

Isı Pompasının Vakum Tüplü Güneş Kollektör Performansına Etkisinin Deneysel İncelenmesi

Selçuk SELİMLİ ^{a,*}, Ziyaddin RECEBLİ ^a, Alper AYDIN ^b

^aTeknoloji Fakültesi, Karabük Üniversitesi, TR-78050, Karabük, Türkiye

^bMuş Sultan Alparslan Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi, Muş, Türkiye.

ÖZET

Bu çalışmada, hava kaynaklı ısı pompası ve vakum tüplü güneş kolektörü sisteminin kombine çalışması deneysel olarak incelenmiştir. Güneş kollektör sistemi performansına ısı pompası çevriminin katkısı belirlenmiştir. Deney düzeneği güneş kollektör sistemi 30 litrelik su deposu ve 4 adet vakum tüpü ile oluşturulmuştur. Kollektör deposuna serpantin şeklinde, ısı pompası kondenseri (yoğuşturucu) yerleştirilmiştir. Sistem evaporatörü olarak 2400 W gücünde alüminyum kanatçıklı fan destekli evaporatör kullanılmıştır. Isı pompası kompresörü 745 W gücündedir. 303-363 K aralığında çalışan termostat ile sıcaklık kontrolü sağlanmıştır. Deneyler esnasında güneş ışınım şiddeti, ısınma süresi ve su sıcaklık değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Deneyler üç farklı çalışma durumu için tekrarlanmıştır. Birinci gün ısı pompası ve güneş kollektör sistemi, ikinci gün sadece güneş kollektör sistemi ve üçüncü gün ise sadece ısı pompası sistemi çalıştırılarak deneyler tamamlanmıştır. Yapılan değerlendirmeler neticesinde sistem veriminde %5 artış olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcük : Vakum tüplü güneş kolektörü, hava kaynaklı ısı pompası.

Experimental Observation of Effect of Heat Pump on Vacuum Tube Solar Collector Performance

ABSTRACT

In this study, combine operation of air source heat pump and vacuum tube solar collector system was experimentally observed. Contribution of heat pump system on solar collector system performance was determined. Solar collector experimentation setup was constructed with 30 Lt water storage tank and 4 items vacuum tube. Heat pump condenser which is in the form of pipe coil was placed into the water storage tank. System evaporator is fan assisted aluminium fin and 2400 W capacities. Heat pump compressor is 745 W power. Temperature was controlled by 303-363 K range thermostat. During the experimentations solar radiation intensity, heating time and temperature of water was recorded. Experimentations were repeated for three different operation conditions. In the first day, solar collector and heat pump system, the second day, only solar collector and on the third day, only heat pump system was operated and experimentation was completed. It is determined that, the system efficiency was enhanced about 5% according to the evaluations.

Key Words : Solar collector with vacuum tube, air source heat pump.

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Isı pompası sistemleri, elektrik ısıtma sistemlerine göre ekonomik olmaları, çevre kirliliğine sebep olmamaları, istenildiğinde hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanılabilmesi gibi avantajları ile üzerinde çalışılan sistemler arasındadırlar. Isı pompası sistemlerinin soğutma amaçlı formu olan soğutma sistemlerinde soğutulacak ortamdan evaporatör (buharlaştırıcı) vasıtası ile alınan ısı ve kompresöre verilen enerji kondenser (yoğuşturucu) vasıtası ile dış ortama atılmaktadır. Isı pompası sistemlerinin ısıtma amaçlı kullanımında ise kondenserden atılan ısı enerjisi ortam ısıtmasında kullanılmaktadır. Isı pompalarının farklı iki formu olan soğutma ve ısıtma çevrimleri arasındaki bu çalışma farkı çevrim elemanlarının amaca uygun yerleşimindeki farklı konumlandırılmadan kaynaklanmaktadır. Yani soğutma devresinde soğutma

işlemi buharlaştırıcının, ısı pompasında ise ısıtma işlemi yoğuşturucunun bulunduğu çevrede yapılmaktadır. Günümüzde, fosil kaynaklı yakıtlar enerji gereksiniminin karşılanmasında ilk sırada yer almaktadır. Fosil kaynaklı yakıtların yakın gelecekte tükenmesi riski ve uluslararası piyasalarda giderek artan petrol fiyatları, insanları yeni, ucuz ve temiz olarak nitelendirilen yenilenebilir enerji kaynakları arayışına yönlendirmektedir. Rüzgar ve güneş gibi sürdürülebilir enerji kaynaklarından maksimum verimle enerji sağlamak birçok araştırmacının çalışma konusu haline gelmiştir. Güneşten dünyamıza gelen enerji miktarının, dünyada bir yılda tüketilen enerjinin 20.000 katı kadar olduğunu bilmekteyiz [1]. Bu alandaki çalışmaların her geçen gün artarak devam etmesi, hem ülkemiz ekonomisi hemde enerji alanında dışa bağıllığın azaltılması açısından önemlidir. Güneş enerjisi temiz ve sürekliliğe sahip enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahiptir. Gelişen teknolojiler ve insanoğlunun yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi konusunda

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: selcukselimli@gmail.com.tr

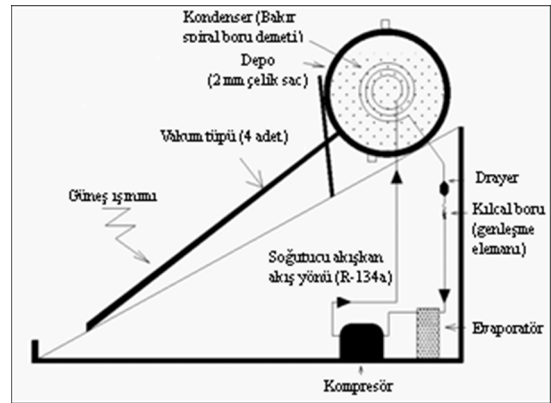
Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2013.16.3. 91-95

bilinçlenmesi yeni ve verimli güneş enerji kaynaklı sistemlerin gelişimini sağlamaktadır. Güneş enerjisi yaygın olarak ısınma, sıcak su ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Yeni jenerasyon vakum tüplü güneş enerji sistemleri, güneş ışınlarından dört mevsim yüksek verimde fayda sağlayan sistemlerdir. Özyaman, konutlarda ısınma ve sıcak su üretiminde aynı işi daha az enerji kullanarak yapmak amacıyla İzmir'de 120 m² net kullanım alanına sahip bir işyerine güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemi kurmuştur. Sistem Kasım 2009'dan Nisan 2010 ayları arasında 5 ay süre ile 7 gün 24 saat çalıştırılmıştır. Bu süreçte ölçümler yapılarak elde edilen sonuçlar neticesinde toplam ısınma ihtiyacının %70 kadar tasarruf sağlanmıştır [2]. Kılıç çalışmasında, güneş enerjisi destekli ısı pompasının deneysel olarak incelenmesi sonucunda birim m² kolektör yüzey alanından sisteme $Q_h = 844,37$ enerji girdisi gerçekleşirken, yalıtımlı bir depodaki ($K = 0,632W/m^2 K$) suya, $Q_{su} = 4075,5$ kJ/h ısı enerjisi aktarılmıştır. Isı pompasının ITK'sı 3,79 olarak hesaplanmıştır. Güneş kolektöründen sisteme giren ısı enerjisi arttıkça sistemin ITK'sı artmaktadır [3]. Şevik vd yaptıkları çalışmada, ısı pompası ve güneş enerjisi destekli ısıtma ve kurutma prosesini modellemişlerdir. Bu sistem tasarımında enerji ihtiyacı güneş enerjisi ve ısı pompası ile sağlanmıştır. Daha az enerji girdisi ile ve daha kaliteli olarak kurutulmuş ürün, oransal-integral-türevsel (PID) kontrol tasarımı kullanılarak sağlanabileceği kanaatine varılmıştır [4]. Yasar vd. güneş enerjisi destekli ısı pompası ile sıcak su (328 K, 80 lt) üreten bir sistem tasarımı ve oluşturulması üzerine çalışma ve incelemeler yapmışlardır. Tasarlanan ilk örnek ile yapılan deneylerde uygun şartlarda ısı pompası ısıtma tesir katsayısı 3 değerinin üzerinde çıkmıştır. Bu durum, güneş enerjisi destekli ısı pompalarının su ısıtma amaçlı kullanılmasının ülkemiz şartlarında çok verimli ve enerji tüketiminde başarılı sonuçlar elde edilebileceğini göstermektedir [5]. Dikici vd. yaptıkları çalışmada güneş enerjisi kaynaklı, hava kaynaklı ısı pompalarını araştırmışlardır. Elde edilen deney sonuçlarına göre; güneş ve hava kaynaklı ısı pompalarının performans analiz değerleri güneş+hava kaynaklı ısı pompası sisteminin performansı ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; her üç sistem performans katsayıları açısından karşılaştırıldığında en avantajlı ısı pompası sisteminin güneş+hava kaynaklı ısı pompası sistemi olduğu görülmüştür [6]. Ketrez vd. yaptıkları çalışmada güneş enerjisinden yararlanılarak deniz suyunun kullanım suyu haline getirilmesi ve soğutulması amaçlanmıştır. Sisteme ısı pompası da ekleyerek damıtma miktarı artırmışlardır. Isı pompası kullanımının sadece güneş enerjisiyle damıtmaya nazaran %35 daha fazla damıtma sağladığı tespit edilmiştir [7]. Kaygusuz ve Ayhan yaptıkları çalışmada Trabzon da performansını incelemek amacıyla kombine güneş ve ısı pompası sistemi kurmuşlardır. Bu sistem konvansiyonel güneş sistemi, seri ısı pompası, paralel ısı pompası sistemi ve çift kaynaklı ısı pompası sisteminden oluşmaktadır. Sonuç olarak sezonsal

performans değerleri karşılaştırıldığında seri, paralel ve çift kaynaklı sistem verileri sırasıyla 3.30, 3.70 ve 4.20 olarak elde edilmiştir [8]. Samancı vd. yaptıkları çalışmada soğuk iklim bölgelerinde konutların ısıtılması için hava-hava çalışan bir ısı pompasına çift fazlı güneş enerjisi destekli düzlemsel güneş kolektörünü kaynak olarak kullanmışlardır. Hava+su-hava çalışan sistemin konvansiyonel sisteme göre Isıtma Tesir Katsayısı (ITK)'nda %24 lük bir artış sağladığı tespit etmişlerdir [9]. Yamankaradeniz yaptığı çalışmada güneş enerjisi destekli bir ısı pompası deney düzeneği kurmuştur. Yaptığı deneylerde ısı pompasının performans katsayısının 4-5 arasında değiştiğini ve bu dönemde verim değerlerinin ise %25 ile %65 arasında değiştiğini belirlemiştir. Deney sonucunda güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemlerinin avantajlı olduğu kanısına varmıştır [10]. Bu çalışmada, vakum tüplü güneş kolektörleri ve ısı pompası sistemi kombine çalışması ve sistem performansı incelenmiştir.

YÖNTEM (METHOD)

Bu çalışma bir deney düzeneği üzerinde yapılan deneylerden elde edilen verilerin incelenmesi ile oluşturulmuş deneysel bir çalışmadır. Çalışmada iki farklı ısı sisteminin kombinasyonu ile maksimum fayda amaçlanmıştır. Bu bağlamda, 4 adet vakum tüpüyle çalışan mini bir güneş kolektörü düzeneği imal edilmiş olup, deposunun içine serpantin şeklinde bakır boru demeti yerleştirilmiştir. Yerleştirilen bakır boru demeti ısı pompası kondenseri olarak kullanılmıştır. Bakır boru demetinin uçları deponun kenarlarından çıkartılarak evaporatör ve kompresöre giden devreyi tamamlamaktadır. Sistemde, soğutucu akışkanı süzmek için 1 adet drayer ve akışkanı genişletmek için 1 adet genişleme elemanı (kılcal boru) kullanılmıştır. Güneş kolektöründe absorbe edilen ısı enerjisi ile sıcak su hazırlama sistemine destek olarak ısı pompası sisteme monte edilmiştir. Sisteme ait şematik görsel Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Isı pompası destekli güneş kolektörü şematik görseli.

Deney düzeneği su deposu 2 mm kalınlığında çelik sactan imal edilmiştir. Depoya açılan 4 adet deliğe sızdırmaz contalar kullanılarak vakum tüplerinin yaklaşık 3-4 mm'lik kısımları deponun içerisinde kalacak şekilde montajı yapılmıştır. Vakum tüpleri güneşin gün içerisinde hareketi ve bölgenin enlem açısı

dikkate alınarak kolektör eğimi Karabük ilinin enlem derecesi $+15^\circ$ ($40^\circ+15^\circ$) olacak şekilde depoya monte edilmiştir. Deponun iç kısmına yerleştirilen bakır boru demeti ısı pompası devresini tamamlamayacak şekilde sisteme bağlanmıştır. Deney düzeneğine ait resim Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Isı pompası destekli güneş enerjisi deney düzeneği.

Deney düzeneği su tankına yerleştirilen serpantin şeklindeki boru demetine ait resim Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Deney düzeneği su deposuna yerleştirilen serpantin boru demeti.

Ölçümler öncesi deney düzeneği su deposuna 30 lt su doldurulmuştur. Ölçümler hava sıcaklığının ortalama 301 K olduğu 3 gün boyunca 11.00 – 15.00 saatleri arasında 15 er dakika ara ile yapılmıştır. Güneş ışınım şiddetine göre değişen parametreler göz önünde bulundurularak, sabah saatlerinde havanın açık olduğu durumda açık alanda ısı pompası ve güneş kolektör sistemi çalıştırılmış ve havanın kapandığı 15:00 saatlerinde su sıcaklığı 323 K’e ulaşmış, deney tamamlanmıştır. Bu zaman diliminde gözlemlenen sisteme ait veriler Tablo 1’de verilmiştir. Havanın tamamen açık olduğu 2. günde ise ısı pompası çalıştırılmamış sadece güneş ışınımından elde edilen enerji ile su 323 K sıcaklığa ısıtılmıştır. Alınan veriler Tablo 2’de verilmiştir.

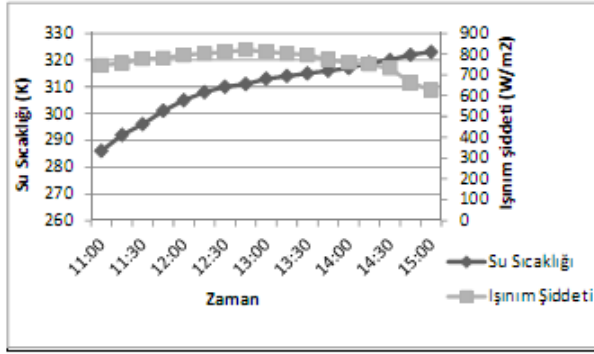
3. gün ise sistem kapalı laboratuvar ortamında sadece ısı pompası çalıştırılarak su 313 K’e ısıtılmıştır. Ölçümler dijital termometre, K tipi termokupl ve güneş ışınım şiddeti ölçümü için solarimetre ile gerçekleştirilmiştir. Sistem kolektörü olarak, iki katmanlı vakum bölgesi güneş kolektörü kullanılmıştır. Vakum tüplü güneş kolektörleri %93 ısı emilim ve %7 ısı yansıma özelliği ile oldukça verimli sistem ekipmanlarıdır. Değişkenlere bağlı olarak ortalama ısıtma tesir katsayısı hesaplanmış ve sonuçlar grafiksel olarak verilmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen verilere göre 1.gün güneş kolektörü ve ısı pompası devredeyken suyun zamana ve ışınım şiddetine bağlı ısıtılması verileri grafiksel olarak Şekil 4’de verilmiştir.

Tablo 1. Güneş kolektör ve ısı pompası kombine çalışımı deneyi verileri.

Saat	Su Sıcaklığı (K)	İşınım şiddeti (W/m^2)	Saat	Su Sıcaklığı (K)	İşınım şiddeti (W/m^2)	Saat	Su Sıcaklığı (K)	İşınım şiddeti (W/m^2)
11:00	288	700	12:30	310	522	14:00	317	80
11:15	292	732	12:45	311	683	14:15	319	71
11:30	296	448	13:00	313	257	14:30	320	77
11:45	301	602	13:15	314	162	14:45	322	80
12:00	305	427	13:30	315	122	15:00	323	90
12:15	308	377	13:45	316	87			

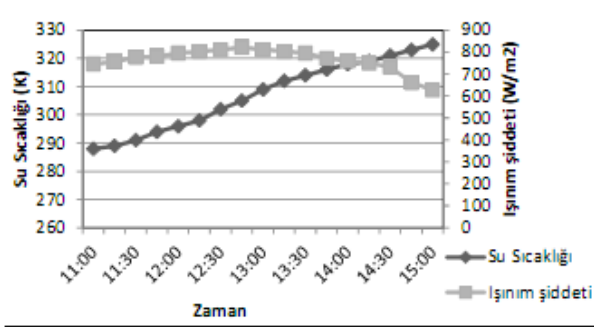
Tablo 2. Güneş kolektör sistemi deneyi verileri.

Saat	Su Sıcaklığı (K)	İşınım şiddeti (W/m^2)	Saat	Su Sıcaklığı (K)	İşınım şiddeti (W/m^2)	Saat	Su Sıcaklığı (K)	İşınım şiddeti (W/m^2)
11:00	288	746	12:30	302	811	14:00	318	760
11:15	289	756	12:45	305	821	14:15	319	751
11:30	291	777	13:00	309	812	14:30	321	732
11:45	294	780	13:15	312	804	14:45	323	662
12:00	296	796	13:30	314	796	15:00	325	627
12:15	298	803	13:45	316	772			



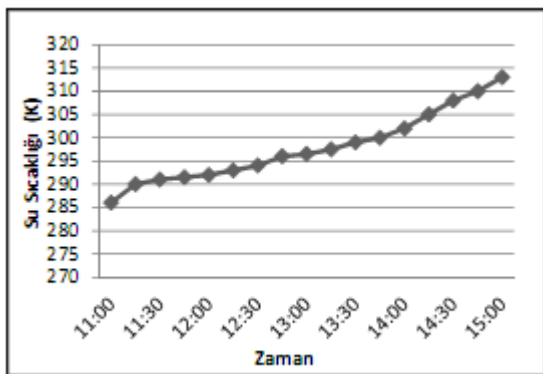
Şekil 4. Güneş kolektörü ve ısı pompası kombine çalışması.

Sistem analiz edildiğinde ısı pompası ve güneş kolektörünün birlikte çalışması durumu için sistem verimi %45 olarak belirlenmiştir. 2. gün sadece güneş kolektörü devreye alınmış olup elde edilen verilere göre suyun zamana ve ışınım şiddetine bağlı ısıtılması verileri grafiksel olarak Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Güneş kolektörü çalışması.

Sistem verimi sadece güneş kolektörünün çalışması durumunda %40 olarak belirlenmiştir. 3. günde düzenek karanlık laboratuvar ortamına taşınmış ve sadece ısı pompası devreye alınarak, suyun zamana bağlı ısıtımını incelenmiş olup elde edilen veriler Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Isı pompası çalışması.

Sadece ısı pompası ile su ısıtılması işleminde sistem verimi %18 olarak belirlenmiştir. Isı pompası sistemi güneş kolektör sistem performansına pozitif kazanım sağlamıştır.

Yapılan çalışmaya ait teorik ifadeler aşağıda verildiği gibidir.

Isı Pompasının Performans Katsayısının Hesabı;

$$COP = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{W}_{c.o}} \quad (1)$$

COP = Isıl tesir katsayısı

\dot{Q}_c = Condenser ısı gücü (W)

$\dot{W}_{c.o}$ = Kompresör gücü (W)

Güneş kolektör verimi;

$$\dot{Q}_{c.o} = \eta_c * I * A \quad (2)$$

I = Güneş Işınımı (W/m²)

A = Kolektör yüzey alanı (m²)

$\dot{Q}_{c.o}$ = Collector ısı gücü (W)

η_c = Kolektör verimi

Genel sistem verimi ifadesi;

$$\eta_s = \frac{\dot{Q}_c + \dot{Q}_{c.o}}{\dot{W}_{c.c}} \quad (3)$$

η_s = Sistem verimi

SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS and DISCUSSIONS)

Bu çalışmada ısı pompası ile güneş kolektörü kombine çalıştırılmış olup, sistemin deneysel incelenmesi sonucunda ısı pompası sistem performansına pozitif kazanım sağlamıştır. Güneş kolektör sistem verimi ısı pompası yardımıyla %5 oranında artırılmış ve sistem verimi %45 olarak belirlenmiştir. Bu verim değeri Yamankaradeniz [10] tarafından yapılan benzeri çalışma sonuçlarınınca desteklenir niteliktedir. Deney setinde yapılan ölçümler sırasında kullanılan ölçüm aletleri ve diğer etkenlerden kaynaklanan deneysel bulguların hata oranı belirsizlik analizi yöntemi kullanılarak %7,52 olarak belirlenmiştir. Sistem evaporatörü ortam soğutması amacıyla kullanılarak pozitif kazanım artırılabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1) Öz, E.S., Özbaşı, E, Dünder, R, "Vakum Tüplü Güneşli Su Isıtma Sistemi İle Standart Düz Kolektörlü Güneşli Su Isıtma Sistemlerinin Performans Ve Verimlerinin Deneysel Olarak Karşılaştırılması", *VIII. Ulusal Tesizat Mühendisliği Kongresi*, 991-999, (2007).
- 2) Özyaman, A.C., "Güneş enerjisi destekli ısı pompası ile mahal ısıtma uygulaması", *Tesizat Mühendisliği Dergisi*, 123: 68-75 (2011).
- 3) Kılınç, H., "Güneş enerjisi destekli ısı pompası", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* Ankara, 43-61 (2006).
- 4) Şevik, S., Doğan, H. ve Aktaş, M., "Güneş enerjisi ve ısı pompası destekli ısıtma kurutma sisteminin modellenmesi", *Politeknik Dergisi*, 14 (1): 85-91 (2011).
- 5) Yaşar, A. T., Orhan, B, ve Güngör, A., "Aile tipi bir güneş enerjisi destekli ısı pompalı su ısıtıcısı sistem tasarımı" *Ulusal Tesizat Mühendisliği Kongresi* İzmir, 827-833 (2009).
- 6) Dikici, A., Akbulut, A. ve Gülçimen, F., "Güneş ve hava kaynaklı ısı pompasının deneysel incelenmesi" *Mühendis ve Makine Dergisi*, 544:41-51 (2005).

- 7) Ketrez, M., Usta, H., ve Çay, Y., “Isı pompası destekli güneş enerjisiyle su damıtma”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi* 127: 68-75 (2012)
- 8) Kaygusuz, K. ve Ayhan, T., “Experimental and theoretical investigation of combined solar heat pump system for residential heating”, *Renewable Energy*, 40: 1377-1396 (1999).
- 9) Samancı, A., Altınışık, K., ve Sertkaya, A.A., “Çift fazlı güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası sisteminin teorik ve deneysel incelenmesi”, *Journal of Technical-Online*, 10(1): 74-85 (2011).
- 10) Yamankaradeniz, R., Güneş Enerjisi Kaynaklı Isı Pompasının Teorik ve Deneysel İncelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul (1982).