

AYRIK VE BİRLEŞİK ISI BORULU KOLLEKTÖR VERİMLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Bahadır ACAR, Etem Sait ÖZ ve Engin GEDİK

Makine Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Karabük Üniversitesi, 78200 Karabük
bahadiracar79@hotmail.com, esoz52@yahoo.com, engingedik@karaelmas.edu.tr

(Geliş/Received: 11.12.2006; Kabul/Accepted: 21.01.2008)

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, sıcak su elde etmede kullanılan güneş kollektörlerinde, ısı borulu sistemlerin kollektör verimine etkisinin belirlenmesidir. Bu amaca yönelik birleşik ısı borulu ve ayırık ısı borulu olmak üzere iki farklı kollektör tipi imal edilmiştir. İmalatı yapılan kollektörler ile Karabük şartlarında deneysel çalışmalar yapılmıştır. Deneyler toplam altı günde tamamlanmıştır. Deneyler sırasında her iki kollektördeki depo su sıcaklıkları, ortam sıcaklığı, ışınım şiddeti değerleri ölçülerek kollektörlerin verimleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak birleşik ısı borulu güneş kollektörünün ortalama verimi %57.6 olurken, ayırık ısı borulu güneş kollektörünün ortalama verimi %48.5 olmuştur.

Anahtar kelimeler: Isı borusu, güneş kollektörü, verim

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF COLLECTOR EFFICIENCIES ON SEPARATED AND CONNECTED HEAT PIPES

ABSTRACT

The aim of study is to determine the effect of heat pipe systems to collector efficiency at solar collectors used in supplying hot water. For this purpose, two different collectors as the connected heat pipe and separated heat pipe have been produced. The experimental studies with the collectors have been conducted in Karabük city environment. The experiments have been completed in six days. The collector efficiencies have been calculated by measuring temperature of water tanks, ambient temperature and solar radiation in both collectors. As a result, while average efficiency of the connected heat pipe collector is 57.6%, average efficiency of the separated heat pipe collector is 48.5%

Keywords: Heat pipe, solar collector, efficiency

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Güneş enerjisinden ısıtma-soğutma, kurutma, elektrik üretimi v.b uygulama alanlarında yararlanılmaktadır. Türkiye’de Güneş enerjisinin en yaygın kullanım şekli sıcak su elde etme sistemleridir. Güneş enerjisinden yararlanarak sıcak su elde edilmesinde kullanılan güneş kollektörleri, güneş enerjisini ısı enerjisi şeklinde toplayan bir tür ısı değiştiricilerdir. Uygulamalarda en çok kullanılan tipleri düzlemsel yapıda olan güneş kolektörleridir. Ulaştıkları sıcaklıklar 100 °C’nin altındadır. Sistem verimleri ortalama %35 civarındadır. İmalatı ise Türkiye’de yaygın olarak yapılmaktadır [1–2].

Güneş enerjisinden yararlanarak sıcak su elde etmek amacıyla genellikle açık ve kapalı çevrim olmak üzere iki ayrı sistem kullanılmaktadır. Açık çevrim prensibine göre çalışan güneş kollektörlerinin özellikle soğuk bölgelerde, kış aylarında don tehlikesinden dolayı kullanımı sınırlı kalmakta korozyon ve kireçlenme gibi dezavantajlarından dolayı fazla uzun ömürlü olmamaktadırlar. Kapalı sistemlerin kullanımı ile donma, korozyon ve kireçlenme problemlerin bertaraf edilmesine rağmen, verimin açık sistemlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Açık ve kapalı sistemlerin sakıncalarını ortadan kaldırmak için değişik sistem ve akışkanlar üzerinde çalışmalar yapılmaktadır [3].

Isı borulu sistemler de bunlardan bir tanesidir. Isı borulu sistemler, diğer sistemlere göre verimi daha yüksek olmasına rağmen maliyeti yüksek ve uygulama zorluğu bulunan sistemlerdir. Isı borusu, içerisinde az miktarda faz değiştirebilen bir akışkan bulunan, havası alınmış kapalı bir borudur. [4-6]

Alkaç [7], ısı borulu kollektör ve aynı boyutlara sahip olan tabii dolaşımli kollektörün ısı verimlerini karşılaştırmıştır. Yılmaz ve Deniz [8], ısı borulu güneş enerjili su ısıtma sistemleri ile doğal dolaşımli sistemleri deneysel olarak inceleyerek performans mukayeselerini yapmışlardır. Isı borulu sistemde soğutucu akışkan olarak R-22 kullanmışlardır. Taban [9], ısı borulu düzlemsel güneş kollektörünü deneysel olarak incelemiş ve kollektörün optimizasyonunu yapmıştır. Bakır borulu kollektörde çalışma sıvısı olarak etanol kullanmıştır. Yüksel [10], soğutucu akışkanların kullanıldığı ısı borulu güneş kollektörünün kullanılabilirliğini deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Esen ve Esen [11], çift fazlı kapalı tip termosifon su ısıtma sisteminde farklı soğutucu gazlar kullanarak iki fazlı termosifon güneş kollektörünün ısı performansını deneysel olarak incelemişlerdir. Yenice [12], sıcak su hazırlamak amacıyla, ısı borulu güneş kollektörü tasarlamış ve seçici yüzeyli tabii sirkülasyonlu düzlemsel güneş kollektörü ile karşılaştırmıştır.

Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, genellikle geleneksel (düzlemsel) güneş kollektörü ile ısı borulu güneş kollektörlerinin performans mukayeseleri veya ısı borulu sistemlerde farklı soğutucu akışkanların kullanılmasıyla verim belirlenmesine yönelik olarak yapılmış çalışmalara rastlanmaktadır. Isı borulu sistemlerin yapısında farklı tasarımların kullanılmasına ait çalışmalar pek göze çarpmamaktadır.

Bu çalışmada da diğer çalışmalardan farklı olarak; çalışma akışkanı olarak R134-a içeren birleşik ısı borulu ve ayrık ısı borulu olmak üzere iki farklı ısı borulu güneş kollektörü tasarlanmış ve imal edilmiştir. Her iki kollektör, aynı malzemelerden yapılmış olup eş boyutlara sahiptir. Kollektörler aynı çevre şartlarında yan yana test edilerek deneysel sonuçlar alınmıştır.

Isı borulu sistemlerin, düzlemsel yapıdaki güneş kollektörlerindeki olumsuzlukları ortadan kaldırması ve ısı borusu yapısında verim artırıcı yönde yapılan işlemler bu çalışmanın önemini arttırmaktadır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

2.1. Kollektör tasarımı (Collector design)

Yapılan deneysel çalışmada, R-134a içeren vakumlu ayrık ısı borulu güneş kollektörü ile vakumlu birleşik ısı borulu güneş kollektörlerinin verimlerinin

incelenmesi amaçlandığından her iki sistemin kollektör yüzey alanı ile depo hacimleri eşit olarak imal edilmiştir. Her iki kollektör de aynı malzemeler kullanılarak imal edilmiş olup, Şekil.1 a'da birleşik ısı borulu, Şekil.1 b'de ise ayrık ısı borulu sistem ayrıntılı bir şekilde görülmektedir.

Kollektörler 0.18 m² yüzey alanına sahiptir. Emici plakalar 1 mm kalınlığında galvanizli sacdan ve boyutları 370×470 mm olarak imal edilmiştir. Her iki kollektörde vakumlu ısı borusu olarak bakır boru kullanılmıştır. Birleşik ısı borulu güneş kollektöründe ısı borusunun çapı 15 mm, sıvı dönüş borusunun çapı 12 mm ve depo içindeki yoğunlaşma borusunun çapı 25 mm'dir. Birleşik ısı borulu güneş kollektörünün yoğunlaşma borusu %2 lik bir eğim ile tasarlanmıştır. Ayrık ısı borulu güneş kollektöründe ısı borusunun çapı 15 mm olup ısı borularının hepsi eşit boyutta imal edilmiştir. Her iki kollektörün ısı boruları arasındaki mesafe 7.2 cm dir. Akışkan taşıyıcı boruların arkasına emici plakalar lehim yardımıyla sabitlenmiştir ve ısıya dayanıklı siyah mat boya ile ince film katmanı halinde boyanmıştır.

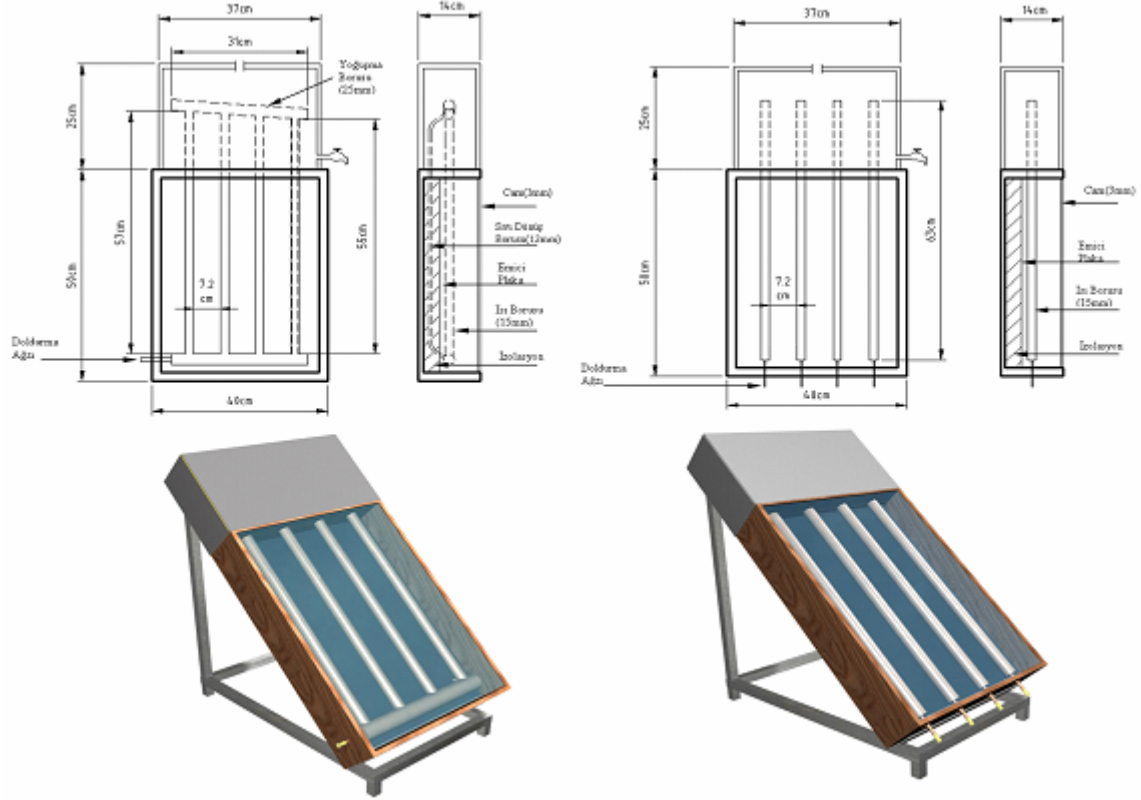
Kollektörlerin kasa imalatlarında 400×500 mm ebatlarında ahşap malzeme kullanılmıştır. Saydam örtü olarak 3 mm kalınlığında cam kullanılmıştır. Kollektörlerin yan ve alt kısımlarından meydana gelen ısı kayıplarını önlemek için strafor malzemedan yalıtım yapılmıştır.

Su depoları; 370 mm x 250 mm x 140 mm ebatlarında olup toplam 13 litre hacme sahiptir. Depo malzemesi olarak 2 mm kalınlığında siyah sac kullanılmıştır. Depolardan çevreye olan ısı kayıplarını önlemek için her iki su deposu, yalıtım malzemesi termoflex ile yalıtılmıştır.

2.2. Deneyler (Experiments)

Deneyler Karabük şartlarında 15, 16, 17 Eylül ve 15, 16, 17 Ekim 2006'da yapılarak 6 günde tamamlanmıştır. Deneylere sabah 10.00'da başlanmış, akşam 16.00'da son verilmiştir. Deneylerde depo suyu sıcaklıkları, ortam sıcaklığı, ışınım şiddeti değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Ölçümlerden önce her iki sistem boruları hacminin %30'u oranında R-134a gazı ile doldurulup, boru girişleri subaplarla kapatılarak, ısı boruları soğumaya bırakılmış ve -1 bar basınç elde edilmiştir. Deney düzeneğinin resmi Şekil.2'de verilmiştir.

Sıcaklık ölçümü; J tipi termokupl malzeme ile 12 kanallı Elimko-6000 tipi sıcaklık ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Seçilen kanalın değeri ± % 0.25 hassasiyettedir. Güneş radyasyon ölçümünde Instruments haemmi messgerate solar 118 türü bir solarimetre cihazı kullanılmıştır. Cihazın hassasiyeti ± % 1,5'dir. Cihaz güneş radyasyonunu algılayan bir yüzey elemanı ile değeri dijital olarak gösteren bir



Şekil 1. Kollektörlerin çizimleri, (a) birleşik ısı borulu kollektör (b) ayrıık ısı borulu kollektör (Drawings of collectors, (a) connected heat pipe collector (b) seperated heat pipe collector)



Şekil 2. Deneş düzeneğinin görünümü (View of experimental set-up)

aparattan oluşmaktadır. Cihaz üzerinde farklı birimlere ait beş kademeli bir anahtar mevcuttur.

2.3. Verim analizi (Efficiency analysis)

Kollektörlerde ısı taşıyıcı akışkanda toplanan kullanılabilir ısı enerjisinin, kollektör yüzeyine gelen güneş enerjisine oranı kollektör verimi olarak ifade edilir. Kollektörün ısı verimi, Termodinamiğin I. kanunu, enerji dengesinden yola çıkarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

Kullanılabilir enerji = Kollektör yüzeyinin emdiği enerji - Çevreye olan ısı kayıpları

Sözel olarak ifade edilen bu enerji dengesi denklemini matematiksel olarak aşağıdaki gibi yazılabilir [14].

$$q_u = I_c A_c (\tau \alpha) - U_c A_c (T_c - T_a) \quad (1)$$

Kollektörün anlık verimi, kullanılabilir enerjinin, birim kollektör yüzey alana gelen güneş ışınım miktarına oranlanarak Eşitlik 2 de gösterildiği gibi hesaplanır [14].

$$\eta = \frac{q_u}{A_c I_c} \quad (2)$$

Kollektörün anlık verimine kullanılan malzeme, emici plakanın yapısı, camın özelliği, hava ve deneş şartları v.b. faktörler etki eder.

Isı borulu güneş kollektörlerinde emici yüzeye gelen enerji, iletim ve taşınım yoluyla çalışma akışkanına aktarılmaktadır. Çalışma akışkanı depo içerisinde bulunan yoğunlaştırıcı bölgeye geldiğinde ısısını depodaki suya bırakır. Dolayısıyla, her iki kollektörde de bütün şartların aynı olduğu göz önünde bulundurularak elde edilen depo suyu sıcaklıkları ile verim hesaplamaları yapılır. Kollektörlerdeki ısı taşıyıcı akışkan tarafından toplanan enerji Q_u ,

$$Q_u = m_s \cdot C_p \cdot (T_s - T_b) \quad (3)$$

eşitliği ile hesaplanır [14].

Kollektöre gelen güneş enerjisi (Q_c) ise; kollektör yüzey alanı ve birim yüzey alana gelen güneş ışınımı dikkate alınarak;

$$Q_c = A_c \cdot I_c \quad (4)$$

ifadesi ile hesaplanır [14].

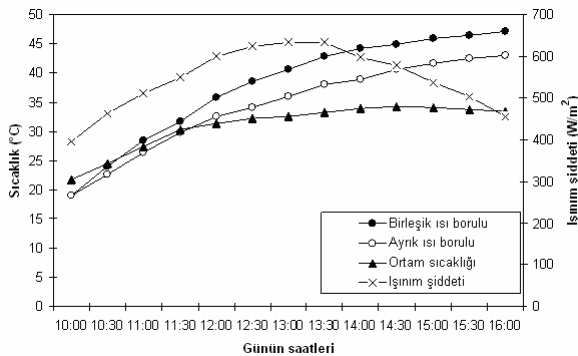
Eşitlik 3 ve 4 den yararlanarak bulunan her iki değer Eşitlik 5'de gösterildiği gibi birbirine oranlanarak kollektör verimi elde edilir [3,13,14].

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_c} = \frac{m_s \cdot C_{p_s} \cdot (T_s - T_b)}{A_c \cdot I_c} \quad (5)$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

3.1. DENEY SONUÇLARI (Experimental results)

Deneysel çalışmalar, Eylül 2006'da 3 gün ve Ekim 2006'da 3 gün olmak üzere toplam 6 günde yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalardaki sistemlerin, ortalama depo suyu sıcaklıklarındaki zamana göre değişimi Şekil 3.'de verilmiştir.



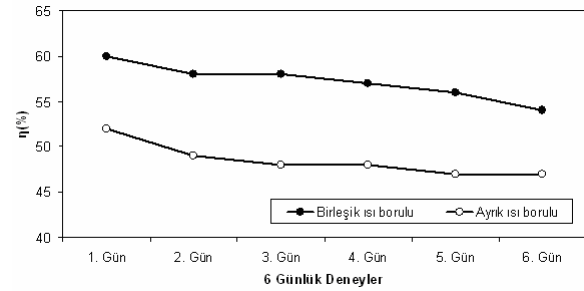
Şekil 3. Depolardaki su sıcaklıkları ortalaması (Average of water temperature in tanks)

Her iki kolektör verimlerinin hesaplanması için depo suyu sıcaklıkları önemlidir. Birleşik ısı borulu güneş kollektöründeki depo su sıcaklığı 19–47.1 °C aralığında ve ayrık ısı boruluda ise 19–42.9°C aralığında değişmiştir. Şekil 3'de belirtilen saatler arasındaki süre zarfında ortalama su sıcaklıkları birleşik ısı boruluda 37.6 °C ve ayrık ısı boruluda ise 34.2°C olmuştur. Deney süresince güneş ışınımının ve güneş yükseklik açısının düşük olduğu sabah saatlerinde, sistemlerin depo suyu sıcaklıklarında çok düşük bir fark olduğu, ancak güneş ışınımı ve güneş yükseklik açısının arttığı öğle saatlerinden sonra ise bu farkın birleşik ısı borulu güneşli su ısıtıcısı lehine arttığı gözlenmiştir. Öte yandan güneş ışınım şiddeti değerinin azalma eğiliminde olduğu akşam saatlerine doğru her iki sistemdeki depo suyu sıcaklıklarında herhangi bir azalma söz konusu değildir. Bu da

sistemde meydana gelebilecek ısı kaybının yapılan yalıtım ile önlendiğinin bir göstergesi olmuştur.

3.2. Kollektör Verimlerinin Değerlendirilmesi (Evaluation of collector efficiency)

Kollektörlerin verimleri deney sonuçlarından faydalanılarak Eşitlik 5 yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplamalarda sistemlerin günlük verim değerleri bulunduğundan, eşitlikte kullanılan güneş ışınım değerleri günlük ortalamalar şeklinde alınmıştır. Yapılan her bir deneye ait günlük kollektör verim değerleri hesaplanarak Şekil.4'de verildiği gibidir.



Şekil 4. Kollektörlerin verim değerleri (Collector efficiency values)

Burada, birleşik ısı borulu kollektör tipinin en iyi verim değerinin Eylül ayında yapılan 1. deneyde % 60 olduğu, ayrık ısı borulu kollektör tipinin yine aynı deneyde % 52 verime sahip olduğu bulunmuştur. Yapılan deneylerde, birleşik ısı borulu güneş kollektörünün ortalama verimi %57.16 iken, ayrık ısı borulu güneş kollektörünün ortalama verimi % 48.5'dir. Verimdeki dalgalanmalar, deney yapılan günlerdeki ışınım şiddeti dalgalanmaları ile paralellik göstermektedir.

Elde edilen bu sonuçlara göre, birleşik ısı borulu sistemin üstten ve alttan bir başka boru ile birleştirilmesi ve bu birleştirilen üst ve alt boruların uç kısmında başka bir akışkan dönüş borusu ile desteklenmesi, içinde bulunan akışkanın diğer sisteme göre çok daha rahat bir şekilde dolaşımını sağlamaktadır. Bunun sonucunda da akışkanın ısı transferi daha kısa zamanda ve verimli bir şekilde gerçekleşmiştir. Ayrık ısı borulu sistemde ise üstten ve alttan birleştirme olmadığı için akışkan, tek bir boru içinde buharlaşıp tekrar yoğunlaşmaktadır. Bu çevrimin tek bir boru içinde gerçekleşmesinden dolayı verimin diğer sisteme göre düşük olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND SUGGESTIONS)

Bu çalışmada, son zamanlarda kullanılan en verimli güneş enerjili su ısıtıcılarından olan ısı borulu sistemlerin iki farklı tipi tasarlanarak, bu iki sistem karşılaştırılmış ve performansları incelenmiştir.

Eşit kollektör alanına ve eşit depo kapasitesine sahip olacak şekilde tasarlanan birleşik ısı borulu ve ayrık ısı borulu sistemlerin ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasında, birleşik ısı borulu sistemin maksimum verim değerinin, ayrık ısı borulu sistemin verimine kıyasla % 8.66 daha iyi olduğu bulunmuştur.

Birleşik ısı borulu sistemin diğer sisteme göre dezavantajları, kullanılan boru sayısının fazla olmasından dolayı maliyet artışı ve işçiliğinin zor olmasıdır. Bunun yanı sıra performansının yüksek olması birleşik ısı borulu sistemi daha avantajlı kılmaktadır.

Isı borulu güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde ısı borularının farklı şekillerdeki tasarımı verimi etkilemektedir.

Birleşik ısı borulu sistemde akışkanın ısı transferi ayrık ısı borulu sisteme göre daha kolay olmakta ve verimi arttırmaktadır.

Yapılan bu çalışma Karabük şartları için denenmiş olup başka iklimsel özelliklere sahip yerleşim birimlerinde sonuçların nasıl değiştiğini belirlemek için yeni çalışmalar yapılabilir.

Isı borusu içerisinde kullanılan çalışma akışkanı R-134a gazının dışında farklı bir çalışma akışkanı kullanılarak performans belirlenmesine gidilebilir.

SEMBOLLER (LIST OF SYMBOLS)

q_u	: Kullanılabilir faydalı enerji (W)
A_c	: Kollektör yüzey alanı (m^2)
I_c	: Kollektör yüzeyine gelen ışınım miktarı (W/m^2)
τ	: Camın güneş ışınımını geçirme oranı
α	: Kollektör yüzeyinin absorblaması
U_c	: Tüm yüzeyin ısı kayıp katsayısı ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
T_c	: Emici plaka yüzey sıcaklığı ($^\circ C$)
T_a	: Çevre sıcaklığı ($^\circ C$)
Q_u	: Isı taşıyıcı akışkanın topladığı enerji (W)
m_s	: Suyun toplam debisi (kg)
C_{p_s}	: Suyun özgül ısıtma ısısı ($kJ/kg \cdot ^\circ C$)
T_b	: Deneye ait su başlangıç sıcaklığı ($^\circ C$)
T_a	: Deney süresi sonunda ulaşılan su sıcaklığı ($^\circ C$)
T	: Deney süresi (h)
η	: Verim

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. EİE, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/gunes_index.htm, 2007.
2. Ceylan, İ., Doğan, H., Yalçın, K. “Tabii dolaşımli, Endirekt ısıtmalı prizmatik tip kollektörlü güneş enerjisi sistemlerinin deneysel incelenmesi” **Teknoloji**, Cilt:7, Sayı 3, 395-400, 2004

3. Öz, E.S., Deniz, E., Özbaş, E. “Vakumlu Termosifon Tip Güneşli Su Isıtma Sistemlerinde Antifriz-Su Karışımı Kullanımının Sistem Performansına Etkileri” **VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi**, İzmir, 195-202, 2005.
4. Esen, M., Yüksel, T., “Isı borulu güneş enerjili termosifon düzlemsel kollektörün performansı” **Fırat üniversitesi Fen ve Müh. Bil. Dergisi**, 12(2), 201-207, 2000.
5. Faghri, “Heat pipe Science and Technology”, Taylor and Francis, UK., 1995
6. C.I. Ezekwe, “Thermal performance of heat pipe solar energy system”, **Solar and Wind Technology**, 7, 349-354, 1990.
7. Alkaç, Ö., “Isı Borusu Prensibinin Güneşli Su Isıtıcılarına Uygulanması” Master Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1996.
8. Yılmaz, S., Deniz, E. “Isı borulu güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde soğutucu akışkan R-22 kullanımının deneysel olarak incelenmesi” **Teknoloji**, Cilt:8, Sayı 4, 349-356, 2005.
9. Taban, M., “Düzlemsel Güneş Kollektöründe Kullanılan Isı Borusunun Optimizasyonu ve Deneysel İncelemesi” Master Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
10. Yüksel, T., “Soğutucu Akışkanların Kullanıldığı Isı Borulu Güneş Kollektörünün Kullanılabilirliğinin Deneysel ve Teorik Olarak Araştırılması” Master Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü 1998.
11. Esen M. and Esen H. “Experimental investigation of a two-phase closed termosyphon solar water heater”, **Solar Energy**, Cilt: 79, 459-468, 2004.
12. Yenice, O.T., “Isı Borulu Su Isıtıcı Güneş Kollektörü Geliştirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü 1998.
13. Uyarel, A.Y., Öz, E.S., “Güneş enerjisi ve uygulamaları”, Birsen yayınevi, Ankara, 1987.
14. Kreider, J.F., Kreith F. “Solar Heating and Cooling”, Mc. Graw Hill Book Comp., New York, 1982.