

PAPER DETAILS

TITLE: Konut Isitmaciligin da Jeotermal Yenilenebilir Enerji Kaynaginin Kullanilmasin Arastirilmesi

AUTHORS: Mehmet KOZAK

PAGES: 0-0

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/327654>



Konut Isıtmacılığın da Jeotermal Yenilenebilir Enerji Kaynağının Kullanılmasının Araştırılması

Mehmet KOZAK^{a*}

^a Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları 7. Bölge Yol Müdürlüğü, Afyonkarahisar/TÜRKİYE

*Sorumlu yazar e-posta adresi: mehmetkozak@tcdd.gov.tr

ÖZET

Bu çalışmada konut ısıtmacılığın da jeotermal yenilenebilir enerji kaynağının kullanılmasının araştırılması planlanmıştır. Günümüzde, artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji ihtiyacı ülkemizin kısıtlı kaynaklarıyla karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki fark hızla büyümektedir. Bu durumda, mevcut enerji kaynaklarımızdan daha etkili bir biçimde yararlanmak giderek artan bir önem kazanmaktadır. Enerji talebindeki hızlı artışın karşılanması için, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması yararlı olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal enerji kaynağı bakımından ülkemiz, Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer aldığından oldukça yüksek jeotermal potansiyele sahip olan bir ülkedir. Türkiye'deki jeotermal alanların %55'i ısıtma uygulamalarına uygundur. Ülkemizde, jeotermal enerji kullanılarak 1200 dönüm sera ısıtması yapılmakta ve 15 yerleşim biriminde 100.000 konut jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Ülkemizin jeotermal açısından potansiyeli göz önüne alınarak konut ısıtmacılığın da jeotermal enerjinin yaygınlaştırılması ülke ekonomisi açısından çok büyük öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, Jeotermal enerji, Konut ısıtmacılığı, Jeotermal enerjinin kullanımı

Geothermal District Heating In the Investigation of Use of Renewable Energy Sources

ABSTRACT:

In this study of the geothermal district heating is planned to evaluate the use of renewable energy sources. Nowadays, due to increasing population and industrialization of our country energy needs cannot be met with limited resources, the difference between energy production and consumption is growing rapidly. In this case, our existing energy sources more effectively are becoming increasingly important to take advantage of. In order to meet the rapid growth in energy demand, the use of renewable energy sources would be helpful. From renewable energy sources in terms of geothermal energy resources in our country, is located on the Alpine-Himalayan belt is a country with relatively high geothermal potential. 55% of the geothermal areas in Turkey are suitable for heating applications. In our country, greenhouse heating using geothermal energy made 1200 acres and 100,000 residential units in 15 settlements are heated with geothermal energy. Considering the potential for geothermal district heating in the country's economy in terms of dissemination of geothermal energy has great significance.

Keywords: Renewable Energy, Geothermal Energy, District Heating, Geothermal Energy Use

1. GİRİŞ

Günümüzde, artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji ihtiyacı ülkemizin kısıtlı kaynaklarıyla karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki fark hızla büyümektedir. Bu durumda, mevcut enerji kaynaklarımızdan daha etkili bir biçimde yararlanmak giderek artan bir önem kazanmaktadır. Enerji talebindeki hızlı artışın karşılanması için, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması yararlı olacaktır [1].

Jeotermal enerji yerin derinliklerindeki kayaçlar içinde birikmiş olan ısının akışkanlarca taşınarak rezervuarlarda depolanması ile oluşmuş sıcak su, buhar ve kuru buhar ile kızgın kuru kayalardan yapay yollarla elde edilen ısı enerjisidir. Jeotermal kaynaklar yoğun olarak aktif kırık sistemleri ile volkanik ve magmatik birimlerin etrafında oluşmaktadır. Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 9.700 MW, yıllık üretim 80 milyar kWh olup, jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk 5 ülke; ABD, Filipinler, Meksika, Endonezya ve İtalya şeklindedir. Elektrik dışı kullanım ise 33.000 MW'tır. Dünya'da jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke ise Çin, Japonya, ABD, İzlanda ve Türkiye'dir. Türkiye, Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer aldığından oldukça yüksek jeotermal potansiyele sahip olan bir

ülkedir. Ülkemizin jeotermal potansiyeli 31.500 MW'tır. Ülkemizde potansiyel oluşturan alanlar Batı Anadolu'da (%77,9) yoğunlaşmıştır. Bu güne kadar potansiyelin %13'ü (4.000 MW) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının kuruluşu olan MTA tarafından kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Türkiye'deki jeotermal alanların %55'i ısıtma uygulamalarına uygundur. Ülkemizde, jeotermal enerji kullanılarak 1200 dönüm sera ısıtması yapılmakta ve 15 yerleşim biriminde 100.000 konut jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Jeotermal enerji arama çalışmaları son yıllarda canlandırılmış, 2003 yılından itibaren Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının kuruluşu olan MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan arama çalışmaları sonucu 840 MW jeotermal enerji kaynağı tespit edilmiştir [2]. Türkiye 'de jeotermal enerji uygulamaları; daha çok konut ısıtması, sera ısıtması ve kaplıca amaçlı olarak yapılmaktadır. Elektrik enerjisi üretimine yönelik yüksek sıcaklıklı sahalar bulunmasına rağmen üretim düşük seviyelerde kalmıştır [3].

2. JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLARININ BAŞLICA KULLANIM ALANLARI VE AVANTAJLARI

Jeotermal kaynaklar genellikle içerdiği ısı enerjisi ve kimyasal maddeler nedeniyle

değerlendirilirler. Jeotermal enerjinin akışkan sıcaklığına göre başlıca faydalanılma alanları şunlardır:

- ✓ Isı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi,
- ✓ Doğrudan ısı enerjisinden endüstriyel amaçlı ısıtma ve kurutma işlemlerinde yararlanılması (şeker, tekstil, kâğıt, ilaç, konservecilik vb. ürünlerde),
- ✓ Merkezi sistemle ısıtma ve soğutmada kullanımı (sera, toplu konut, kampüs vb. ısıtılması veya soğutulması),
- ✓ Kimyasal madde üretimi (tatlı su, mineral ve kimyasal tuz üretimi vb.),
- ✓ Turistik ve tedavi amaçlı kaplıca, yüzme havuzu ve turistik tesislerde kullanımı.

Jeotermal enerjinin temel avantajları ise şunlardır:

- ✓ Jeotermal enerjinin öncelikle, birden çok amaca gerekirse aynı anda hizmet etmesi, çevre ve ekonomik açıdan sahip olduğu önemli avantajlarının başında gelmektedir.
- ✓ Jeotermal kaynaklar, yeraltındaki rezervuarlar tarafından sürekli beslenmekte, ayrıca kullanılan jeotermal akışkanın yeraltına tekrar basılmasıyla (re-enjeksiyon) kaynak yenilenmektedir.
- ✓ Diğer enerji kaynaklarına göre oldukça ekonomiktir. Doğal ve kendi kaynağımız olan jeotermal enerji dışa bağımlı değildir ve politik ilişkilerden etkilenmez. Büyük yatırımlar gerektirmeyip, yapılan yatırımı kısa sürede geri ödeyebilmesi ekonomik yararlılığının bir başka yönüdür.
- ✓ İhtiyaç duyduğu düşük teknoloji seviyesi nedeniyle jeotermal enerjiye yapılacak yatırımı cazip kılmaktadır.
- ✓ Jeotermal enerjinin kullanılması ile havaya karbon monoksit, azot oksitler

ve kükürt oksitler atılmamakta ve çevre kirletilmemektedir [4].

3. JEOTERMAL ENERJİ

KAYNAKLARININ KONUT ISITMA SİSTEMLERİ

A. JEOTERMAL ENERJİ İLE BÖLGE ISITMA SİSTEMLERİ

Jeotermal enerji ile bölgesel ısıtma yapıldığında, enerji taşınımında sadece üretilen sıcak su kullanılmaktadır. Dolayısıyla binalarda kazan, yakıt deposu ve benzeri ekipmanlar kullanılmamaktadır. Sadece bina altında ısı eşanjörleri bulunmaktadır. Tabiatıyla jeotermal üretim alanından sıcak suyu taşıyan boru sistemi de burada ilk yatırımda göz önünde bulundurulacak ana elemanlardan biridir. Ülkemizde halen birçok yörede bölgesel ısıtma sistemi uygulanmış ve gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bunlardan en önemlileri: Balçova, Narlıdere, Afyon, Gönen, Simav, Kızılcabamam, Kırşehir, Sandıklı, Kozaklı ve Diyardin'dir. Bu sistemlerin çoğunda bazı sorunlar yaşanmaktadır. Bunların en önemlisi re-enjeksiyon sorunudur. Re-enjeksiyon yani kullanılan termal akışkanın tekrar kuyuya geri basılmasıdır. Bugün 247°C civarında maksimum sıcaklığa sahip olan Kızıldere'deki jeotermal kaynaktan ısıtmada kullanılmamasının sebebi budur. Öte yandan Kızıldere deki kaynağın Denizli'ye mesafesi 31 km olması ve

ayrıca buraya ait tam bir fizibilite etüdünün yapılmamış olması, bu kaynağın jeotermal ısıtma için uygun olup olmadığı kesinleşmemiştir. Bunun dışında bu kaynaktan tüm sene boyunca 10MWe lik bir güçle devamlı elektrik enerjisi üretilirken, eğer ısıtma için kullanılmış olsaydı sadece yılın belirli aylarında kullanılmış olacaktı. Elektrik enerjisi üretildikten sonra atılan jeotermal su, bugün Sarayköy'ün ısıtılmasında kullanılmaktadır.

Jeotermal enerjinin bölge ısıtma sistemlerinde kullanılmasında en önemli üstünlükleri sırasıyla şunlardır:

- ✓ Yerli ve temiz enerji
- ✓ Esnek sistem büyüklüğü
- ✓ Kullanım çeşitliliği
- ✓ Modülerlik
- ✓ Yüksek verim
- ✓ Birleşik kullanım kolaylığı
- ✓ Düşük işletme ve bakım maliyeti

Jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinin tasarımında; kaynağın genel özellikleri dışında birçok faktör vardır. Bu faktörler sınırlayıcı ve tasarım faktörleri olarak 2 ayrı grupta toplanabilir. Karar ve tasarımda bu faktörler göz önünde bulundurularak tüketiciye gidecek enerjinin ekonomik ve uygulanabilir sınırlarda kalıp kalmadığı kontrol edilir.

Sınırlayıcı faktörler:

- ✓ Jeotermal akışkanın kompozisyonu
- ✓ Kuyu başı debisi
- ✓ Jeotermal kaynak sıcaklığı
- ✓ Enerji kullanım yoğunluğu
- ✓ Jeotermal kaynak derinliği
- ✓ Jeotermal kuyularla uygulama alanları arası uzaklık
- ✓ Alternatif enerji maliyeti

Tasarım parametreleri:

- ✓ Kuyu başı ve kuyu içi ünitelerin seçimi
- ✓ Jeotermal dağıtım sistemi
- ✓ Sıcaklık düşümü
- ✓ Sistem yükü faktörü ve toplam yükü
- ✓ Son kullanıcı üniteler, ısıtıcılar
- ✓ Uygun malzeme seçimi

Jeotermal bölge ısıtma sistemleri, rezervuarın performansı, jeotermal akışkanın kimyasal özellikleri, debisi, basınç ve sıcaklığa, ısıtılacak bölgenin topografik özellikleri, meteorolojik koşulları, konutların yerleşim şekilleri ve binaların termofiziksel özellikleri gibi birçok parametre dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Sistemde ısının akışkan yoluyla dağıtımı iki şekilde gerçekleştirilebilir. Açık devreli ve kapalı devreli jeotermal bölge ısıtma sistemleridir [5]. Jeotermal akışkanın içerdiği bu kimyasalların miktarları kabuklaşma ve korozyonu artırıcı etkiye bulunmaktadır. Korozyon ve kabuklaşma kuyulardan

ısıtma elemanlarına kadar sistemdeki tüm elemanları etkileyip performanslarının düşmesine ve elemanların yıpranmasına neden olmaktadır. Jeotermal akışkanın sertliği kabuklaşmaya neden olarak kuyuları ve sistem elemanlarını devreden çıkarabilmektedir. Suyun sertliğinin sınıflandırılması literatürde farklılık arz etmesine rağmen genel olarak içindeki CaCO_3 seviyesi 100 ppm’den yüksek olan sular sert olarak tanımlanmaktadır [6].

Bölgesel konut ısıtma sistemlerine örnek olarak Afyonkarahisar’da faaliyet gösteren Afyon Jeotermal Turizm ve Ticaret A.Ş. verilebilir. Söz konusu şirketin toplam 24 adet jeotermal kuyusu bulunmakta olup, bu kuyular farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Şirketi üretim yaptığı sahada jeotermal rezervin sonraki nesillere aktarılabilmesi için reenjeksiyon (geri-basım) olayına önem vermekte olup, şu anda 4 kuyu ile reenjeksiyonu gerçekleştirmektedir.

Jeotermal enerji kullanımının dışa bağımlılığı ve uluslararası bir borsası olmaması ve bu nedenle maliyetinin uluslararası hareketlere bağlı olarak anormal bir şekilde yükselmesi mümkün değildir. Uluslararası siyasetle ilgisinin olmaması da bir diğer önemli avantajdır. Şirketin bölgesel ısıtma sistemi ile ısıtmakta olduğu abone sayısı 9.930 ve

konut eşdeğerleri 29.300’dür. Ayrıca protokolü tamamlanmış ve ısıtma projesi teknik çalışmaları devam eden alan toplamı yaklaşık brüt 263.400 m² olup, ilave olarak 2634 K.E (konut eşdeğeri) tahmin edilmektedir [7].

B. JEOTERMAL ENERJİ İLE MERKEZİ ISITMA SİSTEMLERİ

Jeotermal enerjiyle ısıtılan konutlardaki ısıtma sistemleri diğer ısıtma sistemlerinden önemli bir farklılık göstermezler. Tasarımda bilinen yöntemler aynen burada da uygulanır. Isı ihtiyacı hesabı akışkanın sıcaklığına bağlı olarak seçilen ısıtıcıların belirlenmesidir. Eğer mevcut bir konuttaki bileşenler farklı tasarım parametrelerine göre seçilmiş ise jeotermal akışkanla çalışmaya başlandığında, sıcaklık ve debideki farklılıklar sistem performansını etkileyebilir. Sıcak sulu ısıtma sistemlerinde suyun ısıtıcıya giriş ve çıkış sıcaklıkları 90°C/70°C kabulüyle 20°C’ lık bir sıcaklık düşümüne göre hesaplar yapılır [8]. Konut ısıtılmasında jeotermal enerji kullanılması söz konusu olduğunda; sistemin çalışma sıcaklıkları jeotermal kaynağın rezervuar sıcaklığına bağlı olduğundan standart dışı durumlar karşımıza çıkabilir. Duruma göre; daha yüksek ΔT aralıkları ve daha düşük debilerle çalışma durumunda kaldığımız gibi tersi durumlarla da karşılaşabiliriz.

Tabii ki bu son durumda daha düşük ΔT ve daha büyük debilerle çalışmamız söz konusu olabilir. Sonuç itibariyle pompa ve tesisatta değişiklikler söz konusudur. Ayrıca pompa için daha fazla enerji sarfetmemiz gerekir.

Jeotermal Merkezi Isıtma Sisteminde enerji sıvı akışkan olarak hazır üretilmesi nedeniyle hammadde gideri yoktur. Sistemin işletme giderleri içinde en büyük payı enerjinin taşınması için gerekli pompaların tükettiği elektrik enerjisidir. Sistem tam otomatik kontrol ile desteklenen değişken debili olması nedeni ile tüketilen ısı enerjisi oranınca elektrik enerjisi tüketilmesi sağlanır. İşletme giderlerinin büyük bölümünü oluşturan elektrik tüketimi de bu sayede minimum hale getirilir. Binlerce konuta ısıtma hizmeti veren güç merkezinin tek bir yerde olması iyi seviyede enerji kontrolü yapan bir otomasyon sistemini ekonomik olarak çözme imkanı sağlar. Sistemin tam otomatik çalışabilmesi yalnızca bakım ve idari işler için personel bulunmasını gerektirir. Böylece personel giderleri en aza indirgenmiş olur.

Tasarımda ve uygulamada uygun teknolojilerin optimize edilmesi ve kalifiye elemanlarca kontrolü, işletme sarf malzemesi ve bakım giderlerini en az düzeye indirir. Sistemin en büyük

bölümünü oluşturan boru şebekesinin teknolojisine uygun tasarım ve uygun malzeme ile yapılarak hareket eden elemanların en az kullanımı; bakım onarım maliyetlerini en aza indirir.

İyi bir araştırma geliştirme çalışmasından sonra açılan kuyulardan jeotermal sıcak akışkan artezyen olarak veya kuyu içi pompalı olarak üretilir. Üretimde karşılaşılabilecek kabuklaşma ve korozyon problemleri günümüzde tamamen çözülmüş değildir.

Üretilen jeotermal sıcak akışkanın enerjisi plakalı ısı eşanjörleri ile temiz sıcak suya aktarılır. Ardından enerjisi alınan jeotermal akışkanın düşük sıcaklıklarda ($40-45^{\circ}\text{C}$) sera ısıtmasında, kaplıcalarda ve balık çiftliklerinde kullanılır. Geriye kalan atık miktar bir başka jeotermal kuyuya geri basılır (re-enjekte). Isı tüketicilerinin ve jeotermal kaynağın karakterine bağlı olarak sistem ısı pompası ile kombine kullanılabilir.

Yatırımın büyük bölümünü oluşturan dağıtım ağı (boru şebekesi) tasarımında; ısı kaybı, sürtünme kaybı ve maliyet minimuma indirilir. Uzun ömür, hızlı yapım, esneklik şartları çok iyi optimize edilmelidir. Binalar genelde önceden yapılmış olduğundan, binalarda bulunan mevcut tesisatlarının öncelikle bölge ısıtmasına, daha sonra jeotermal enerji ile

(düşük sıcaklıklar için bu çok daha önemlidir) ısıtmaya uygun hale getirilmelidir. Bunun için bazı adaptasyon işlemleri yapılır. Binalara jeotermal su ile ısıtılmış temiz su doğrudan verilebildiği gibi, jeotermal kaynağın ve ısıtma yapılacak yerin karakterine bağlı olarak bina altına konulacak bir eşanjör ile bina ana sistemden bağımsız hale getirilebilir. Merkezi ısıtma sistemleri sahanın ve akışkanın özelliğine göre kuyu dışı ve kuyu içi eşanjörleri şeklinde ikiye ayrılabilir [9].

4. SONUC

Günümüzde, artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji ihtiyacı ülkemizin kısıtlı kaynaklarıyla karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki fark hızla büyümektedir. Bu durumda, mevcut enerji kaynaklarımızdan daha etkili bir biçimde yararlanmak giderek artan bir önem kazanmaktadır. Enerji talebindeki hızlı artışın karşılanması için, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması yararlı olacaktır.

Jeotermal enerji kaynakları konut ısıtmacılığın da; bölge ısıtma ve merkezi ısıtma sistemleri şeklinde uygulanmaktadır. Merkezi ısıtma sistemleri sahanın ve akışkanın özelliğine

göre kuyu dışı ve kuyu içi eşanjörleri şeklinde ikiye ayrılabilir

Jeotermal enerjinin temel avantajları ise şunlardır:

- ✓ Jeotermal enerjinin öncelikle, birden çok amaca gerekirse aynı anda hizmet etmesi, çevre ve ekonomik açıdan sahip olduğu önemli avantajlarının başında gelmektedir.
- ✓ Jeotermal kaynaklar, yeraltındaki rezervuarlar tarafından sürekli beslenmekte, ayrıca kullanılan jeotermal akışkanın yeraltına tekrar basılmasıyla (re-enjeksiyon) kaynak yenilenebilmektedir.
- ✓ Diğer enerji kaynaklarına göre oldukça ekonomiktir. Doğal ve kendi kaynağımız olan jeotermal enerji dışa bağımlı değildir ve politik ilişkilerden etkilenmez. Büyük yatırımlar gerektirmeyip, yapılan yatırımı kısa sürede geri ödeyebilmesi ekonomik yararlılığının bir başka yönüdür.
- ✓ İhtiyaç duyduğu düşük teknoloji seviyesi nedeniyle jeotermal enerjiye yapılacak yatırımı cazip kılmaktadır.
- ✓ Jeotermal enerjinin kullanılması ile havaya karbon monoksit, azot oksitler ve kükürt oksitler atılmamakta ve çevre kirlenmemektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal enerji kaynağı bakımından

ülkemiz, Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer aldığından oldukça yüksek jeotermal potansiyele sahip olan bir ülkedir. Türkiye'deki jeotermal alanların %55'i ısıtma uygulamalarına uygundur. Ülkemizde, jeotermal enerji kullanılarak 1200 dönüm sera ısıtması yapılmakta ve 15 yerleşim biriminde 100.000 konut jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Ülkemizin jeotermal açısından potansiyeli göz önüne alınarak konut ısıtmacılığın da jeotermal enerjinin yaygınlaştırılması ülke ekonomisi açısından çok büyük öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

- [1] Kozak, M., Kozak, Ş., 2012, Enerji Depolama Yöntemleri, SDU International Technologic Science, 4(2), 17-29.
- [2] Anonim, 2013, Jeotermal - Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=jeotermal&bn=234&hn=&nm=384&id=40697>, (03.12.2013).
- [3] Dönmez, E., 2003, Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemlerinin Tasarım Kriterleri, Diploma Projesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Denizli.
- [4] Etemoğlu, A. B., İşman, M. K., Can, M., 2006, Bursa ve Çevresinde Jeotermal Enerjinin Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 11(1), 55-64.
- [5] Gürses, A.Ç., 2001, Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemlerinin Tasarım Kriterleri, Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2001/270, İzmir, 119-127.
- [6] Yılcı, A., 2004, Jeotermal Enerjili Sistemlerin Fizibilite Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- [7] Anonim, 2016, Afyon Jeotermal Turizm ve Ticaret Anonim Şirketi, <http://www.afjet.com.tr/hakkimizda>, (04.05.2016)
- [8] İlken, B.Z., 2001, Jeotermal Enerjili Konut Isıtma Sistemleri, Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2001/270, İzmir, 203-210.
- [9] Lund, J.W., Lienau, P.J., and Lunis, B.C., 2004, Jeotermal Enerji Doğrudan Kullanım ve Tasarım El Kitabı, Çeviri: İlken, Z., Özerdem, B., ve Gökçen, G., TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2004/360, İzmir, 334.