

## Doğal Dolaşım ve Kapalı Tip Güneşli Su Isıtıcı Sistemler İçin Kullanılan Eşanjörlerin Verimlerinin Belirlenmesi

**Turhan KOYUNCU, Yunus PINAR, Fuat LÜLE**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Samsun  
tkoyuncu@omu.edu.tr.

**Özet :** Türkiye’de, konutların sıcak su ihtiyacını karşılamak amacıyla, doğal dolaşım ve düz yüzeyli kapalı tip güneşli su ısıtıcılarından yaygın olarak yararlanılmaktadır. Bu ısıtıcıların toplam ısısal verimi (sistem verimi) kollektör paneli ve ısı eşanjörü gibi iki ana yapı elemanına bağlı olarak değişmektedir. Değişik kaynaklarda, kollektör panellerinin verimlerine ilişkin çok sayıda çalışmaya rastlamak mümkün olmasına rağmen, eşanjörlerin ya da sistemin verimiyle ilgili yeterli araştırma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu uygulamalı çalışmada, ülkemizde yoğun olarak kullanılan yatay ve dikey tip ısı eşanjörlerinin ve bunların bağlı olduğu sistemin toplam verimleri belirlenmiştir. Bunu yapabilmek için, veriminin %63 olduğu önceden belirlenmiş olan bir kollektör paneli kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, eşanjör verimleri sırasıyla yatay ve dikey için %29 ve %33 olarak bulunmuştur. Kollektör paneli ve eşanjörden oluşan sistemin toplam verimi de %18 ve %21 olarak elde edilmiştir. Isı eşanjörlerinin sistem verimini oldukça düşürdüğü açıkça anlaşılmıştır. Eşanjörlerinin düşük verimlerinden dolayı, bu sistemlerin ya eşanjörsüz açık dolaşım olarak kullanılması ya da yüksek verimli eşanjörlerin sisteme eklenmesi önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Güneş enerjisi, düz yüzeyli güneş kollektörü, su ısıtıcı, ısısal verim, doğal dolaşım.

### Determination of Efficiency of Heat Exchangers Used for Natural Circulation and Closed Type Solar Water Heaters

**Abstract :** It is widely benefited from natural circulation and closed type solar water heaters for supplying hot water for domestic applications in Turkey. The total thermal efficiency (system efficiency) of these heaters is changing depends on two main components such as collector array and heat exchanger. In different literatures, it is possible to see many investigations regarding efficiency of collector arrays, however, there is not enough study reported about efficiency of heat exchangers or system efficiency. Therefore, in this experimental study, thermal efficiency of the horizontal and vertical type heat exchangers and total efficiency of the system were investigated. In order to do this, a solar collector array that its efficiency known as 63% before, was used. As a result, the efficiency of horizontal and vertical type heat exchangers were defined as 29% and 33%, respectively. The efficiency of combination of both collector array and heat exchanger was also defined as 18% and 21%. It was clearly seen that the heat exchanger considerably reducing the efficiency of the collector system. Because of the low efficiency of heat exchangers, it was recommended that this system should be used as open circulation system without heat exchanger or different heat exchanger with high thermal efficiency should be added to the system.

**Keywords:** Solar energy, flat plate solar collector, water heater, thermal efficiency, natural circulation.

### GİRİŞ

Su sürekli olarak konutlarda içme, pişirme, banyo ve bulaşık yıkama amaçlı gibi temizlik işlerinde kullanılmaktadır. Her insan günde en az 20 L içilebilir suya ihtiyaç duyar ve bunun yarısı da kişisel temizlik içindir. Bu nedendir ki, suyun temizlik ve pişirme için ısıtılması gereklidir. Günlük olarak sıcak suyun kullanımı

sabah ve akşam saatlerinde yaklaşık eşit olup öğleden sonra daha azdır (Nieuwoudt and Mathews, 2005).

Sıcak su üretiminde farklı enerji kaynakları kullanılmaktadır. Fakat gelişmekte olan ülkelerin çoğunda yenilenemeyen kaynaklardan sağlanan enerjiler ya kullanılamaz durumda ya sürekli değildir ya da çok pahalıdır. Fakat yenilenebilir kaynaklarda güneş

enerjisi su ısıtma için son derece uygundur. Bu enerji basit teknolojilerle kurularak, sistemler tarafından su ısıtmada rahatlıkla kullanılabilir (Koyuncu, 2006).

Güneş enerjisi hem bol ve temiz, hem de tükenmez bir enerjidir. En yaygın kullanım alanı konut ve sanayi için sıcak su üretimi biçimindedir. Bu uygulamalar hızla artmaktadır. Ancak bu avantajların yanı sıra güneş enerjisinin değişken karakterde olması ve süreklilik göstermemesi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu enerji kaynağı sürekli olarak herhangi bir zamandaki ihtiyacı karşılayamamaktadır. Bu nedenle, herhangi bir zamandaki ihtiyacın karşılanabilmesi için depolanması gerekmektedir (Hazami, et al., 2005).

Kollektörler güneş termal uygulamaların ana yapı taşıdır. Burada ısı enerjisi güneş tarafından ısıtılan absorbe edici yüzeylerden akışkana transfer olmaktadır. En iyi koşullarda güneş radyasyon intensitesi yaklaşık olarak  $1100 \text{ W/m}^2$ 'dir. Düz yüzeyli güneş kollektörleri  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklığa kadar ki düşük sıcaklıklı uygulamalar için kullanılmaktadır. Bunlar direkt, yayılı ve yansıyan güneş radyasyonundan yararlanabilmektedir. Ayrıca güneşi izlemek zorunda değildirler ve bakımları da kolaydır. Bunlar daha çok sıcak su, sıcak hava üretiminde ve binaların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bunların termal verimlerini saptamak karmaşık olmakla birlikte, uygulamada basitleştirilmiş bağıntılardan da yararlanılmaktadır (Duffie and Beckman, 1991).

Ülkemizde, özellikle konutlarda sıcak su ihtiyacını karşılamak amacıyla düz yüzeyli güneş kollektörleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kollektörler genelde iyi verim (%60-70) değerine sahip olup fındık kabuğu, odun, kömür, doğal gaz, LPG ve elektrik enerjisi'ne oranla yaklaşık 1.5, 2.0, 3.5, 4.0, 6.0, 7.0 ve 12.0 kat daha ekonomiktir (Koyuncu ve Ültanır, 1997). Bu kollektörlerin üretiminde ise kondüktivitelerinin yüksek, ucuz ve piyasadan kolay temin edilebilir olmaları nedeniyle bakır ve alüminyum malzemeler tercih edilmektedir. Ancak, bakır ve alüminyumun sıcak suyun renk, koku, tat ve kimyasal yapısını olumsuz etkilemesi ve bu suyun mutfaklarda yemek pişirmede kullanılamaması nedeniyle, açık doluşımlı sistem yerine doğal doluşımlı kapalı sistemler tercih edilmektedir. Yani kollektörlerde ısıtılan suyun direk kullanımı yerine, paslanmaz çelik olan krom malzemeden imal edilmiş basit yapılı yatay (yatay tip) ya da dikey (dikey tip) pozisyonda yerleştirilmiş eşanjörlerle ısı enerjisi temiz

suya aktararak kullanılmaktadır. Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgelerinin tamamına yakınında olmak üzere diğer bölgelerimizin büyük bölümünde doğal doluşımlı kapalı sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerde, ısıtıcı suyun kışın donmadan sistemde dolaşabilmesi için genellikle %60 glikol (antifriz) ve %40 su karışımından oluşan akışkan güneş kollektöründe ısıtılmakta ve doğal doluşımla eşanjöre (ısı değiştirici) ulaşarak ısıyı kullanım suyuna iletmektedir. Burada kullanılan eşanjörler, hem kullanım suyuna depoluk yapmakta hem de kollektörlerden dolaşarak ısınan antifrizli suyun kullanım suyuna karışmadan ısınmasını sağlamaktadır. Ülkemizde, bir çok büyük kollektör firması TSE aracılığıyla EİE Güneş Enerjisi Şubesi'ne kollektör panellerinin ısıl verimlerine ilişkin testleri yaptırmaktadırlar. Ancak gerek ısı eşanjörlerinin gerekse sistemin toplam verimine ilişkin verim testleri yapılmamaktadır. Firmalar yalnızca kollektör panellerinin verimlerini bilmekte ancak eşanjör ve sistemin toplam verimini bilen firma hemen hemen bulunmamakta yalnızca yorum yapmaktadırlar. Bu nedenle bu araştırmada, ülkemizde yaygın olarak kullanılan yatay ve dikey tip ısı eşanjörlerinin verimleri belirlenerek ortaya konmuştur.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Kollektör sistemi aşağıda sıralanan parçalardan oluşmaktadır (Şekil 1, 2, 3 ve 4).

1. Örtü malzemesi olarak, kalınlığı, geçirgenliği ve emissivitesi sırasıyla 4mm, %89 ve %0.88 olan normal cam kullanılmıştır. Bu cam örtü, görünür ışınların tamamı ile infrared ışınların da  $3 \mu\text{m}$ 'den küçük dalga boyuna (yakın infrared) sahip olanları geçirmekte ve dalga boyu  $3 \mu\text{m}$ 'den büyük olan infrared (uzak infrared) ışınları da absorbe edebilmektedir (Riffat, et al.,2000).

2. Camla absorbe edici (toplayıcı) siyah yüzey arasında 30 mm'lik hava boşluğu oluşturulmuştur.

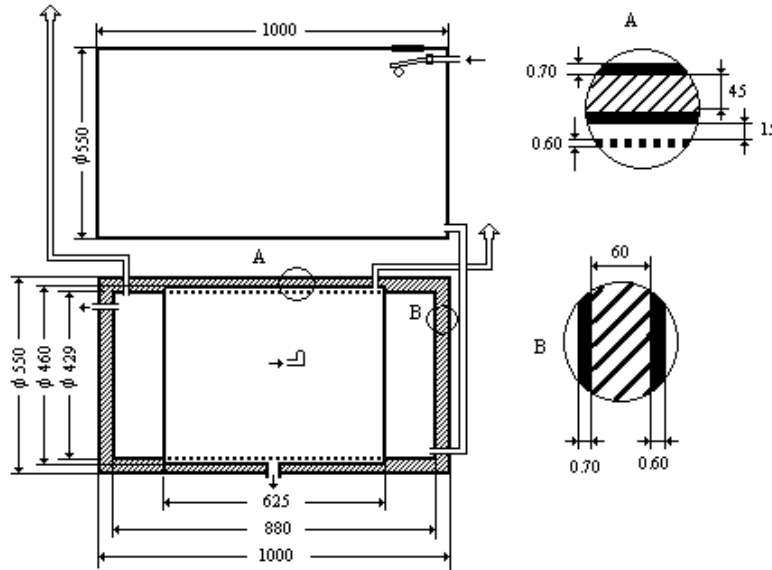
3. Absorbe edici yüzey (bakır selektif yüzey) 0.18 mm kalınlığında olup bu plakanın absorbtivitesi ve kondüktivitesi sırasıyla %98 ve  $385 \text{ W/(m.K)}$ 'dir.

4. Kollektör kasası alüminyum profil ve saçlardan yapılmış olup izolasyon malzemesi olarak kalınlığı 60 mm ve kondüktivitesi  $0.04 \text{ W/(m.K)}$  olan cam yünü kullanılmıştır.

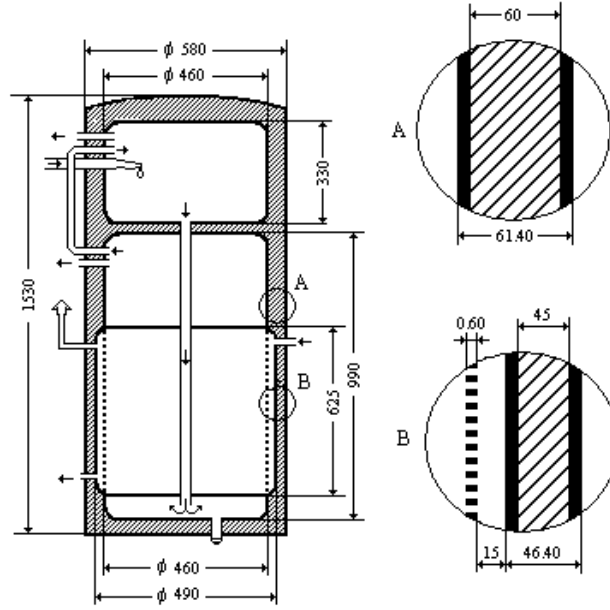
5. Sıcak su deposu ve ısı eşanjörleri 0.70 mm kalınlığındaki 304 mat krom (paslanmaz çelik) malzemeden imal edilmiştir.

Verimi önceden belirlenmiş olan düz yüzeyli bir güneş kolektörü hem yatay hem de dikey tip ısı eşanjörlerine ayrı ayrı bağlanarak hem eşanjörlerin ve hem de sistemin toplam verimi saptanmıştır. Kolektör panelinde akışkan olarak %40 su ve %60 glikol'dan (antifriz) oluşan karışım kullanılmıştır. Bütün testler EN (Avrupa Birliği Normları) 12975-2 ve TS (Türk Standartları) 3680-2'ye göre yapılmıştır (EN and TS, 2003). Kolektörler tam güneşe bakacak ve 45°'lik eğim açısına sahip olacak biçimde yerleştirilmiştir. Denemelerde, elektrikli ısıtıcı, termostat, santrifüj akışkan sirkülasyon pompası, piranometre, anemometre, rüzgar üretimi için aksial fanlar, hava hızı ayarlayıcısı, sıcaklık sensörleri, akışkan kütle akış

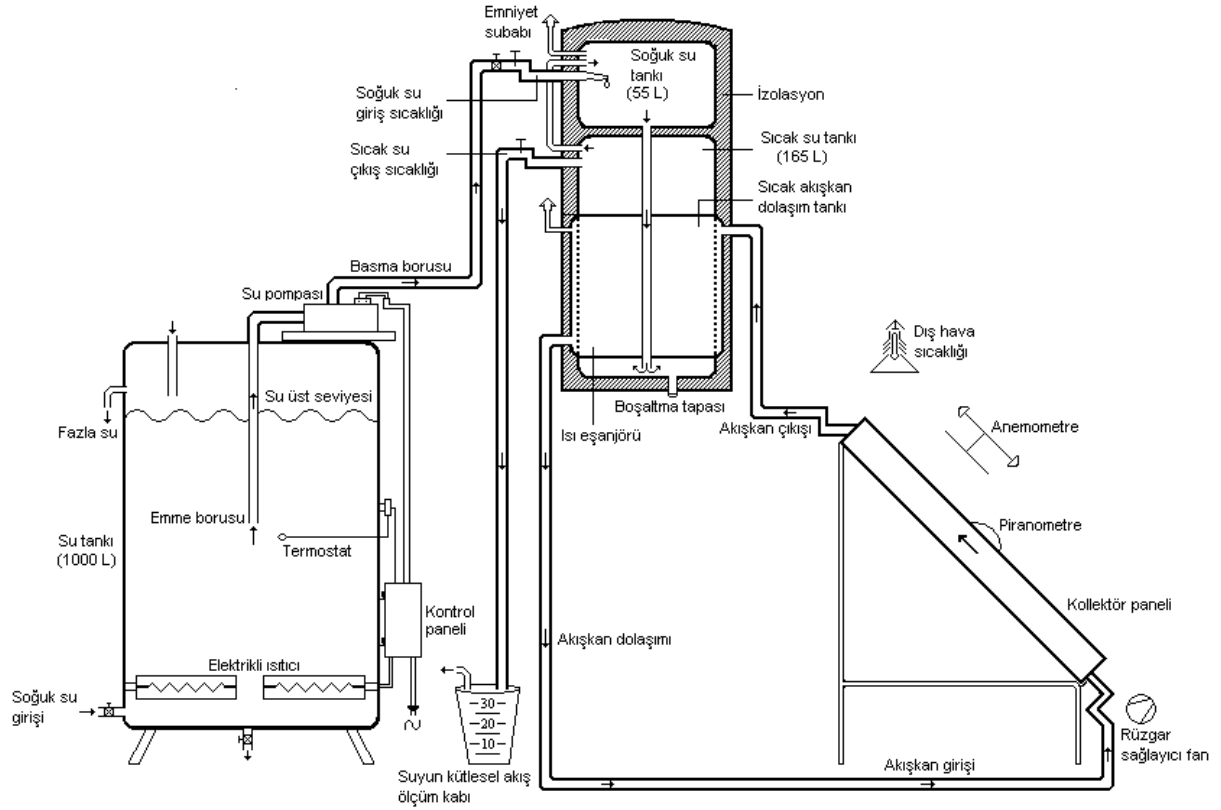
kapları, PC ve özel üretilmiş 'Smart Control for Opus' adlı veri işleme ve transfer programı kullanılmıştır. Bu cihazlarla güneş radyasyonu, dış hava sıcaklığı, akışkanın kolektöre giriş ve çıkış sıcaklıkları, akışkan kütle akışı ve rüzgar hızı ölçülmüştür. Veriler her yarım saatte bir kaydedilmiştir. Denemeler, yaz koşullarında Ağustos 2006 yılında Samsun'da yapılmıştır (Samsun için Enlem = 41.21°, Boylam = 36.15° ve deneme yeri yüksekliği  $\approx$  200m). Her bir eşanjör 4 gün ve her gün içinde 5 saat denenmiştir (Saat 10:00'dan 15:00'a kadar). Her bir deneme için 4 farklı akışkan giriş sıcaklığı kullanılmıştır. Denemeler süresince, akışkan giriş sıcaklıkları 35°C...60°C ve dış hava sıcaklığı ise 28°C...34°C arasında değişmiştir. Akışkanın kütesel akışı 0.02 kg/(s.m<sup>2</sup>) olacak şekilde çok küçük kademelerle ve el ile ayarlanabilen küresel vanalar kullanılarak sabit tutulmuştur.



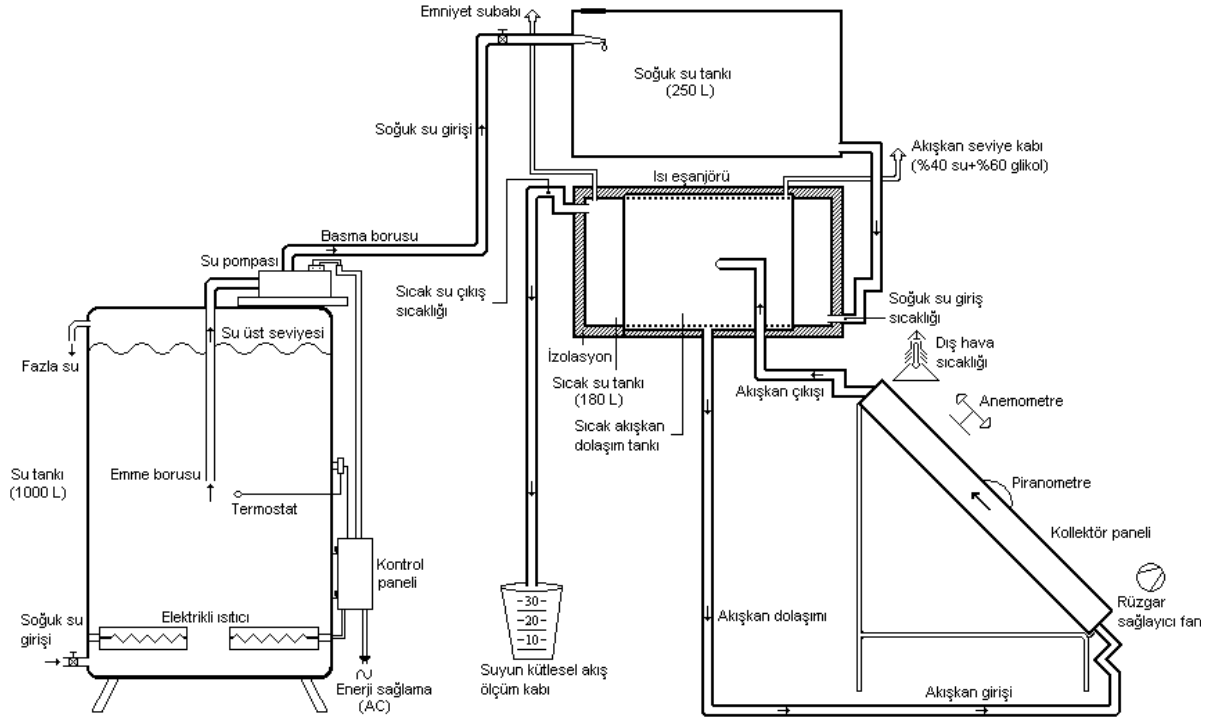
Şekil 1. Yatay tip ısı eşanjörüne ilişkin veriler (ölçüler mm'dir)



Şekil 2. Dikey tip ısı eşanjörüne ilişkin veriler (ölçüler mm'dir)



Şekil 3. Dikey tip ısı eşanjörünün sisteme bağlanması ve denemesi



Şekil 4. Yatay tip ısı eşanjörünün sisteme bağlanması ve denemesi

Güneş kolektörleri yaklaşık olarak sabit koşullar altında çalışmaktadırlar (Şekil 5). Bu koşullar altında ısıl verimleri, kolektör yüzeyine gelen güneş radyasyonundan optik ve termal kayıpların çıkarılarak elde edilen yararlı enerjinin yüzeye gelen toplam enerjiye oranlanması ile elde edilmektedir Duffie and Beckmann, 1991; Bagach, et al., 2000; Tiwari, et al., 1991).

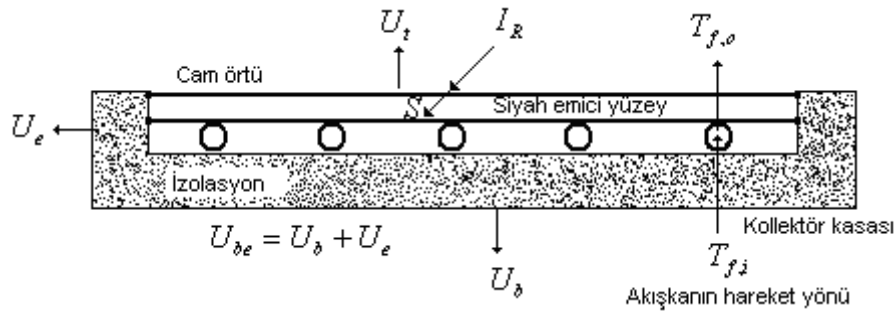
Elde edilen yararlı enerji aşağıdaki Eşitlik 1 ile bulunabilmektedir.

$$q_u = \dot{m} c_{p,f} (T_{f,o} - T_{f,i}) \quad (1)$$

Kolektör yüzeyine gelen güneş radyasyonu ve yararlı enerji ile gelen radyasyonun oranlanması ile bulunan verim Eşitlik 2 ve 3 yardımıyla elde edilebilmektedir.

$$q_s = I_R A_c \quad (2)$$

$$\eta = \frac{q_u}{q_s} \quad (3)$$



Şekil 5. Bir güneş kolektör panelinin ana yapı elemanları, çalışma prensibi ve ısı dengesi

Ayrıca, Eşitlik (1) ve (2)'den faydalanılarak ısısal verim Eşitlik 4'deki biçimde düzenlenebilmektedir.

$$\eta = \frac{\dot{m}c_{p,f}(T_{f,o} - T_{f,i})}{I_R A_c} \quad (4)$$

Eşitlik 1, 2, 3 ve 4 ile Şekil 5'de kullanılan sembollerin anlamları ve birimleri aşağıdadır.

$A_c$  : Kollektör yüzey alanı, m<sup>2</sup>

$c_{p,f}$  : Akışkanın sabit basınçtaki özgül ısı, J/(kg.K)

$I_R$  : Kollektör yüzeyine gelen güneş radyasyonu, W/m<sup>2</sup>

$\dot{m}$  : Akışkanın kütesel akışı, kg/s

$q_u$  : Yararlı ısısal güç, W

$q_s$  : Kollektör yüzeyine gelen yararlı güneş radyasyon gücü, W

$S$  : Absorbe edilen güneş radyasyonu, W/m<sup>2</sup>

$T_a$  : Dış (atmosfer) hava sıcaklığı, K

$T_{f,i}$  : Akışkan giriş sıcaklığı, K

$T_{f,o}$  : Akışkan çıkış sıcaklığı, K

$T_m$  : Ortalama sıcaklık, K

$U_{be}$  : Kollektör alt ve yan yüzey toplam ısı kayıp katsayısı, W/(m<sup>2</sup>.K)

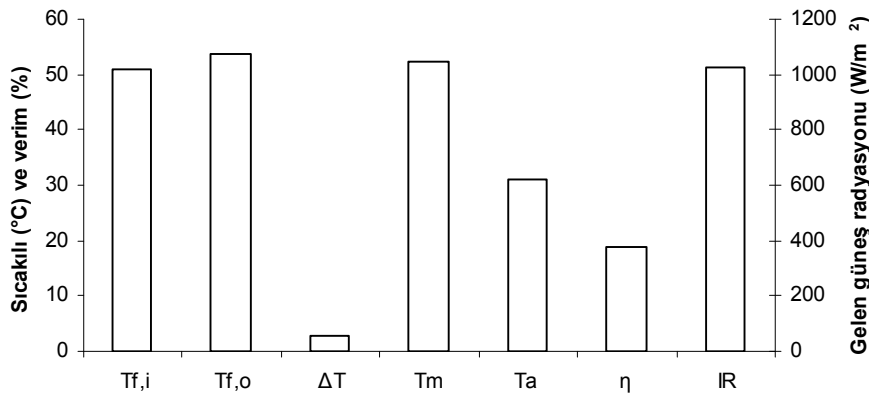
$U_t$  : Kollektör üst yüzey ısı kayıp katsayısı, W/(m<sup>2</sup>.K)

$\Delta T$  : Sıcaklık farkı, K

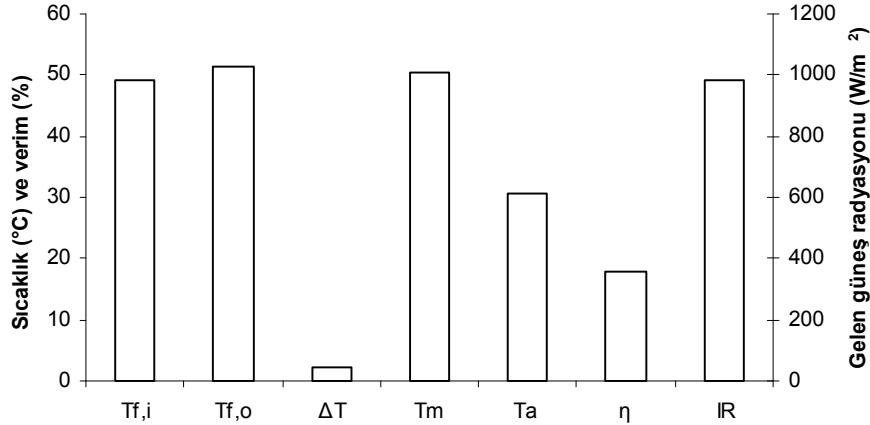
$\eta$  : Kollektör ısısal verimi, %

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Önceki bölümlerde açıklandığı gibi, veriminin %63 olduğu önceden bilinen bir kollektör panelinin bulunduğu aynı sisteme yatay ve dikey konumda iki farklı ısı eşanjörü ayrı ayrı ama aynı koşullar altında bağlanarak denenmiştir. Her bir eşanjörün kendi denemelerine ilişkin ortalama akışkan giriş sıcaklığı ( $T_{f,i}$ ), akışkan çıkış sıcaklığı ( $T_{f,o}$ ), akışkan giriş ve çıkış sıcaklık farkları ( $\Delta T$ ), ortalama akışkan sıcaklığı ( $T_m$ ), dış hava sıcaklığı (atmosfer havası sıcaklığı) ( $T_a$ ), kollektör ısısal verimi ( $\eta$ ) ve kollektör yüzeyine gelen güneş radyasyonu ( $I_R$ ) değerleri Şekil 6 ve 7'de verilmiştir. Bu şekillerden açıkça görüldüğü üzere, yatay tip ısı eşanjörü veriminin %29 ve dikey tip ısı eşanjörü veriminin %33 olduğu saptanmıştır. Kollektör ve ısı eşanjörlerinden oluşan kombinasyonun yani sistemin toplam verimi ise yatay ve dikey tip ısı eşanjörleri için sırasıyla %18 ve %21 olarak elde edilmiştir.



Şekil 6. Yatay tip ısı eşanjörüne ilişkin sonuçlar



Şekil 7. Dikey tip ısı eşanjörüne ilişkin sonuçlar

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırma sonuçlarından, ülkemizde çok yaygın olarak kullanılan ve denemeleri yapılan bu kolektörlerden, açık sistem şeklinde yararlanması yani, kolektör panellerinde ısıtılan suyun doğrudan kullanılması durumunda verimin %63 olduğu belirlenmiştir. Ancak, kolektör panellerinde ısıtılan akışkanın kullanılmayıp, yatay ya da dikey eşanjörler yardımıyla ısının kullanım suyuna aktarılması sırasında

önemli kayıplar olduğu ve sistemin toplam veriminin %18 ve %21 gibi düşük değerlerde kaldığı saptanmıştır. Bu nedenle, ya kolektör paneli imalatında suyun renk, koku, tat ve kimyasal yapısını olumsuz etkilemeyen malzemelerin kullanılarak ısıtılan suyun doğrudan tüketilmesi ya da doğal dolaşimli kapalı sistemler için verimi yüksek olan eşanjör tasarımlarının yapılmasının bir zorunluluk ve sorumluluk olduğu karşımıza çıkmaktadır.

### LİTERATÜR LİSTESİ

- Bagach MN, Tadili R, Dahman AS, Boukallouch M. Survey of thermal performances of a solar system used for the heating of agricultural greenhouses in Morocco. *Renewable Energy* 2000; 20, 415-433.
- Duffie JA, Beckman WA. *Solar engineering of thermal process*. John Wiley & Sons Ltd; New York, 1991.
- EN (European Norms) 12972-2. *Thermal solar systems and components-Solar collectors-Part 2: Test Methods*. April, 2003.
- Hazami M, Kooli S, Lazaar M, Farhat A, Belghith A. Performance of a solar storage collector. *Desalination* 2005; 183, 167-172.
- Koyuncu T, Ultanir M. *Economic Analysis of Flat Plate Solar Collectors in Supplying Hot Water in Turkey (in Turkish)*. 17. National Agricultural Mechanization Congress Proceedings, pp. 179-189, September 17-19, Tokat, Turkey, 1997.

- Koyuncu T. Performance of various design of solar air heaters for crop drying applications. *Renewable Energy* 2006; 31, 1073-1088.
- Nieuwoudt MN, Mathews EH. A mobile solar water heater for rural housing in Southern Africa. *Building and Environment* 2005; 40, 1217-1234.
- Riffat SB, Doherty PS, Abdel Aziz EI. Performance testing of different types of liquid flat plate collectors. *Int. J. Energy Res* 2000; 24, 1203-1215.
- Tiwari RC, Kumar A, Gupta SK, Sootha GD. Thermal performance of flat-plate solar collectors manufactured in India. *Energy Conver. Mgmt* 1991; 31, 309-313.
- TS (Türk Standardı) 3680-2. *Isıl güneş enerji sistemleri ve bileşenleri-Güneş enerji kolektörleri-Bölüm-2: Deney metotları*. Nisan, 2003.