular, yer ısı ile ısınıp genişmekte, buna ilaveten üstteki tabakaların basıncı ile basınçlı hale gelmektedir. Basınçlı ve sıcak olan bu sular, ” ...yer kabuğunun kırık sistemlerine rastlayan tektonik kuşaklar boyunca, ya da volkanik bölgelerdeki derin çatlak ve yarıklardan, termal kaynaklarda olduğu gibi, kendiliğinden yeryüzüne çıkabilir...” (Doğanay, 1998). Yerin altında sıcaklığı kaynama noktasının üzerinde, basınçlı buhar halindeki bu sular, kendiliğinden yeryüzüne fışkırabildiği gibi, sondaj vurularak da çıkarılabilmektedir.

Yağışlarla oluşan suların sürekli yeraltına sızması ve yeraltı sıcaklığı ile ısınmasıyla oluşan sıcak su kaynakları sürekli bir döngü içerisinde. Jeotermal enerji, yararlanılıp tüketildikçe kendi kendine yeniden oluşmakta, kendini yenilemekte olduğu için “yenilenebilir enerji” kaynağıdır. Bu enerji kaynağı, gözenekli ve çatlaklı kayaç kütlelerini besleyerek oluşturdukları jeotermal rezervuarlar, yeraltı ve reenjeksiyon koşulları devam ettiği müddetçe yenilenebilir ve sürdürülebilir kaynaktır. Bu nedenle, kısa süreli atmosferik koşullardan etkilenmez. Jeotermal rezervuarlardan yapılan sondajlı üretimlerde jeotermal akışkanın çevreye atılmaması ve rezervuarı beslemesi bakımından, işlevi tamamlandıktan sonra tekrar yeraltına gönderilmesi yani reenjeksiyon işlemi, birçok ülkede yasalarla zorunlu hale getirilmiştir.

Jeotermal enerjiden termal tedavi ve temizlik amaçlı yararlanma eski çağlarda başlamış olmasına rağmen, elektrik enerjisi üretiminde kullanımı 1900’lü yıllardan sonra olmuştur. Bu nedenle bu kaynağa “yeni enerji kaynağı” denilmiştir. Bu kaynaktan elektrik enerjisi üretimi

konusunda yararlanılması için, akışkanın buhar halinde ve 150°C'nin üzerinde sıcaklığa sahip olması gerekir. Basınçlı buhar halindeki kaynak sular, 3000–4000 m/sn basınç miktarı ile fişkirir ve çıkış yerine kurulan buhar türbinini çalıştırır. Bu şekilde elektrik enerjisi üretilir. Jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üretmek, elektrik enerjisi üretiminde kullanılan diğer kaynaklarına göre en ekonomik olanıdır. 1 kwh elektrik enerjisi elde edebilmek için 9–10 kg doğal buhar gerekmektedir (Çetinçelik, 1977). Jeotermal enerji, hem ısınmada hem de elektrik enerjisi üretiminde diğer kaynaklara göre %50–80 daha ekonomiktir (Akkuş ve Şimşek, 1983).

Jeotermal enerji ile merkezi sistemle konutların ısıtılması, komple yatırım ve işletme maliyetleri ile beraber en ucuz yöntemlerden biridir. 1 kwh enerji üretim maliyeti jeotermal enerjide, motorine 14, kalorifer yakıtına 8, doğalgaza göre de 4 kat daha ucuzdur (Tablo 2). Bu sistemde; üretim ve reenjeksiyon kuyularının açılması, kuyu içi pompalarının temini ve dağıtım şebekesinin kurulması, sistemi izleme ve kontrol ekipmanlarının alımı dışında depolama tanklarının temini ilk yatırımlardır. Bu aşamadaki yatırım maliyetleri, oldukça yüksektir. Sistem kurulduktan sonra pompalama gücü, bakım ve kontrol ile yönetim kademelerinden oluşan işletme masrafları ise daha azdır. Genel olarak jeotermal enerji ile konutların ısıtılması projeleri, 4-8 yıllık bir dönemde geri dönüşüm sayesinde maliyetlerini karşılamaktadır. Bu duruma petrol giderlerinin azalması da dahil edilmesi durumunda, bu süre daha da kısalmaktadır.

Enerji Türü	Enerji Maliyeti (Cent kwh)
Motorin*	14
Kalorifer yakıtı	8
Doğalgaz	3-4
Jeotermal Enerji	0.5-1

* Kalorifer yakıtı olarak

KONUTLARIN JEOTERMAL ENERJİYLE ISITILMASINA BİR ÖRNEK: BİGADİÇ (BALIKESİR)

Jeotermal enerjiden yararlanma; kaplıca amaçlı kullanım, tarla balıkçılığı, değişik tarım ürünlerinin, alglerin, kerestelerin, balık ve bazı yiyeceklerin, çimentonun, organik maddelerin kurutulması; damıtma ile saf su elde edilmesi, mineralli su olarak kullanımı ve bazı kimyasal bileşiklerin elde edilmesi gibi birçok alanda gerçekleşmektedir. Ayrıca, konserve fabrikalarında sterilize işleri, derilerin kurutulması, mobilya ahşabı ve kerestelerin kurutulması, kağıt ve selüloz endüstrisinde ağartma işleri, şeker, ilaç ve pastörize süt ve bira endüstrisinde mayalama işlerinde de jeotermal enerjiden yararlanılmaktadır (Doğanay, 1998).

Sonuç olarak jeotermal enerji; yeni, yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmez, ucuz bir enerjidir. Jeotermal enerjinin iki önemli dezavantajı bulunmaktadır. Bunlardan ilki; santrallerin kapasitelerinin sınırlı olmasıdır. En kapasiteli santralin 500 mw iken, en düşüğünün kapasitesi ise 100 mw'den az olmaması gerekmektedir. İkinci dezavantajı ise; santrallerin ömürlerinin 40 ile 60 yıl ile sınırlı olmasıdır. Ancak, elektrik enerjisi üretiminde kullanılan hammaddenin bedava ve yenilenebilir olması, üretim maliyetlerini düşürmekte, böylece santralin maliyetini 4–8 yıl içerisinde karşılamaktadır. Bu nedenle jeotermal enerji ile elektrik üretimi, diğer kaynaklardan elektrik enerjisi üretmekten daha ekonomik olmaktadır.

3. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİYLE KONUTLARIN ISITILMASI

Jeotermal enerji; insanoğlunun yararlandığı en eski enerji kaynaklarından birisidir. Bu enerji, ilk olarak günümüzden 10 bin yıl kadar önce Neolitik dönemde Akdeniz Bölgesi'nde çanak, çömlek, cam, tekstil ve kiremit imalatında kullanılmıştır. M.Ö. 1500'lerde ise Romalılar ve Çinliler tarafından boya ve pişirme alanı dışında ısınma amaçlı da kullanılmıştır. M.S. 1200'lerde Avrupalılar jeotermal enerji ile meskenlerin ısıtılmasını düşünmüş, 1322 yılında Fransa köylüleri evlerini bu enerji ile ısıtmaya başlamışlardır. 1929'da ise Oregon'da (Klamath falls) evlerin ısıtılmasında jeotermal enerji kullanılmıştır. İzlanda'da elektrik üretiminin %16'sı, evlerin %86'sının ısıtılması jeotermal enerji ile gerçekleştirilir.

Türkiye'de ilk jeotermal sondaj kuyusu 1963'te İzmir Balçova'da açıldı. 1983 yılında İzmir Balçova'da kuyu içi eşanjörlü ısıtma sistemi kuruldu. Denizli Kızıldere'de 1968 yılında elektrik üretim amaçlı ilk

jeotermal kuyusu açılırken, Gönen'deki (Balıkesir) 1987 yılında konutların jeotermal enerjiyle ve merkezi sistemle ısıtılması projesi bu alanda Türkiye'de atılan ilk adımdır. İzmir Balçova'da 1996 yılında 15000 konut merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılırken, 2005 yılında Bigadiç'te devreye giren 3000 konutun jeotermal enerji ile ısıtılması projesi Türkiye'nin 13. kent ısıtma projesidir.

Türkiye'de Aralık 2007 itibariyle yaklaşık 49 bin konut jeotermal enerji ile ısınmaktadır. Sahip olunan 6515 mwt jeotermal enerji gücü ve 935 bin konutu ısıtma kapasite dikkate alınması durumunda, potansiyelin sadece %5.3'lük bir bölümü değerlendirildiği ortaya çıkar. Jeotermal enerji ile konutların ısıtılması uygulamalarında İzmir Bornova ve Narlıdere, Gönen, Simav, Afyon, Salihli ve Sandıklı gibi yerleşmeler dikkat çekmektedir (Tablo 3).

Yerleşme Adı	Isıtılan Konut Sayısı	Devreye Giriş Tarihi	Suyun Sıcaklık Derecesi ⁰ C
Balçova-Narlıdere	20000	1983	115-145
Gönen	3400	1987	80
Simav	5000	1991	120
Kırşehir	1900	1994	52-54
Kızılcahamam	2500	1995	80
Afyon	4500	1996	95
Kozaklı	1200	1996	90
Sandıklı	3600	1998	70
Diyadin	1200	1999	70
Salihli	4100	2002	94
Sarayköy	1500	2002	140
Edremit	2000	2003	60
Bigadiç	3000	2005	98
Sarıkaya	40	2006	50
Toplam	49140	--	--

Türkiye jeotermal enerji alanında yaptığı hamlelerle, jeotermal kurulu ısıtıcı gücünü 992 mwt'a ulaştırmıştır. MTA, 1962 yılından itibaren yaptığı etüt çalışmalarında 173 adet jeotermal saha keşfetmiştir. Türkiye, teorik olarak 31.500 mwt jeotermal potansiyeli ile dünyada 7., Avrupa'da 1. sıradadır (Yörükoğlu, 2008). Jeotermal enerjinin elektrik dışı uygulamalarda doğrudan kullanımında ise ülkemiz, 2001 yılında 11.'likten 5.'liğe yükselmiştir. ABD, 5366 mwt kurulu jeotermal gücü ile

KONUTLARIN JEOTERMAL ENERJİYLE ISITILMASINA BİR ÖRNEK: BİGADIÇ (BALIKESİR)

dünya jeotermal gücün %65'ine sahip olup ilk sıradadır. Türkiye ise 992 mwt güç ile toplam gücün %5.8'ine sahip olarak 5. sırada yer almaktadır (Tablo 4).

Tablo 4: Jeotermal Enerjinin Elektrik Dışı Uygulamalarında Kurulu Güç Miktarları ve Bu Alandaki İlk Beş Ülke (2001)

Sıra No	Ülke	Kurulu Jeotermal Güç (Mwt)	Oran (%)
1	ABD	5366	65
2	Çin	2814	12.7
3	İzlanda	1469	8.6
4	Japonya	1159	6.7
5	Türkiye	992	5.8
	Diğer	6004	35
	Toplam	17174	100

Türkiye, 935 bin konutu merkezi sistemle ısıtabilecek 6515 mwt jeotermal enerji potansiyeline sahiptir. Devlet Planlama Teşkilatı da hazırlamış olduğu 8. kalkınma planında, 2010 yılında jeotermal enerji ile 935 bin konutun ısıtılmasını hedeflemesine rağmen, 500 bin konutun ısıtılmasının daha gerçekçi bir hedef olduğunu kabul etmektedir (DPT, 2000).

4. BİGADIÇ'İN COĞRAFİ KONUMU

Bigadiç, Güney Marmara Bölümü'nde Balıkesir ilinin bir kazası olan yerleşmedir. Bigadiç Ovası'na doğru gelişen Bigadiç, yaklaşık 5000 yıllık bir tarihi geçmişe sahiptir.

Bigadiç'in kuzeyinde Kepsut, kuzey-doğu ve doğusunda Dursunbey ilçeleri bulunmaktadır. Güneyinde Sındırgı, batısında da merkez ilçe (Balıkesir) yer almaktadır. İlçeden geçen İstanbul-Bursa-Balıkesir-İzmir yolu güzergahının değişip daha güneye kayması sonucu ulaşım avantajını kaybeden Bigadiç, il merkezine 38 km uzaklıktadır (Harita 1).

KONUTLARIN JEOTERMAL ENERJİYLE ISITILMASINA BİR ÖRNEK: BIGADIÇ (BALIKESİR)

3. Jeotermal enerji ile sağlık ve güzellik (termal) turizm sayesinde Bigadiç ekonomisine katkıda bulunmak,
4. Jeotermal enerji ısıtılmalı kültür balıkçılığı ile Bigadiç ekonomisine katkıda bulunmak,
5. Hava ve çevre kirliliğine kesin çözüm getirmek,
6. Yakıt ve enerji tasarrufu sağlamak,
7. Döviz tasarrufu sağlamaktır.

Yukarıdaki amaçlar doğrultusunda; Bigadiç'te 627 konut eşdeğerinde 5562000 kcal/h'lik resmi kurum ve okullar ile 2373 konut eşdeğerinde 12438000 kcal/h'lik konut ve işyeri olmak üzere toplam 3000 konut eşdeğerinde 18000000 kcal/h'lik (Tablo 5) enerji ihtiyacı tespit edilmiştir. Yapılan sondaj çalışmalarında bulunan jeotermal akışkanla bunun karşılanabileceği hesaplanmıştır.

Kullanım Alanı	Isı İhtiyacı (kcal/h)	Konut Eşdeğer (KE)*
Resmi Kurum ve Okullar	5562000	627
Özel Konut ve İşyerleri	12438000	2.373
Genel Toplam	18000000	3000

**(1 Konut Eşdeğeri= 100 m² genişliğinde ve 2.8 m yüksekliğinde kapalı hacim)*

Bu projenin uygulanmasıyla sayesinde Bigadiç'te yılda 10 bin ton kömür tasarrufu sağlanmıştır. Bigadiç'te jeotermal enerji ile ısınan aileler, 2006-2007 kış sezonu aylık 35 YTL ücretle (Aynı dönem Gönen 65, Simav 62, Kırşehir 54.25 YTL'ye ısınmıştır.) konutlarını ısıtma ve 24 saat sıcak su imkanına kavuşmuştur. Bu dönemde işyerleri ise, aylık 65 YTL ücret karşılığında ısınmıştır.

Jeotermal enerji ile seraların ısıtılması çalışmalarında bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bunlardan biri sera kurmak isteyen tarla

sahibi ve kiracı işletmeci arazilerinin Bigadiç Ovası'nda dağınık ve parçalı olmasıdır. Her parçaya ayrı kanal döşemek ve bu şekilde jeotermal kaynak sularını tarlalara ulaştırmak maliyeti arttırmaktadır. Diğer jeotermal hattın geçtiği arazi sahiplerinden gerekli geçiş izinlerinin alınması sırasında bazı arazi sahiplerinin isteksiz olmaları ve konunun yargıya taşınması durumunda hukuk sürecinin uzun sürmesidir. Bu nedenle küçük sanayi tesisleri gibi toplu ve tek merkezde sera alanları belirlenmelidir. Bu durumda iki çözüm yolu görünmektedir. İlki özel mülkiyet arazilerinin kamulaştırılması ve toplulaştırılmasıdır. Ancak, bu uygulama ekonomik olarak mümkün görülmemektedir. Diğer ise; hazineye ait arazilerden uygun olan alanın seracılık faaliyetleri için tahsis edilmesidir.

Jeotermal enerjiden sağlık ve güzellik (termal) turizminde yararlanma ile ilgili çalışmalar devam etmekte olup, inşaatı süren HERA termal tesisler uluslararası hizmet vermek amacıyla inşa edilmektedir. Bigadiç'in güney doğusunda, ilçeye 2 km mesafede inşaatı süren tesisler, HERA Termal devre mülkleri ve HERA Termal Otel olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Tesisler, 58 dönümlük alan üzerinde, 14 blok, 448 apart daire ve 10752 devre mülkten oluşmaktadır. HERA Termal'in diğer termal tesislerden en önemli farkı, yaz ve kış şartları düşünülerek blokların yaşam alanları ile havuzlar arasındaki geçiş ve dolaşımın tamamen kapalı alanlardan yapılmış olmasıdır. Değişik büyüklüklerdeki 14 adet havuz, 4 adet Türk hamamı, 1 adet Aquapark ve SPA merkezine sahip olan HERA Termal'de, termal tedavi sağlanabilecektir. Oyun ve spor salonları, cep sineması, antik tiyatro, nizami ölçülerde çim halı sahaları, basketbol-voleybol sahaları, tenis kortları, restoranları, kafeteryaları ve çarşısı ile çeşitli alışveriş imkânları sunacaktır. HERA Termal'de çocuk oyun alanı, hayvanat bahçesi ve evcil hayvan barınakları da düşünülmüştür. 2009 yılında hizmete girmesi planlanan tesisin %50'lik kısmı hizmete açılmıştır. Söz konusu tesis yılın her mevsiminde hizmet vererek, birçok kişiye istihdam imkânı sağlamanın yanı sıra, Bigadiç Ovası'nda tarım yapan çiftçilerin de tarım ürünlerine pazar oluşturacaktır. Bu tesislerden ilçedeki hayvancılık faaliyetleri ve diğer ticari faaliyetler olumlu yönde etkilenecektir. Tesislerde yılda 60000 turistin ağırlanması ve 25 trilyonluk bir gelir elde edilmesi planlanmaktadır.

KONUTLARIN JEOTERMAL ENERJİYLE ISITILMASINA BİR ÖRNEK: BIGADIÇ (BALIKESİR)

Jeotermal enerji ısıtmalı kültür balıkçılığı ile ilgili olarak henüz bir çalışma yapılmamış olup, bu konuda özel girişimcilerin ilgisi beklenmektedir.

Projenin hava ve çevre kirliliğine kesin çözüm getirme amacı ise gerçekleşmiştir. Bigadiç'te kışın jeotermal enerji ile ısınan binaların bacalarından duman tütmemektedir. Proje sayesinde hava kirliliğinin önlenmesinin dışında kül gibi atıklar da çıkmamaktadır. Bu durum çevre sağlığını olumlu yönde etkilemektedir. Ayrıca, belediyenin çöp toplama ve depolamada iş yükünü de azaltmaktadır. Bilindiği gibi ülkemizde resmi kurumlarda genellikle düşük kalorili kömür kullanılmakta ve önemli ölçüde çevre kirliliğine neden olmakta iken, Bigadiç'te bu durum ortadan kalkmıştır. Marmara Bölgesi'nde kışın lodos rüzgarının esmesi ile gerçekleşen sobadan zehirlenme ve ölümler, ilçede artık gerçekleşmemektedir. Jeotermal enerjide yanma sistemi olmadığı için zehirlenme ve patlama gibi tehlikeler de bulunmamaktadır.

İlçede kömür, odun, banyolardaki LPG (sıvılaştırılmış gaz) kullanımı azaltılarak yakıt ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bigadiç'te jeotermal enerji sayesinde yılda yaklaşık 10000 ton kömür tasarrufu sağlanmaktadır.

Tamamen yerli olan termal enerji ile, ithal kömür, banyo şofbenlerinde kullanılan LPG kullanımı azaltılarak ve doğalgaz kullanım gerekliliği ortadan kaldırılarak ülkemiz adına döviz tasarrufu sağlanmaktadır.

5.2. Bigadiç Jeotermal Enerji Projesi Çalışmaları

Bigadiç'teki termal kaynaklar Hisarköy'de yer almaktadır. Hisarköy, Yağcılar Bucağı'nın batısında ve Bigadiç'in 18 km doğusundadır. Burada projeden önce 50 yıllık olduğu tahmin edilen eski hamam ve çamaşırılık geleneksel olarak çevre halkına hizmet etmektedir. Ancak İl Özel İdare'nin girişimi ile tesislerde düzenleme yapılmış, yeni banyolar inşa edilmiş ve 1991 yılında hizmete açılmıştır. Termal tesisler, günümüzde 24 odası ve 72 yatak kapasitesi ile daha geniş kitlelere hizmet vermeye devam etmektedir.

Dönemin yerel yöneticileri, Hisarköy jeotermal enerji kaynağından geleneksel ve pek de verimli olmayan yararlanmanın ötesinde, konutların ısıtılması fikrine 1998 yılında karar vermiş ve

çalışmalara başlamıştır. MTA ile ortak yürütülen proje ile, termal alanda Aralık 1999'da fizibilite çalışmaları başlatılmıştır. İlk etapta, Hisarköy merkezli, Adalı, Okçular, Bekirler, Çeribaşı ve İlyaslar köylerini içine alan etüt sahasında Jeofizik rezervuar tespit çalışması 25 Nisan 2000 tarihinde tamamlanmıştır.

“Bigadiç-Hisarköy jeotermal alanı İç Batı Anadolu'da bulunur. Çalışma alanının temelini bölgede yüzlek vermeyen ofiyolit oluşturur. Bu birim ise Tersiyer yaşlı riyodasit, dasit, tuf, aglomera ve karbonatlı seviyelerden oluşan Dedetepe Formasyonu'nca örtülür. Tüm bu birimler üzerinde Kuvaterner yaşlı alüvyon ve traverten bulunmaktadır. Yörede yüzeylenen akışkanların yükselimini sağlayan ana fay sistemi KB-GD ve K-K doğrultularında uzanmaktadır” (Yıldız, 1999).

Hisarköy ve çevresinde litolojik yapı bol kırıklı ve çatlaklıdır. Bölgede yer alan sıcak su kaynakları başlıca Hisarköy'de toplanmış olup, yüzeylenen 16 kaynağın sıcaklıkları 24–93°C arasında değişmekte olup, toplam debileri 10lt/s'dir (Yıldız, 1999).

Sondaj lokasyon tespitini takiben MTA Bölge Müdürlüğü ve Genel Müdürlük ile yapılan sözleşmeler sonucu sondaj çalışmalarına 26 Eylül 2000 tarihinde başlanmıştır. İlk kuyu olan BHK-1 (Bigadiç Hisarköy Kuyusu) kuyusunda 264 m derinlikte, kuyu dibi sıcaklığı 82.5°C olan kaynağa ulaşılmıştır. Kaynağın debisi 0.5 lt/s olup, yapılan testlerde yeterli görülmeyerek üretim sağlanamamıştır (Tablo 6).

Kuyu Adı	Tarih	Debisi (lt/sn)	Sıcaklık (°C)	Derinlik(m)
BHK-1*	2000	0.5	82.5	264
BHK -2	2001	60	97	429
BHK -3	2001	40	97.6	307
BHK -4	2001	3	57	750
BHK -5	2005	1.2	66	700
BHK -6	2006	25	75	624

*BHK= Bigadiç Hisarköy Kuyusu

(Kaynak: Bigadiç Belediyesi)

KONUTLARIN JEOTERMAL ENERJİYLE ISITILMASINA BİR ÖRNEK: BIGADIÇ (BALIKESİR)

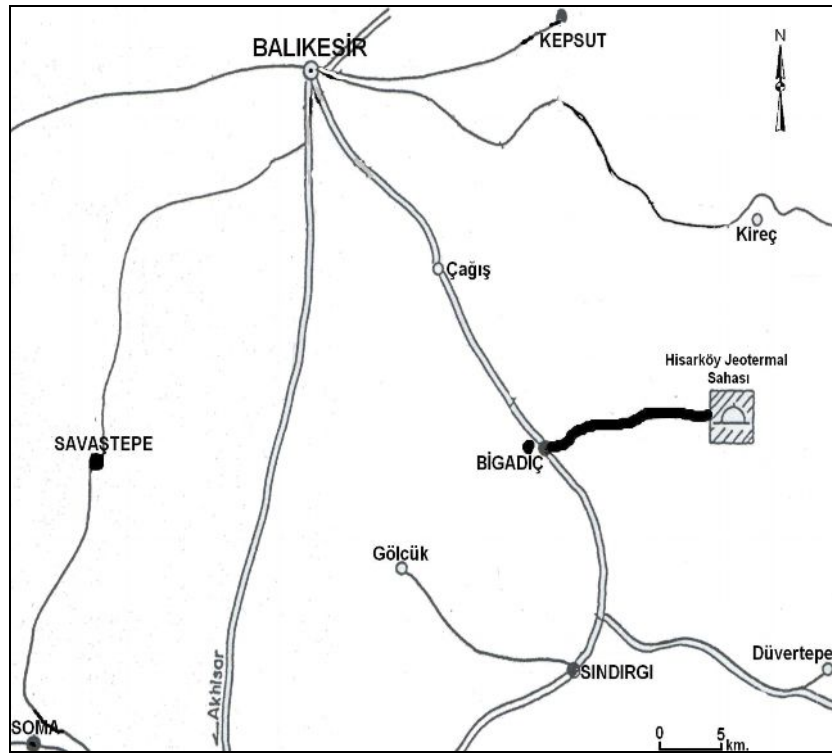
Daha sonra BHK-2 nolu kuyuda 2001 tarihinde 429 m derinlikte 97°C’de 60 lt/sn debili akışkana ulaşılmıştır. Muhtemel kuyu arızalarına karşılık önlem amacıyla açılan BHK-3 nolu kuyuda 2001 Nisan ayında 307 m derinlikte 97.6°C sıcaklıkta 40 lt/ sn debili akışkan tespit edilmiştir. BHK-4 nolu kuyuda 2001 tarihinde 750 m derinlikte 57°C derecede 3 lt/sn debili, BHK-5 nolu kuyuda 2005 yılında 700 m derinlikte 66°C sıcaklıkta 1,2 lt/ sn debili akışkan elde edilmiştir. BHK-5 nolu kuyu başarısız kabul edilmiştir. Son olarak 2006 yılında BHK-6 kuyusunda 624 metrede 75°C sıcaklıkta ve 25 lt/sn debili kaynak tespit edilerek akışkan sisteme dahil edilmiştir. Elde edilen Jeotermal akışkanın Bigadiç’te 3000 konutu merkezi ısıtma sistemi ile ısıtabilecek kapasiteye (100lt/s ve 21 mw kapasiteli) ulaşması ve projeye talebin yoğunlaşması üzerine güzergâh hattının belirlenmesi çalışmalarına başlanmıştır.

Bu amaçla 18 km’lik mesafede en uygun hattın tespiti yapılmıştır. Bu mesafedeki jeotermal hat, 60 km ile 1. olan İzlanda ve 27 km ile 2. olan Çek Cumhuriyeti’nden sonra dünyanın en uzun 3. jeotermal enerji hattıdır (Oktay ve Dinçer, 2007). Hattın bu kadar uzun olması inşaat maliyetini arttırmış, akışkanın ilçe merkezine gelene kadar ısı kaybına uğraması tehlikesini de gündeme getirmiştir. Akışkan, ısı kaybını en aza indirmek amacıyla “ön izoleli paket boru” larla ilçe merkezine taşınmıştır.

Hattın geçirilmesi planlanan alandaki Orman, Hazine, Köy Hizmetleri, DSİ gibi kamu kurum ve kuruluşları ve 485 adet özel mülkiyet sahibi ve varislerinden geçiş hakkı tesisi çalışmaları tamamlanmıştır. Bigadiç’te 2007 Aralık ayı itibariyle 600’ü kamu binası olmak üzere toplam 3000 konut eşdeğeri jeotermal enerji ile ısınmakta olup, Türkiye’de jeotermal enerji ile ısınan 49140 konut içerisinde %6.1’lik bir oranı oluşturmaktadır (Tablo 5).

Merkezi ısıtma sistemi ile çalışan ve alanında Türkiye’nin 13.’sü olan Bigadiç Jeotermal Enerji Projesi, 7.2 milyon YTL’ye mal olmuştur. Projenin başlangıç aşamasında, üretim ve reenjeksiyon kuyularının açılması, kuyu içi pompaların temin edilmesi, dağıtım şebekesinin kurulması, sistemi izleme ve kontrol ekipmanları ile depolama tanklarının temini yüksek maliyet getiren işlemlerdir. İşletme aşamasında ise, maliyetler oldukça azalmaktadır. Elektrik, personel, bakım ve kontrol giderleri temel maliyetler olup, düşüktür. Sisteme yatırılan para 4 ile 8 yıl

gibi kısa bir sürede geri dönmektedir. Kömür ve LPG giderlerinin azalması ile de yıllık 2,2 milyon YTL'lik (2007 yılı rakamları ile) bir sermaye proje sayesinde ilçede kalmaktadır. İlçe belediyesi; elektrik, inhibitör, personel ve bakım gibi giderler düşüldükten sonra, projeden yıllık yaklaşık 811 bin YTL gelir elde etmektedir.



Harita 2: Dünyanın En Uzun 3. Jeotermal Enerji Hattı

Aileler ise; jeotermal enerji ile ısınmak amacıyla konutlarına kurmuş oldukları sistem için yaklaşık 1500-2000 YTL harcamaktadır. Ancak odun, kömür, şofbenlerdeki LPG giderleri dikkate alındığı ve kış sezonunda aylık 35 YTL (2006-2007) gibi düşük bir ücretle 100m²'lik evlerini ısıtmaları ve 24 saat kullanıma hazır sıcak su imkanına kavuşmaları jeotermal enerjiyi ekonomik anlamda oldukça cazip bir hale getirmektedir.

5.3. Projenin Çalışma Sistemi

KONUTLARIN JEOTERMAL ENRJİYLE ISITILMASINA BİR ÖRNEK: BİGADIÇ (BALIKESİR)

Proje ile ilgili arazi fizibilite ve kamulaştırma çalışmaları tamamlandıktan sonra akışkanın çıktığı sahadan ilçe merkezine getirilmesi için 18 km'lik uygun güzergâh belirlenmiştir. Bu mesafe oldukça uzun olup, Türkiye'nin en uzun 1., dünyanın ise en uzun 3. jeotermal enerji hattıdır. Hattın bu kadar uzun olması, hem maliyeti arttırmış hem de akışkanın ilçe merkezine gelene kadar ısı kaybına uğraması tehlikesini gündeme getirmiştir. Seraların ve konutların ısıtılması amacı için, akışkanın ilçe merkezine getirmek bir zorunluluktur. Termal amaçlı turizmde ise, kaynak şehre uzak ve erişilebilirliğin zor olmasından dolayı, için yöresel olarak kalmakta, ulusal ve uluslararası gelişim gösterememektedir. Bundan dolayı projenin uygulanması zorunlu hale gelmiştir. Akışkanın 18 km'lik bir mesafeyi kat ederken ısı kaybına uğramaması veya en az kayıpla ilçe merkezine ulaşması için, termal akışkan "ön izole paket borular" içinde akıtılmıştır. Akışkan, yoğun çalışmalar sonucu Bigadiç'e 6 ay gibi kısa bir sürede ulaştırılmıştır. Buradaki hat çift yönlü olup bir hattan sıcak akışkan ilçe merkezine gelirken, diğer hattan ise atık haline gelmiş, ısısı düşmüş ve termal sahada reenjekte edilecek akışkan geri dönmektedir. Ayrıca akışkanın şehir içinde evlere dağıtımını ise 90 km'lik bir hat ile gerçekleştirilmiştir.

Bigadiç'teki jeotermal enerji ile konutların ısıtılması projesinde üç tane kapalı su sistemi bulunmaktadır:

Birinci kapalı su sisteminde; kaynaktan gelen jeotermal akışkan pompalar vasıtasıyla şehir içinde inşa edilen ana ısı merkezindeki plakalı tip ısı eşanjöründen geçmektedir. Bu sayede akışkandaki sıcaklık, merkezi ısıtmada kullanılacak ve kapalı devre olarak çalışacak olan temiz şebeke suyuna aktarılmaktadır. Bu işlemde sonra yaklaşık 37 °C sıcaklık değeriyle atık durumuna gelen jeotermal akışkan termal sahasına gönderilip reenjekte edilmektedir.

İkinci kapalı su sisteminde; jeotermal akışkanın mevcut ısını alan, kapalı devre çalışarak şehri ısıtacak olan temiz şebeke suyu bulunmaktadır. Bu temiz şebeke suyu, sıcaklığı artmış olarak sirkülasyon pompalarıyla ön izoleli paket borulardan oluşan şehir içi dağıtım şebekesinde dolaştırılarak, bina altlarına yerleştirilen ısı eşanjöründen geçirilmek suretiyle bina içi kalorifer suyunu ısıtılmaktadır.

Üçüncü kapalı su sisteminde ise; konutların içerisinde bulunan ve döngüsü ile konutların ısıtılmasını sağlayan kalorifer suyu bulunmaktadır.

6. SONUÇ

Yeni, yerli, yenilenebilir, sürdürülebilir, yanma teknolojisi ile çalışmadığı için çevreyi kirletmeyen, çok amaçlı (konut, sera, sanayi vb.) ısıtma sistemlerine uygun, meteorolojik koşullardan etkilenmeyen, hazır, ucuz, sürekli devreye sokulan, yanma, patlama ve zehirlenme riski olmayan, proje ve uygulama aşamasında doğaya minimum tahribat veren ve 6-12 ay gibi kısa sürede devreye alınabilen jeotermal enerjiden yararlanma projesi fikri Bigadiç'te 1998'de ortaya atılmıştır. Fizibilite çalışmalarına 1999 yılında başlanan proje, 6 ay gibi kısa inşaa aşamasından sonra tamamlanarak 2004-2005 ısıtma sezonunda devreye alınmıştır. Hisarköy'den ilçe merkezine 18 km'lik ön izole boru hatları ile akışkanın taşındığı proje, uzunluğu itibariyle dünyanın en uzun 3. projesidir. Bu konuda İzlanda 60 km ile ilk sırada yer alırken, 27 km ile Çek Cumhuriyeti 2. sıradadır.

Bigadiç'te 3000 konutun jeotermal enerji ile ısıtılması ile; hava kirliliği önlenmiş, insanlara 100 m² evin tamamını aylık 35 YTL (2006-2007 kış sezonu rakamları) ile ısıtılması ve 24 saat kullanıma hazır kullanma suyu imkanı sağlanmıştır. Bunun dışında zehirlenme, patlama, hava kirliliği gibi birçok konuda jeotermal enerjinin sağladığı avantajlara sahip olunmuştur.

Proje 7.2 milyon YTL'ye mal olmuş olup 3.5-4 yılda geri dönüşümü planlanmıştır. Kömür, LPG kullanımı azaltılarak yıllık yaklaşık 2 milyon YTL'nin ilçede kalması sağlanmıştır. Milli enerji kaynağının kullanımı ile döviz giderleri azaltmanın yanında enerji konusunda dışa bağımlılığın azaltılmasına da katkıda bulunulmuştur.

KAYNAKLAR

Atalay, İ., 2007, Genel Coğrafya, META Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir.

KONUTLARIN JEOTERMAL ENERJİYLE ISITILMASINA BİR ÖRNEK: BIGADIÇ (BALIKESİR)

- Akkuş, F. ve Şimşek, Ş., 1982, “Jeotermal Enerji ve Türkiye’nin Jeotermal Enerji Potansiyeli”, Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Dergisi, No:27, Ankara.
- Coşar, Z., 1996, Enerji Kaynaklarımız ve Alışılmamış Enerji Kaynaklarının Ülkemizdeki Yeri, MTA, Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, Sayı: 1-2, Ankara.
- Çevre Sorunları Vakfı, 1984, Türkiye’nin Yeni ve Temiz Enerji Kaynakları, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını, Ankara.
- Çetinçelik, M., 1977, Yeni Enerji Kaynakları, Reishan Matbaası, Ankara.
- DPT, 2000, 8. Kalkınma Planı, Ankara.
- Doğanay, H., 1998, Ekonomik Coğrafya 2 Enerji Kaynakları, Şafak Yayınevi, Erzurum.
- Erişen, B. ve diğerleri, 1996, Türkiye Jeotermal Envanteri, MTA Yayını, Ankara.
- İnan, D., 1995, “Geçmişten Günümüze İnsan ve Enerji”, Bilim ve Teknik, Sayı:337, Ankara.
- Ketin, İ., 1977, Genel Jeoloji I (Yerbilimlerine Giriş), İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi Sayı:1096, İstanbul.
- MTA, 1970, Jeotermal Enerji, Tanıtma Serisi, Yay. No: 1, Ankara.
- Lund, J.W., Freaston, D.H., 2000. “Worldwide Direct Uses of Geothermal Energy”, Proceedings of the World Geothermal Congress (WGC), Japonya.
- Oktay, Z. ve Dinçer, İ., 2007, “Energetic, Exergetic, Economic and Environmental Assessments of the Bigadiç Geothermal District Heating System as a Potential Green Solution” International Journal of Green Energy, 4(5) 549 – 569.
- Öncül, N., 1989, “Türkiye’de Jeotermal Enerji”, Bilim ve Teknik, Sayı: 22, Ankara.
- Özav L., 1996, Simav Depresyonu ve Çevresinin Coğrafi Etüdü. Atatürk Üniversitesi yayın no 813, Erzurum.

- Özgener, L. ve diğerleri, 2006, "Performance Investigation of two Geothermal District Heating Systems for Building Applications: Energy Analysis", *Energy and Building*, 38(4) 286-292.
- Şahin, C., 2005, *Türkiye Fiziki Coğrafyası*, Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara.
- Yıldız, A. G. ve diğerleri, 2003, *Bigadiç Kentsel Isıtma Sistemi Projesi ÇED Raporu*, Balıkesir.
- Tümertekin, E. ve Özgüç, N., 1999, *Ekonomik Coğrafya, Küreselleşme ve Kalkınma*, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Yörükoğlu, A., 2008, "Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Çevre" http://www.tasam.org/images/tasam/Abdulkerim_Yorukoglu.pdf, (ss. 1-11), Erişim Tarihi (31.01.2008, saat 14.00).

Yararlanılan İnternet Siteleri

- [http://tr.wikipedia.org/wiki/jeotermal Enerji](http://tr.wikipedia.org/wiki/jeotermal_Enerji)
- <http://www.jeotermalderneği.org.tr>
- [http://www.fizikkulübü.net/jeotermal enerji](http://www.fizikkulübü.net/jeotermal_enerji)
- <http://www.bigadic.bel.tr>