

Jeotermal Enerji İle Isıtılan Kütahya İli Simav İlçesindeki Isıtma Sisteminin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi ve Uygulanması Gereken Yenilikler

***M. Galip ÖZKAYA , *Halil İbrahim VARIYENLİ ,**Gökhan YONAR**

*Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, Teknik Okullar, Ankara

** Kırıkkale Merkez Endüstri Meslek Lisesi Tesisat Teknolojisi ve İklimlendirme Bölümü, Kırıkkale

gozkaya@gazi.edu.tr , halilv@gazi.edu.tr , yonar2000@hotmail.com

Received: 13.06.2007, Accepted: 15.04.2008

Özet: Gün geçtikçe gelişen sanayi ile teknoloji karşısında ve artan dünya nüfusundan dolayı ülkemizde ve dünyada enerji ihtiyacı hızla artış göstermektedir. Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bir kısmı fosil kaynaklı enerji ürünleriyle karşılanmaktadır. Mevcut tükenebilir, fosil enerji kaynaklarındaki azalma ve bazı kaynakların yol açtığı çevresel sorunlar, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir. Jeotermal enerji de bu kaynaklar arasında yenilenebilir, çevreci ve dışa bağımlı olmadan kullanılacak bir kaynak olarak ön plana çıkmaktadır. Jeotermal enerjinin yenilenebilir olması, çevreye zarar vermemesi, kullanma alanlarının çok geniş olması, ilk yatırım maliyetleri dışında uzun süre masraf çıkartmaması ve yerel bir kaynağımız olması başlıca avantajları ve özellikleridir. Bu çalışmada; büyük bölümü jeotermal enerji ile ısıtılan Kütahya ili Simav ilçesindeki bölgesel ısıtma sistemi incelenmiş, çevresel etkilerinin değerlendirilmesi yapılmış ve sistem için faydalı olacak yenilikler üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal enerji, Çevresel etkiler.

Evaluation of Environmental Effects of a Heating system & Heated by Geothermally Energy in Simav, Kütahya and Improvements to be Applied

Abstract: Because of the developed industry, technology and the increasing population in the world and in our country, energy necessity has been increased recently. The most important part of the energy necessity has been supplied from the fossil source. New, renewable energy sources and environmental energy sources have become a current issue, due to the existing expendable decrease in fossil energy sources and environmental problems which are caused from different reasons. Geothermal energy has also been a local source within these sources; as it is renewable, friendly and that can be used independently from other countries. Renewability, harmlessness for the environment, very wide manipulation areas, hasn't got any expenses for a long time except from the first investment costs and also our local source are the main advantages and characteristics of the geothermal energy. In this study; local heating system in Simav, which has been heated by geothermal energy, has been researched, evaluation of the environmental effects has been studied and renovations for the heating system has also been mentioned.

Key words : Geothermal energy, Environmental effects

1. GİRİŞ

Dünyada büyük bir artış gösteren enerji ihtiyacının büyük bir kısmı bir süre daha fosil yakıtlarla karşılanabilecektir. Petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil enerji kaynaklarının rezervleri sınırlı oluşu sebebiyle, zamanla tükenmesi tüm dünyayı yeni enerji kaynakları bulma çabasına sevk etmiştir. Başka bir açıdan bakmak gerekir ise, yaşadığımız çevrenin temiz kalması, gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakma çabası ise insanlara; yeni, sağlıklı, temiz ve yenilenebilir enerji çeşitleri bulmaya sevk etmiştir. Bu yeni enerji kaynaklarından en önemlilerinden biri de jeotermal enerjidir [1].

Bilindiği gibi fosil yakıtların kısıtlı, pahalı ve kirletici olması, kentsel yaşamda insan konforu, finansman ve enerji kaynaklarının rasyonel kullanımı arasında uzlaştırıcı bir seçim yapma zorunluluğunu getirmektedir. İşte bu aşamada jeotermal enerjinin özel bir yeri vardır. Jeotermal enerji üretim maliyeti, diğer enerji kaynaklarına oranla düşüktür. Bu maliyet, bütünleşmiş kullanımlar söz konusu olduğunda daha da düşmektedir [2, 3].

Jeotermal enerji tükenmeyen ve yenilenebilen bir enerji kaynağıdır. Jeotermal akışkanı oluşturan sular meteorik kökenli oldukları için yer altındaki rezervuar kayaları sürekli beslenmekte, beslenmenin üzerinde kullanım olmadıkça bu kayaların tükenmesi söz konusu olmamaktadır [4].

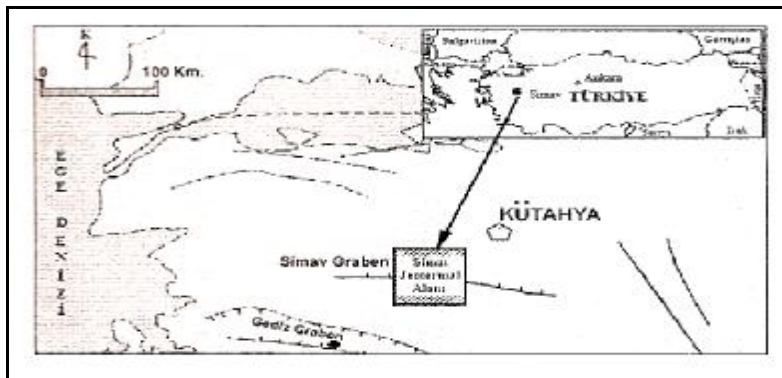
Bu çalışmada ülkemizde yaygınlaştırılması gereken jeotermal enerjinin tanıtımı ve büyük çoğunluğu jeotermal enerji ile ısıtılan Kütahya ili Simav ilçesinin şu an kullanımda olan şehir ısıtmasının çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve uygulanması gereken yenilikler için getirebilecek öneriler üzerinde durulmuştur.

2. SİMAV JEOTERMAL ISITMA SİSTEMİNİN İNCELENMESİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Simav'da Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji ile merkezi ısıtma sisteminin başlangıcı 1985 yılından sonra Eynal Kaplıcalarında Belediye ve Özel İdarenin desteği ile MTA Genel Müdürlüğü'ne açtırılan sıcak su kuyularından yüksek sıcaklık derecesi ve yüksek akışkan debisinde sıcak su alınması ile Eynal Kaplıcaları'ndaki otel ve motellerde Türkiye'de ilk defa jeotermal enerji ile ısınma sağlanmıştır [5].

Türkiye'nin batısında yer alan Simav 1687 km² lik bir yüz ölçümüne ve 47 kişi/km² lik bir nüfus yoğunluğuna sahiptir. Eynal, Naşa ve Çitgöl bölgelerinden oluşan Simav jeotermal alanı Simav grabeninin güneyinde yer alır (Şekil 2.1). Simav jeotermal alanındaki mevcut kaynaklardan kaplıca turizminin yanında, merkezi ısıtma ve sera tarımcılığı da yapılmaktadır. Simav-Eynal jeotermal sahasında bulunan kaynakların sıcak su debisi, Simav'da önemli bir jeotermal kompleks kurmaya elverişlidir [6].



Şekil 2.1. Kütahya-Simav jeotermal sahası [6]

Simav jeotermal enerji ile merkezi ısıtma sisteminin fizibilite raporu çalışmaları Mayıs 1989'da; kuyu üretim ve kabuklaşma, korozyon test ve projeleri 1990 yılında başlamış, 1991 yılında bitirilmiştir. 1992 Aralık ayında da sistem başarı ile işletmeye alınmıştır.

Proje başlangıç tarihi itibari ile I. Etap 1000, II. Etap 6000 konuta eşdeğer ısıtma öngörülmüştür. Eynal Kaplıcaları'ndaki sıcak su kuyularından alınan 120 °C-160 °C üzerindeki kızgın sulu buhar seperatör tanklarında gaz ve buharı alınıp 98 °C düşürüldükten sonra pompalar vasıtası ile 4300 m. uzunluğunda özel paket çelik izolasyonlu borular ile toprak altından Simav Eşanjör Merkezine 1 °C ısı kaybı ile ulaştırılmaktadır. Burada jeotermal sıcak suyun ısısı, eşanjörler vasıtası ile temiz sıcak suya aktarılarak yine özel paket çelik borular ile şehir içine, buradan da abonelere bina içi eşanjör ve boyler aracılığı ile tekrar sıcak su verilmektedir. Merkezi eşanjör binasından çıkan 50 °C sıcak su reenjeksiyon için tekrar Eynal Kaplıcaları'na gönderilmektedir. Binalara giden sıcak suyun sıcaklığı yaklaşık 65-70 °C, boilerde temin edilen, mutfak ve banyoda kullanılan suyun sıcaklığı 40-50 °C 'dir [7].

2000 ve daha sonraki yıllarda Simav şehir merkezindeki tüm cam elyaf takviyeli (CTP) borular değiştirilerek 2005 Mayıs ayı sonu itibariyle muhtelif çaplarda yaklaşık 100000m pur izoleli çelik boru döşenmiştir. Ayrıca yeni üretim kuyularının delinmesi ile 6500 eşdeğer konut ısıtma kapasitesine ulaşılmıştır. Şu anda 4530 eşdeğer konut ısıtması yapılmaktadır (Çiz. 2.1) [7].

Çizelge 2.1'de gösterildiği üzere yaklaşık 5000 konut eşdeğer ısınmakta ve 365 gün 24 saat kullanım sıcak suyu verilmektedir. 2006-2007 kış sezonunda bir dairenin 100m² alanı, ısıtma bedeli yaklaşık aylık 60,00-YTL'dir.

Çizelge 2.1. Simav belediyesi jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi abone bilgileri [7]

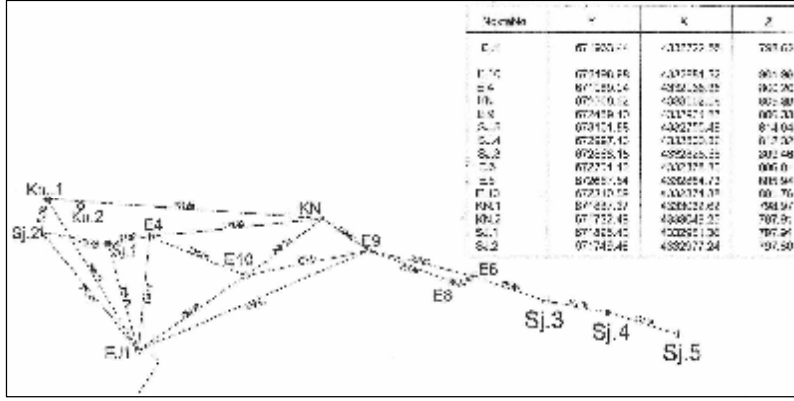
Abone Tipi	Abone Miktarı (Adet)
Konut	3844
İş Yeri	527
Resmi Daire	23
Okul	11
Cami	9
Sera	54
Konut (Sera)	20
Eynal Kaplıcaları Termal Tesisleri	-
Toplam	4526

Sistemin yaptırılması ve işletilmesi Simav Belediyesi tarafından yürütülmektedir. Fizibilite, proje, mühendislik ve montajı yerli şirketlere yaptırılmıştır. İlk yıllarda Eynal-Simav ana hat (3800 m.) cam elyaf boru ve eşanjörler ithal olup diğer bütün malzemeler yerli malıdır. Sıcak su kuyularından elde edilen bu öz kaynak dışa bağıllığı olmayan temiz ve ucuz bir enerjidir. Çizelge 2.2’de Simav Belediyesi Eynal kaplıcaları sıcak su kuyuları hakkında çeşitli bilgiler sunulmaktadır [5, 7].

Belediye mülkiyetinde 100 dekar, özel şahıslar mülkiyetinde 100 dekar olmak üzere 200 dekar sera da domates, salatalık ve çiçek yetiştirilmektedir. Eynal ve sera alanını besleyen kuyular E-6 ve E-8 kuyularıdır. Simav Jeotermal Enerji ile Merkezi Isıtma Sistemini besleyen kuyular ise EJ-1 ve E-10 kuyularıdır. Simav jeotermal kuyu yerleşim planı Şekil 2.2’de gösterilmiştir [7].

Çizelge 2.2. Simav belediyesi Eynal kaplıcaları sıcak su kuyuları [5, 7].

Kuyu No	Yapıldığı Yıl	Derinlik (m)	Sıcaklık (Kuyu dibi) °C	Debi (lt/sn)	Basınç (bar)	Üretim Şekli
E – 1	1985	68,80	142,5	-	-	Artezyen
E – 2	1985	149,50	158	-	-	Artezyen
E – 3	1985	150	149	50	2	Artezyen
EJ – 1	1987	725,20	162,4	72	5	Artezyen
EJ – 2	1990	958	157,47	1	-	Artezyen
E – 4	1994	220	98	1	-	Artezyen
E – 5	1994	300	97	6	-	Artezyen
E – 6	1994	169,6	157	60-80	4,5	Artezyen
E – 7	1997	475	58	0,3	-	Artezyen
E – 8	1997	205	161	50	4	Artezyen
EJ – 3	1997	424	151	40-60	3,5-4	Artezyen
E – 9	2005	208	98	60	4,5	Artezyen
E – 10	2005	288	108	80-100	4,5	Artezyen



Şekil 2.2. Simav jeotermal kuyu yerleşim planı [7]

2.2. Yapılan Gözlemler ve Ölçümler

Kuyubaşı binasında (Eynal bölgesi) 02.01.2007 tarihinde yapılan gözlemler sonucunda, şehre gidiş suyu sıcaklığı 100 °C ve su basıncı 5,5 bar olarak ölçülmüştür. Ana besleme kuyusu (EJ-1) deki kuyu taban sıcaklığının 165 °C olduğu, kuyu derinliğinin ise 720 m, çıkan akışkanın doğal basıncının ise 5 bar olduğu ve debisinin 72 l/sn olduğu tespit edilmiştir. Eşanjör binasında (Simav) 02.01.2007 tarihinde 9 adet eşanjör, 8 adet pompa (5 asıl, 3 yedek) olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak her bir eşanjör bir mahalleyi beslemektedir. Eşanjör binasında 02.01.2007 tarihinde yapılan gözlemler sonucunda ise kuyu başı binasından gelen termal su sıcaklığı 99 °C ve 5 bar olarak ölçülmüştür. Kuyubaşı binasına dönüşte ise termal su sıcaklığı 53 °C olarak ölçülmüştür. Yine eşanjör binasında, aynı tarihte yapılan ölçümlerde, şehre giden suyun sıcaklığı 67 °C, şehirden dönüş ise 52 °C olarak ölçülmüştür. Bina içi eşanjör sisteminde yapılan ölçümlerde ise eşanjör binasından gelen boru içindeki termal su sıcaklığı 64 °C olarak, eşanjör binasına dönüş termal su sıcaklığı ise 56 °C olarak ölçülmüştür. Aynı hattaki su basıncı ise 2,7 bar olarak ölçülmüştür [8].

2.3. Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri ve Simav İlçesi İçin Değerlendirilmesi

Jeotermal enerjiye olan ilginin son yıllarda artması, çevremizi tehdit eden kirlenme tehlikelerine karşı koruma duyarlılığının ortaya çıkmasıyla eş zamanlı olmuştur. Hâlbuki başlangıçta jeotermal enerjiyi işletenlerin çevreye duyarlı olduğunu söylemek pek olası değildi ve bunun kanıtları ülkemiz dâhil pek çok ülkede gözlenebilir. Günümüzde, dünyadaki jeotermal enerji endüstrisi çevre konusunda oldukça duyarlı davranmaktadır. Jeotermal enerji genelde çevre

dostu bir enerji çeşidi olarak tanınmakla birlikte, son 40 yıl boyunca özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bilinçsiz ve sorumsuz kullanımla ciddi çevre kirliliğine sebep olmuştur [8].

Jeotermal enerjinin çevreye etkisi (jeotermal su ve içerdiği gazlar itibarıyla); atık ısı etkisi, gürültü, yüzey etkileri, yeraltı etkisi (sismik ve göçük), çevreye etkisi, görüntü bozulması, sosyal ve ekonomik etkiler başlığı altında toplanmaktadır [8].

Jeotermal enerji kullanımı sonucunda, fosil yakıtlarının tüketimi ve bunların kullanımından doğan sera etkisi ve asit yağmuru gazlarının atmosfere atımından dolayı meydana gelen zararlı etkiler azaltılmıştır [9].

Trevor (2001)'e göre, jeotermal enerjinin çevresel etkilerinin çoğu yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerden kaynaklanır. Çizelge 2.3'de jeotermal enerji uygulamalarının gelişimin olumlu çevresel etkileri düşük ve yüksek sıcaklıklı alanlar için özetlenmektedir. Çizelge 2.4'de ise, jeotermal sistemlerin etki alanları ve önem dereceleri detaylı olarak verilmektedir [10].

Çizelge 2.3. Jeotermal gelişimin çevresel etkileri [10]

	Düşük Sıcaklıklı Sistemler	Yüksek Sıcaklıklı Sistemler	
		Buhar Egemeni	Sıvı Egemeni
Sızdıran Çözümler			
Troçeyou ve Ormanlık Alanların Hasarı	▼	◄►	◄►
Günlük Isınlama	◄►	◄►	◄►
Isınlama	▼	▼	▼
Sızdıran Çözümlerin Çevresel Etkisi	▼	◄►	◄►
Alkiferden Kurulmuş Çözümler			
Termal Özelliklerin Bozulması	▼	◄►	▲
Zeminde Olanlar	▼	◄►	▲
Yeraltı Suyu Değişimi	⊙	▼	◄►
Yeraltı Suyu Çökmesi	⊙	▼	◄►
Yeraltı Suyu Sıcaklık Değişimleri	⊙	▼	◄►
Ank Suyun Depolanması			
Yeraltı Suyu Depolanmasının Çevresel Etkileri	▼	▼	▲
Reçinleşme	⊙	⊙	⊙
Yeraltı Suyu Depolanmasının Su Yalıtım Etkileri	▼	▼	◄►
Yeraltı Suyu Kirliliği Sızıntı Etkileri	▼	▼	◄►
Ank Gazı Depolanması			
Organizma Üzerine Etkileri	⊙	▼	◄►
Sera Etkisi	⊙	▼	▼

Yüksek Etki ▲, Orta Etki ◄►, Düşük Etki ▼, Etkisiz ⊙

Çizelge 2.4. Jeotermal tesislerin çevresel etkileri [10]

OLASI SORUNLAR	ETKİ ALANLARI	ETKİ	ETKİ BÖLGESİ	ÖNCELİK
Tesis İnşaatı				
Kaynakların Çıkarılması	Çeşitli	Emisyonlar/gürültü/vb.	Y/B/G	D
Kaynakların Nakli	Çeşitli	Emisyonlar/gürültü/vb.	Y/B/G	D
Materyallerin İşlenmesi	Çeşitli	Emisyonlar/gürültü/vb.	Y/B/G	D
Üretim bileşenleri	Çeşitli	Emisyonlar/gürültü/vb.	Y/B/G	D
Bileşenlerin Nakli	Çeşitli	Emisyonlar/gürültü/vb.	Y/B/G	D
Sondaj Ve Yapı				
Sondaj/Yapı Çalışmaları/ Araç Trafikliği	Çeşitli	Atmosferik emisyonlar	Y/B/G	D
Tesis				
Gürültü (Artan Trafik)	Genel Halk	Gürültü	Y	O
Görsel Etkiler	Genel Halk	Görsel etki	Y	O
Ekoloji				
Toprak Kullanımı/ Bitkilerin Etkilenmesi	Ekosistem	habitatın kaybı, erozyon	Y	D
Gürültü/İnşaat Uygulamaları	Ekosistem	Bozulma	Y	D
Su Kirliliği	Yerüstü ve yeraltı suları	Sondaj ve jeotermalsulardan kirlenme	Y	O
Gaz Emisyonları 2				
CO ₂	Çeşitli	Sera gazı	G	O
H ₂ S	Çeşitli	Sağlık etkisi-sinir, öfke	Y	O
Amonyak	Halk	Sağlık etkisi-sinir, öfke	Y	D
Radon	Halk	Sağlık etkisi-kansorejen	Y	D
Arsenic	Halk	Sağlık etkisi-cilde korozif,kansorejen	Y	D
Cıva	Halk	Sağlık etkisi-nörolojik bozukluk	Y	D
Bor	Çeşitli	Sağlık etkisi-sinir,öfke, bitki zararları	Y	D
Sıvı Emisyonları			Y	D
Toxic Kimyasallar. (B, Li, As, H ₂ S, Hg, Rb, NH ₃)	Sucul Ekosistem	Yeraltı ve yüzeysel su kirlenmesi; sedimentte birikim, sucul organizma	Y	D
Termal Kirlilik	Sucul Ekosistem	Organizmalarda stres; yaşam formlarında değişim kaybı	Y	D
Yeraltısuyu Değişimleri	Su Temini		Y	D
Yer Çökmeleri	Çeşitli	Yapılarda stabilite kaybı; yer kumlama, su yolu değişimleri	Y	D-O 3
Toprak Kullanımı	Ekosistem	Habitat kaybı, bozulma	Y	D
Tesis				
Görsel Etkiler	Halk	Görsel etkiler	Y	O-Yü 3
Gürültü	Halk	Gürültü etkileri	Y	O
Doğal Özellik Bozunumu	Halk		Y	D-O 3
Sismik Etkiye Neden Olma	Mal Mülk Arazi	Mal- mülk arazi zararları	Y	D
Kuyu Patlamaları	Çeşitli	Su kirliliği:halk sağlığı ve bitki	Y	D
Hidrotermal Patlama	Mal Mülk Arazi	Mal-mülk arazi zararları, halk sağlığı	Y	D
Toprak Kayması		Mal-mülk arazi zararları, halk sağlığı	Y	D

Y=yerel, B=bölgesel, G=global, D=düşük, O=orta, Yü=yüksek

Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal elektrik santrallerinde CO₂, NO_x, SO_x atımı çok daha düşük olup, özellikle merkezi ısıtma sistemlerinde sıfırdır. Modern jeotermal elektrik santralleri (Binary Cycle Sistem) ile jeotermal ısıtma sistemlerinde jeotermal akışkan, bünyesindeki yoğunlaşmayan gazlar ile birlikte rezervuara geri basılır, böylece dışarı hiç bir şey atılmadığından çevreye olumsuz etkisi söz konusu değildir [9, 11].

Eski tip jeotermal santraller, fosil yakıtlar ile çalışanların sadece %1 'i kadar kükürtatarlar. Ayrıca azot oksit atışı da fosil yakıtlı santrallere göre çok daha düşüktür. Eski tip jeotermal santrallerdeki partikül atımı, sadece soğutma kulelerinin içindeki suyun buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu da, kömür ve petrol yakan santrallerinkinden 1000 kat daha azdır. Netice

olarak yeni kuşak Binary jeotermal elektrik santralleri ile jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinde hiç bir atım yoktur. Yani tüm istenmeyenler sıfır olup, bu enerji çevre dostudur [9, 11].

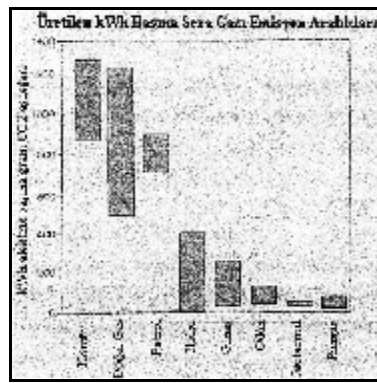
ABD ve Avrupa 'da birçok yerleşim bölgelerinde fuel-oil, kömür beslemeli merkezi şehir ısıtma sistemleri vardır. Bunlar hava kirliliğini önleyen ve buna ilaveten yakıt ekonomisi sağlayan alt yapı tesisleridir. Bu merkezi ısıtma sistemleri ucuz bir ısı kaynağı olan jeotermal enerjiye dayalı hale getirildiği takdirde, ülke ekonomisi önemli artı değerler kazanacak, bunun yanında çevreye olumlu katkılar sağlanacaktır [9, 11].

Gelişen teknolojiye ve duyulan ihtiyaca göre dönüş jeotermal atık suyu içindeki bazı kimyasal maddeler üretilerek, akışkan bu yönden zararsız hale getirilebilmektedir. Ayrıca, dinlendirme havuzlarında bekletilerek bazı bileşenler havuzlarda çöktürülmekte ve su arındırılmaktadır. Denize yakın bazı jeotermal alanlarda, akışkan kimyasal yönden deniz suyu karakterindedir ve atık suyun denize gönderilmesi bir problem yaratmayacaktır. Atık suların tekrar yeraltına reenjeksiyonu hem çevre hem de rezervuar parametrelerinin korunması açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle birçok jeotermal alanda bu yöntem kullanılmaktadır. Ayrıca, jeotermal sahayı ilave beslemek için dere, göl, kanalizasyon (arıtıldıktan sonra) ve nehir suları sahaya enjekte edilmektedir. Sıcaklık ve gürültü, jeotermal sahaların genellikle yerleşim alanlarından uzakta olmaları nedeniyle, bu konuda problemler yaratmamaktadır [9, 11].

Diğer yandan karbondioksit emisyonları açısından bakıldığında, doğalgaz jeotermalin en az 2000 misli daha fazla karbondioksit emisyonuna sahiptir. Doğalgazın yangın, patlama, zehirlenme gibi risklerine karşı bu tür risklerin hiçbiri jeotermalde yoktur. Jeotermal santrallerde; yakıt yakılmadığından azot emisyonu oluşmamaktadır, kükürt dioksit emisyonu ise çok düşüktür. Binari jeotermal santraller sayesinde gaz emisyonu hiç bulunmamaktadır. Binari jeotermal santraller ile yüzeye akışkan atılmamaktadır. Santraller az alan kaplamakta ve görüntüyü bozmamaktadır [9, 11].

A.B.D. Enerji Bakanlığı'nın verilerine göre (1998, Jeotermal Enerji Stratejileri ve Hedefleri) sera etkisi yaratan karbondioksit emisyonunun jeotermal de sifıra yakın olduğu ve diğer fosil ve alternatif enerji kaynaklarında ise çok daha fazla olduğu saptanmıştır. CO₂ emisyon değerleri kömürde 900 - 1300 g/kWh, doğal gaz da 500 - 1250 g/kWh, güneş enerjisinde 20 - 250 g/kWh, rüzgar enerjisinde 20-50 g/kWh iken jeotermal enerjide 20 - 35 g/kWh'dır (Şekil 2.3) [12].

Türkiye'de jeotermal enerji ile 103 000 konut eşdeğeri ısıtmanın sonucunda yılda ortalama 1 milyon ton karbondioksit emisyonu havaya atılmamış olmaktadır. Bu değer aynı zamanda trafikteki 596 000 aracın yarattığı egzoz kirliliğine eşdeğerdendir (Ocak ayı için), buna ait bilgiler Çizelge 2.5'te detaylı olarak verilmektedir. Türkiye'deki jeotermal uygulamaların CO₂ gazı azalımına etkisi büyük olmaktadır. Bu, 2013 yılı için öngörülen hedeflere ulaşıldığında daha da önem kazanacaktır [12].

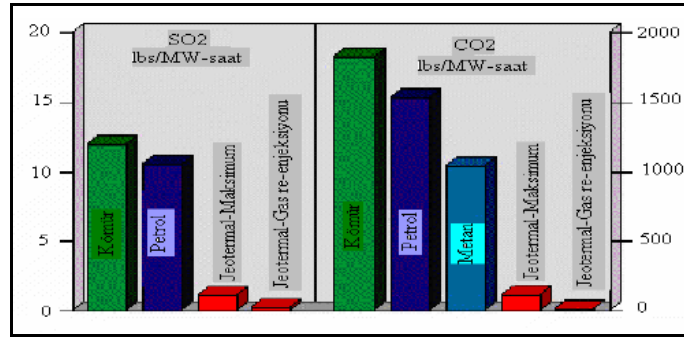


Şekil 2.3. Üretilen kWh başına sera gazı emisyon miktarları [12].

Çizelge 2.5. Jeotermal ısıtma sayesinde elde edilen CO₂ emisyonu azalımı ve egzoz emisyonu açısından trafikten yok kabul edilecek araç sayısı [12].

Jeotermal Merkezi Isıtma	CO ₂ Emisyonu Azalımı (ton/yıl)	Ocak Ayı Motorlu Taşıt Eksoz Gazı Eşdeğeri
Mevcut 103 bin konut eşdeğeri	1 milyon	596 bin adet motorlu taşıt
2013 yılı hedefi 500 000 konut eşdeğeri	4 milyon	2,5 milyon adet motorlu taşıt
Bugünün şartlarında uygulanabilir 1 milyon konut eşdeğeri	8 milyon	5 milyon adet motorlu taşıt
Toplam ısı potansiyeli 5 milyon konut eşdeğeri	48 milyon	30 milyon adet motorlu taşıt

Şekil 2.4'de jeotermal enerjinin kullanımı sırasında ortaya çıkan SO₂ (asit yağmurlarının ana kaynağı) ve CO₂ (sera gazı ve global ölçekte iklim değişikliklerine neden olmakta) gaz emisyonlarının diğer enerji kaynakları ile karşılaştırılması gösterilmiştir [13].



Şekil 2.4. Jeotermal enerjinin kullanımı sırasında ortaya çıkan SO₂ ve CO₂ gaz emisyonlarının diğer enerji kaynakları ile karşılaştırılması [13]

Jeotermal enerji, fosil yakıtların tüketimi ve bunların kullanımından doğan sera etkisi ve asit yağmurları gibi çevre sorunlarının önlenmesi açısından da büyük önem taşımaktadır. Bu durum öncelikle, jeotermal enerjinin çevre yönünden diğer enerji türlerine kıyasla sahip olduğu doğal üstünlüklerden kaynaklanmaktadır. Öte yandan jeotermal enerjinin kullanımıyla ilgili olarak söz konusu edilen çevre sorunlarının çözümü konusunda da son zamanlarda önemli gelişmeler sağlanmıştır [13].

WHO (1987)'a göre hava kalitesi için jeotermal gaz kirleticilerin sınırları Çizelge 2.6'da gösterilmiştir [12].

Çizelge 2.6. Hava kalitesi için jeotermal gaz kirleticilerin sınırları [12]

Kirletici Gaz	Miktar (mg/kg)	Ortalama Etki Zamanı (saat)
Karbondioksit (CO ₂)	7500	8
Amonyak (NH ₃)	15	8
Borik Asit (H ₃ BO ₃)	8	8
Hidrojen Sülfür (H ₂ S)	0,13	24
Cıva (Hg)	0,001	12 ay

Tüm Dünya'da jeotermal enerjiyi kullanmanın yanında bu enerjiyi kullanırken meydana gelen kimyasal kirleticilerin değerleri de oldukça önemlidir. Dünya çapında bunlara çok dikkat edilmektedir. Çizelge 2.7'de atıklarla ilgili birkaç ülkeden örnekler verilmiştir [12].

Çizelge 2.7. Jeotermal alanlarda atılan jeotermal atık sularındaki kimyasal kirleticilerin konsantrasyonları [12]

Şehir	H ₂ S Hidrojen sülfür	NH ₃ Amonyak	H ₃ BO ₃ Borik asit	Hg Cıva	As Arsenik	Li Lityum
Salton Sea (ABD)	16	386	2231	6,0	12	215
Cerro Prieto (Meksika)	0,16	127	109	0,05	2,3	-
Wairakei (Yeni Zalanda)	1,7	0,20	172	0,12	4,7	14
Okaaki (Yeni Zelanda)	1,0	2,1	276	0,05	8,1	11,7
Haveragerdi (İzlanda)	7,3	0,1	3,4	-	0,0	0,3
Kızıldere	-	20	160	-	0,6	4,5
Tipik Nehir Suyu	< 0,1	0,04	0,05	0,00004	0,002	0,003

İnsanlar tarafından üretilen veya başka bir forma dönüştürülen enerjinin çevresel etkilerinin olması kaçınılmazdır. Dolayısıyla elektrik üretimi veya diğer nedenlerle kullanılan derin jeotermal suların da çevreye geniş bir oranda etkisi vardır. Bu etkiler, yüzeyde oluşan çökmelerden (tasman) jeotermal akışkanın oluşturduğu doğal güzelliklerdeki (Pamukkale travertenleri) tahribatlara kadar değişebilmektedir. Bunların yanında jeotermal sıvının içerdiği bor, cıva, arsenik, kurşun, amonyak, antimuan, lityum, karbondioksit, hidrojen sülfür ve tuz çevreyi olumsuz şekilde kirletmektedir. Fakat santralde kullanılan akışkanın tekrar rezervuara enjekte edilmesiyle çevreye verilen zarar minimuma indirilebilir [13].

Çizelge 2.8'de Simav'da Jeotermal suların kimyasal analiz değerleri ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 2.8. Simav'da jeotermal suların kimyasal analizi [14].

SONDA J	SICAKLIK	Na	K	Ca	Mg	B	SiO ₂	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl	F
E1	142,5°C	458	48	6	0,0	4,5	200	326	150	417	69	0
E2	158°C	470	51	6	0,0	4,3	50	628	60	416	72	12
E3	149°C	500	48	20	3,4	5,9	46	860	0	433	76	13
EJ1	162,47°C	530	57	16	4,8	8,4	115	24	300	471	85	18
Ç1	105,1°C	315	35	49	2,7	3,9	56	610	0	300	52	8

**Konsantrasyonlar ppm cinsindedir.

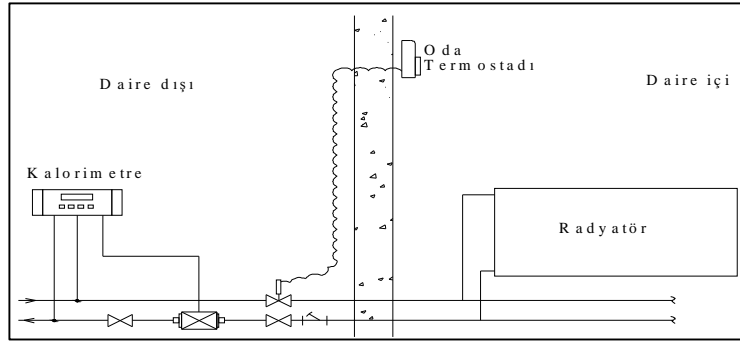
Simav, jeotermal enerji ile merkezi ısıtma sistemi sayesinde zehir saçan bacalar artık kullanılmıyor, havaya karbondioksit, karbonmonoksit, kükürtdioksit, azot oksitlerin atılması, hava kirlenmesi, asit yağmurları olmamış, temiz bir hava, temiz bir çevre, sağlıklı bir ortamda en ucuza ısıtılarak çağdaş bir alt yapı sağlanmıştır [14].

3. İLÇEDEKİ ISITMA SİSTEMİNE FAYDALI OLABİLECEK YENİLİKLER

Yapılan inceleme, gözlem, analizlerle ve yetkililerle bireysel olarak yapılan görüşmelerle aynı zamanda kullanıcılarla yapılan görüşmeler sonucunda da sistemin çalışmasını aksatan büyük bir problem ve çevre sorunu ile karşılaşılmamıştır. Bunun yanında aşağıda değinilen konularda sisteme uygulanırsa sistemin kapasitesinin arttırılabileceği, sistemin daha verimli hale geleceği ve kullanıcı sayısının arttırılabileceği tespit edilmiştir.

3.1. Ücretlendirme Yöntemi

Çalışma esnasında dikkati çeken önemli bir konu, ısıtma sistemindeki ücret ödeme şeklidir. İlçede ücret ödeme sistemi ısıtılan mahal'in m²'sine göre yapılmaktadır. Bunun ise şöyle bir düzensizlik oluşturduğu düşünülmektedir; bazı evlerin yalıtımdan, binanın yönünden, kat yüksekliğinden vs. sebeplerden dolayı konfor şartlarından daha fazla ısındığı ve bunun sonucunda kullanıcının enerjisiyi kısmak yerine pencereleri veya balkon kapılarını açarak fazla enerjisiyi dışarıya attığı görülmüştür.

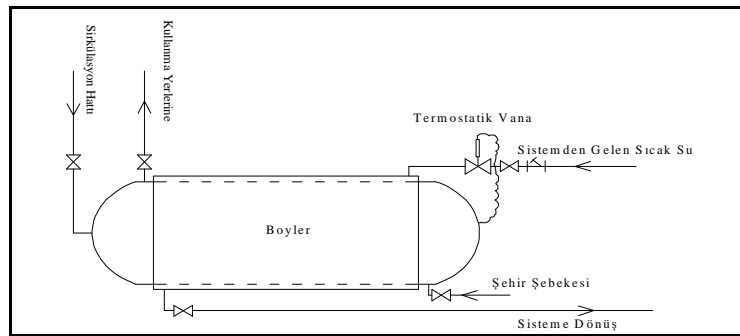


Şekil 3.1. Kalorimetrenin ısıtma tesisatına bağlanması

Bunu önlemek ve bütün kullanıcıların kullandıkları enerjiye göre ücret ödemeleri için binaların eşanjör sistemlerinde kalorimetre vb. bir cihaz kullanmak yolu ile ödemenin kullanılan enerjiye bağlı olarak yapılması sonucunda bu durum ortadan kalkacaktır (Şekil 3.1). Böylece ulusal enerji daha verimli bir şekilde kullanılacak, ısı yalıtımına dikkat eden ve enerjiyi dikkatli kullanan aboneler daha ucuza ısınma imkânı bulabileceklerdir.

3.2. Kullanma Sıcak Suyu Üretiminde Enerji Tasarrufu

İlçede uygulanmayan, ama uygulanması gereken farklı bir konu ise kullanma sıcak suyu ile ilgilidir. Simav'da kullanma sıcak suyu elde etmek için kullanılan boylerlerde herhangi bir otomatik kontrol elemanı bulunmamaktadır. Bunun sonucunda ise devamlı boyler içerisinde bir enerji akışı mevcuttur. Bu yanlış uygulamanın ise bir tane termostatik vana ile çözümlenebilecektir. Şekil 3.2. de uygulanması gereken sistem gösterilmiştir.



Şekil 3.2. İlçede uygulanması önerilen termostatlı boyler sistemi

Kullanma suyu depolarında (boylerlerde) sıcaklık kontrol sistemi (selenoid veya termostatik vana 40-45 °C' ye ayarlı) olması daha az suyun dolaşmasını ve de daha az enerjiyle istenilen su sıcaklığına gelmesi sağlanabilir. Eğer selenoid veya termostatik vana yoksa ya da ayarı çok yüksek (60°C - 80°C gibi) ise su sıcaklığı hiçbir zaman bu değere ulaşamayacağından, tüm radyatörler kapalı bile olsa boylerden sürekli bir enerji akışı olacaktır. Boylerlerin hacmi bazen ihtiyaçtan çok fazla olmaktadır. Bu durumda belki hiçbir zaman kullanılmayacak fazla su sürekli ısıtılmaktadır [15].

3.3. İlçedeki Jeotermal Bölge Isıtma Sisteminde Otomatik Kontrol Uygulaması

İlçedeki jeotermal enerji ile ısıtma sisteminde hiçbir otomatik kontrol sistemi kullanılmamaktadır. Sistem büyük olduğundan ve kullanıcı sayısının fazlalığından dolayı el ile kontrolü oldukça zordur. Eğer bütün sistemde merkezi bir otomatik kontrol sisteminin yapıldığı varsayılırsa birçok yönden avantajlı olunacağı ve kullanıcı sayısının arttırılacağı düşünülmektedir.

Jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinde kuyulardan başlayarak son kullanıcıya kadar sistemin bir bütün olarak ele alınıp kontrolünün gerçekleştirilmesi gerekir. Bu, jeotermal akışkanın enerjisinin en uygun değer kullanımına ve sistemin tüm parametrelerinin sürekli gözlemlenebilmesine olanak vererek daha emniyetli ve daha ekonomik bir kullanım sağlar. Otomatik kontrol sistemi ve ölçülen verilerin depolanması, sistemin ve jeotermal sahanın sürekli gözlemlenmesi ile gerekli olduğunda hızlı müdahale ve saha yönetimine de olanak tanır. Önemli bir başka faktör ise daha az insan gücüne ihtiyaç duyulmasıdır. Otomatik kontrol sistemi tarafından toplanan sinyaller, alarmlar bir merkeze iletilerek gerekli olduğunda müdahale etmek üzere sadece burada eleman istihdam edilmesine olanak verir [16].

Kontrol sistemi, istenen çıktıyı verecek şekilde sistemin ölçülen değişkenlere bağlı olarak başlatılması, durdurulması ya da düzenlenmesini sağlar. Bu sistem, PLC (programmable logic controller) mikrokontrollara dayanan ve bu kontrol sistemi ile verinin değerlendirilip depolandığı bilgisayar kullanacak kişi arasında ara yüzey oluşturacak, veri alıp depolama, sisteme komut gönderme işlevlerini yerine getirecek bir yazılımdan oluşur. Bunlardan yaygın olarak kullanılan veri toplama ve kontrol sistemi SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)' olmaktadır [16].

SCADA, uzakta bulunan bir ya da birden fazla tesisten veri toplayan ve/veya kontrol komutları göndermeyi sağlayan sistemdir. SCADA, operatörün uzak mesafelerdeki tesisi ziyaret etmesi ya da tesiste istihdam edilmesi gerekliliğini ortadan kaldırır.

Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde otomasyonun iki temel işlevi vardır gözlem/veri toplama ve kontrol. Jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinde kuyulardan başlayarak son kullanıcıya kadar sistemin bir bütün olarak ele alınıp kontrolünün gerçekleştirilmesi gerekir. Bu jeotermal akışkanın enerjisinin en uygun değer de kullanımına ve sistemin önemli parametrelerinin sürekli gözlemlenebilmesine olanak vererek emniyetli ve ekonomik bir kullanım sağlar. Otomatik kontrol sistemi, gerekli olduğunda sisteme hızlı müdahale edilebilmesine, güç kesintisi, deprem gibi acil durumlarda sistemin emniyetli şekilde kapatılmasını sağlar [17].

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Jeotermal enerjinin yer kürede doğal olarak bulunması, yenilenebilir bir enerji olması, yerel bir kaynak olması ve çevre kirliliği oluşturmaması gibi özelliklerinden dolayı uygun alanlarda çözüme yardımcı olabilecek bir enerji kaynağıdır.

Bu çalışmada jeotermal enerji hakkında genel bilgi, jeotermal enerjinin kullanım alanları, Dünya çapında ve Türkiye’de kabul edilmiş, kullanılan bazı jeotermal sistemler hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca bu enerji kaynağının Kütahya ili Simav ilçesindeki jeotermal kuyu bölgesi, sistemin çevresel etkileri, şehir ısıtma eşanjör binası, jeotermal şehir ısıtma hatları ve kullanıcıların eşanjör dairelerinin incelenmesi sonucunda nelerin üzerinde durulması gerektiği bilgileri değerlendirilmiştir.

Yapılan bu çalışmada, ilçedeki ısıtma sisteminin incelenip değerlendirilmesi sonucunda; sistemde çok önemli bir aksaklık ve hatayla karşılaşılmamıştır. Bunun yanı sıra sisteme özellikle otomatik kontrolle ilgili eklenebilecek bazı cihazlar ve otomatik kontrol elemanları ile sistem çok daha verimli olacağı, sistemin potansiyelinin artırılıp abone sayısının yükseleceği ve bölgesel ısıtma sisteminde uygulanacak merkezi bilgisayar destekli kontrol sistemi ile gerekli müdahalelerin vakit kaybetmeden, enerjiyi boşa harcamadan yapılabileceği görülmüştür.

Şu an ilçede aylık enerji kullanımı karşılığında abonelerin kullandığı ücret ödeme şekli m² hesabına göre yapılmaktadır. Bu ise bütün abonelerin, bazı değişkenlere bağlı olmak üzere m² başına aynı enerjiyi tüketmedikleri, ama buna karşılık m² başına aynı ücreti ödediklerini göstermektedir. Bu durum için en iyi çözüm ise jeotermal enerjiden faydalanan dairelerin aylık

kullandıkları enerjiyi birtakım yollarla tespit ederek, ücret ödeme şeklini kullandıkları enerji miktarına göre yapmalarındır. Bunu sonucunda ise aboneler, İstedikleri kadar ısınacak, ısındıkları kadar ücret ödeyeceklerdir.

Binalardaki jeotermal enerjiden kullanım sıcak suyu elde etmek için kullanılan boyler sistemi içinde bir takım ekler yapılması enerjinin boşa harcanmasını önleyecektir. Şuan ilçede jeotermal enerjiden boyler vasıtasıyla kullanım sıcak suyu elde ederken herhangi bir kontrol bulunmamaktadır. Bunun neticesi ise boylerlerin içerisindeki kullanma sıcak suyu deposunda istenilenden fazla sıcaklıkta ve kullanım olmayacağı zamanlarda dâhil sürekli temiz sıcak su depolanmaktadır. Bunun ise, ilçede zorunlu olarak boyler tesisatına monte edilecek otomatik kontrol vanası (termostatik vana vb.) ile yerel enerjimizin boşuna sarf edilmemesi için gerekli çözümdür.

Simav'da kuyu başı bölgesi, şehir eşanjör binası, şehir ısıtma sistemi, sera ısıtma sistemi ve termal tesisler büyük ve geniş bir alana yayıldığı için bütün sistemin kontrolü oldukça zordur. Bunun çözümü ise; ilçede uygulanmayan merkezi bilgisayar destekli kontrol sistemi uygulamasıdır. Jeotermal sistemlerde yaygın olarak kullanılan merkezi bilgisayar destekli kontrol sistemi SCADA'dır. İlçede jeotermal enerji sistemleri ile ilgili gerekli AR-GE çalışmaları yapılarak SCADA veya başka bir merkezi bilgisayar destekli kontrol sistemi programı ile bölgesel kontrol yapılmalıdır.

Kaynaklar

- [1] İnternet: Elektrik Mühendisleri Odası, <http://www.emo.org.tr> 2007.
- [2] Şimşek, E. "Jeotermal Enerji Uygulama Alanları Ve İklimlendirme Sistemleri Uygulamalarının Tasarımı", Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, 1999, p. 2.
- [3] DPT "Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu", Devlet Planlama Teşkilatı, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 2001, p. 2.
- [4] MTA "Türkiye Jeotermal Envanteri", Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 1996, p. 1.
- [5] İnternet: Simav Belediye Başkanlığı Resmi Web Sitesi, <http://www.simav.bel.tr/default.asp> 2007.

- [6] Arslan, O., Köse, R., Alakuş, B., “Elektrik Üretiminde Jeotermal Enerji : Simav Örneği”, 9. Uluslar Arası Yanma Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale, 2006, p. 22-23.
- [7] Mollahüseyinoğlu, Ö., Onat, A., Onar, İ., F., Okuyan, C., “Gönen ve Simav Isıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması”, Teskon 2005 Jeotermal Enerji Seminer Kitabı, 2005, p. 384-385.
- [8] Serpen, U., “Jeotermal Enerji”, İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü, İstanbul, p.6.
- [9] Verel, A. R., “Jeotermal Enerjinin Tanıtımı ve Kullanımı”, Elektrik Mühendisliği Dergisi, Sayı 418, Ankara, 2003, p. 58.
- [10] Güneş C., “Gediz Kaplıcaları’nın (Kütahya) Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2006, p. 116-118.
- [11] Mertoğlu, O., “Türkiye’deki Jeotermal Enerji Uygulamalarının Çok Yönlü Önemi ve Dünyadaki Yeri”, Mühendis ve Makina, Sayı 485, Ankara, 2000, p. 1.
- [12] Badruk, M., “Jeotermal Enerji Uygulamalarında Çevre Sorunları”, Teskon 2001 Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri Ve Tasarımı Seminer Kitabı, 2001, p. 262, 263.
- [13] Toka, B., “Jeotermal Enerji”, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Görüş/Rapor, Ankara, 2004, p. 11.
- [14] Ilgar, R., “Ekolojik Bakışla Jeotermal Kaynaklara Dualist Yaklaşım”, Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, C.4 S. 2005, p. 96.
- [15] İnternet: İzmir Jeotermal, http://www.izmirjeotermal.com/ftp_folder/other/kilavuzkal, 2007.
- [16] Şener, A., C., Günerhan, G., G., “Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemlerinde Otomatik Kontrol”, Teskon 2001 Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, 2001, p. 213.
- [17] Şener, A., C., Toksoy, M., Gökçen, G., “Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemlerinde Kontrol Statejileri ve Otomasyon”, Teskon 2003 Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, 2003, p. 337.