

# VAKUM TÜPLÜ GÜNEŞLİ SU ISITMA SİSTEMİ İLE STANDART DÜZ KOLLEKTÖRLÜ GÜNEŞLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNİN PERFORMANS VE VERİMLERİNİN DENEYSEL OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

Etem Sait ÖZ  
Engin ÖZBAŞ  
Ramazan DÜNDAR

## ÖZET

Bu çalışmada, vakum tüplü güneşli su ısıtma sistemi ile standart düz (ahşap kasalı ve cam kasalı) kollektörlü güneşli su ısıtma sisteminin performans ve verimleri deneysel olarak ayrı ayrı araştırılmıştır. Yapılan çalışmada, piyasada hazır olarak kullanıcıya sunulan vakum tüplü kolektörlerden alınarak, güneşli su ısıtma sistemine tespiti yapılmış ve buna eş yüzey alanına sahip standart düz yüzeyli ahşap kasalı ve cam kasalı kollektörler imal edilerek, diğeriyle aynı özelliklere sahip güneşli su ısıtma sistemine monte edilerek ayrı ayrı deneyler yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda alınan verilere göre, vakum tüplü güneşli su ısıtma sisteminin diğeri sistemlere göre, performans ve veriminin yüksek olduğu, bunu cam kasalı kollektörün takip ettiği, son olarak da, ahşap kasalı kollektörün veriminin geldiği görülmüştür.

## 1. GİRİŞ

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin sanayi ve üretime önem vermek zorunda olduğu günümüzde, ihtiyaçlarını karşılamak için daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar. Bu enerjinin de büyük çoğunluğunun petrol ve türevlerinden elde edilmesi, buna da sadece birkaç şanslı ülkenin sahip olmasından dolayı, dışa bağımlılığın azaltılması için bu ülkeler farklı enerji kaynakları arayışına girmişlerdir. Bu arayış sonucunda alternatif enerji olarak adlandırdığımız enerji kaynakları alanında çalışmalara ağırlık verilmiştir.

Konumuna ve coğrafik koşullarına göre bazı ülkeler dalga enerjisi üzerinde çalışmalar yaparken, bazı ülkeler rüzgâr enerjisinden faydalanmayı, bazılarıysa güneş enerjisi üzerinde durmayı tercih etmiştir. Birçok ülkenin ortak paydası halinde olan enerji türü ise hiç şüphesiz güneş enerjisidir.

Güneşten dünyamıza gelen enerji miktarının, dünyada bir yılda tüketilen enerjinin 20.000 katı kadar olduğunu bilmekteyiz[1]. O halde; bu alandaki çalışmaların her geçen gün daha da artarak devam etmesi, hem ülkelerin ekonomisi ve dışa bağımlılığının azaltılabilmesi, hem dünyamızın ve insanlığın geleceği için zorunlu hale gelmiştir. Çünkü enerji olarak güneşten faydalanmak, diğeri kaynaklara göre kıyaslandığında çevreye vereceği kirlenici ve yok edici unsurları ihmal edilebilir boyuttadır.

Belirtilen bu ve bunun gibi birçok sebep ve avantajlarından dolayı, dünyamız var oldukça var olacak olan güneşten en verimli şekilde faydalanmayı amaçlayan insanoğlu, birçok sistemler geliştirmiş ve bunların verimini arttırmak için yoğun çalışmalar içerisine girmiştir.

Vakumlu sistemlerde, güneşin olduğu her zaman verim alınabileceği anlaşılmış, özellikle yaz ayının dışındaki diğer mevsimlerde de bundan faydalanabileceği ortaya çıkmıştır. Bu gibi sebeplerle bu sistem üzerinde çalışılmış ve vakum tüplü kolektörler üretilerek geliştirilmiştir.

1909 yılında Emmet günümüzde kullanılan çeşitli tiplerdeki vakum tüplü kolektörleri tanıtmıştır. Speyer vakum tüplü düz yutucu plakalı kolektörlerin yüksek sıcaklıklar için kullanılabileceğini kanıtlamıştır[2].

Vakum borulu alıcıları, yoğunlaştıran toplayıcı sistemlerinde kullanmak bazı araştırma grupları tarafından düşünülmüştür. Kolektör performansını iyileştirmek ve maliyeti azaltmak için 60'lı yıllarda yansıtıcılar kullanılmıştır. Bu arada vakum tüp alıcıların V-yansıtıcılarla kullanımı Hollands ve Durand tarafından tanıtılmıştır[3].

U. Ortabaşı, ısı borulu vakumlu ve içten yansıtıcı kolektörler üzerine yoğunlaşmıştır. Isı borulu kolektör ile düz yutucu plakalı vakum borulu kolektörü karşılaştırmış ve akışkan giriş sıcaklığı ile dış sıcaklık farkının düşük olduğu bölgede ikincisinin daha verimli olduğu anlaşılmıştır. Isı borulu güneş kolektörleri faz değişimi sebebiyle yüksek iletkenliğe sahip ısı değiştirgeci görevini görmektedir[4].

Eş eksenli, iççe geçmiş üç borudan oluşan vakum borulu kolektörü Owens-İllionis geliştirmiştir. Orta toplayıcı boru seçici yüzeyle kaplanmıştır. Dış ve orta boru arasında vakum vardır. Sıvı orta borudan geçerken ısınmakta ve iç borudan çıkmaktadır[5].

Vakum tüplü kolektörler iç içe geçmiş iki cam borunun arasındaki havanın vakumlanmasıyla elde edilir. Dıştaki cam boru güneşten gelen ışınları toplayarak içteki boruya iletmekte içteki boru ise yüzeyinin selektif bir malzemeyle kaplı olmasından dolayı ışınların büyük çoğunluğunu absorbe ederek akışkanı ısıtmaktadır. Borular arası vakumlu olduğundan borular arasında iletimle, kolektör dışında taşınma, kaplama malzemesinden dolayı ise ışınlama olan ısı kayıpları yok denecek kadar azdır. Isınan akışkanın yer değiştirmesi prensibiyle, ısınan akışkan depoya doğru hareket eder. Bunun yerini ise depodaki soğuk su kaplar. Dıştaki boru silindirik olmasından dolayı güneşi tüm açılardan  $90^{\circ}$  olarak alır.

Böylelikle; yoğunlaştırma, sistemin güneşi izlemesi ve -oluşturulan vakumdan dolayı- donmaların önlenmesi için antifriz gibi ikincil akışkana gerek kalmamaktadır.

Bu çalışmada da vakum tüplü güneşli su ısıtma sistemi ile aynı özelliklere sahip ahşap kasalı ve cam kasalı olarak imal edilen güneşli su ısıtma sistemlerinin verim ve performansları ayrı ayrı mukayese edilmiştir.

## 2. SİSTEM VERİMLERİ

Kolektörlerden alınan kullanılabilir güneş enerjisinin, kolektöre gelen güneş enerjisine oranına kolektör verimi denir[6].

İmalatı yapılan güneş kolektörlerinde emici yüzeye gelen enerji, iletim ve taşınım yoluyla çalışma akışkanına iletilmektedir. Kolektörlerin güneş toplayan yüzey alanları eşit imal edilmiştir. Dolayısıyla sistemlerin verim hesaplamaları yapılırken her iki sistemde de bütün şartların aynı olduğu göz önünde bulundurularak elde edilen depo suyu sıcaklıkları ile verim hesaplamasına gidilmiştir.

Depolardaki kullanılabilir ısı enerjisi ( $Q_u$ ); Sistemlerdeki suyun toplam kütlesi ( $m_s$ ), suyun ilk sıcaklığı ( $T_i$ ), suyun son sıcaklığı ( $T_s$ ) ve günlük 7 saat deney süresi dikkate alınarak;

$$Q_u = \frac{m_s \times C_{ps} \times (T_s - T_i)}{7 \times 3600} \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır.

Kollektöre gelen güneş enerjisi ( $Q_c$ ) ise; kollektör yüzey alanı ( $A_c$ ), birim yüzey alana gelen ortalama güneş ışınımı şiddeti  $\bar{I}$  dikkate alınarak;

$$Q_c = \bar{I} \times A_c \quad (2)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır.

Bulunan her iki değer Eşitlik 3' de gösterildiği gibi birbirine oranlanarak verim elde edilmiştir[6].

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_c} = \frac{\frac{m_s \times C_{ps} \times (T_s - T_i)}{7 \times 3600}}{\bar{I} \times A_c} \quad (3)$$

Eşitlikte;

$\eta$  : Verim

$\bar{I}$  : Ortalama güneş ışınım şiddeti ( $\text{kW/m}^2$ )

$T_i$  : Deneye ait su başlangıç sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_s$  : Deney süresi sonunda ulaşılan su sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )

$A_c$  : Kollektör yüzeyi ( $\text{m}^2$ )

$C_{ps}$  : Suyun özgül ısınma ısısı ( $\text{kJ/kg } ^{\circ}\text{C}$ )

$m_s$  : Suyun toplam kütlesi ( $\text{kg}$ )

olarak verilmiştir.

### 3. DENEYSEL DÜZENEKLER VE UYGULAMA

Yapılan çalışmada, üç farklı tip kollektör kullanılmıştır. Bunlar bir adet hazır vakum tüplü kollektör, buna eşdeğer yüzey alanına sahip ahşap kasalı cam örtülü kollektör ve aynı şekilde bunlara eşdeğer yüzey alanına sahip tüm yüzeyleri tamamen camdan oluşan bir kollektörden oluşmaktadır. İmal edilen kollektör kasalarının güneş toplayan yüzey alanı; vakum tüplü kollektörün yüzey alanıyla eş, içerisinden akışkan geçen iç boruların çapları da eşit ölçülerde seçilmiştir. İmalî gerçekleştirilen her iki sistem Şekil 1'de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Deneysel olarak kullanılan Vakum Tüplü-Cam Kasalı ile Vakum Tüplü-Ahşap Kasalı Sistemler.

Vakum tüplü kolektörün dıştaki camı 47 mm olup, iç cam borunun çapı 37 mm 'dir. Boru uzunluğu 1400 mm olup depoya monte edildiğinde güneş toplayan net uzunluk 1310 mm kalmaktadır.

Düz yüzeyli kolektör borusu da vakum tüplü kolektöre uygun olarak 37 mm çapında ve 1400 mm uzunluğunda imal edilerek siyah mat boya ile boyanmıştır. Bu da diğeri gibi depoya monte edildiğinde güneş toplayan net uzunluk 1310 mm olmaktadır.

Düz yüzeyli kolektör boru için 1310 mm boyunda, 47 mm eninde ve 55 mm derinliğinde ahşap ve cam kasalar kullanılmıştır.

Deneysel olarak 10 litre hacme sahip 1 mm' lik sacdan yapılmış silindirik depolar kullanılmıştır. Depolar yalıtım malzemesi ile kaplanmış üzerine de 0,5 mm galvanizli sac geçirilmiştir. Deneysel sırasında depodaki su günlük olarak değiştirilmiştir.

Deneysel olarak, TS 3680-2 EN 12975-2 numaralı "Isıl Güneş Enerji Sistemleri ve Bileşenleri-Güneş Enerjisi Kollektörleri-Bölüm 2: Deneysel Metotları" başlıklı TSE Standardı dikkate alınarak yapılmıştır.

### 3.1. Deneysel

Deneysel iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, 26.05.2007 tarihinde vakum tüplü kolektörlü sistem – standart ahşap kasalı sistem çalışır hale getirilerek 26.05.2007 – 02.06.2007 tarihine kadar gerekli ölçümler alınmıştır. İkinci aşamada standart ahşap kasalı sistem elemanları deneyselden çıkarılarak yerine aynı ölçülerde üst ve yan yüzeyleri camla örtülmüş kasalı kolektör sisteme dâhil edilmiş 03.06.2007 – 10.06.2007 tarihleri aralığında deneysel tabii tutulmuştur.

Deneysel ölçülen parametreler, kolektör düzlemine gelen güneş ışınım şiddetleri, her iki sistemin depo suyu sıcaklıkları ve ortam havası sıcaklığıdır.

Sıcaklık ölçümü; Fe-Const. Termokupl malzeme ile 12 kanallı Elimko-6000 tipi sıcaklık ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Cihazın kanal direnci 0,025 ohm 'dan daha küçüktür, çalışma gerilimi 220 Volt, 50 Hz  $\pm$  %10 ve güç sarfiyatı 4 W 'tır. Seçilen değerin göstergede kalış süresi manuel olarak anahtarın konum değiştirme süresi kadardır. Seçilen kanalın değeri  $\pm$  % 0,25 doğruluktadır.

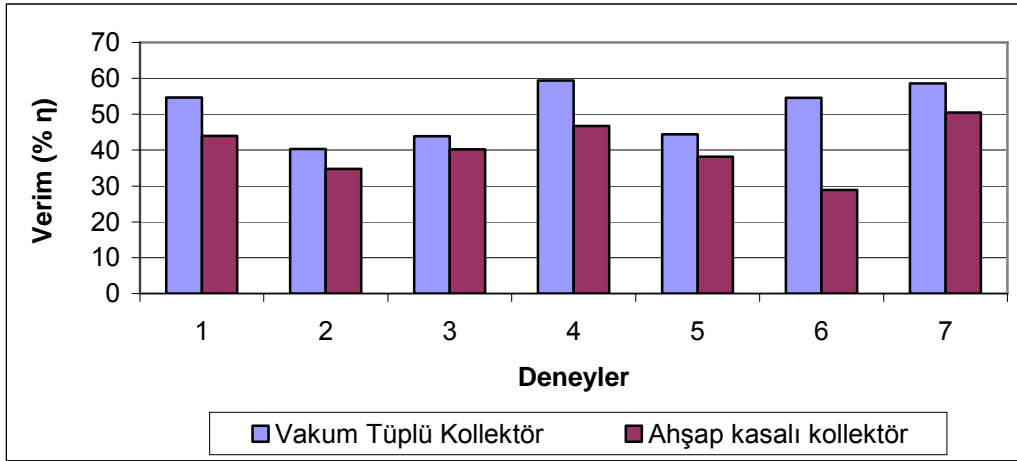
Güneş radyasyon ölçümünde Instruments haemmi messgerate solar 118 türü bir solarmetre cihazı kullanılmıştır. Cihazın hassasiyeti  $\pm$  % 1,5'tur. Cihaz güneş radyasyonunu algılayan bir yüzey elemanı ile değeri dijital olarak gösteren bir aparatından oluşmaktadır. Cihaz üzerinde farklı birimlere ait beş kademeli bir anahtar mevcuttur.

### 3.2. Deneysel Sonuçları

Yapılan deneylerin birinci aşaması için vakum tüplü kolektör-aşşap kasalı kolektör verimleri Eşitlik 3 yardımıyla hesaplanarak Tablo 1. e yazılarak oluşan verim farklılıkları Şekil 2. de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Vakum tüplü ile aşşap kasalı kolektörlere ait verim değerleri.

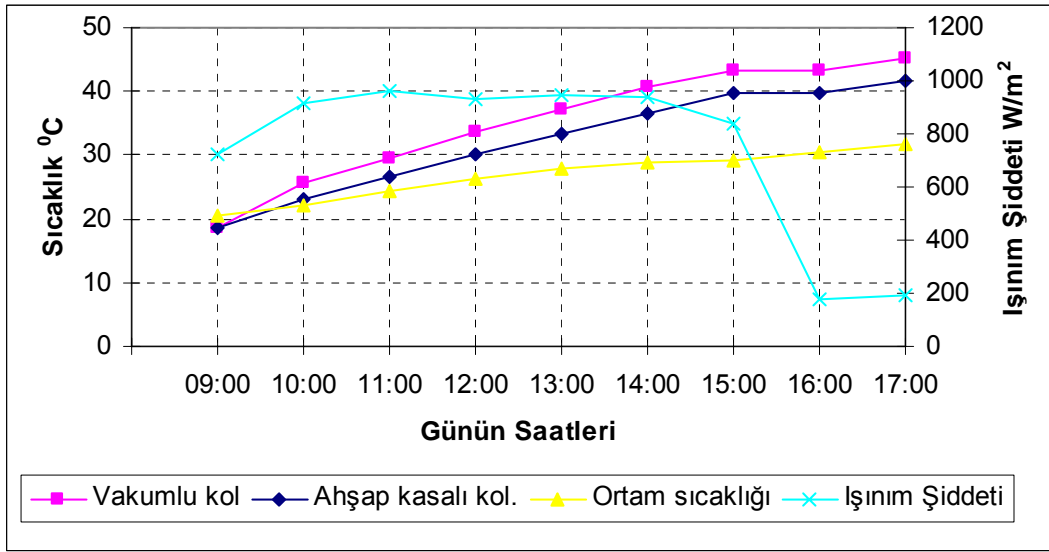
| Deney No              | Günlük Ortalama Verim (% $\eta$ ) |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                       | 1                                 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| Vakum Tüplü Kolektör  | 54,7                              | 40,3 | 43,9 | 59,4 | 44,4 | 54,6 | 58,6 |
| Aşşap Kasalı Kolektör | 44,0                              | 34,8 | 40,2 | 46,7 | 38,2 | 28,9 | 50,5 |



**Şekil 2.** Vakum tüplü ve aşşap kasalı kolektörlere ait performans göstergeleri.

**Tablo 2.** Vakum tüplü ile aşşap kasalı kolektörlere ait 02.06.2007 tarihinde yapılan deneyde elde edilen veriler.

| Günün Saatleri | Vakum Tüplü Kolektör Depo Sıcaklığı °C | Aşşap Kasalı Kolektör Depo Sıcaklığı °C | Ortam Sıcaklığı °C | Işınım Şiddeti W/m <sup>2</sup> |
|----------------|--|---|--------------------|---------------------------------|
| 09:00          | 18,7                                   | 18,7                                    | 20,5               | 720                             |
| 10:00          | 25,6                                   | 23,2                                    | 22,0               | 914                             |
| 11:00          | 29,6                                   | 26,5                                    | 24,5               | 964                             |
| 12:00          | 33,6                                   | 30,1                                    | 26,3               | 933                             |
| 13:00          | 37,2                                   | 33,3                                    | 27,9               | 949                             |
| 14:00          | 40,8                                   | 36,6                                    | 29,0               | 937                             |
| 15:00          | 43,4                                   | 39,6                                    | 29,3               | 840                             |
| 16:00          | 43,4                                   | 39,6                                    | 30,3               | 177                             |
| 17:00          | 45,3                                   | 41,6                                    | 31,8               | 195                             |

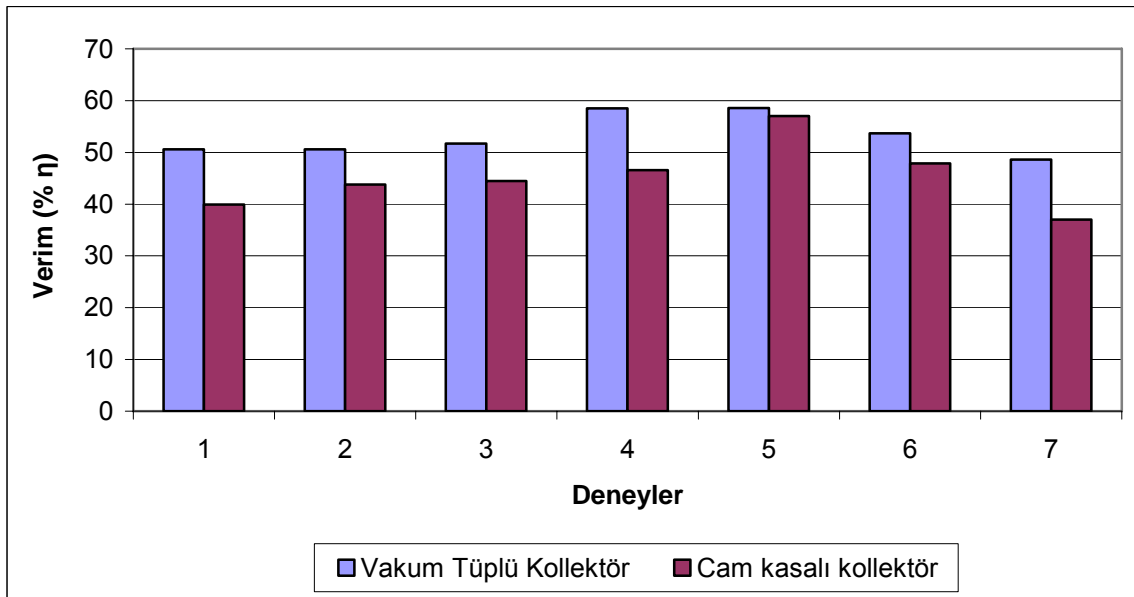


**Şekil 3.** Vakum tüplü ile ahşap kasalı kolektörlere ait 02.06.2007 tarihinde yapılan deneyin grafiği.

Deneyin ikinci aşamasında vakum tüplü kolektör ile cam kasalı kolektör deneye tabi tutulmuş ve Eşitlik 3 yardımıyla verimleri hesaplanarak Tablo 3. de gösterilmiştir. Verim farklarının daha iyi görülebilmesi açısından Şekil 4. oluşturulmuştur.

**Tablo 3.** Vakum tüplü ile cam kasalı kolektörlere ait verim değerleri.

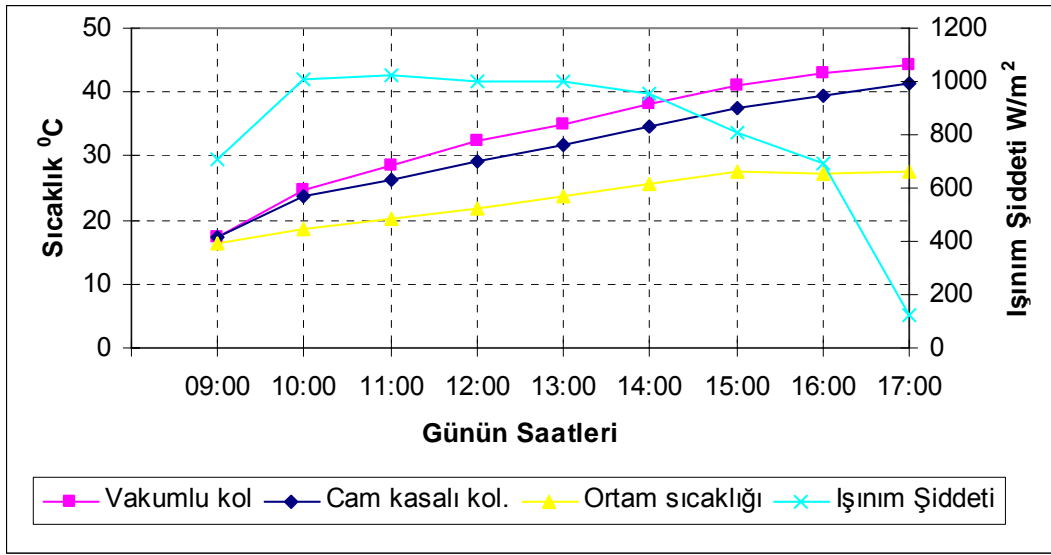
| Deneyler             | % $\eta$ |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|----------|------|------|------|------|------|------|
|                      | 1        | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| Vakum Tüplü Kolektör | 50,6     | 50,6 | 51,7 | 58,5 | 58,5 | 53,7 | 48,6 |
| Cam Kasalı Kolektör  | 39,9     | 43,8 | 44,5 | 46,6 | 57,0 | 47,9 | 37,0 |



**Şekil 4.** Vakum tüplü ve cam kasalı kolektörlere ait performans göstergeleri.

**Tablo 4.** Vakum tüplü ile cam kasalı kolektörlere ait 09.06.2007 tarihinde yapılan deneyde elde edilen veriler.

| Günün Saatleri | Vakum Tüplü Kolektör Depo Sıcaklığı °C | Cam Kasalı Kolektör Depo Sıcaklığı °C | Ortam Sıcaklığı °C | Işınım Şiddeti W/m <sup>2</sup> |
|----------------|--|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| 09:00          | 17,2                                   | 17,2                                  | 16,2               | 705                             |
| 10:00          | 24,8                                   | 23,6                                  | 18,5               | 1004                            |
| 11:00          | 28,5                                   | 26,4                                  | 20,2               | 1024                            |
| 12:00          | 32,4                                   | 29,3                                  | 21,8               | 1003                            |
| 13:00          | 35,0                                   | 31,7                                  | 23,7               | 1002                            |
| 14:00          | 38,1                                   | 34,7                                  | 25,8               | 954                             |
| 15:00          | 41,1                                   | 37,5                                  | 27,6               | 810                             |
| 16:00          | 42,8                                   | 39,4                                  | 27,2               | 689                             |
| 17:00          | 44,1                                   | 41,2                                  | 27,5               | 126                             |

**Şekil 5.** Vakum tüplü ile cam kasalı kolektörlere ait 09.06.2007 tarihinde yapılan deneyin grafiği.

Yapılan deneyler sonucunda ulaşılan verilerle verim hesabı yapılarak karşılaştırılmıştır. Deneylerin birinci ve ikinci aşaması için vakum tüplü kolektör sisteminin ortalama verimleri yaklaşık değerler çıkmıştır (%2,25 fark).

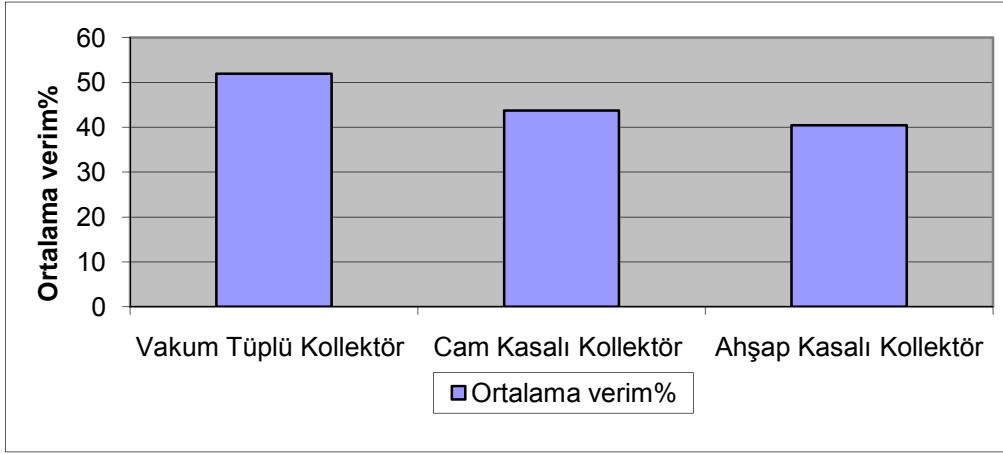
Deneyin 1. aşaması için vakum tüplü kolektörün ortalama verimi: % 53.1.

Deneyin 2. aşaması için vakum tüplü kolektörün ortalama verimi: % 50.85.

Deneylerin her iki aşaması için vakum tüplü sistemin ortalama verimi % 51.97 hesaplanmış ve diğer iki sistemin ortalama değerleri Tablo 5. de, grafiksel yorumu ise Şekil 6. da verilmiştir.

**Tablo 5.** Farklı tip kolektör Ortalama verim karşılaştırılması

|                       | Ortalama Verim % |
|-----------------------|------------------|
| Vakum Tüplü Kolektör  | 51,97            |
| Cam kasalı kolektör   | 43,7             |
| Ahşap kasalı kolektör | 40,47            |



Şekil 6. Ortalama verim grafiği.

Yapılan bu çalışmada aynı özellik ve eşit ölçülere sahip üç adet güneşli su ısıtma sistemi imal edilmiş ikiyeşerli olarak deneye tabi tutulmuştur

Yapılan on dört deney çalışması sonucunda elde edilen veriler neticesinde verimler hesaplanmıştır. Ortalama verim oranlarına göre vakum tüplü sistemin verimi en yüksek çıkmış (%51,97), bunu cam kasalı kolektörlü sistem takip etmiş (%43,7) ve son olarak da günümüzde en çok kullanım alanı bulan standart ahşap kasalı düz kolektörler gelmiştir (%40,7).

## SONUÇ

Deneyler esnasında vakum tüplü kolektör ve cam kasalı kolektörler güneş radyasyonuna hemen cevap verirlerken, ahşap kasalı kolektör atalete uğramıştır. Aynı zamanda, cam kasalı kolektör ortam sıcaklığından hemen etkilenirken ahşap kasalı kolektör gecikmeye uğramıştır. Dolayısıyla cam kasalı kolektör hemen ısınıp hemen soğurken, ahşap kasalı kolektör geç ısınıp geç soğumuştur. Vakum tüplü kolektör ise oluşturulan vakumdan dolayı ortam sıcaklığına bağlı olarak ısı kaybına uğramamıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] EİE (Elektrik İşleri Etüd İdaresi) [http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/gunes\\_index.html](http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/gunes_index.html), 2007
- [2] WARD D.S, DUFF W.S and WARD J.C. "Integration of evacuated tubular solar collectors with lithium bromide absorption cooling systems", 1979.
- [3] TATAKOĞLU, K.R. "Vakumlu güneş kolektörlerinde verim tespiti ve incelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Adana, 1996.
- [4] ORTABAŞI U. "Isı borulu kolektör ile düz yutucu plakalı vakum borulu kolektörün karşılaştırılması", 1980.
- [5] DERİN, N. "Güneş Enerjisi" Sermet Matbaası, 1979.
- [6] UYAREL, A.Y, ÖZ, E.S. "Güneş Enerjisi ve Uygulamaları", Birsen Yayınevi, 1987.





## ÖZGEÇMİŞLER

### Etem Sait ÖZ

1952 yılı Manisa Soma doğumludur. 1973 yılında Ankara Teknik Yüksek Öğretmen Okulunu birincilik ile bitirmiştir. 1979 yılında A.İ.T.İ.A. İşletme Yönetimi Enstitüsü'nde Yüksek Lisans ve 1989 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Doktora öğrenimini tamamlamıştır. 1995 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Anabilim Dalı'nda Doçentlik ve 2001 yılında ZKÜ. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Anabilim Dalı'nda Profesörlük unvanını almıştır. Güneş enerjisi, sıhhi tesisat, yanma, ısıtma ve çevre konularında çalışmaktadır. Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Anabilim Dalı öğretim üyesi ve aynı Fakültenin Dekanı olarak görev yapmaktadır.

### Engin ÖZBAŞ

1976 yılı Tokat Turhal doğumludur. 2001 yılında GÜ. Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Tesisat Öğretmenliği Programını bitirmiştir. 2004 yılında ZKÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimini tamamlamıştır. 2002 yılında ZKÜ. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. Soğutma, güneş enerjisi, yanma ve çevre konularında çalışmaktadır.

### Ramazan DÜNDAR

1981'de Sivas doğumludur. 2001 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Tesisat Öğretmenliği Programına başlayarak, 2005'te bu öğretmenlik programından iyi derece ile mezun olmuştur. 2005 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başladığı Yüksek Lisans Programına devam etmektedir.