

# Erzurum'da Yarı Açık Bir Günde Güneş Kaynaklı Isı Pompasının Performans Analizi

Kadir BAKIRCI  
Ömer ÖZYURT  
Bayram ŞAHİN  
Kemal ÇOMAKLI

## ÖZET

Erzurum'da güneş kaynaklı ısı pompası sisteminin performansı yarı açık bir günde deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel düzeneği, Erzurum Atatürk Üniversitesi Enerji Laboratuvarı'nda kurulmuştur. Deneysel sistem, 8 adet düzlemsel güneş enerjisi toplayıcısı, sıvı-sıvı prensibine göre çalışan buhar sıkıştırıcı bir ısı pompası, ısıtma ünitesi, sirkülasyon pompaları ile ölçüm ve kontrol elemanlardan meydana gelmiştir. Güneş enerjisi toplayıcılarından gelen ısı taşıyıcı akışkan (%50 antifriz-su karışımı), su kaynaklı buharlaştırıcıda direk ısı kaynağı olarak kullanılıp bir sirkülasyon pompasıyla tekrar toplayıcılara gönderilmiştir. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, ısı pompası (COP) ve sistemin (COPS) performans katsayısını hesaplamak için kullanılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Güneş enerjisi; güneş kaynaklı ısı pompası; yeni ve yenilenebilir enerji; Erzurum.

## 1. GİRİŞ

Enerji tüketimi, insanların yaşam seviyelerinin artması ve ülkelerin endüstrileşmesi ile direkt olarak ilgilidir. Dünya nüfusu ve yaşam standardının artmasından dolayı enerji tüketimi de büyük ölçüde artmaktadır. Bu enerji ihtiyacı, yeni enerji kaynaklarının belirlenip geliştirilmesini ve enerjinin daha verimli kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Mevcut olan enerjinin daha ekonomik olarak kullanılması ve atık enerjinin yeniden kazanılmasında tercih edilen en önemli sistemlerin başında ısı pompası sistemleri gelmektedir.

Isı pompaları, sürekli gelişmekte olan enerji tasarruf sistemleri olarak bilinirler. Aynı sistemde hem ısıtma hem de soğutma yapabilmeleri en önemli avantajlarından biridir. Endüstride birçok uygulamalarının olmasına ve atık ısıyı kullanarak enerji ekonomisine katkı sağlamalarına rağmen, ısı pompalarının uygulamaya sokulmasında nedense geri kalmaktadır. Enerji maliyetlerinin artışı, verimli enerji üretimi için avantajlı sistemler olan ısı pompalarının kullanımını gündeme getirmiştir. Enerji fiyatları arttığı sürece, ekonomik alternatif enerji kaynağı olarak ısı pompalarının büyük ölçüde rağbet göreceği açıktır.

## Abstract:

The performance of the solar assisted heat pump system for a semi-clear day in Erzurum is experimentally investigated. Experimental set-up is constructed in the Energy Laboratory of Atatürk University, in Erzurum. The experimental apparatus consisted of eight flat-plate solar collector, liquid-to-liquid vapour compression heat pump, unit of heating, water circulating pumps and measurement and control equipments. The heat carrier fluid (50% antifreeze-water mixture) coming from the solar collectors is directly used as a heat source to the water sourced evaporator, then, it is sent to the solar collectors by the water circulating pump. The experimentally obtained results are used to calculate the coefficient of the performance of the heat pump (COP) and the system (COPS).

## Key Words:

Solar energy; solar assisted heat pump; new and renewable energy; Erzurum

Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre çok sayıda avantajı vardır. Her şeyden önce bol, temiz ve yerel uygulamalar için elverişlidir. Dışa bağlı olmadığından, çıkabilecek ekonomik bunalımlardan bağımsızdır. Günümüzde özellikle petrol fiyatlarının artması, güneş enerjisini gittikçe cazip kılmakta ve güneş enerjisinden yararlanan sistemlerin sayısı her geçen gün artmaktadır (Kılıç ve Öztürk, 1983).

Bir ısı pompasının teknik ve ekonomik performansı, kullanılan ısı kaynağının karakteristikleriyle yakından ilgilidir. Isı kaynağı seçimi yapılırken coğrafik durum, iklim şartları, ilk maliyet ve uygunluk faktörleri dikkate alınmalıdır. Isı pompalarına kaynak olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını tercih etmek, enerji tasarrufu ve çevresel faktörler bakımından son derece önemlidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi de, ülkemizde önemli bir potansiyele sahip olan güneş enerjisidir. Ancak bu enerji gündüz ve gökyüzünün açık olduğu günlerle sınırlıdır. Bu bakımdan ısı pompası sistemine ikinci bir kaynak olarak topraktan çekilebilecek ısı enerjisi, sisteme süreklilik kazandırmaktadır.

Güneş kaynaklı ısı pompası, güneşten gelen enerjii kullanarak çevreye zarar vermeden ısıtma ve soğutmada ideal konfor şartlarını en ekonomik şekilde sağlayabilirler. Literatürde, farklı bölgeler ve değişik amaçlar için güneş kaynaklı ısı pompaları üzerine birçok çalışmalar yapılmıştır. Literatürde güneş kaynaklı ısı pompaları konusunda yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmektedir.

Tleimat ve Howe (1978), ısıtma ve soğutma amaçları için güneş kaynaklı bir ısı pompası sistemi üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışmada, tamamen elektrik enerjisiyle yapılan konut ısıtma ve soğutmanın, güneş destekli bir ısı pompası sistemi kullanılarak başarılı bir şekilde yapılabileceği ileri sürülmüştür.

Chaturvedi ve Shen (1984), Freon 12 soğutkanının kullanıldığı evaporatör gibi hareket eden açık düz plakalı kolektöre sahip direkt genişlemeli bir güneş destekli ısı pompası dizayn ederek çalıştırmışlardır. Sistemin termik performansı, soğutkan akış oranı ile

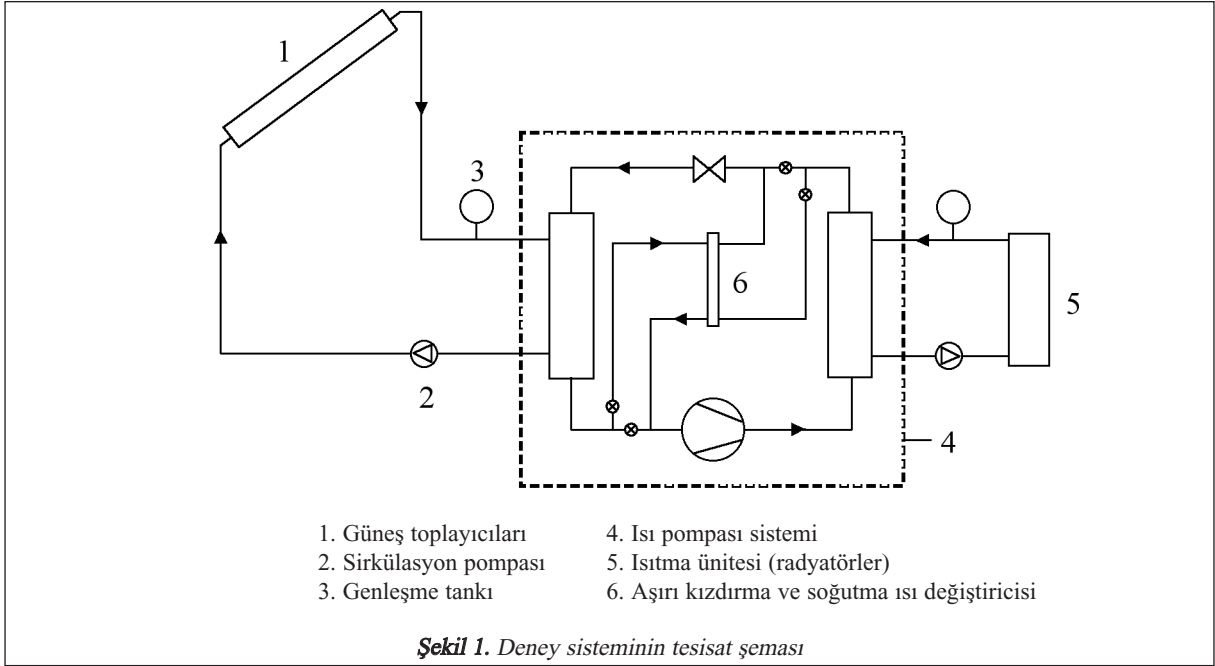
sistemin değişik noktalardaki sıcaklık ve basınçlar ölçülerek belirlenmiştir. Araştırmacılar, ısı pompası performans katsayısının 2 ile 3 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir.

Çomaklı ve arkadaşları (1993) tarafından, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde evsel ısıtma için enerji depolu güneş destekli ısı pompası sisteminin performansını araştırmak için bir deneysel düzenek kurulmuştur. Çalışmada, toplayıcı verimi, ısı pompası ve sistemin performans katsayısı hesaplanmıştır.

Best vd. (1996), en son pirinç hasat sezonunda, güneş destekli bir ısı pompası prototip kurutma sisteminin verimi ve kurutma kalitesi üzerinde çalışma yapmışlardır. Sistem, bir güneş ve ısı pompası sistemi gibi çalıştırılmış ve farklı opsiyonlar için kurutma eğrileri elde edilmiştir. Kurutucunun daha iyi kontrol edilmesi ve düşük sıcaklık avantajından dolayı, güneş destekli ısı pompası kurutma sisteminin mevcut kurutma sistemlerine çok iyi bir alternatif olduğu ifade edilmiştir.

Yamankaradeniz ve Horuz (1998) tarafından İstanbul şartlarında açık günler için, güneş enerjisi kaynaklı ısı pompasının teorik ve deneysel incelemesi yapılmıştır. Teorik çalışmada, İstanbul şartlarında açık günler için anlık, aylık ve mevsimlik ortalama ısıtma tesir katsayıları ve sistemin diğer özellikleri incelenmiştir.

Kaygusuz (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, Trabzon'da evsel ısıtma için enerji depolu kombine güneş kaynaklı ısı pompası sisteminin performansını araştırmak için bir deney sistemi kurulmuştur. Deneysel sonuçlar, iki ısıtma sistemi için ısıtma sezonu boyunca Kasım'dan Mayıs'a kadar elde edilmiştir. Deneysel sonuçlar, ısı pompası performans katsayısını (COP), mevsimlik ısıtma performansı, depo ve toplayıcı verimlerini hesaplamak için kullanılmıştır. Huang ve Chyng (1999), entegral tip güneş destekli ısı pompası su ısıtıcısının dizayn ve test edilmesi konusunda bir çalışma yapmışlardır. Kondenserden su depolama tankına ısı transfer etmek için bir termosifon hattı kullanılmıştır. Yapılan testlerde 3.83'lük bir COP elde edilmiştir.



Bakırcı (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, güneş enerjisiyle çalışan ve güneş enerjisinin duyulur ısı şeklinde depolandığı enerji depolu bir ısı pompası sistemi kurulmuştur. Çalışma, Erzurum’da ısıtma sezonu boyunca yapılmış, sisteminin performansı deneysel ve teorik olarak incelenmiştir.

Bu çalışmada, güneş enerjisi toplayıcılarından gelen ısı taşıyıcı akışkan, su kaynaklı buharlaştırıcıda direk ısı kaynağı olarak kullanılmış ve ısı pompası sisteminin performansı yarı açık bir günde deneysel olarak incelenmiştir. Isıtma sezonunda yapılan uygulama sonucu elde edilen deneysel veriler değerlendirilmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışma, Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümü’nün Enerji Laboratuvarı’nda kurulan deney düzeneğinde yapılmıştır. Deney düzeneği; güneş enerjisinin toplandığı toplayıcı devresi (yatay ile 29° eğimli), toprak ısı değiştiricisi ve ısı pompası sistemi olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Deney sistemin tesisat şeması Şekil 1’de, sistem elemanları ile ilgili bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Sistem elemanları ile ilgili bilgiler

<b>Toplayıcı</b>	
Toplayıcı tipi	: Düz güneş toplayıcısı
Toplayıcı cam sayısı	: Tek camlı
Net toplayıcı alanı	: 1.64 m <sup>2</sup>
Toplayıcı sayısı	: 8 adet
<b>Isı pompası</b>	
Kompresör	: Hermetik scroll, 3.4 HP
Yoğuşturucu	: Su soğutmalı, plakalı
Buharlaştırıcı	: Su soğutmalı, plakalı
Soğutucu akışkan	: Freon 134a

Deneysel çalışmada hesaplamalar aşağıda verilen eşitlik ile yapılmıştır:

Toplayıcılarda ısı taşıyıcı akışkana (%50 antifriz-su karışımına) aktarılan faydalı ısı ( $\dot{Q}_t$ ), ısı taşıyıcı akışkanın özgül ısısı  $C_a$ , sırasıyla toplayıcılara giriş ile çıkış sıcaklıkları  $T_{tag}$  ile  $T_{taç}$  ve toplayıcılarda dolaşan ısı taşıyıcı akışkanın debisi olmak üzere,

$$\dot{Q}_t = \dot{m}_t C_a (T_{taç} - T_{tag}) \quad (1)$$

şeklinde hesaplanmıştır.

Yatay yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı, laboratuvar binasında kurulu olan meteoroloji istasyonunda ölçülmüştür. Bu ölçümlerden hareketle eğik düzleme gelen anlık toplam güneş ışınımı ( $I_e$ ) Duffie ve Beckman, (1991) tarafından verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

Deneysel hesaplamalarda yoğuşturucudan atılan faydalı ısı miktarı ( $\dot{Q}_y$ ), suyun özgül ısısı  $C_s$ , sırasıyla yoğuşturucuya giriş ve çıkış sıcaklıkları  $T_{ysg}$  ile  $T_{ysç}$  ve debisi olmak üzere,

$$\dot{Q}_y = \dot{m}_y C_s (T_{ysç} - T_{ysg}) \quad (2)$$

eşitliğiyle hesaplanabilir. Kompresörün çektiği elektrik enerjisi ( $W_k$ ), dijital sayaçla ölçülerek tespit edilmiştir. Sirkülasyon pompalarının çektiği akım, ampermetre yardımıyla ölçülmüştür. Bir sirkülasyon pompasının harcadığı elektrik enerjisi, pompanın çektiği akım  $I$  ve volt  $V$  olmak üzere,

$$\dot{W}_p = IV \cos(\varphi)/1000 \quad (3)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu çalışmada ısı pompasının performans katsayısı (COP),

$$COP = \frac{\dot{m}_y C_s (T_{ysç} - T_{ysg})}{W_k} \quad (4)$$

eşitliğinden bulunmuştur. Tüm sistemin performans katsayısı (COPS) ise, sistemde çalışan tüm sirkülasyon pompalarının gücü  $\dot{W}_p$  olmak üzere,

$$COPS = \frac{\dot{m}_y C_s (T_{ysç} - T_{ysg})}{\dot{W}_k + \dot{W}_p} \quad (5)$$

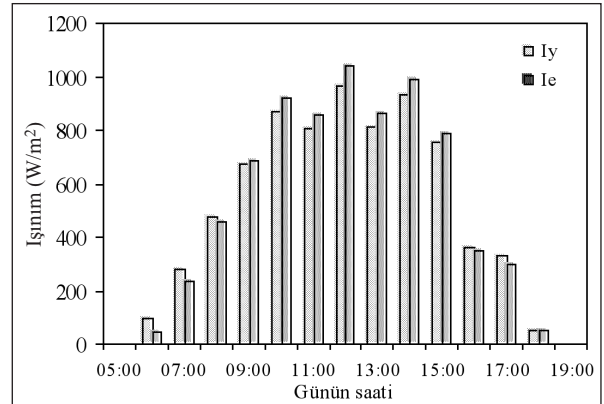
şeklinde hesaplanmıştır.

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

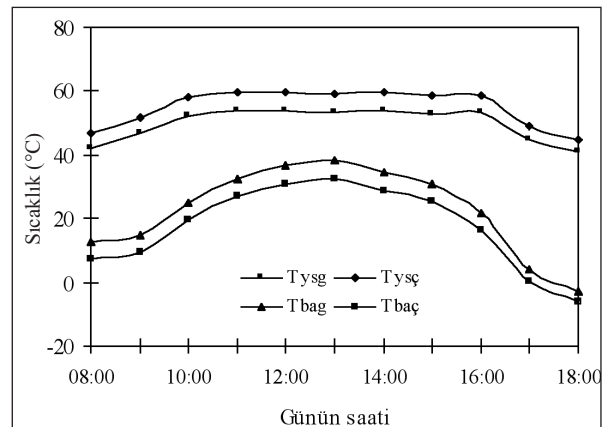
Deneysel ölçümler, Erzurum ilinde yarı açık bir günde alınmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Deneysel çalışma sonucunda güneş ışınımı miktarı, ısı pompasına sağlanan kaynak sıcaklığı ile yoğuşturucudan çıkan su sıcaklığı, ısı pompasının (COP) ve tüm sistemin performans katsayısının (COPS) gün boyunca

değişimleri incelenmiştir.

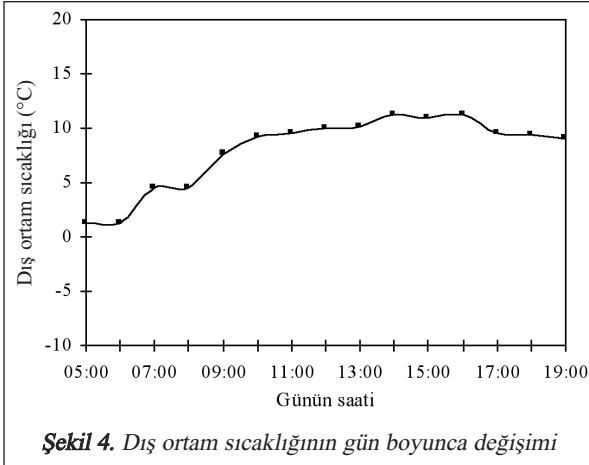
Şekil 2’de yatay ( $I_y$ ) ve eğik ( $I_e$ ) yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımının gün boyunca değişimi verilmiştir. Şekil 3’de ısı taşıyıcı akışkanın buharlaştırıcıya giriş ( $T_{bag}$ ) ve çıkış ( $T_{baç}$ ) ile suyun yoğuşturucuya giriş ( $T_{ysg}$ ) ve çıkış ( $T_{ysç}$ ) sıcaklıklarının gün boyunca değişimi, Şekil 4’de dış ortam sıcaklığının gün boyunca değişimi ve Şekil 5’de yoğuşturucu, buharlaştırıcı ve kompresörün enerji kapasitelerinin gün boyunca değişimi gösterilmiştir. Şekil 6’da ise ısı pompasının (COP) ve tüm sistemin (COPS) performans katsayılarının gün boyunca değişimleri verilmiştir. Buharlaştırıcı giriş suyu sıcaklığına paralel olarak her iki performans katsayısı da değişmektedir.



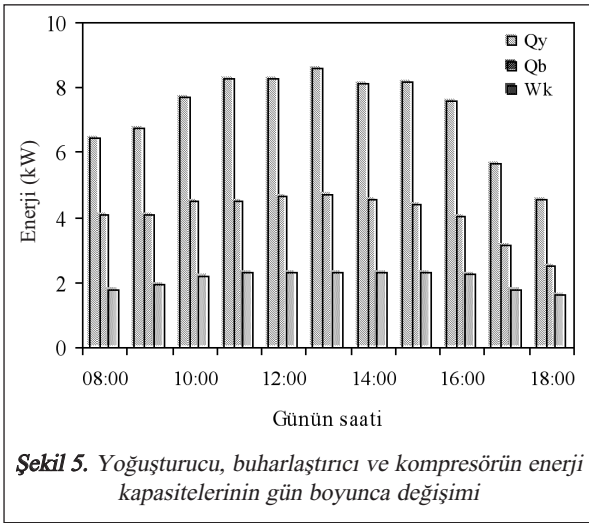
Şekil 2. Yatay ( $I_y$ ) ve eğik ( $I_e$ ) yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımının gün boyunca değişimi



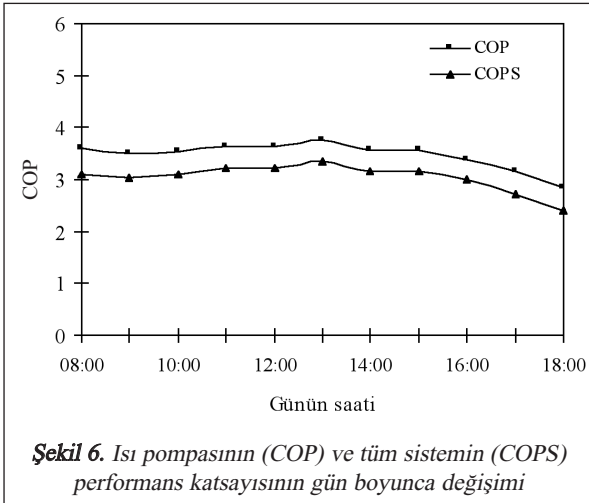
Şekil 3. Isı taşıyıcı akışkanın buharlaştırıcıya giriş ( $T_{bag}$ ) ve çıkış ( $T_{baç}$ ) ile suyun yoğuşturucuya giriş ( $T_{ysg}$ ) ve çıkış ( $T_{ysç}$ ) sıcaklıklarının gün boyunca değişimi



Şekil 4. Dış ortam sıcaklığının gün boyunca değişimi



Şekil 5. Yoğuşturucu, buharlaştırıcı ve kompresörün enerji kapasitelerinin gün boyunca değişimi



Şekil 6. Isı pompasının (COP) ve tüm sistemin (COPS) performans katsayısının gün boyunca değişimi

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, hiçbir çevresel zararı olmayan ve temiz enerji kaynağı olan güneş enerjisi, ısı pompası-

na kaynak olarak kullanılmış ve Erzurum ilinde güneş kaynaklı ısı pompası sisteminin, bilinen ısıtma ve kurutma sistemlerine bir alternatif olarak kullanılabileceği deneysel olarak gözlemlenmiştir. Sisteme en yüksek kaynak sıcaklığı yaklaşık 38 °C değerinde öğlen saatlerinde sağlanmıştır. Gün boyunca sisteme sağlanan kaynak sıcaklığına bağlı olarak yoğuşturucu su çıkış sıcaklıklarının, 45-60 °C değerleri arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Deneysel ölçümlerden elde edilen sonuçlara göre, ısı pompasının (COP) ve tüm sistemin (COPS) günlük ortalama performans katsayısı sırasıyla 3.47 ve 3.04 değerinde bulunmuştur.

#### 5. SEMBOLLER

$A_t$	Toplayıcı yüzey alanı ( $m^2$ )
$C$	Özgül ısı ( $kJkg^{-1}°C^{-1}$ )
$COP$	Isı pompasının performans katsayısı
$COPS$	Tüm sistemin performans katsayısı
$I_e$	Eğik yüzeydeki anlık toplam ışınım ( $Wm^{-2}$ )
$I$	Akım (amper)
$m$	Debi ( $kgs^{-1}$ )
$\dot{Q}$	Yoğuşturucudan atılan ısı miktarı (kW)
$T$	Sıcaklık ( $°C$ )
$V$	Gerilim (volt)
$\dot{W}_k$	Kompresöre verilen iş (kW)

#### Alt indisler

a	Antifriz-su (ısı taşıyıcı akışkan)
b	Buharlaştırıcı
ç	Çıkış
e	Eğik yüzey
g	Giriş
k	Kompresör
p	Sirkülasyon pompası
s	Su
t	Toplayıcı
y	Yatay yüzey, yoğuşturucu

**Teşekkür:** Bu çalışmanın yürütülmesi için MAG-106M068 ve BAP-2005/25 numaralı projeler kapsamında verdikleri desteklerden dolayı, TÜBİTAK'a ve Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu'na teşekkür ederiz.

**6. KAYNAKLAR**

- Bakırcı, K., Erzurum İlinde Güneş Destekli ve Enerji Depolu Isı Pompası Sisteminin Deneysel ve Teorik İncelenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2004.
- Best, R., Cruz, J. M., Gutierrez, J. and Soto, W., Experimental results of a solar assisted heat pump rice drying system, *Renewable Energy*, 9 (1-4), 690-694, 1996.
- Chaturvedi, S. K. and Shen, J. Y., Thermal performance of a direct expansion solar-assisted heat pump, *Solar Energy*, 33 (2), 155-162, 1984.
- Çomaklı, Ö., Kaygusuz, K. and Ayhan, T., Solar-assisted heat pump and energy storage for residential heating, *Solar Energy* 51:5, 357-366, 1993.
- Duffie, J. A. and Beckman W. A., *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1991.
- Huang, B. J. and Chyng, J. P., Integral- type solar-assisted heat pump water heater. *Renewable Energy*, 16 (1-4), 731-734, 1999.
- Kaygusuz, K., Investigation of a combined solar-heat pump system for residential heating. Part 1: Experimental results. *International Journal of Energy Research*, 23 (14), 1213-1223, 1999.
- Kılıç, A., Öztürk, A., *Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımıcılık*, İstanbul, 1983.
- Tleimat, B. W. and Howe, E. D., A solar-assisted heat pump system for heating and cooling residences. *Solar Energy*, 21 (1), 45-54, 1978.
- Yamankaradeniz, R. and Horuz, I., The theoretical and experimental investigation of the characteristics of solar-assisted heat pump for clear days, *International Communications in Heat and Mass Transfer* 25:6, 885-898, 1998.