

Kadir BAKIRCI
Bedri YÜKSEL

Abstract:

Running out of energy sources used at the present and their high cost are extremely affected to the economy of our country. Therefore, studies on the new and renewable energy resources are accelerated and encouraged. In our country where is considerably having the potential of the solar energy, in order to use to the clear energy source is important on account of surrounding pollution and energy economy. In this study, the performance of water heating system with solar energy is experimentally investigated in Erzurum province. In the experiment study, the variations of instantaneous collector efficiency and the temperature of hot water storage tank versus time of day are investigated.

Key Words:

Solar energy, flat solar collector, Erzurum

Güneş Enerjili Su Isıtma Sisteminin Deneysel İncelenmesi

ÖZET

Günümüzde kullanılan enerji kaynaklarının hızlı bir şekilde tükenme noktasına gelmesi ve dolayısıyla sahip oldukları yüksek maliyetleri, ülkemiz ekonomisini son derece etkilemektedir. Bu bakımdan yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine çalışmalar hız kazanmış ve teşvik edilmiştir. Önemli ölçüde güneş enerjisi potansiyeline sahip olan ülkemizde, bu temiz enerji kaynağını kullanmak gerek çevre kirliliği, gerekse enerji ekonomisi bakımından oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Erzurum ilinde güneş enerjili su ısıtma sisteminin performansı deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmada anlık kolektör verimi ve sıcak su depolama tankı sıcaklığının gün boyunca değişimi incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Güneş enerjisi, düzlemsel güneş kolektörleri, Erzurum

SEMBOLLER

A_k	Kolektör yüzey alanı (m^2)
C_s	Suyun özgül ısısı ($kJkg^{-1}°C^{-1}$)
I_e	Eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı (Wm^{-2})
\dot{m}	Debi (kgs^{-1})
Q_k	Güneş kolektörlerinde toplanan faydalı ısı miktarı (kW)
T	Sıcaklık ($°C$)
η_k	Kolektörün anlık verimi

1. GİRİŞ

Günümüze kadar birincil enerji kaynaklarının çok fazla tüketilmesi dolayısıyla zamanla azalma noktasına gelmesi, maliyetlerinin artması ve bu kaynakların sebep olduğu olumsuz etkiler, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Bu kaynakların başında, ülkemizde de önemli bir potansiyele sahip olan güneş enerjisi gelmektedir. Güneş enerjisi, ısıtma, soğutma, kurutma, elektrik enerjisi üretimi, pişirme ve damıtma gibi birçok alanlarda kullanılmaktadır.

Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre çok sayıda avantajı vardır. Her şeyden önce bol, temiz ve yerel uygulamalar için elverişli-

dir. Dışa bağlı olmadığından, çıkabilecek ekonomik bunalımlardan bağımsızdır. Özellikle petrol fiyatlarının artması, güneş enerjisini gittikçe cazip kılmakta ve güneş enerjisinden yararlanan sistemlerin sayısı her geçen gün artmaktadır (Kılıç ve Öztürk 1983).

Güneş enerjisinin en basit kullanımlarından birisi güneş enerjili su ısıtıcılarıdır. Isı transfer ortamı olarak güneş kolektörlerinin yutucu yüzeyi tarafından çekilen güneş enerjisi, ısı enerjisi olarak kolektörler içerisinde dolaştırılan ısı taşıyıcı akışkana aktarılır. Yutucu yüzey tarafından çekilen enerjinin bir kısmı ise, yutucu yüzey sıcaklığı ve çevre şartlarına göre kayıp enerji olarak dış ortama transfer olur.

Bu çalışmada, önemli derecede güneş enerjisi potansiyeline sahip olan Erzurum ilinde kurulan güneş enerjili bir su ısıtma sisteminin performansı deneysel olarak incelenmiş ve sistemin bölgede kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. MATERYAL ve METOD

Deneysel çalışma, Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümü'nün Enerji Laboratuvarı'nda kurulan deney düzeneğinde yapılmıştır. Deney düzeneği; güneş enerjisinin toplandığı kolektör devresi (yatay ile 29° eğimli), güneş enerjinin duyulur ısı şeklinde depolandığı enerji depolama tankı olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Deney sistemin tesisat şeması Şekil 1'de, sistem elemanları ile ilgili bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Deneysel çalışmada hesaplamalar aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla yapılmıştır:

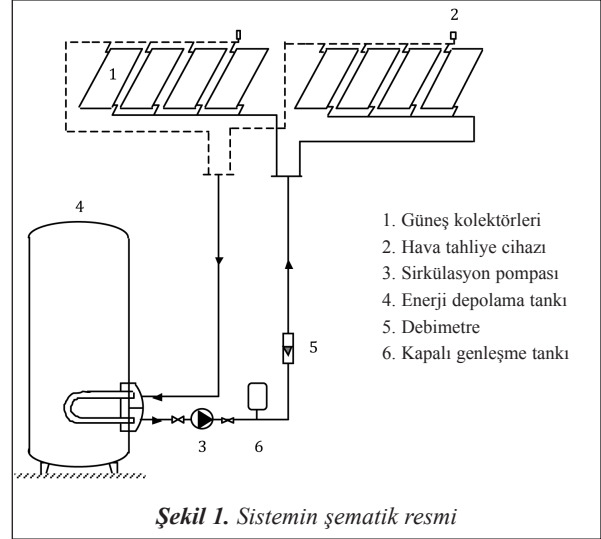
Güneş enerjisi toplayıcısı (kolektör) devresinde dolaştırılan su debiyi yaklaşık 0.18 kg/s değerindedir. Kolektörlerde ısı taşıyıcı akışkana (suya) aktarılan faydalı ısı (\dot{Q}_k), ısı taşıyıcı akışkanın özgül ısısı C_s , sırasıyla kolektörlere giriş ile çıkış sıcaklıkları T_{kg} ile $T_{kç}$ ve kolektörlerde dolaşan ısı taşıyıcı akışkanın debisi olmak üzere,

$$\dot{Q}_k = \dot{m}_k C_s (T_{kç} - T_{kg}) \quad (1)$$

şeklinde hesaplanmıştır. Kolektörlerin anlık verimi ise,

$$\eta_k = \frac{\dot{Q}_k}{A_k I_e} = \frac{\dot{m}_k C_s (T_{kç} - T_{kg})}{A_k I_e} \quad (2)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır. Burada eğik düzleme gelen anlık toplam güneş ışınımı (I_e), aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.



Tablo 1. Sistem elemanları ile ilgili bilgiler

Kolektör	
Kolektör tipi	: Düz güneş kolektörü
Kolektör cam sayısı	: Tek camlı
Net kolektör alanı	: 1.64 m ²
Kolektör sayısı	: 8 adet
Enerji depolama tankı	
Depo şekli	: Silindirik
Depo su hacmi	: 2000 litre
Uzunluk	: 2500 mm (bombe hariç)
Çap	: 1000 mm
Serpantin yüzey alanı	: 4 m ²

Eğik düzlem üzerine gelen toplam ışınım (I_e), direkt (I_{ed}), yayılı (I_{ey}) ve yansıtılarak (I_{ya}) gelen ışınımın toplamı olup,

$$I_e = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya} \quad (3)$$

eşitliği ile hesaplanabilir. Burada sırasıyla I_{ed} , I_{ey} ve I_{ya} ifadeleri,

$$I_{ed} = R_d I_d \quad (4)$$

$$I_{ey} = I_y \frac{1 + \cos(s)}{2} \quad (5)$$

$$I_{ya} = I_\rho \frac{1 - \cos(s)}{2} \quad (6)$$

şeklinde hesaplanabilir. Bu ifadeler eşitlik (3)'te yerine yazılırsa;

$$I_e = R_d I_d + I_y \frac{1 + \cos(s)}{2} + I_\rho \frac{1 - \cos(s)}{2} \quad (7)$$

eşitliği elde edilir. Burada R_d , eğik yüzeye gelen anlık direkt güneş ışınımının, yatay yüzeye gelen anlık direkt güneş ışınımına oranı olup, güneşe dönük yüzeyler için,

$$R_d = \frac{\cos(e-s)\cos(\delta)\cos(h) + \sin(e-s)\sin(\delta)}{\cos(e)\cos(\delta)\cos(h) + \sin(e)\sin(\delta)} \quad (8)$$

şeklinde hesaplanır [Howell vd. 1982, Duffie ve Backman 1991]. Yatay yüzeye gelen anlık direkt ışınım I_d , yatay yüzeye gelen anlık yayılı güneş ışınımı I_y ve yatay yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı I şeklinde ifade edilmektedir. Çevrenin yansıtma katsayısı ρ , bitki örtüsüne, topoğrafik yapıya ve kar durumuna bağlı olarak değişir. Çevrenin yansıtma oranının ortalama değeri $\rho = 0.2$ değerindedir [Kılıç ve Öztürk 1983].

Orgill ve Hollands (1977) tarafından, yatay yüzeye gelen anlık yayılı ışınımın anlık global ışınımına oranı ve k_t (berraklık indeksi) arasında aşağıdaki korelasyon geliştirilmiştir:

$$\frac{I_y}{I} = \begin{cases} 1.0 - 0.249 k_t & k_t < 0.35 \\ 1.557 - 1.840 k_t & 0.35 \leq k_t \leq 0.75 \\ 0.177 & 0.75 < k_t \end{cases} \quad (9)$$

Yukarıda geçen anlık berraklık indeksi (k_t) ise, yatay düzleme gelen anlık toplam ışınımın bir anda atmosfer dışında gelen ışınımına oranı olup,

$$k_t = \frac{I}{I_o} \quad (10)$$

şeklinde verilmektedir. Atmosfer dışında yatay birim yüzeye bir anda gelen güneş ışınımı (I_o),

$$I_o = I_{gs} f \sin(\alpha) \quad (11)$$

şeklinde yazılabilir. Burada, I_{gs} (1353 Wm^{-2}) güneş sabiti, f güneş sabiti düzeltme faktörü ve α güneş yükseklik açısıdır. Güneş yükseklik açısının sinüsü,

$$\sin(\alpha) = \cos(e)\cos(\delta)\cos(h) + \sin(e)\sin(\delta) \quad (12)$$

şeklinde hesaplanır. Burada enlem e , deklinasyon açısı δ (güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açı), saat açısı h (göz önüne alınan yerin boylamı ile güneşi dünya merkezine birleştiren doğrunun arasındaki açı) ve güneş saati GS olmak üzere aşağıdaki gibi hesaplanırlar [Howell vd. 1982, Duffie ve Backman 1991]:

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360(n+284)}{365} \right] \quad (13)$$

$$h = 15(12 - \text{GS}) \quad (14)$$

Güneş saati (GS), Kılıç ve Öztürk (1984) tarafından verilen bağıntı ile hesaplanmıştır. Her 15° saat açısı, zaman olarak bir saate tekabül etmekte ve öğleden önceleri pozitif, öğleden sonraları ise negatif değer almaktadır.

Güneş sabiti düzeltme faktörü f , 1 Ocaktan itibaren gün sayısı n olmak üzere,

$$f = 1 + 0.033 \cdot \cos \left(360 \frac{n}{365} \right) \quad (15)$$

eşitliğinden bulunabilir. Eşitlik (11)'de ifadeler yerine yazılırsa,

$$I_o = 1353 \left[1 + 0.033 \cdot \cos \left(360 \frac{n}{365} \right) \right] [\cos(e)\cos(\delta)\cos(h) + \sin(e)\sin(\delta)] \quad (16)$$

eşitliği bulunur. Yatay yüzeye gelen anlık direkt

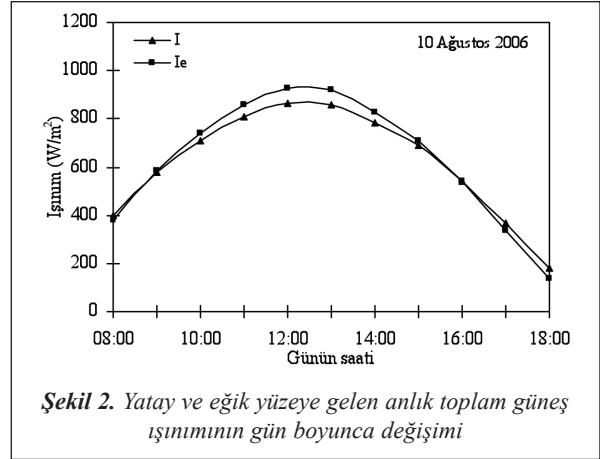
güneş ışınımı ise aşağıdaki eşitlik ile bulunur.

$$I_d = I - I_y \quad (17)$$

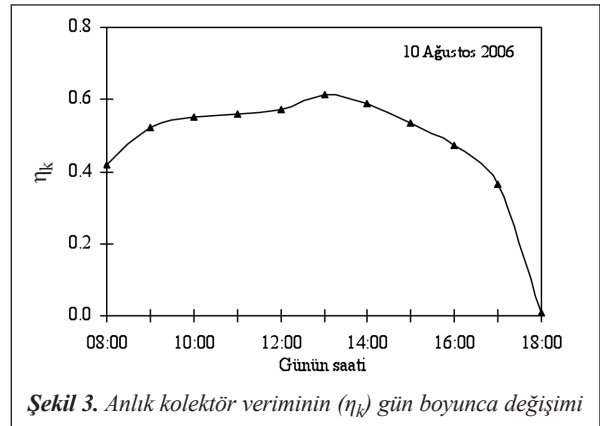
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Bu çalışmada, Erzurum ili için Ağustos ayında alınan deneysel sonuçlar değerlendirilmiştir. Deneysel çalışma sonucunda güneş ışınımı miktarı, anlık kolektör verimi, ısı taşıyıcı akışkanın kolektörlere giriş ve çıkış sıcaklığı ve enerji depolama tankı sıcaklığının gün boyunca değişimleri incelenmiştir.

Deneysel sonuçlar ve hesaplanan değerler Tablo 1’de verilmiştir. Şekil 2’de aylara göre yatay ve eğik yüze gelen anlık toplam güneş ışınımının gün boyunca değişimi verilmiştir. Şekil 3’te anlık kolektör veriminin (η_k) gün boyunca değişimi verilmiştir. Genelde öğlene doğru kolektör kayıplarının azalmasıyla kolektör verimi artmış, akşama doğru ise tekrar kayıpların artmasıyla kolektör verimi düşmüştür. Şekil 4’te ısı taşıyıcı akışkanın kolektörlere giriş (T_{kg}) ve çıkış ($T_{kç}$) sıcaklığının günün saatine göre değişimi verilmiştir. Şekil 5’te enerji depolama tankının üst (T_{du}) ve alt (T_{da}) noktalarındaki sıcaklığın günün saatine göre değişimi verilmiştir. Kolektörlerde ısı taşıyıcı akışkana aktarılan faydalı ısının günün saatine göre değişimi ise Şekil 6’da verilmiştir. Grafik incelendiğinde, güneş kolektörlerinden sabah ve akşam saatlerinde daha düşük, öğlen saatlerinde ise daha yüksek enerji sağlanırken, maksimum enerjinin saat 13:00 civarında elde edildiği görülmektedir.



Şekil 2. Yatay ve eğik yüze gelen anlık toplam güneş ışınımının gün boyunca değişimi



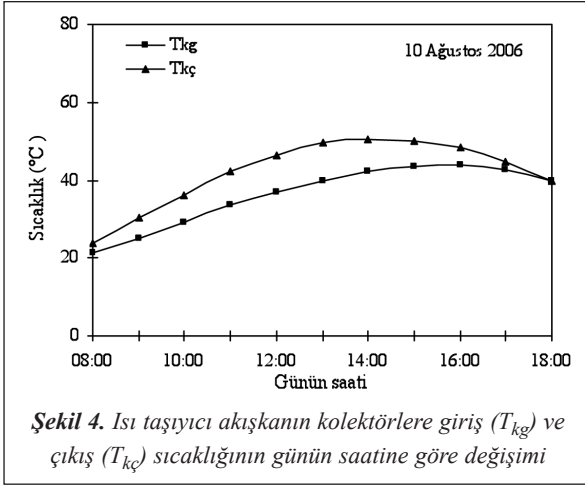
Şekil 3. Anlık kolektör veriminin (η_k) gün boyunca değişimi

4. SONUÇLAR

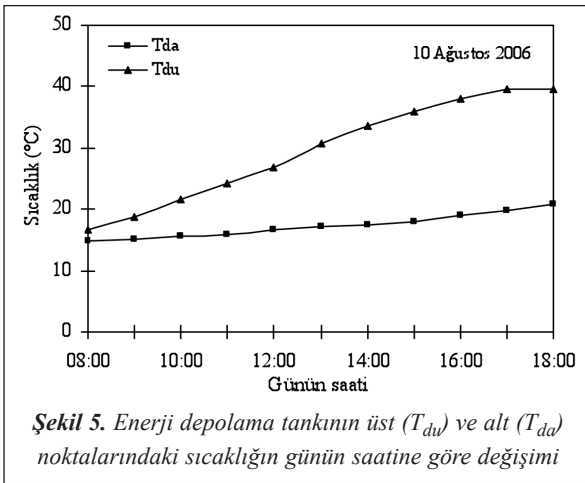
Günümüzde fosil kökenli enerji kaynaklarının azalması, yüksek maliyetleri ve bu kaynakların çevreye olan zararlı etkileri, alternatif yeni enerji kaynaklarının kullanılmasını gündeme getirmiştir. Bu bakım-

Tablo 1. Deneysel sonuçlar ve hesaplanan değerler

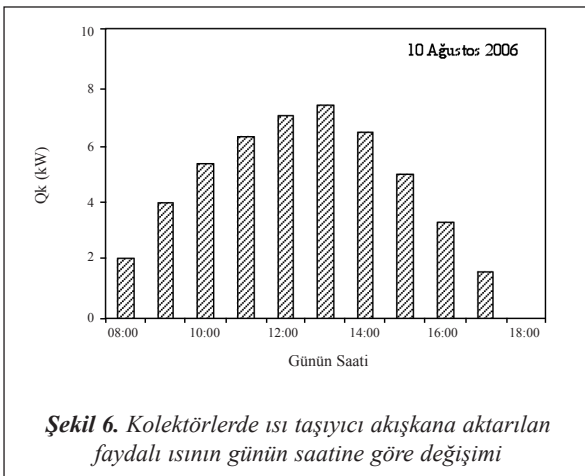
Saat	T_{kg}	$T_{kç}$	T_{da}	T_{du}	I	I_e	η_k
08:00	21.190	23.959	14.903	16.636	400	378	0.420
09:00	25.033	30.353	15.040	18.806	581	584	0.522
10:00	29.086	36.172	15.528	21.618	710	737	0.551
11:00	33.697	42.061	16.012	24.094	811	859	0.559
12:00	37.059	46.336	16.672	26.883	867	927	0.574
13:00	39.691	49.503	17.161	30.747	861	920	0.612
14:00	42.080	50.587	17.474	33.586	785	827	0.590
15:00	43.469	50.103	18.029	36.021	688	711	0.535
16:00	43.843	48.283	18.977	38.098	544	540	0.472
17:00	42.548	44.676	19.803	39.567	364	333	0.366
18:00	39.902	39.926	20.729	39.605	179	137	0.010



Şekil 4. Isı taşıyıcı akışkanın kolektörlere giriş (T_{kg}) ve çıkış ($T_{kç}$) sıcaklığının günün saatine göre değişimi



Şekil 5. Enerji depolama tankının üst (T_{du}) ve alt (T_{da}) noktalarındaki sıcaklığın günün saatine göre değişimi



Şekil 6. Kolektörlerde ısı taşıyıcı akışkana aktarılan faydalı ısının günün saatine göre değişimi

dan, önemli derecede güneş enerjisi potansiyeli olan ülkemizde bu temiz enerji kaynağını kullanmak, gerek çevre kirliliği gerekse enerji ekonomisine katkı sağlaması bakımından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, Erzurum ilinde güneş enerjili su ısıtma sisteminin, bilinen su ısıtma sistemlerine bir alternatif olarak kullanılabilmesi deneysel olarak gözlemlenmiştir. Bölgenin sahip olduğu yüksek güneş enerjisi potansiyelinden dolayı, sıcak su elde etme için güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin kullanılması önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlayacaktır. Deneysel çalışmada, maksimum kolektör veriminin öğle saatlerinde 0.61 değerinde olduğu ve enerji depolama tankındaki su sıcaklığının günün sonunda yaklaşık olarak 40 °C'ye ulaştığı gözlemlenmiştir.

Teşekkür: Deney sisteminin kurulmasına sağladığı katkılardan dolayı, Atatürk Üniversitesi Araştırma Fonu'na teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR

- Duffie, J. A. and Beckman W. A., Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley and Sons, Inc., New York, 1991.
- Howell, J. R., Bannerot, R. B. and Vliet G. C., Solar-Thermal Energy Systems Analysis and Design. McGraw-Hill, Inc., New York, 1982.
- Kılıç, A. Öztürk, A., Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımcılık, İstanbul, 1983.
- Kılıç, A. ve Öztürk, A., Güneş Işınımı ve Düz Toplayıcılar. Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü, Ankara, 1984.
- Orgill, J. K. and Hollands, K. G. T., Correlation equation for hourly diffuse radiation on a horizontal surface. Solar Energy, 19(4), 357-359, 1977.