

Hava Isıtma Amaçlı Isı Borulu Güneş Kolektörünün İklimlendirme Santraline Uygulanışı

Hikmet DOĞAN
Mustafa AKTAŞ
Tuğba KÖSE

ÖZET

Bu çalışmada; doğrudan konut ısıtma ya da iklimlendirme santralinin ısıtıcılarında ısıtılan (ısıtıcı akışkan) olarak sıcak su kullanımının kullanılabilirliği deneysel olarak araştırılmıştır. Tarafımızdan tasarlanan bu sistem; ısı borulu güneş kolektörü ile güneşten alınan enerjinin, plaka tipi ısı dönüştürücüler aracılığıyla, iklimlendirme sistemi havasına aktarılması düşünülmüştür. Belirtilen amaçla yapılan güneş kolektörünün, Ankara şartlarında yapılan deneyler sonucundaki ısı verimi %72 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, ileri teknolojiler kullanılmadan, herkes tarafından kolayca yapılabilecek bir sistem olması bakımından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Isı Borusu, Hava Isıtma, İklimlendirme.

1. GİRİŞ

Dünya yaşlandıkça bazı potansiyel değerlerini de kaybetmektedir. İnsanı en çok ilgilendiren bu potansiyel değerlerden birisi de yavaş yavaş tükenmekte olan enerji stoklarıdır. Dünyada var olan enerji stoklarının en büyüğünü de fosil enerji kaynakları oluşturmaktadır. Bu fosil enerji kaynaklarının başlıcaları da petrol, kömür ve doğalgaz kaynaklarıdır.

Su kaynaklarının azalmasıyla hidroelektrik kaynakları da bir sona doğru gitmektedir. Böyle olunca insanlık alternatif enerji kaynaklarına yönelmek durumunda kalmıştır.

Nükleer enerjinin ilk yatırımının çok fazla maliyetli ve arızalarda da tehlikenin büyük olması; dünya enerji piyasalarının, siyasetçilerin ve çevrecilerin başlıca gündem konusunu oluşturmaktadır [1].

Bu saymış olduğumuz sebeplerden dolayı; insanlık âlemi daha basit, çevreye zararı dokunmayan, daha düşük maliyetlerle elde edilebilen diğer enerji kaynaklarına yönelmek durumunda kalmıştır. Şu an iti-

Abstract:

In this study, usability of hot air in direct residential heating or in the heaters of air conditioning plant has been investigated experimentally. It was fended for transferring the solar energy taken from the sun through a heat-piped solar collector, which was designed by us, into the system air which flows in the duct with the help of plate-type exchangers. As a result of several experiments (in Ankara) of the collector, which was designed for the stated purpose, thermal efficiency was determined as 72%. This results is important, because this system is easy to build, there is no need to use advanced technology.

Key Words:

Solar Energy, Heat Pipe, Water Heating, Plate heat Exchanger.

Makale

bariyle; bu enerji kaynaklarının başında da güneş ve rüzgâr enerjileri gelmektedir.

BP Dünya Enerji İstatistikleri Raporu'nun verilerine göre; 2010 yılında Türkiye, dünyadaki toplam enerji tüketiminin %0,9'unu gerçekleştirdi. Buna göre Türkiye'de, enerji tüketimi 2009 yılına göre %9,8 oranında arttı. Türkiye'de 2010 yılında 28,7 milyon ton petrol, 39 milyar metreküp doğalgaz tüketildi [2].

Bunun yanında Dünya enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı %1,8 kadardır [2]. Bu da enerji tüketim gidişatının ne kadar vahim olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada, en önemli alternatif enerji kaynağı olan güneş enerjisinin iklimlendirme santrallerindeki ısıtıcılardaki kullanımı konu edilmektedir. Bu amaçla üretilen ısı borulu güneş kolektörleri ile ısıtılan (ısıtıcı akışkan, su) aracılığı ile güneşten alınan enerjinin, plaka ısı dönüştürücüler vasıtasıyla iklimlendirmede sistem havasının ısıtılması düşünülmüştür.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ ÇALIŞMALARI

Güneş enerjisi çalışmaları genelde güneş kolektörleri ve güneş enerjisini depolama konuları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Çünkü güneş enerjisi kolektörleri, güneş enerjisinden faydalanmada sistemin en önemli kısmını oluşturur. Toplaçlar (kolektörler) güneş enerjili sistemlerin; güneş enerjisini toplayarak bir ısıtkana (ısı taşıyıcı akışkana) aktaran kısımdır. Bir başka ifade ile toplaçlar; güneş ışınımını ısı enerjisine dönüştürerek, kullanıma sunan sistemin en önemli ögesidir. Bu nedenle; bilim adamları, enerji kaynaklarında sıkıntılar arttıkça, verimi en yüksek, maliyeti en düşük, yapımı da en kolay ve herkes tarafından kolayca yapılabilir kolektörler (ışınım toplaçları) üzerindeki çalışmalarını devam ettirmektedirler.

Kolektörler üzerindeki çalışmalarını devam ettiren bilim adamlarından; Chen ve ark. (1982), havalı güneş kolektörlü, 1,5 BG'lik ısı pompası destekli tam kapalı bir fırın imalatı yapmışlardır [3]. Çomaklı ve ark. (1990), Karadeniz Bölgesi için kurutma ve iklimlendirme amaçlı güneş kolektörlü enerji depolu, ısı pompası sistemi kurmuşlar ve depolama veriminin %70'e kadar çıktığını söylemişlerdir [4].

Tezcan Tezcan (2002), düzlemsel güneş kolektörleri üzerine çalışmıştır [5]. Koyuncu ve Ültanır (1987) tarafından Türkiye'de sıcak su üretiminde kullanılan düz yüzeyle güneş kolektörlerinin teknik ve ekonomik yönden irdelenmesi yapılmıştır [6]. Alkoç (1996), güneşli su ısıtıcılarına ısı borusu prensibi uygulayarak doğal dolaşimli güneşli su ısıtıcılarıyla ısı verimlerinin karşılaştırılmasını yapmıştır [7]. Deniz (2003), çift fazlı sistemde çalışma sıvısı olarak etanol, dolaylı dolaşimli sistemde ise çalışma sıvısı olarak su kullanılan güneş toplacı sistemlerin karşılaştırılması yapmıştır [8]. Yenice (1998), sıcak su hazırlamak amacıyla çalışma sıvısı alkol olan ısı borulu güneş kolektörü ile seçici yüzeyle tabii dolaşimli güneş kolektörlerinin incelenmesini yapmıştır [9]. Doğan (2001), ön hava kurutmalı olarak tasarlanan kolektörlerde hava, kolektör girişinde soğuk yüzeyden (evaporatörden) geçirilerek nemi alındığından, sistem havasının diğer kolektörlere göre daha çabuk ısındığı görülmüştür [10]. Sugözü ve ark. (2006), hava güneş ışınımı toplacıyla iç ortam sıcaklığını güneş ışınım şiddetine bağlı olarak 5 °C ile 25 °C arasında arttırdığını tespit etmişlerdir [10]. Bulut ve ark. (2006), yaptıkları farklı güneş ışınımı kolektörleri ile 8 farklı günde yapılan ölçümler sonucunda havalı güneş kolektörlerinin ortalama ısı verimini %53 olarak hesaplamışlardır [12]. Çınar ve Toros (2008), odaklamalı kolektörle elde edilen enerjinin yer altında depolanması sistemi üzerinde teorik bir çalışma yapmışlardır [13]. Işık (2007), güneş enerjisi ile mahal ısıtmasını destekleyerek, sağladığı enerji tasarrufu üzerinde çalışmıştır [14].

Literatür araştırmaları da göstermektedir ki; güneş enerjisinden faydalanan yüksek kapasiteli sistemler, dünyada olduğu gibi Türkiye'de de, gelişmektedir.

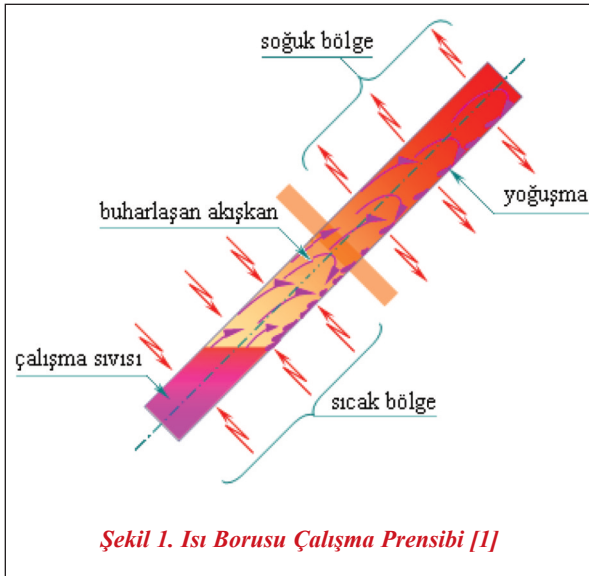
Isı taşıyıcı olarak kullanılan akışkana, güneş enerjisinden, yüksek seviyelerde ısı aktarmak; sistemde kullanılan malzeme, sistemin yapısı ve sistemin teknolojik seviyesine bağlıdır. İleri teknolojilerin kullanıldığı sistemlerdeki sistem verimi tabii ki yüksektir. Bu da ilk yatırım maliyetini arttırmaktadır. Bu nedenle; güneş enerjisinden faydalanma konusunda araştırma yapan araştırmacılar, daima, enerji verimi yüksek olurken yatırım maliyeti düşük olan sistem-

leri geliştirmek üzere çalışmalar yapmaktadırlar.

Bu çalışmada ısı borulu güneş kolektörü tasarlanmış, imal ve test edilerek, yapılan kolektörün verim analizi yapılmış ve kullanılabilirliği araştırılmıştır.

3. ISI BORUSU

Isı borusu; havası alınmış iki ucu kapalı, içinde istenilen sıcaklıkta kaynayan ve iç hacminin 1/3'ü oranında çalışma sıvısı bulunan bir boru olarak tanımlanmaktadır [15]. Isı borusu yardımıyla ısı enerjisi en az kayıpla, sıcak ısı kaynağından (sıcak bölgeden) kullanım bölgesine (soğuk bölgeye) aktarılmaktadır (Şekil 1).



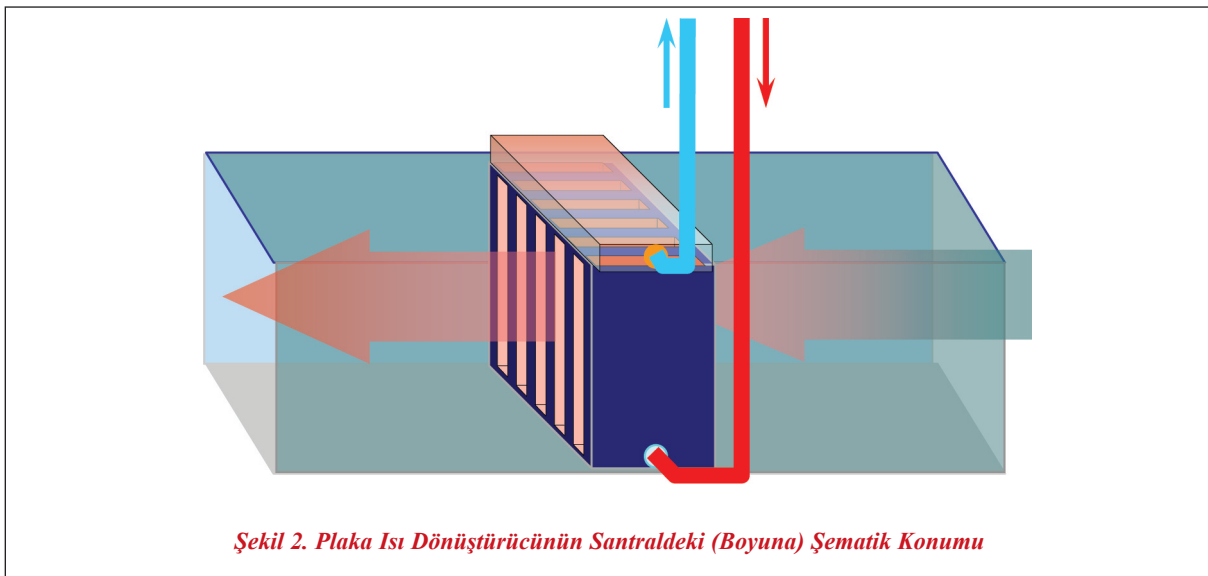
Şekil 1. Isı Borusu Çalışma Prensibi [1]

Alman mühendis E. Schmidt (1939) gerçekleştirdiği deneylerde, ısı borusuyla ısı aktarımının, akışkanın kritik noktasına yakın bir sıcaklıkta olması durumunda son derece etkili olduğunu göstermiştir. 1960 yılında da kritik noktasına yakın bir sıcaklıkta amonyak ya da karbondioksitle doldurulmuş bir borunun birim zaman içerisinde aktardığı ısı miktarının, aynı boyutlarda yapılmış, soğuk ve sıcak bölgeleri arasındaki sıcaklık farkı aynı olan bakır bir çubuğa oranla 4 bin kat daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Bu yolla büyük miktarlarda ısı enerjisinin, oldukça küçük bir sıcaklık farkıyla daha uzak bölgelere aktarılabilirliği tespit edilmiştir [15, 17].

4. HAVA ISITMA AMAÇLI PLAKA ISI DÖNÜŞTÜRÜCÜ

Plaka ısı dönüştürücüler (eşanjörler) yapısı itibariyle basit olduğu için, belki de dikkatten kaçan, ama son yılların en önemli buluşlarından birisidir. Önceden 2 m boyunda ve 60 cm çapındaki bir ısı dönüştürücünün yaptığı işi bugün bir ev bilgisayar kasası hacmindeki plaka ısı dönüştürücü yapabilmektedir. Bu itibarla; biz de yapmış olduğumuz bu çalışmada ısı borulu bir güneş kolektörü sistemi ile güneşten aldığımız ısıyı, bir plaka ısı dönüştürücü aracılığıyla, iklimlendirme sisteminde kullanılan havaya aktarmayı düşündük.

Plaka ısı dönüştürücünün iklimlendirme santraline yerleşimi Şekil 2'de ve bağlantıları da şematik olarak Şekil 5'de gösterildiği gibi düşünülmüştür.



Şekil 2. Plaka Isı Dönüştürücünün Santraldeki (Boyuna) Şematik Konumu

Makale

5. ISI BORULU GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜNÜN HAZIRLANIŞI

İmalatı tarafımızdan yapılan kollektörün toplam boyu 1,2 m, eni 0,5 m ve derinliği de 0,1 m'dir. Sıcak bölgenin boyu 1,0 m olduğu için, ışıyım toplama yüzeyinin toplam alanı 0,5 m²'dir. Bu alandaki ısı borularına, (yüzey alanını arttırmak amacıyla) bakır malzemeden kanatçıklar yapılmıştır. Sıcak bölgeden alınan ısı enerjisini sistem havasına aktarmak için de; ısı borularının üst kısmına enine kanatçıklar yapılarak, ısı aktarım yüzeyi arttırılmıştır. Kullanılan ısı borularının boyu 120 cm ve çapı da 15 mm'dir. Bu ısı borularının 100 cm'si ısı toplama yüzeyinde (sıcak bölge) ve 20 cm'si de kanal içindeki ısı geçiş hücreindedir (soğuk bölge) (Şekil 3).

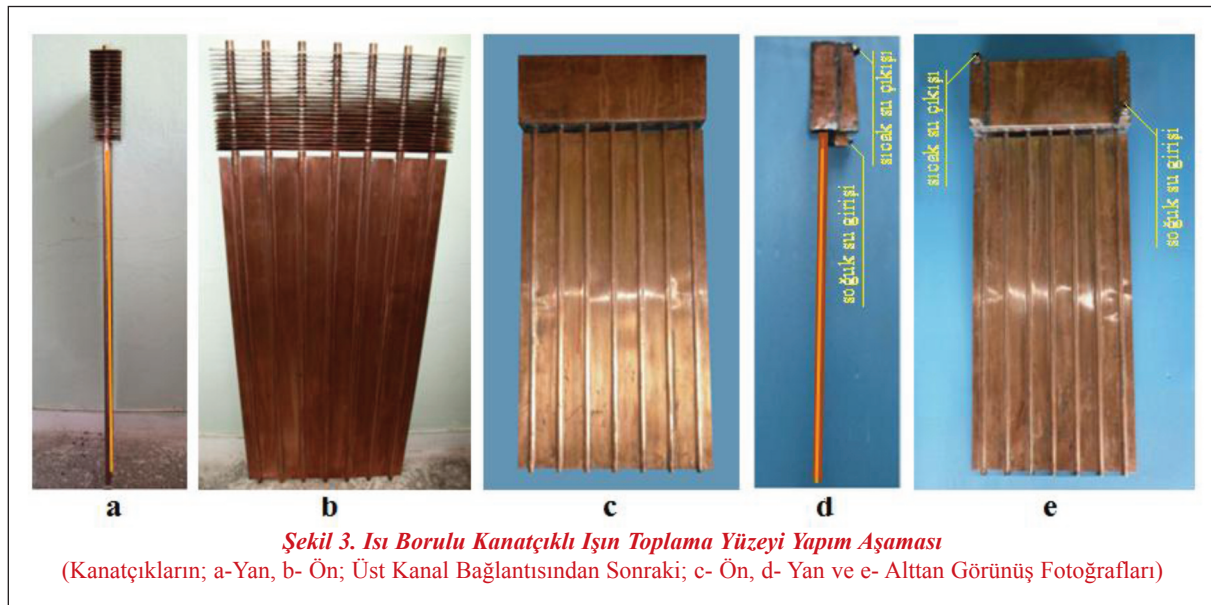
Kollektörlerin kasası 0,5 mm kalınlığındaki alüminyum plakadan yapılarak, iç yüzeyleri 2,0 cm kalınlığındaki straforla yalıtılmıştır. Işın toplama yüzeyinin üstü de, dış havanın etkisinde korumak amacıyla; 0,5 mm kalınlığındaki şeffaf camla örtülmüştür.

Sistemin kollektör kısmı çatı üzerinde ve iklimlendirme santrali de çatı arasında düşünülmektedir. Böyle olunca, ısıtılan (ısı taşıyıcı akışkan), iklimlendirme santrali ısı dönüştürücüsüne tabii olarak gidemeyeceğinden; dolaşım hattı üzerine (Şekil 4) küçük kapasiteli bir devir-daim pompası bağlanmıştır.

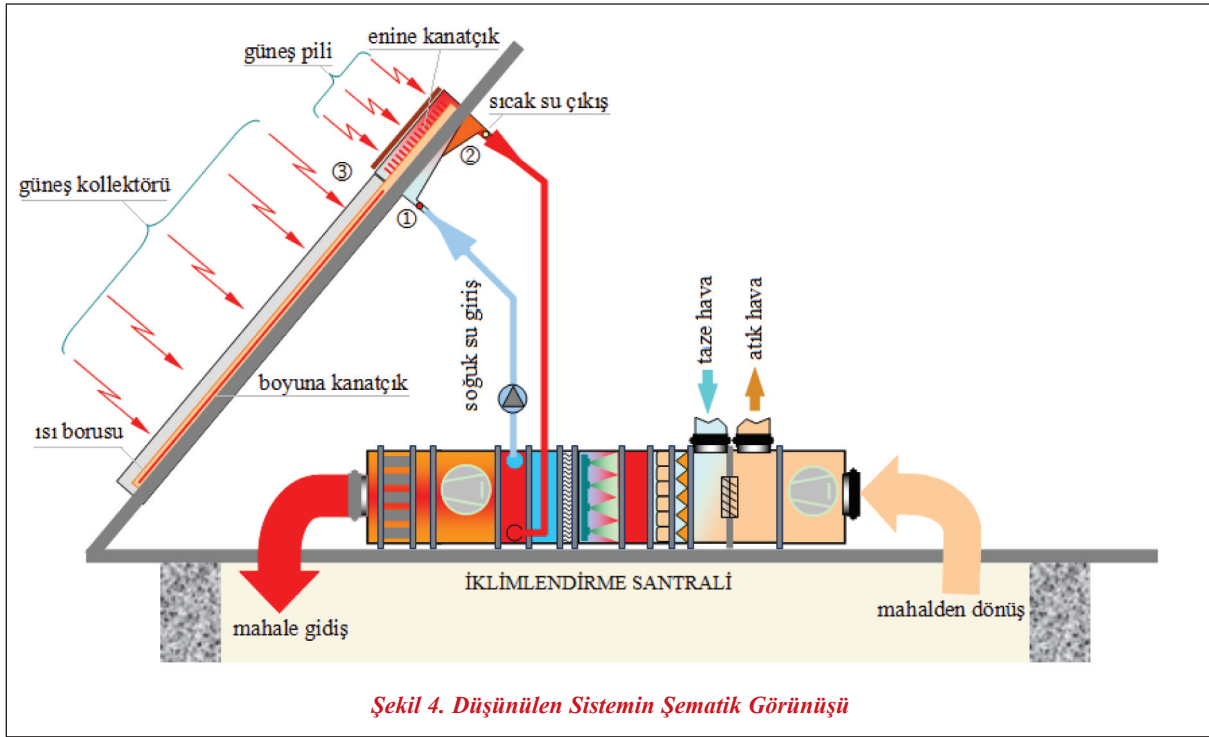
Tasarlanan sistemin bitmiş görünümü Şekil 5'deki gibi olmuştur. Şeklin üzerinde gösterilen güneş pilinden alınan enerji ile sistem devir-daim pompası çalıştırılmıştır. Böylece kurulacak olan sistemin, dışarıdan hiçbir enerji almadan, çatı arasında bulunan, iklimlendirme santralinin ısıtma bataryasında (Şekil 4'deki gibi) güneş enerjisi ile ısıtılan sıcak su dolaşacaktır.

Veri ölçümleri; Şekil 4'de gösterilen \odot noktasından giriş suyu sıcaklığı, κ noktasından çıkış suyu sıcaklıkları ve λ noktasından da güneş ışıyım şiddeti değerleri ölçülmüştür. Ölçümler; Çizelge 1'de özellikleri, hassasiyetleri ve fotoğrafları verilen "The Daystar Meter (DS-05A)" adlı ışıyım ölçer ile güneş ışıyım şiddeti ve yine aynı çizelgede görülen "TESTO 435" adlı cihazla hava hızı-sıcaklığı ve CEM DT-630 Thermometer ile de su sıcaklıkları ölçülmüştür.

Dünya enerji potansiyelinin azalması sebebiyle bu tür araştırmalar yapılmaya başlanıldığından, bu çalışmada da güneş enerjisinden daha çok nasıl faydalanılacağı düşünülmüştür. Buna bağlı olarak da bu çalışmada; kollektör yüzeyine gelen ışıyım enerjisinin, daha az maliyetle, ne kadarının ısı enerjisine dönüştürülebildiğinin tespitinin yapılması esas alınmıştır.



Şekil 3. Isı Borulu Kanatçıklı Işın Toplama Yüzeyi Yapım Aşamaları
(Kanatçıkların; a- Yan, b- Ön; Üst Kanal Bağlantısından Sonraki; c- Ön, d- Yan ve e- Alttan Görünüş Fotoğrafları)






6. DENEYİN YAPILIŞI VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sistemde güneş ışınım enerjisini sistem ısıtkanına (ısı taşıyıcı akışkan) aktarırken, güneş enerjisi haricinde hiç bir enerji kullanılmaması esas alınmıştır. Bu nedenle, Şekil 5’de de yeri gösterilen su devir-daim pompasının çalışması için ihtiyaç duyulan enerji, güneş pili ile yine güneşten alınan enerji dönüştürülerek kullanılmıştır.

Sistemde her 15 dakikada bir veri ölçümleri yapılırken, su devir-daim amaçlı kullanılan pompa ile sürdürülmesinden oluşacak enerji, çok düşük olduğu için hesaplamalarda dikkate alınmamıştır.

Deneyler 17.09.2012-21.09.2012 tarihlerinde, Gazi Üniversitesi Tek. Eğt. Fak. bahçesinde 5 gün süreyle yapılmıştır. Ankara 30°-42° kuzey enlemlerinde olduğu için kolektörün yönü güneşe dönük ve yata-

Makale**Çizelge 1. Sistemlerde Kullanılan Ölçüm Cihazları**

Sıra	Cihaz Adı	Özelliği	Görünümü
1	Işınımölçer	The Daystar meter (DS-05A) Hassasiyet: (3%); ölçüm aralığı: 0- 1200 Watts/m ² Maksimum ölçüm: 1999 W/m ²	
2	Sıcaklık ve hava hızı ölçüm cihazı	TESTO 435 Sıcaklık Aralığı: -20 ... +70 °C, Hız aralığı: 0 ... 20 m/s Hassasiyet: v = ± 0,01 m/s, t= ± 0,5 °C	
3	Sıcaklık ölçüm cihazı	CEM DT-630 Thermometer K tipi, -200 .. 1372 °C Hassasiyet: ± 0,1 °C	

ya 40° olacak şekilde ayarlanmıştır. Işınım ölçüm cihazı (solarmetre) kollektörün cam yüzeyine konularak güneş ışınım gücü (I) W/m² cinsinden alınmış ve alınan değerler kaydedilmiştir.

Sistemde kullanılan suyun debisi; doğrudan şehir şebekesine bağlanarak, debimetre ile ayarlanmıştır. Su debisi 24 kg/h ve 8 saatlik deney süresinde de 192 kg/gün olarak belirlenmiştir. Hesaplar belirtilen tarihlerde alınan verilerin toplamının ortalaması alınarak yapılmıştır.

Hesaplarda kollektörden kaybolan enerjiler dikkate alınmayıp, doğrudan suya aktarılan enerji esas alınmıştır. Kazanılan toplam enerji ile kollektör yüzeyine gelen toplam enerji oranından da sistemin verimi hesaplanmıştır.

Kazanılan enerji:

Sistemlerin kazandıkları enerji yükleri (Q), sisteme giren suyun sıcaklığı (t_g), yoğunluğu (ρ) ve akan suyun debisi (m) ile çıkan suyun sıcaklığı (t_ç) değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bunun için de;

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot (\Delta t) \quad (1)$$

ya da;

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot (\Delta t) \quad (2)$$

$$\Delta t = t_g - t_c$$

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho \quad (3)$$

eşitlikleri kullanılmıştır.

Verim hesabı:

Verim için de;

$$\eta = \frac{\dot{Q}}{I \cdot A} \quad (4)$$

eşitliği kullanılmıştır.

Deneyler Mayıs 2011 tarihinde 5 gün süreli olarak yapılmıştır. Beş gün boyunca saat 9.00'dan saat 17.00'ye kadar ölçülen güneş ışınımı ve sıcaklık verileri birbirine yakın olduğu için 28 Mayıs günü verileri esas alınmıştır ve ortalama deney sonuç verileri aşağıda verilen çizelgedeki gibi (Çizelge 2) tespit edilmiştir.

Eşitlikte “ \dot{Q} ” suya birim zamanda aktarılan ısı, “I.A”da kollektör yüzeyine gelen güneş enerjisi miktarı olarak alınmıştır.

Sistem akışkanına aktarılan ısı enerjisi dikkate alınarak; Eşitlikler 1. ve 4. kullanılarak yapılan işlemler sonucunda, bakır malzeme kullanılarak yapılan ısı borulu ve bakır kanatçıklı su ısıtma kollektörünün ortalama verimi %72 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Deneysel Sonuç Verileri Ortalama Değerleri

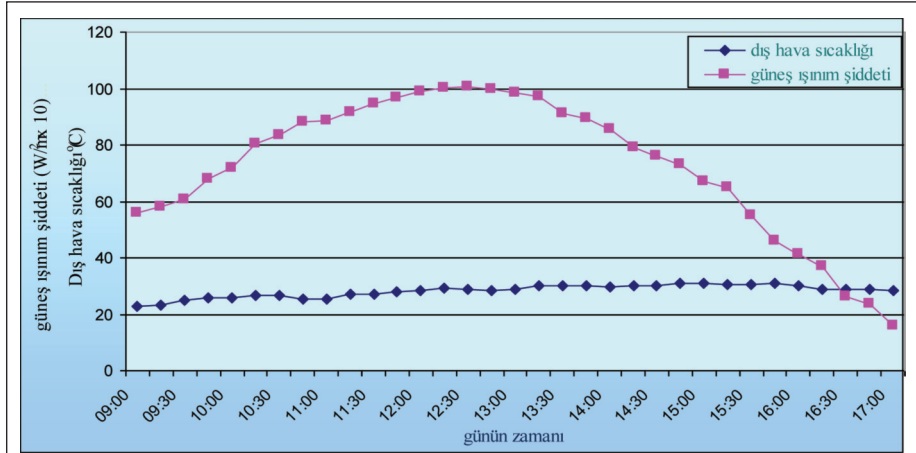
Dış Hava Ortalama Şartları		Sistem Akışkanı Ortalama Şartları	
Sıcaklık	931,7/33 = 28,3 °C	Giriş sıcaklığı	1009/33 = 30,58 °C
Hava hızı	12,35/33 = 0,37 m/s	Çıkış sıcaklığı	1324/33 = 40,0 °C
Havanın bağıl nemi	814,4/33 = 24,67 %	Akışkan debisi	6 l · 15 dak = 24 kg/h
Işınım şiddeti	24057/33 = 729 W/m ²	Kanal kesiti	0,1327·10 ⁻³ m ² (1/2" boru)

Hesap yapılan günlerdeki ortalama güneş ışınım şiddeti (I) değeri ve dış hava sıcaklığı (t) ilişkisi Şekil 6'da, dış hava sıcaklığı değişimleri ile sistem akışkanı giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki ilişkileri gösteren diyagram Şekil 7'de, dış hava sıcaklığına bağlı olarak kollektör giriş-çıkış suyu sıcaklıkları ilişkisi Şekil 8'de, dış hava sıcaklığı ve güneş ışınım şiddetine bağlı olarak kollektör giriş-çıkış su sıcaklıkları ilişkisi de Şekil 9'da verilmiştir.

Grafikte (Şekil 6) görüleceği gibi; güneşten dünya yüzeyine gelen ışınım enerjisi ile ortam havasının grafikleri arasında doğrudan bir paralellik yoktur. Bilindiği gibi ışınım, önce bir emici yüzey (absorber) tarafından emildikten sonra çevresine iletim ve taşınım (kondüksiyon ve konveksiyon = temas ve yayılım) ısı yaymaktadır.

Şekil 7'de giren su ile çıkan suyun sıcaklık farkının 9,42 °C'ye çıktığı görülmektedir. Bu

birinci grafiğin tersine, güneşten ısımla gelen enerji kollektör yüzeyini ısıttığından, o yüzeyle temas eden havanın da sıcaklığının hızla yükseldiği görülmektedir.

**Şekil 6. Zamana Bağlı Güneş Işınımı - Dış Hava Sıcaklığı İlişkisi****Şekil 7. Zamana Bağlı Olarak Sistem Akışkanının Giriş-Çıkış Su Sıcaklıkları İlişkisi**

Makale

Şekil 8 ve 9 'daki grafiklerde güneş ışınım şiddetinin arttığı durumlarda, sistem akışkan sıcaklığı arasında paralel olmasa da bir ilişki vardır, şöyle ki; güneşten doğrudan ışımla gelen enerji doğrudan emici plakaları ısıtmakta ve bunlar da güneşten aldıkları bu enerjiyi doğrudan ısı boruları içindeki ısıtkana aktarmaktadırlar. Buharlaştırma ısını doğrudan güneş enerjisinden alan ve buharlaşan ısıtkan, sistemin soğuk bölgesinde ısını sistem suyuna aktarır, yoğunlaşarak tekrar sıcak bölgeye dönmektedir. Bu devir-daim ne kadar hızlı olursa; aktarılan ısı miktarı da o kadar fazla olduğundan çıkış suyunun sıcaklığı da artmıştır.

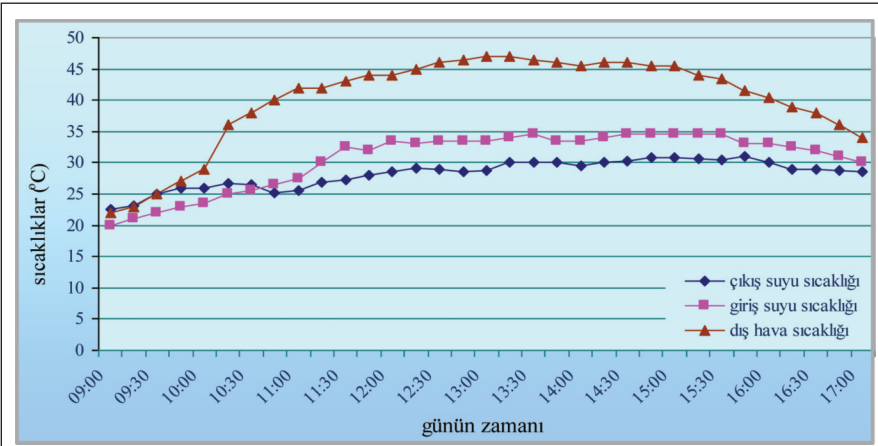
SONUÇ

Sonuç olarak şöyle söylemek mümkündür; klasik fosil yakıtlarının stoklarının tükenme sinyallerini vermeye başlamasıyla birlikte enerji fiyatları gün geçtikçe yükselmeye devam edecektir. Ayrıca, fosil kaynaklı yakıtların çevreye verdikleri kalıcı etki ve zararlarının da göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Bu bakımdan; tükenmeyen kaynak olan ve çevreye hiçbir zararı olmayan güneş enerjisinden, bu basit düzeneklerle %72 oranında faydalanmak, ülke ekonomisi ve gelecek açısından çok önemlidir. Sistem verimlerinin %72 olması demek; güneşten kolektör yüzeyine gelen enerjinin %72'sinin sistem suyuna aktarılması demektir. Bu tür basit sistemlerde bile, daha iyi yalıtımın yapılması ve emici yüzeylerin

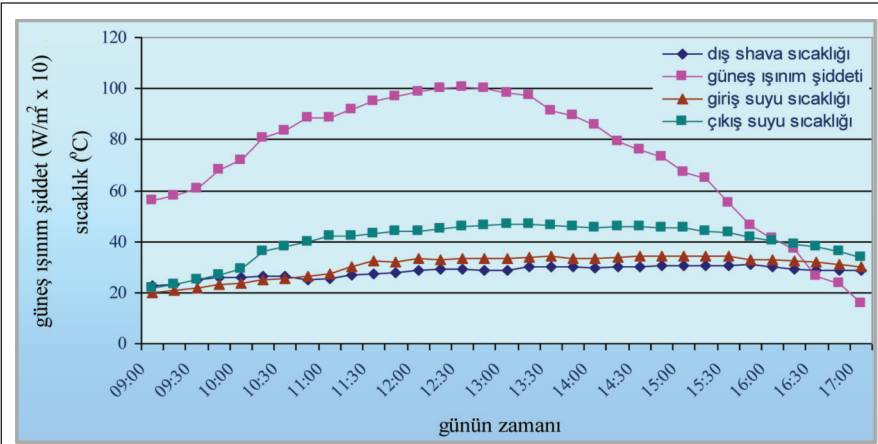
biraz daha geliştirilmesi durumunda; vakum tüplü ve maliyeti oldukça yüksek kolektörler kadar olmasa bile, sistem veriminin daha da artacağı muhakkaktır.

Bu basit sistemlerle güneşten alınan enerjinin suya aktarılması durumunda iklimlendirme santralının ısıtıcısında, plaka ısı dönüştürücü ile (Şekil 4.), kışın güneşli günlerinde konut ısıtılması daha kolay olacaktır. Ayrıca bu tür güneş enerjili su ve hava ısıtma sistemlerinin su deposu olmadığından, hem daha hafif ve hem de yerleştirilmesi ve işçiliği de oldukça kolaydır.

Bu çalışma ile; ısı borulu güneş kolektörlerinin iklimlendirme sistemlerinde ısı ihtiyacını karşılamak için kullanılabilirliği deneysel olarak ortaya konulmuştur.



Şekil 8. Dış Hava Sıcaklığına Bağlı Olarak Kolektör Giriş-Çıkış Suyu Sıcaklıkları İlişkisi



Şekil 9. Dış Hava Sıcaklığı ve Güneş Işınım Şiddetine ve Kolektör Giriş-Çıkış Suyu Sıcaklıkları İlişkisi

SEMBOLLER

- A Yüze alanı (m²)
 Q Isı gücü kJ/s
 V Hacimsel debi (m³/s)
 t Sıcaklık (°C)
 t_g Giriş suyu sıcaklığı (°C)
 t_ç Çıkış suyu sıcaklığı (°C)
 c Özgül ısı (kJ/kgK)
 ρ Yoğunluk (kg/m³)
 m Kütleli debi (kg/h)
 η Verim (%)
 I Güneş ışınımı (W/m²)

KAYNAKÇA

- [1] Doğan, H., Köse, T., " Hava Isıtma Amaçlı Güneş Enerjisi Kolektörlerinin İklimlendirme Santraline Uygulanışı", 1. Ulusal İklimlendirme Soğutma Eğitimi Sempozyumu, 5-7 Eylül 2012, Balıkesir.
- [2] BP Dünya Enerji İstatistikleri Raporu, 2010.
- [3] Chen, P. Y. S., Helwer, W. A., Roen, H. N., and Barton, D. J., "Experimental Solar Dehumidifier Kilm For Lumber Drying", Forest Products J., Southern Illinois University, USA, 32(9): 35-41, 1982.
- [4] Çomaklı, Ö., Ayhan, T., Kaygusuz, K., "Karadeniz Bölgesi İçin İklimlendirme Amaçlı Güneş Kolektörlü Enerji Depolu Isı Pompası Sistemi", Karadeniz Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 1-4, 1990.
- [5] Tezcan, M., "Düzlemsel Güneş Kolektörleri ve Verim Hesaplamaları", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.
- [6] Koyuncu, T., Ultanır, M. Ö., "Türkiye'de Sıcak Su Üretiminde Kullanılan Düz Yüzeyle Güneş Kolektörlerinin Ekonomik Yönden İrdelenmesi", Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, Tokat, 17-19 Eylül 1997.
- [7] Alkaç, O., "Isı Borusu Prensibinin Güneşli Su Isıtıcılarına Uygulanması", Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak, 20-48, 1996.
- [8] Deniz, E., "Çift Fazlı Korunmuş Bölge Güneşli Su Isıtıcı ile Endirekt Isıtılmalı Güneş Su Isıtıcı Verimlerinin Karşılaştırılması, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak, 5-42, 2003.
- [9] Yenice, O. T., "Isı Borulu Su Isıtıcı Güneş Kolektörü Geliştirilmesi", Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 1998.
- [10] Doğan, H., "Kurutmada Kullanılan Hava Isıtma Kolektörlerinin Deneysel Karşılaştırılması", Karabük Üniversitesi Teknoloji Dergisi Cilt: 4, Sayı: 1-2, s.75, Karabük, 2001.
- [11] Sugözü, İ., Sarsılmaz, C., "Havalı Güneş Kolektörü ile İç Ortam Isıtılmasının Deneysel Olarak Araştırılması", Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bil. Der. C.18(2), s. 257-265, Elazığ, 2006.
- [12] Bulut, H., Durmaz, A. F., "Bir Havalı Güneş Kolektörünün Tasarımı, imalatı ve Deneysel Analizi", UGHEK'2006: I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, s. 168, 21-23 Haziran 2006, ESOGÜ, Eskişehir.
- [13] Çınar, A. M., Toros, H. "Underground Storage System of Collecting Solar Energy with Focused Collector", VII. National Clear Energy Symposium, UTES'2008 17-19 December 2008, İstanbul.
- [14] Işık, M., Aykut "Investigation of The Energy Savings in The City of Van Provided by Solar Energy Supported Indoor Heating System", TC. YYÜ, Institute of Science, Department of Mechanical Engineering Master's Thesis, Van 2007.
- [15] Ana Britanica, c.11, s. 395.
- [16] Twidell, J. W. and A. D. Weir, "Renewable Energy Sources", E. And F. N. Span Ltd, London, 1986.
- [17] Doğan, H., "Isı Borulu Güneş Kolektörü İle Meyve ve Sebze Kurutulmasında Önemli Parametrelerin Belirlenmesi", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1995.