



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Sivas ili şartlarında yatay toprak kaynaklı ısı pompasının ısıtma ve soğutma için performans analizi

Heating and cooling performance analysis of the horizontal ground source heat pump for Sivas conditions

Yazar(lar) (Author(s)): Ferhat KILINÇ¹, Ertan BUYRUK², Mustafa CANER³

*ORCID*¹: 0000-0003-2707-6438

*ORCID*²: 0000-0002-6539-7614

*ORCID*³: 0000-0002-3674-7881

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Kılınç F., Buyruk E. ve Caner M., “Sivas ili şartlarında yatay toprak kaynaklı ısı pompasının ısıtma ve soğutma için performans analizi”, *Politeknik Dergisi*, 22(4): 1039-1044, (2019).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.474467

Sivas İli Şartlarında Yatay Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Isıtma ve Soğutma İçin Performans Analizi

Araştırma Makalesi / Research Article

Ferhat KILINÇ*, Ertan BUYRUK, Mustafa CANER

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, 58140, Türkiye

(Geliş/Received : 24.10.2018 ; Kabul/Accepted : 06.02.2019)

ÖZ

Bu deneysel çalışmada yatay toprak kaynaklı ısı pompası iki odadan oluşan toplam 51.3 m³ hacme uygulanarak, Sivas ili şartlarında ısıtma ve soğutma için performans analizi araştırılmıştır. Kış ve yaz aylarında gerçekleştirilen ölçümlerde; ısıtma ve soğutma için sırasıyla tipik bir kış/yaz günü olan 16 Aralık ve 29 Haziran tarihlerinde elde edilen değerler kullanılmıştır. Bu şekilde toprak kaynaklı ısı pompası uygulamasının Sivas iline ait davranış özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İç ve dış ortam sıcaklıkları, 4 farklı derinlikte ölçülmüş toprak sıcaklıkları ve ısı pompası elemanlarının giriş çıkış sıcaklıkları kayıt altına alınmıştır. Ölçülen veriler sistem ve ısı pompasına ait performans katsayısı değerlerini hesaplamada kullanılmıştır. Deneysel veriler kullanılarak ısıtma modunda ortalama performans katsayısı değerleri ısı pompası ve sistem için sırasıyla 2.10 ve 1.83, soğutma modunda ise ısı pompası için ortalama 4.79 ve sistem için ortalama 3.86 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca ısı pompası için ısıtma güç tüketimi ortalama değeri 2.83 kW, soğutma güç tüketimi ortalama değeri 1.69 kW olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak kaynaklı ısı pompası, performans analizi, ısıtma, soğutma.

Heating and Cooling Performance Analysis of the Horizontal Ground Source Heat Pump for Sivas Conditions

ABSTRACT

In this experimental study, a horizontal ground source heat pump was applied to a total of 51.3 m³ volume consisting of two rooms and the performance analysis for heating and cooling in Sivas province were investigated. The values obtained on 16 December and 29 June which were typical winter/summer days were used for heating and cooling in winter and summer data measurements. In this way, it is aimed to determine the behavioral characteristics of the ground source heat pump application in Sivas province. The indoor and outdoor temperatures, ground temperatures measured at 4 different depths and the inlet and outlet temperatures of the heat pump elements were recorded. The measured datas were used to calculate the coefficient of performance values of the system and heat pump. By using the experimental datas, the average coefficient of performance values in heating mode were calculated as 2.10 and 1.83 for the heat pump and the system respectively, and also in cooling mode 4.79 for the heat pump and 3.86 for the system respectively. In addition, the average value of the heating power consumption for the heat pump was 2.83 kW and the average value of the cooling power consumption was 1.69 kW.

Keywords: Ground source heat pump, performance analysis, heating, cooling.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnsanlığın varoluşuyla birlikte barınma ihtiyacı ve beraberinde ısıtma-soğutma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Isı pompaları, ülkemizde son zamanlarda kullanımı yaygınlaşmaya başlamış yenilenebilir enerji kaynağı sınıfında kabul edilen sistemlerdir. Ülkemizde performans katsayılarının tatmin edici olduğu ılıman iklim bölgelerinde tercih edilmektedir. Ancak son dönemde birçok farklı iklim bölgesine ait ısıtma-soğutma amaçlı ısı pompası uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ve sıcaklık değerlerinin kararlı olduğu toprak kaynaklı ısı pompaları (TKIP) bu uygulamaların başında yer

almaktadır. Ülkemizde ve dünyada ısı pompası uygulamalarıyla ilgili son yıllarda yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. İliman iklimde sahip Elazığ ilinde sera ısıtması için yatay (2m derinlikte) ve düşey (60m derinlikte) ısı pompası sistemlerinin performans karşılaştırmasının yapıldığı çalışmada; 2007-2008 yılı Kasım-Nisan aralığında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlarda en soğuk aylarda ortalama performans katsayısı değerlerinin ısı pompası için 3.3-3.5 ve sistem için 3.0-3.2 olduğu elde edilmiştir. Isı pompalarının ısıtma ve soğutma için yüksek enerji verimliliği sunduğu, o çevrelerde yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılabilmesi ve çevre dostu sistemler olduğu çalışmanın sonuç kısmında belirtilmiştir [1]. Naili vd. [2], çalışmalarında Tunus'un kuzeyinde sıcak iklim

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : fkilinc@cumhuriyet.edu.tr

bölgeleri için yatay toprak ısı eşanjörünün (YTIE) enerji ve ekserji analizini araştırmışlardır. Uzunluğu 50 m olan ve 1 m derinliğinde bulunan YTIE için farklı derinliklerde sıcaklık ölçümleri yapılarak toplam ısı transfer katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlarda enerji ve ekserji verimliliklerinin sırasıyla %18-52 ve %12-36 arasında değiştiği görülmüştür. Özdemir ve Özkaya [3], dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası sistemi ile yaklaşık 21m³ hacme sahip bir odanın ısıtma ve soğutma işlemine ait enerji ve ekserji analizi yapmışlardır. Isıtma sezonunda ısı pompasının ve sistemin performans katsayısı değerleri sırasıyla 3.85 ve 3.45 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca ısı pompası için %77 ve sistem için %71 ekserji verimi elde etmişlerdir. Benzer şekilde soğutma sezonu için ısı pompasına ait performans katsayısı ve ekserji verimi değerleri 3.12 ve %78.6 olurken, sisteme ait değerler 2.81 ve %70.8 elde edilmiştir. Luo vd. [4], Almanya’da bir ofis binası için toprak kaynaklı ısı pompasının ısıl performansını incelemişlerdir. Isıtma ve soğutma analizi yapılan çalışmada binanın ısıtma yükünün soğutma yükünden iki kat fazla olduğu belirlenmiştir. Sıradan bir kış gününde COP değeri 3.9 iken, sıradan bir yaz günü için enerji verimlilik oranı (EER) 8.0 olarak bulunmuştur. Sezonluk EER değeri 6.1’den 8.2’ye çıkarken, sezonluk COP değerinin 4.1’den 3.4’e düştüğü sonucunu elde etmişlerdir. Şangay Jiao Tong Üniversitesi’nde 180 m² alana sahip bir toplantı odası için mini bir toprak kaynaklı ısı pompası tasarlanıp kurulumu yapılmıştır. Deneysel araştırmalar sonucunda mini ısı pompasının ortalama soğutma kapasitesi 17 kW ve COP değeri 3.2 elde edilmiştir [5]. Mao ve Chen [6], Çin’in Wuhan şehrinde bulunan 16.6 kW gücündeki TKIP sistemini test etmişlerdir. 6 gün boyunca ve 4 farklı derinliğe gömülmüş (10, 20, 40, 100 m) borulardan veriler alarak, performans katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak sisteme ait COP değerleri 1.56 ile 2.01 aralığında hesaplanmıştır. Avusturalya Melbourne’de dikey tip TKIP sistemlerinin konutlarda ekonomik analizinin yapıldığı çalışmada, 20 tane TKIP sisteminden elde edilen veriler kullanılmıştır. Tüketim maliyetlerinin toplandığı sistemlerin performans katsayısına ait ortalama değerler ısıtma ve soğutma için sırasıyla 3.8 ve 3.6 olarak hesaplanmıştır. 20 yıl ömür maliyeti olan sistemlerin 40 yıla çıkarılması durumunda yıllık 592\$ tasarruf sağlayacağı sonucu elde edilmiştir [7]. Caner [8], tez çalışmasında yatay tip toprak kaynaklı ısı pompasının ısıtma performansını incelemiştir. Sivas ilinde kış sezonunda yapılan ölçümler neticesinde ısı pompası için 1.96-2.30 ve sistem için 1.70-1.99 aralığında performans katsayısı değerleri elde edilmiştir. Yine benzer bir çalışmada yatay tip toprak kaynaklı ısı pompası kullanılarak sistemin performans katsayısı değerleri belirlenmiştir. Sonuç olarak performans katsayısı değerlerinin ısı pompası ve sistem için sırasıyla 2.05-2.18 ve 1.76-1.90 aralıklarında değiştiği elde edilmiştir [9]. Esen [10], sondaj derinliğinin ısıl sistem performansı üzerindeki etkisini ısıtma ve soğutma sezonu için Elazığ’da 30, 60 ve 90 m derinliğinde kuyular açarak

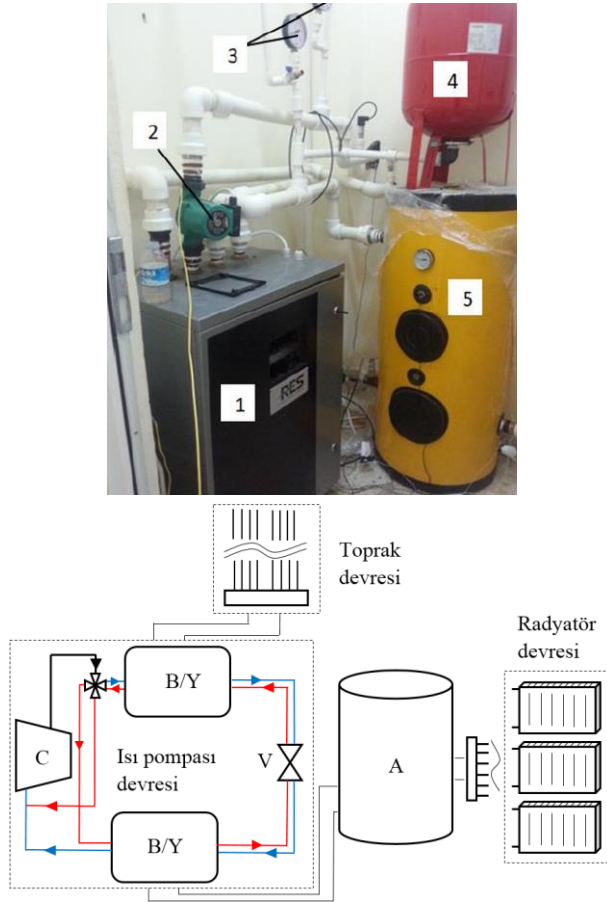
deneysel olarak araştırmıştır. Soğutma sezonunda ortalama toprak sıcaklıkları 30, 60 ve 60 m derinlikleri için sırasıyla 13.37, 16.23 ve 19.97 °C ve ısıtma sezonunda ise aynı derinlikler için sırasıyla 13.35, 17.07 ve 21.02 °C olarak ölçülmüştür. Isıtma sezonu için verilen derinliklerde hesaplanan COP değerleri sırasıyla 1.93, 2.37 ve 3.03 iken soğutma için 3.37, 3.85, 4.33 olmuştur. 90 m derinlikteki ısı pompası sisteminin en yüksek performansa sahip olduğu sonucu elde edilmiştir. Isı pompalarının konut ısıtması için kullanımının incelendiği çalışmada Erzurum ilinde 53 m derinliğinde dikey tip ısı pompası sistemi kurulmuştur. 2007 Ocak ve Mayıs aralığında yapılan deneyler neticesinde ısıtma sezonu için sistemin performans katsayısı 2.3 olarak hesaplanmıştır [11]. Atatürk Üniversitesi kampüsünde bulunan enerji laboratuvarında güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası sistemi kurulmuştur. Deney sistemi güneş kolektörleri, sudan suya ısı pompası ve ısıtma ünitesi kısımlarından oluşmaktadır. Ölçüm sezonunun en soğuk günlerinden biri olan 14 Ocak tarihinde ısı pompası ve sisteme ait performans katsayısı değerleri sırasıyla 4.2 ve 3.6 olarak hesaplanmıştır [12]. Bursa ile için kış mevsimi koşulları dikkate alınarak yatay toprak kaynaklı ısı pompası sistemine ait performans değerlendirmesinin yapıldığı çalışmada; dış ortam sıcaklığı ve ortalama toprak sıcaklığının, sistem kapasitesi ve performans katsayısı üzerine etkisi incelenmiştir. Isı pompası ve sisteme ait performans katsayısı değerleri sırasıyla 2.46 – 2.58 ve 4.03 – 4.18 aralığında hesaplanmıştır [13]. Öztürk [14] Karabük Üniversitesinde bulunan laboratuvarında toprak kaynaklı ısı pompasıyla yaptığı yüksek lisans çalışmasında; boyutları 0.4x0.5x0.4 m olan ve yaklaşık 100 kg toprak kapasitesine sahip toprak haznesi kullanmıştır. Toprak neminin enerji tüketimine etkisini incelemek için %0 ile %40 aralığında değişen farklı nem oranlarında deneyler gerçekleştirilmiştir. Toprağın nem oranının artmasıyla, buharlaştırıcı ve yoğunlaştırıcı kapasitesinin sırasıyla %39 ve %32 oranında, sistem performansının ise %7 oranında arttığı belirlenmiştir.

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre Sivas ili 4. Bölgede olup kış için ortalama sıcaklık değeri -18 oC’dir. Ancak son yıllarda gerek dünya gerekse ülkemizdeki sıcaklık değişimlerinden Sivas ili de etkilenmiş ve sıcaklık ortalamaları kış ve yaz sezonunda artış göstermiştir. Son on yılda Ocak/Şubat aylarında 15.0 – 18.1 oC ve Temmuz/Ağustos aylarında 40.0 – 39.4 oC sıcaklık değerleri ölçülmüştür [15]. Bu durum karasal iklim etkisinin yoğun hissedildiği iç Anadolu bölgesi için ısı pompası uygulamasının kullanılabilirliğinin araştırılmasını akıllara getirmiştir.

Bu çalışmada yatay toprak kaynaklı ısı pompasının Sivas ili için ısıtma ve soğutma performansı araştırılmıştır. Isıtma performansı için Aralık ve soğutma performansı için Haziran ayına ait veriler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlarla ısı pompası uygulamasının performans analizi yapılarak Sivas ili için uygunluğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL SİSTEM (EXPERIMENTAL SETUP)

Deney sistemine ait ısı pompası kurulumu, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi kampüsü içerisinde yer alan Enerji Evi olarak adlandırılan öncesinde farklı tez çalışmalarının yapıldığı 30 m² taban alanı üzerine inşa edilmiş bina için gerçekleştirilmiştir. Sistemi toprak, ısı pompası ve radyatör devresi olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır. Sistem devresinin fotoğrafı ve şematik gösterimi Şekil 1 'de verilmiştir.



Şekil 1. Deney sistemine ait fotoğraf ve şematik gösterim (Photo and schematic view of experimental system)

Şekil 1 'de verilen numaralar sırasıyla, 1 Isı pompası, 2 Sirkülasyon pompası, 3 Manometreler, 4 Genleşme tankı, 5 Akümülyasyon tankını göstermektedir. Benzer olarak şematik gösterimdeki A akümülyasyon tankını, C kompresörü, B/Y ısıtma modunda buharlaştırıcı, soğutma modunda ise yoğuşturucu ve V kısılma vanasını sembolize etmektedir. Sisteme ait sıcaklık, basınç, debi ve elektrik gücü değerleri kayıt altına alınmaktadır. Sistemin ısıtma/soğutma modu geçişleri dört yollu vana ile sağlanmıştır.

Enerji evi olarak adlandırılan üç odalı yapının toplam 51.3 m³ hacme sahip iki odası için ısıtma/soğutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sistemin radyatör devresi iki odada pencere önlerine yerleştirilmiş 22-PKKP/600 tipinde 1.5 m ve 1.6 m olmak üzere toplam 3.1 m uzunluğunda radyatörlerden meydana gelmektedir.

Toprak devresi 6×27 m taban alanına sahip 2.5 m derinlikte açılan çukura yerleştirilmiş 370 m uzunluğunda 10 atü işletme basıncına dayanıklı PE100 (polietilen) borudan oluşmaktadır (Şekil 2a). Literatürde yer alan çalışmalar incelenerek döşeme alanı ve boru uzunluğu [16] hesaplanmış ve Sivas iklim şartlarına göre uygun tip ve uzunluk belirlenmiştir. Sistemde kullanılan ısı pompası Restherma markasına ait IP11SS modeli (Şekil2b) olup, cihazın teknik özellikleri Çizelge 1 'de verilmiştir.

Çizelge 1. Isı pompası teknik değerleri (Technical values of heat pump)

ISITMA	Nominal kapasite	10.5 kW
	COP	5
	Maksimum çıkış suyu sıcaklığı	55 °C
SOĞUTMA	Nominal kapasite	8.5 kW
	EER	4.29
	Maksimum çıkış suyu sıcaklığı	7 °C
Soğutucu akışkan		R410a
Kompresör tipi		Scroll



Şekil 2. Isı pompasına ait a) toprak devresi b) ısı pompası ünitesi (Heat pump cycle of a) ground b) heat pump unit)

Deneylerde ısıtma eleman çiftleri ile iç ortam sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı, 0.5 m ile 2.5 m derinlikleri arası toprak sıcaklıkları, ısıtma suyu sıcaklıkları, soğutucu akışkan sıcaklıkları ve salamura sıcaklıkları ölçülmüştür. Isıtma performansı için kullanılan veriler Aralık ayında [8],

soğutma performansı için kullanılan veriler ise Haziran ayında kaydedilmiştir.

Belirsizlik analizinin belirlenmesi açısından deneysel sistemde kullanılan başlıca ölçüm cihazları için hassasiyet değerleri şu şekilde verilebilir: Hacimsel debi $\pm\%3.36$, ısı eleman çiftleri $\pm\%1.43$, kompresör basıncı $\pm\%4.55$ ve güç değerleri için $\pm\%1.02$. Belirsizlik analizi, birçok çalışmada kullanılan Holman tarafından tanımlanan yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir [17].

3. HESAP YÖNTEMİ (CALCULATION METHOD)

3.1 Isıtma Modu (Heating Mode)

Yapılan çalışma için hesap yöntemi ısıtma ve soğutma modu olarak iki kısma ayrılmıştır. Isıtma modu için topraktan çekilen ısı;

$$\dot{Q}_t = \dot{m}_s * C_s * (T_{s,g} - T_{s,\phi}) \quad (1)$$

olup burada s salamura, g giriş ve ϕ çıkış değerini sembolize etmekte ayrıca debi, özgül ısı ve buharlaştırıcı giriş/çıkış sıcaklıkları sırasıyla verilmektedir. Yoğuşturucuda ısıtma suyuna aktarılan ısı:

$$\dot{Q}_y = \dot{m}_{R410A} * (h_{y,g} - h_{y,\phi}) \quad (2)$$

Isı pompasının performans katsayısı:

$$COP_{IP} = \dot{Q}_y / \dot{W}_{komp} \quad (3)$$

Sistemin performans katsayısı:

$$COP_S = \dot{Q}_y / \dot{W}_{top} \quad (4)$$

$$\dot{W}_{top} = \dot{W}_{komp} + \dot{W}_{sp} \quad (5)$$

3.1 Soğutma Modu (Cooling Mode)

Toprağa atılan ısı:

$$\dot{Q}_t = \dot{m}_s * C_s * (T_{s,\phi} - T_{s,g}) \quad (6)$$

Buharlaştırıcıda sudan çekilen ısı:

$$\dot{Q}_b = \dot{m}_{R410A} * (h_{b,\phi} - h_{b,g}) \quad (7)$$

Isı pompasının performans katsayısı:

$$COP_{IP} = \dot{Q}_b / \dot{W}_{komp} \quad (8)$$

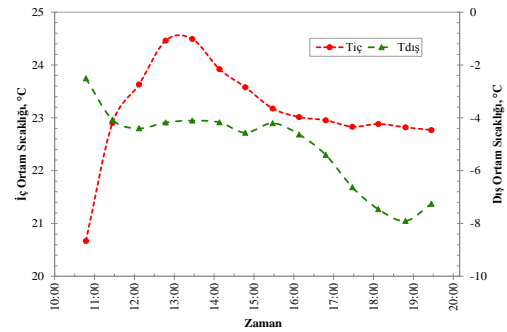
Sistemin performans katsayısı:

$$COP_S = \dot{Q}_b / \dot{W}_{top} \quad (9)$$

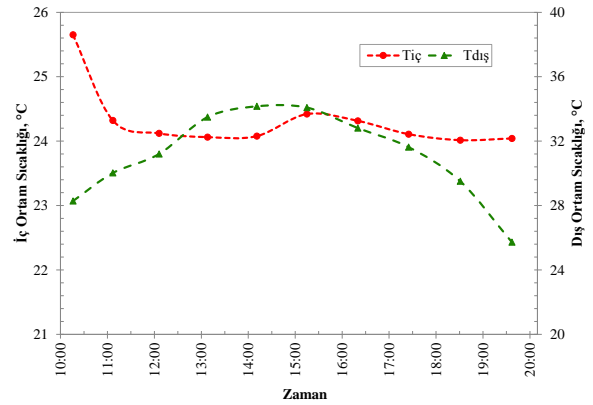
$$\dot{W}_{top} = \dot{W}_{komp} + \dot{W}_{sp} \quad (10)$$

4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ (DISCUSSION OF RESULTS)

Bu çalışmada Sivas ilinde kış ve yaz aylarında gerçekleştirilen ölçümlerde; ısıtma için tipik bir kış günü olan 16 Aralık ve soğutma için ise 29 Haziran tarihlerinde elde edilen değerler kullanılmıştır. Sivas ili iklim özellikleri göz önünde bulundurularak seçilen Aralık/Haziran günleri; toprak kaynaklı ısı pompası uygulamasının kış ve yaz sezonuna ait davranış özelliklerini sergilemesi amaçlanmıştır. İlk olarak iç ve dış ortam sıcaklıklarının değişimleri ısıtma ve soğutma modu için verilmiştir (Şekil 3). Isıtma gününde yapılan ölçümlerde en düşük iç ve dış ortam sıcaklıkları sırasıyla 20.67 °C ve -7.90 °C olurken en yüksek iç ve dış ortam sıcaklıkları 24.49 °C ve -2.51 °C olmuştur. Soğutma günü için yapılan ölçümlerde en düşük iç ve dış ortam sıcaklıkları sırasıyla 24.02 °C ve 25.72 °C olurken en yüksek iç ve dış ortam sıcaklıkları 26.65 °C ve 34.16 °C olmuştur.



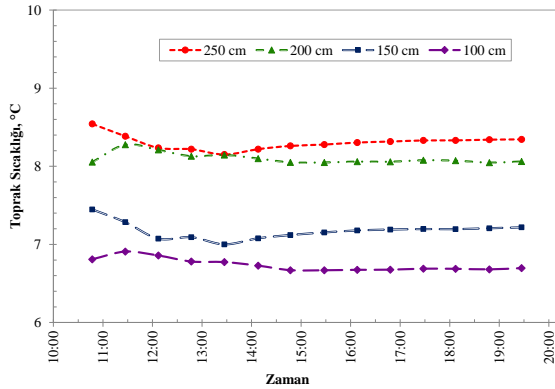
a)



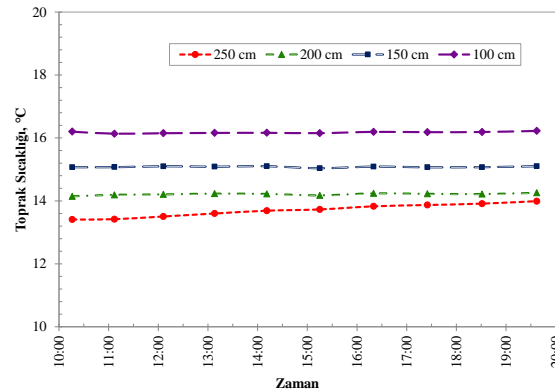
b)

Şekil 3. İç ve dış ortam sıcaklıklarının zamana göre değişimi a) ısıtma b) soğutma (Change of indoor and outdoor temperatures by time a) heating b) cooling)

Yapılan deneysel çalışmada toprak sıcaklıkları 4 farklı derinlikte ölçülmüş olup, bu ölçümlere ait değerler Şekil 4 'te gösterilmiştir. Derinlik arttıkça toprak sıcaklığının da arttığı ısıtma modu için açıkça görülmektedir. Bu değer 2.5 m derinlikte en yüksek 8.54 °C ve 1 m derinlikte en düşük 6.69 °C olarak ölçülmüştür. Soğutma modu için bu durum terse dönerek 2.5 m derinlikte en düşük 13.41 °C ve 1 m derinlikte en yüksek 16.23 °C olarak ölçülmüştür.



a)

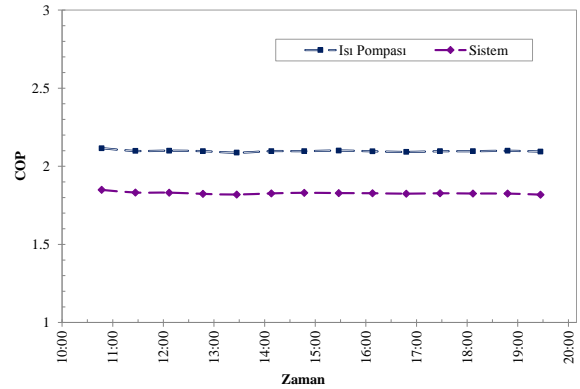


b)

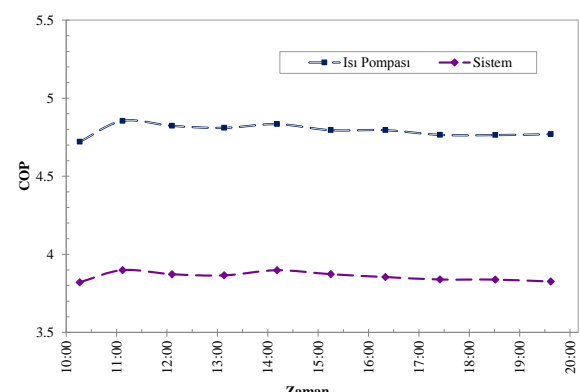
Şekil 4. Farklı derinliklerdeki toprak sıcaklıklarının zamana göre değişimi a) ısıtma b) soğutma (Change of soil temperatures by time at different depths a) heating b) cooling)

Ölçümlerden elde edilen veriler kullanılarak ısı pompası ve sistemin performans katsayısı değerleri ısıtma ve soğutma modu için hesaplanmıştır (Şekil 5). Isıtma gününde ısı pompasına ait performans katsayısı değeri ortalaması (COP_{IP}) 2.10 ve sisteme ait performans katsayısı değeri (COP_{SIS}) ise ortalama 1.83 olarak elde edilmiştir. Performans katsayısı değerleri soğutma modunda ise ısı pompası için ortalama 4.79 (4.72-4.85 aralığında) ve sistem için ortalama 3.86 (3.82-3.90) olarak hesaplanmıştır.

Sivas ili iklim şartlarına benzer özelliklere sahip olan Erzurum ilinde yapılan çalışmada aralık ayı boyunca ısı pompasının ve sistemin günlük ortalama performans katsayılarını sırasıyla 2.4 ve 2.1 olarak hesaplamıştır [18]. Ankara ilinde soğutma mevsimi için yapılan çalışmada ise ısı pompasının performans katsayısı COP_{IP} ve sistemin COP_{SIS} değerleri ise sırasıyla 3.12 ve 2.81 olarak hesaplanmıştır [3]. Bu değerler göz önünde bulundurulduğunda mevcut çalışmada ısıtma için elde edilen sonuçların çok yakın olduğu, soğutma için ise daha yüksek sonuçlar elde edildiği görülmüştür.



a)



b)

Şekil 5. Performans katsayısı değerlerinin zamana göre değişimi a) ısıtma b) soğutma (Change of coefficient of performance values by time a) heating b) cooling)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION and SUGGESTIONS)

Yatay toprak kaynaklı ısı pompasının Sivas ili için ısıtma ve soğutma performansının araştırıldığı deneysel çalışmada; ısıtma performansı için Aralık ayı ve soğutma performansı için Haziran ayına ait birer günlük veriler kullanılmıştır. Böylece ısı pompası uygulamasının Sivas ili için tipik kış ve yaz sezonu iklim özelliklerinin sergilenmesi amaçlanmıştır.

Deneysel çalışmada iki odadan oluşan toplam 51.3 m³ hacme ısı pompası uygulaması yapılmış ve ölçülen verilerden ısıtma modunda ortalaması performans katsayısı değerleri ısı pompası ve sistem için sırasıyla 2.10 ve 1.83, soğutma modunda ise ısı pompası için ortalama 4.79 ve sistem için ortalama 3.86 olarak hesaplanmıştır. Ülkemizin 4. derece gün bölgesinde bulunan Sivas ili için 2.5 m derinlikte elde edilen performans katsayısı değerleri gerek ısıtma gerekse soğutma modunda tatmin edici aralıklardadır. Ayrıca ısı pompası için ısıtma güç tüketimi ortalama değeri 2.83 kW, soğutma güç tüketimi ortalama değeri 1.69 kW olarak elde edilmiştir.

Sivas ili ısı pompası uygulamasının yatay olarak uygulanması sonucu elde edilen değerlerin umut vaat edici olması gelecek çalışmalarda düşey tip ısı pompası kullanımına teşvik etmektedir. Elde edilen performans katsayısı değerleri ve benzer iklim bölgesinde yapılan çalışmalar da göz önüne alındığında düşey ısı pompası performans katsayısı değerlerinin yataya göre daha yüksek olacağı ön görülmektedir.

SEMBOLLER (NOMENCLATURE)

\dot{Q}	: Çekilen/atılan ısı [kW]
c	: Özgül ısı [kJ/kg °C]
\dot{m}_s	: Salamuranın debisi [kg/s]
$T_{s,g}$: Salamuranın buharlaştırıcı/yoğuşturucu giriş sıcaklığı [°C]
$T_{s,\phi}$: Salamuranın buharlaştırıcı/yoğuşturucu çıkış sıcaklığı [°C]
\dot{m}_{R410A}	: Soğutucu akışkanın kütleli debisi [kg/s]
$h_{y,g}$: Yoğuşturucu girişinde soğutucu akışkanın entalpisi [kJ/kg]
$h_{y,\phi}$: Yoğuşturucu çıkışında soğutucu akışkanın entalpisi [kJ/kg]
$h_{b,\phi}$: Buharlaştırıcı çıkışında soğutucu akışkanın entalpisi [kJ/kg]
$h_{b,g}$: Buharlaştırıcı girişinde soğutucu akışkanın entalpisi [kJ/kg]

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Benli H., "A performance comparison between a horizontal source and a vertical source heat pump systems for a greenhouse heating in the mild climate Elazığ, Turkey", *Applied Thermal Engineering*, 50: 197-206, (2013).
- [2] Naili N., Hazami M., Kooli S., Farhat A., "Energy and exergy analysis of horizontal ground heat exchanger for hot climatic condition of northern Tunisia", *Geothermics*, 53: 270-280, (2015).
- [3] Özdemir M. B., Özkaya M. G., "Ankara ili şartlarında düşey tip toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin enerji ve ekserji analizi", *Politeknik Dergisi*, 18 (4): 269-280, (2015).
- [4] Luo J., Rohn J., Bayer M., Priess A., Wilkmann L., Xiang W., "Heating and cooling performance analysis of a ground source heat pump system in Southern Germany", *Geothermics*, 53: 57-66, (2015).
- [5] Zhai X.Q., Cheng X.W., Wang R.Z., "Heating and cooling performance of a minitype ground source heat pump system", *Applied Thermal Engineering*, 111: 1366-1370, (2017).
- [6] Mao Q., Chen Y., "Experimental investigation of thermal performance of a ground source heat pump system for spring season", *Energy and Buildings*, 152: 336-340, (2017).
- [7] Lu Q., Narsilio G. A., Aditya G. R., Johnston I.W., "Economic analysis of vertical ground source heat pump systems in Melbourne", *Energy*, 125: 107-117, (2017).
- [8] Caner M., "Yatay Tip Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Sivas Şartlarında Değerlendirilmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2018).
- [9] Caner M., Duman N., Buyruk E., Kılınç F., "Experimental investigation of the performance of a horizontal ground source heat pump", *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 9 (6): 1606-1609, (2018).
- [10] Esen H., "Düşey borulu toprak kaynaklı ısı pompasının konut iklimlendirme sistemlerinde mevsimlik davranışının araştırılması", *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007).
- [11] Ekinci D. A., "Erzurum'da mahal ısıtma amaçlı kullanılan toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin deneysel incelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007).
- [12] Bakırcı K., Çomaklı K., Özyurt Ö., Yılmaz M., "Güneş destekli ısı pompasının enerji ve ekserji analizi", *Mühendis ve Makina Dergisi*, 50 (590): 26-32, (2009).
- [13] Pulat E., Coskun S., Unlu K., Yamankaradeniz N., "Experimental study of horizontal ground source heat pump performance for mild climate in Turkey", *Energy*, 34(9): 1284-1295, (2009).
- [14] Öztürk M., "Toprak kaynaklı ısı pompalarında toprak neminin ısı pompasının enerji tüketimine etkisi", *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2015).
- [15] <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SIVAS>.
- [16] Yoldaş, T., Durmaz, Ş., "Isı pompası sistemleri ve toprak kaynaklı bir ısı pompasının bir villaya uygulanması", *TTMD Dergisi*, 55: 31-38, (2008).
- [17] Holman J.P., "Experimental methods for Engineers", *McGraw-Hill Education*, 739s. (1994).
- [18] Çolak, D., "Toprak kaynaklı ısı pompasının performans analizi", *Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2012).