Tesisat Mühendisliği Dergisi
Sayı: 99, s. 33-36, 2007

İsparta'da Toprak Altı Sıcaklık Gradientinin Belirlenmesi

Şakir ŞAHİN*
Jülide PARLAK*
İbrahim ÜÇGÜL**

Özet
Yeryüzünün güneş ışınlarından elde ettiği ısıdan yeniden kazanılabilen enerjiyi kullanarak, ticari binaların, çeşitli mühendislik yapılarının ısıtılması ve soğutulması ile kullanma sıcak suyu üretiminde kullanılan bir sistem olan "Toprak Kaynaklı Isı Pompası" (TKIP)'nın kullanımı gittikçe artmaktadır. Sistemin çalışma prensibi, ısının taşınması esasına dayanmaktadır. TKIP sistemleri, elektrik enerjisi ile ısıtma ve soğutma yapılmasını sağlayan sistemler olduklarından çevre dostu bir sistem olarak, özellikle ABD, Kanada, Almanya ve başta İsveç olmak üzere, İskandinav ülkelerinde uzun zamandır kullanılmaktadır. TKIP'lar, toprağın içindeki sıcaklığın kararlı değişmesi ve soğuk iklimlerde performansını yüksek seviyede tutması nedeniyle enerjinin kullanımında daha etkili sonuçlar ortaya çıkarır.

Bu çalışma kapsamında, Isparta'da toprak kaynaklı ısı pompası (TKIP) uygulaması için jeofizik ve meteorolojik verilerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu çerçevede SDÜ Tıp Fakültesi kampüs alanında TKIP sistemi için toprak sıcaklıkları değerlerinin elde edilmesinde, bir yıllık süre içerisinde her ay olmak üzere yüzeyden 20, 50 ve 150 cm derinliklerdeki sıcaklık değerleri ölçülmüştür. 12 aylık süre zarfında 150 cm derinlikte en düşük 6, en yüksek 20.58°C olarak ölçülmüştür. Ayrıca ölçülen TKIP uygulama alanında yer altı özellikleri, nem, su içeriği gibi parametreleri belirlemek için bir yıllık çalışma süreci boyunca her ay jeofizik elektrik özdirenç yönetimi (rezistivite yöntemi) uygulanmıştır. Çalışılan alanın yüzeyden itibaren yaklaşık 30 m derinliğe kadar pomza, andezit çakıllı gevşek kumdan oluşmaktadır. Çalışma alanında her iki yöntemin bir arada yorumlanmasıyla, TKIP sisteminin kurulacağı alana ait gerekli olan sıcaklık ve nemlilik parametreleri elde edilebilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Toprak kaynaklı ısı pompası, rezitivite yöntemi, sıcaklık, enerji.*

1. GİRİŞ

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi'nin sıcak su ihtiyacının karşılanmasına yönelik olarak Toprak Kayaklı Isı Pompası uygulaması için yer altı sıcaklık gradientinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Ükemizde ısıtma sistemleri halen ağırlıklı olarak fosil yakıtlara dayanmaktadır. Bununla birlikte ısıtma ve soğutma sistemleri için alternatif enerj kaynakları arayışı, geek çevre koruma bilinciyle, gerekse ticari amaçlar doğrultusunda, birçok araştırma grubu tarafından yoğun bir şekilde sürdürülmektedir [1-5]. Bilinen en eski ısınma yöntemi; odun, kömür, tezek gibi katı yakıtların açık (şömine, mangal) veya yarı açık (soba) bir ortamda yakılması youyla kimyasal enerjinin ısı enerjisine dönüştürülmesidir. Bundan

* Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
** Yrd. Doç. Dr, Ü.S.D. . Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı

$$r_a = (^3V / I) * K \quad (1)$$

sonra, sıvı ve gaz yakıtların kazanlarda yakılması yöntemi keşfedilmiştir ve günümüzdeki en yaygın ısıtma sistemi budur. Elektrik enerjisinin rezistans yoluyla ısıtmada kullanılması ise, yüksek maliyetlerden dolayı daha az tercih edilmektedir.

Isı pompasının çalışma esası, bir ortamda var olan ısı enerjisinin, elektrik enerjisi tüketilerek yapılan iş karşılığında bir başka ortama taşınmasıdır. Buna göre ısı popaları hem ısıtma hem de soğutma yapılmasında kullanılabilir ve günümüzde hemen hemen tüm soğutma sistemleri ısı pompası tekniğine dayanmaktadır [6].

Bu çalışma kapsamında SDÜ Tıp Fakültesi kampus alanında TKIP sistemi için toprak sıcaklıkları değerlerinin elde edilmesinde, bir yıllık süre içerisinde her ay olmak üzere yüzeyden 20, 50 ve 150 cm derinliklerdeki sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Ayrıca ölçülen TKIP uygulama alanının yer altı özllikleri, nem, su içeriği gibi parametreleri belirlemek için bir yıllık çalışma süreci boyunca her ay jeofizik elektrik özdirenç yöntemi (rezistivite yöntemi) uygulanmıştır.

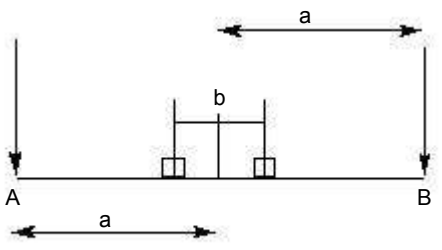
ELEKTRİK ÖZDİRENÇ YÖNTEMİ

Elektrik özdirenç yöntemi yere verilen doğru akımın yarattığı potansiyel alanın ölçülmesine dayanır. Yeraltındaki iletkenlik değişimleri, akım ve potansiyel alan ilişkisini etkiler. Elektrik özdirenç yöntemi genellikle; yer altındaki iletkenlikleri farklı tabakaların özdirenç ve derinliklerinin bulunmasında, yer altı suyunun, kil yataklarının, çeşitli maden yataklarının özdirenç, derinlik ve yaklaşık şekillerinin belirlenmesinde, yanal süreksizlik oluşturan gömülü fayların yerlerinin bulunmasında, zeminlerin su içeriğinin ve kaymaya neden olan heyelan düzleminin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Bir iletken içerisinden akan akım, gerilimin sabit olan dirence bölünmesi ile bulunur (Ohm Yasası). Direncin birimi akımın amper (A) ve gerilim (V) da volt cinsinden alındağında “Ohm” olarak bulunur. Matematiksel olarak özdirenç;

bağıntısından hesaplanmaktadır. Burada I, yere verilen akım (amper), ³V, yerden ölçülen gerilim farkı (volt) ve K ise akım ve gerilim elektrodlarının konumlarına bağlı bir katsayıdır. Bu tanımlamada r_a Ohm metre (Ohm.m) birimindedir. Yer altı yapılarının, elektrik akımını iletmede homojen ve izotrop bir davanış göstermesi pratikte mümkün değildir. Yer, iletkenliği farklı düşey ya da yatay konumlu katmanlardan oluşmuştur. Bu da jeofizikte istenen anomalinin nedenidir.

Bu araştırmada yanal süreksizliklerden daha az etkilenen ve derinliklerden cevap alma yeteneği daha yüksek olan Schlumberger açılımı uygulanarak yapılan düşey elektrik (DES) uygulaması yapılmıştır (Şekil 1). DES elektrot açılımı türünden bağımsız çalışma tekniğidir. Bu çalışma tekniği bir jeolojik yapının katman derinliğinin bulunması veya katmanın üzerinde yer alan tabaka kalınlığının bulunması için uygulanan yöntemdir.

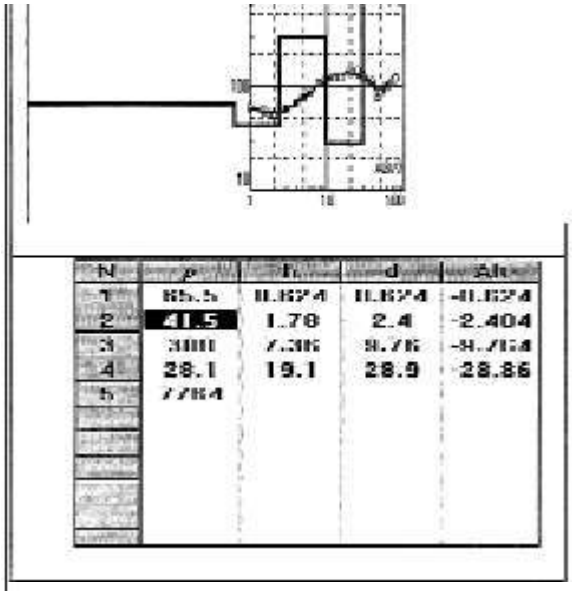


Şekil 1. *Schlumberger Elektrot Açılımı.*

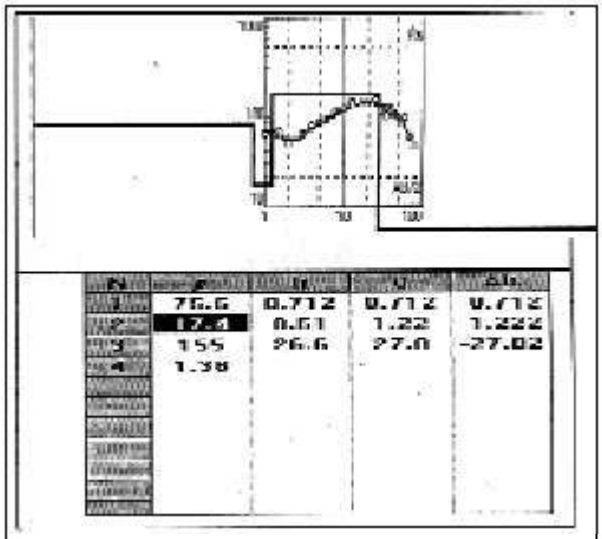
DES yöntemi, araştırma alanının elektriksel özellikleri belirlemek, diğer bir deyişle jeolojik olarak tanımlanan birimlerin kalınlık ve derinliklerini ve incelenen alanın su içeriğini ortaya koymak amacıyla, 2 doğrultuda yaklaşık bir yıl boyunca sürdürülmüştür. DES çalışması çevresinde Schlumberger açılımı AB /2 = 1 m’den 90 m’ye kadar elektrot aralıkları kullanılarak, yüzeyden 90 m derinliğe kadar bir derinliğin araştırılması amaçlanmıştır (Şekil 2 ve 3). Yöntemin ilkeleri gereği bu açılımla 40 m derinliğe kadar olan jeolojik yapı belirgin bir biçimde ortaya konulmuştur. Toprak kaynaklı ısı pompası uygulaması için bu inceleme derinliği yeterlidir.

Bu doğrultu boyunca iki noktada penetrasyon derinliği 90 m olan DES (Düşey Elektrik Sondaj) kesitlerine göre (Şekil 2 ve 3) mevsimsel değişime bağlı olarak

direnç değerleri 30 Ohm.m ile 170 Ohm.m arasında değişmektedir. Çalışmanın yapıldığı arazide düşük özdirence sahip birimler pomza, andezit, çakıllı gevşek killi kumdan oluşmaktadır.



Şekil 2. TKIP uygulama alanında DES-8 Ölçü Noktası Özdirenç Verileri



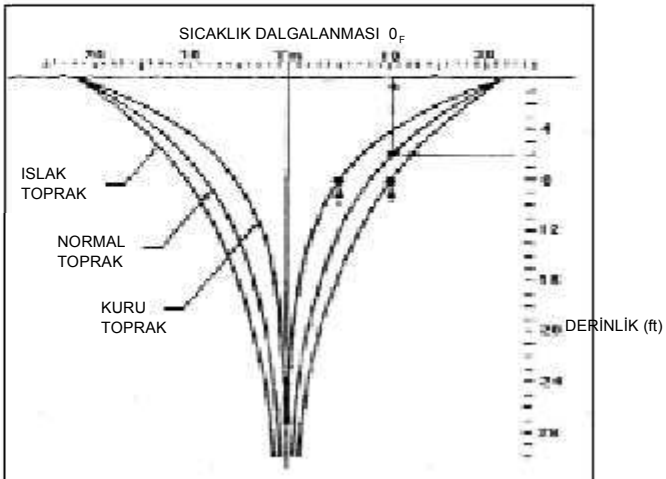
Şekil 3. TKIP uygulama alanında DES-2 Ölçü Noktası Özdirenç Verileri (IP 2WIN programı ile değerlendirilmiştir)

özdirenç değerlerinin 10 Ohm.m'ye düştüğü seviye bitkisel toprağın ve kil seviyesinin oluşturduğu birim lerde tespit edilmiştir. Özdirenç değerindeki düşüş, yağışlı mevsimlerde artmaktadır. Buna karşın, Tem muz ve Ağustos aylarındaki kuraklığa bağlı olarak öz

TOPRAK ALTI SICAKLIK GRADİENTİ

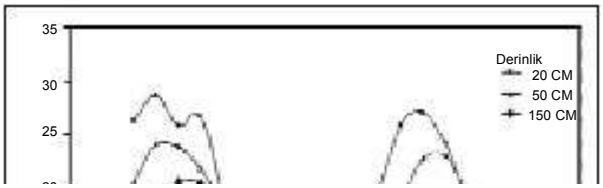
SDÜ Tıp Fakültesi kampüs alanında TKIP sistemi için toprak sıcaklıkları değerlerinin elde edilmesine yöne lik olarak 20 cm, 50 cm ve 150 cm derinliklere ait to prak altı sıcaklıkları tespit edilmiştir. 2003 yılı Hazi ran ayı başından 2004 yılı Aralık ayı sonuna kadar sözü edilen derinliklerde Meteoroloji Genel Müdürlü ğünce sağlanan toprak altı termometreleri ile toprak sıcaklıkları tespit edilmiştir. Bu ölçümlere göre top lam 1.5 yıl olan ölçüm sürecinde 150 cm derinlikte en düşük değer 6 °C ile Mart ayında, 20.57°C ile Ağus tos ayında ortalama olarak ölçülmüştür. Aynı şekilde 20 cm derinlikte en düşük 1.4 °C, en yüksek 28.7 °C ve 50 cm derinlikte en düşük 3.9 °C, en yüksek 24.1 °C olarak ölçülmüştür.

Diğer ısı pompası tipleri gibi ısının taşınması prensi biyle çalışan (TKIP) sistemlerinde, ısıtılması veya soğutulması istenen ortam ile ısıtmada ısının çekile ceği ve soğutmada ısının atılacağı ortam arasındaki sıcaklık farkı asgariye indirilir. Bunu sağlamak için ise ısının çekileceği veya atılacağı ortam olarak atmosfer değil toprağın altı veya göl, dere, kuyu vb. bir doğal su kaynağı kullanılır. Şekil 4'te belirli derinliklerdeki top rak sıcaklıklarının değişimi görülmektedir [1]. Buna

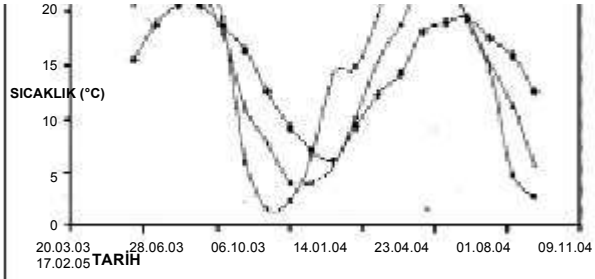


Şekil 4. Toprak sıcaklıklarının derinlik ve nemle değişimi[1].

göre derinlik arttıkça sıcaklık dalgalanması azalmak ta ve belirli bir derinliğin altında ise sıcaklık sabit ka bul edilmektedir (Şekil 5).



lan alan yüzeyden itibaren yaklaşık 40 m derinliğe kadar pomza, andezit çakıllı gevşek kumdan oluş maktadır. Çalışma alanında her iki yöntemin bir ara da yorumlanmasıyla, TKIP sisteminin kurulacağı ala na ait gerekli olan ısı ve nemlilik parametreleri elde edilebilmiştir. İnceleme alanında Haziran 2003'ten Aralık 2004 tarihine kadar 20 cm, 50 cm ve 150 cm derinliklerde toprak altı sıcaklık değerleri tespit edil miştir. 20 cm ve 50 cm derinliklerde ortalama sıcaklık



Şekil 5. SDÜ Tıp Fakültesi toprak altı sıcaklık değerleri.

miştir. 20 cm ve 50 cm derinliklerde ortalama sıcaklık dalgalanmalarının fazla olduğu, diğer taraftan 150 cm derinlikteki sıcaklık farklarının daha az olduğu görülmektedir. TKIP uygulama alanında her ay periyodik olarak yapılan elektrik özdirenç çalışmaları ile meteoroloji istasyonundan alınan gözlemsel sıcaklık değerleri arasında da güçlü bir uyum söz konusudur.

İlave olarak ısı pompası uygulaması için yapılan maliyet analizine göre, gerek yatay gerekse düşey serim için alanın uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi kampüs alanında Toprak Kaynaklı Isı Pompası uyglamasına yönelik olarak ısı pompası uygulamasının yapılması düşünülen alanda, toprak altı sıcaklıklarının belirlenmesi için meteorolojik ve yer yapısının belirlenmesi için de jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Burada özdirencin yüksek olduğu yerlerde pomza yer almaktadır. Bu katmanlar diğerlerine göre kuru bir ortamı ifade eder ve sıcaklık dalgalanması 1.5 ve altında daha azdır. Her ay alınan ölçümlerden elde edilen sonuçlara göre toprak sıcaklık değerlerinin artarak, nemlilik değerlerinin azaldığı yerlerde özdirenç değerleri artan değerler alırken, nemlilik değerlerinin giderek arttığı Eylül-Ekim aylarında özdirenç değerleri düşük çıkmaktadır. Özdirenç değerlerinin giderek azaldığı yerlerde kil miktarı artmakta ve değerlerin yaklaşık 30 Ohm.m olduğu seviyelerde andezit çakıllı, gevşek killi kum birimlerinden oluştuğu düşünülmektedir. Bu çalışma sonucunda çalışı-

KAYNAKLAR

[1] Kalafat, E., *"Yer Kaynaklı Isı Pompası"*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası II. Çevre ve Enerji Kongesi, İstanbul, 2001.

[2] *"Soil and Rock Classification for the design of Ground-Coupled Heat Pump Systems, field manual"*, EPRI CU-6600 Research Projects 2892-5 Special Report, Virginia, 1989.

[3] *"Geothermal in Action"* http://www.alliantenergvgeothermal.com/whatitis/geoaction.htm

[4] NRECA Research Project 86-1, *"Closed loop/Ground-Source Heat pump Systems, Intallaation Guide"* Oklahoma.

[5] *"Geothermal Heat Pump Training Support for Architects and Engineers"* Geothermal Heat Pump Consortium, Inc.

[6] Hepbaşlı, A., Hancıoğlu, E., "Toprak Kaynaklı (Jeotermal) *Isı Pompalarının Tasarımı, Testi ve Fizibilitesi,* TESKON 2001, s. 1-48, İzmir.