

# Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinin Isıl Analizi

Mustafa AKTAŞ, İlhan CEYLAN, Hikmet DOĞAN  
Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü  
06500 Teknikokullar, ANKARA

## ÖZET

Bu çalışmada, güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin ısıl analizi yapılmıştır. Güneş enerjili sistemler, tabii yada cebri dolaşım ve doğrudan yada dolaylı ısıtma şeklinde uygulanmaktadır. Daha yaygın kullanılmasından dolayı, tabii dolaşımli dolaylı bir sıcak su hazırlama sistemi tasarlanıp imal edilmiştir. Altı gün boyunca yapılan deney sonuçlarına göre, sistem ısıl verimi ve ısı taşınım katsayısı hesaplanmıştır. Ayrıca sistemin tüm ısıl çözümlenmeleri ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Daha iyi bir yalıtım ve etken bir ısı değiştirici kullanılmasının ısıl verim bakımından daha faydalı olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi, ısıl analiz, kullanma sıcak suyu, ısı taşınımı

## Thermal Analysis of Solar Energy Hot Water Preparing Systems

### ABSTRACT

In this study, solar energy hot water preparing systems have been analyzed thermally. Solar energy systems are being used natural or pumped circulation and direct or indirect heating. Due to more widespreadly usage, a natural circulation indirect hot water preparing system has been designed and manufactured. Thermal efficiency and heat convection coefficient of the system have been determined for six days experiment results. In addition whole thermal solutions of system has been examined as detail. In terms of thermal efficiency it was determined that better insulation and effective heat exchanger usage were more profitable.

**Key words:** Solar energy, thermal analysis, domestic hot water, heat convection

### 1. GİRİŞ

Konutlarda ve endüstride kullanma sıcak suyu hazırlamak amacıyla kullanılan güneş enerjili sistemler gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Güneş enerjili sistem; kullanma sıcak suyu miktarına, bölgenin meteorolojik özelliklerine, mimari yapıya vb. birçok etkene bağlı olarak tasarlanmakta ve uygulanmaktadır. Güneş enerjili sistemler, temiz ve güvenilir olması, çevre sorunlarına neden olmaması gibi sebeplerle gittikçe önem kazanmaktadır.

Kayıplardan sonra yeryüzüne bir günde düşen enerji miktarı  $14.9 \times 10^{18}$  KJ civarındadır. Bu miktar 1990 yılında tüm dünyada tüketilen enerji miktarından 6000 kat fazladır yani başka bir ifadeyle uygarlığın başından beri insanlığın tükettiği enerji, sadece güneşten dünyaya 30 günde ulaşan enerjiye eşittir. Bu enerjinin kullanılabilir durumdaki büyük bölümü, Türkiye'nin de içinde bulunduğu 45° kuzey ve 45° güney enlemleri arasında kalan ve dünyanın güneş kuşağı olarak adlandırılan bölgesindedir. Yapılan ölçümlere göre ülkemizin %63'ünde 10 ay, %17'sinde 1 yıl boyunca güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür (1).

Türkiye enerji istatistiklerine göre, enerji açığımız her geçen yıl artış göstermekte ve birincil enerji

kaynaklarımız %50 oranında petrole bağlı kalmaktadır. Kullanılan petrolün %72 kadarının yurt dışından alınması ülkeyi dar boğaza sürüklemektedir. Oysa, Türkiye alternatif enerji kaynakları açısından, coğrafi yapısı nedeniyle zengin sayılmaktadır. Bu enerji kaynaklarının en önemlileri güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve jeotermal enerjidir (2).

Bu çalışmada güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde daha yaygın bir kullanıma sahip olan tabii dolaşımli dolaylı bir sıcak su hazırlama sistemi tasarlanarak imal edilmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre gerekli olan ısıl çözümlenmeler yapılmıştır.

### 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Aras, (1996) dolaylı bakır borulu ve levhali termosifon akışlı güneş kolektörünün ışınım ve ısıl analizini deneysel ve analitik olarak araştırmıştır, termosifon akışlı kolektörün teorik analizinde akışın laminar olduğu varsayılarak termosifon sistem su debisinin, kolektör giriş ve çıkış sıcaklık farkının ve sistemdeki basınç kaybının hesaplanmasını sağlayan bir model geliştirmiştir (3).

İlhan, (1999) güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin çalışma karakteristiklerini deneysel olarak incelemiş, debi, ışınım, giriş ve çıkış sıcaklık değerleri

ölçülerek gün içerisindeki belli zamanlardaki verim ve akış hızına bağlı olarak termosifon sisteminin montaj ve çalıştırılmasının kolay olması ve aynı zamanda diğer güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerine göre verimin daha iyi olması nedeniyle yaygın kullanıma sahip olduğunu gözlemlemiştir (4).

Menlik, (1999) tabii dolaşımli doğrudan ve dolaylı iki ayrı sistem üzerinde ısı verim açısından performans deneyleri yapmış, deneyler aynı anda, aynı şartlarda ve ortamda yapılarak doğrudan sistemin ısı veriminin dolaylı sisteme göre %7 daha yüksek olduğunu saptamıştır (5).

Bayram, (2000) kolektör ve ısı ileticileri birbirinden farklı dolaylı ve doğrudan dolaşımli olan altı adet sıcak su hazırlama sistemlerinin ısı performanslarını karşılaştırmıştır. Deneyler aynı anda, aynı şartlarda ve ortamda yapılarak yapılan deney sonucunda doğrudan dolaşımli sistemlerin dolaylı dolaşımli sistemlere göre %12 daha iyi verime sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca depo tip ısı soğurmalı sistem diğer sistemlerin ortalama verim sonuçlarına göre yaklaşık %17 oranında daha iyi verime sahip olduğunu saptamıştır (6).

Altıntop, Tekin ve İlbaş (2001) güneş enerjisi tesisatı kolektör ve boru bağlantılarında yapılan hataların ısı verime etkisini deneysel olarak incelemiş, doğal dolaşımli sistemlerde, su dolaşım hızının ve buna bağlı olarak elde edilen sıcak su miktarının azalmaması için minimum sayıda tesisat elemanı kullanılması özellikle dirseklerin oluşturduğu basınç kaybının ortadan kaldırılması için, fleksibil boruların kullanılmasının daha faydalı olacağını belirtmiştir (7).

Ekmekçi, Dizdar ve Özçelebi (2001) Kocaeli İli için bir güneş enerjili su ısıtma sistemi ve boyutlandırılması konusunda çalışmış yapılan deneyler sonucunda düzlemsel yüzeyli güneş kolektörlerinde verimi artıran en önemli parametrenin kolektör bünyesindeki yutucu yüzey kaplaması olduğunu gözlemlemiştir (8).

Türkiye’de halen toplam enerji tüketiminin yaklaşık üçte biri binaların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Enerji tasarrufu düşünülerek yapılan binalarda, özellikle ekonomik ısıtma sistemlerinin kullanılması ile binaların enerji tüketimi belirgin ölçüde azaltılabilir. Güneş enerjisi, mevcut enerji kaynaklarının ve dünya atmosferinin korunmasına yönelik önemli katkılar sağlayabilir. Kullanma suyunun ısıtılmasında güneş enerjisi kullanılması durumunda yüksek bir enerji tasarruf potansiyeli bulunmaktadır. Ülkemizin bulunduğu enlem aralığında özellikle yaz aylarında merkezi bir boyler bağlantılı güneş kolektörlerinin kullanılması alışlagelmiş konvansiyonel kazanlara bir alternatif oluşturmaktadır. Kullanma suyunun ısıtılması için gerekli olan enerji yıllık takvimden bağımsızdır ve özellikle yaz aylarında kullanma suyu enerji ihtiyacı ile güneş enerjisi arzı arasında zaman yönünden bir uyum söz konusudur. Bir veya iki aileli konutlarda birbirine uyumlu bileşenlerden oluşan doğru olarak tasarlanmış güneş enerjisi sistemlerinin tesisi ile kullanma suyunun ısıtılması için

gerekli olan yıllık enerji ihtiyacının yaklaşık %50 ila %80’i arasında bir enerji tasarrufu sağlanabilir (9).

Güneş enerjili kullanma sıcak suyu hazırlama sistemleri dolaşım şekline göre tabii yada cebri; devre şekline göre dolaylı ya da doğrudan olarak gruplandırılabilirler. İstenilen kullanma sıcak su miktarı fazla ise yada sistemdeki suyun donma problemi varsa sistem dolaylı yapılır. Dolaşım soğuk ve sıcak su arasındaki yoğunluk farkından oluşmakta olup tabii dolaşımın elde edilebilmesi için sıcak su deposunun alt kısmı ile kollektör üst seviyesi arasındaki mesafe en az 35-40 cm olmalıdır (10). Sıcak su deposunun kollektörün üst kısmına yerleştirilmesi mümkün değilse sistem cebri yapılır.

### 3. DENEY SETİNİN HAZIRLANMASI

Deney seti tabii dolaşımli ve dolaylı olmak üzere tasarlanmış ve imal edilmiştir. Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde kullanılan sıcak su deposu hacminin kollektör yüzey alanına oranı yaklaşık olarak 50 l/m<sup>2</sup> alınabilir (11). Sistemde kullanılan sıcak su deposu 2 mm’lik siyah sacdan imal edilmiştir. İmal edilen sıcak su deposu ve ısı değiştirici silindirik olup sisteme ait depo ve ısı değiştirici boyutları Çizelge 1. ile verilmiştir.

Çizelge 1. Depo ve ısı değiştirici boyutları

Sistem Özellikleri	Kapasite V (l)	Boy (m)	Çap (m)
Depo	15	0,31	0,25
Isı Değiştirici	0,39	0,31	0,04

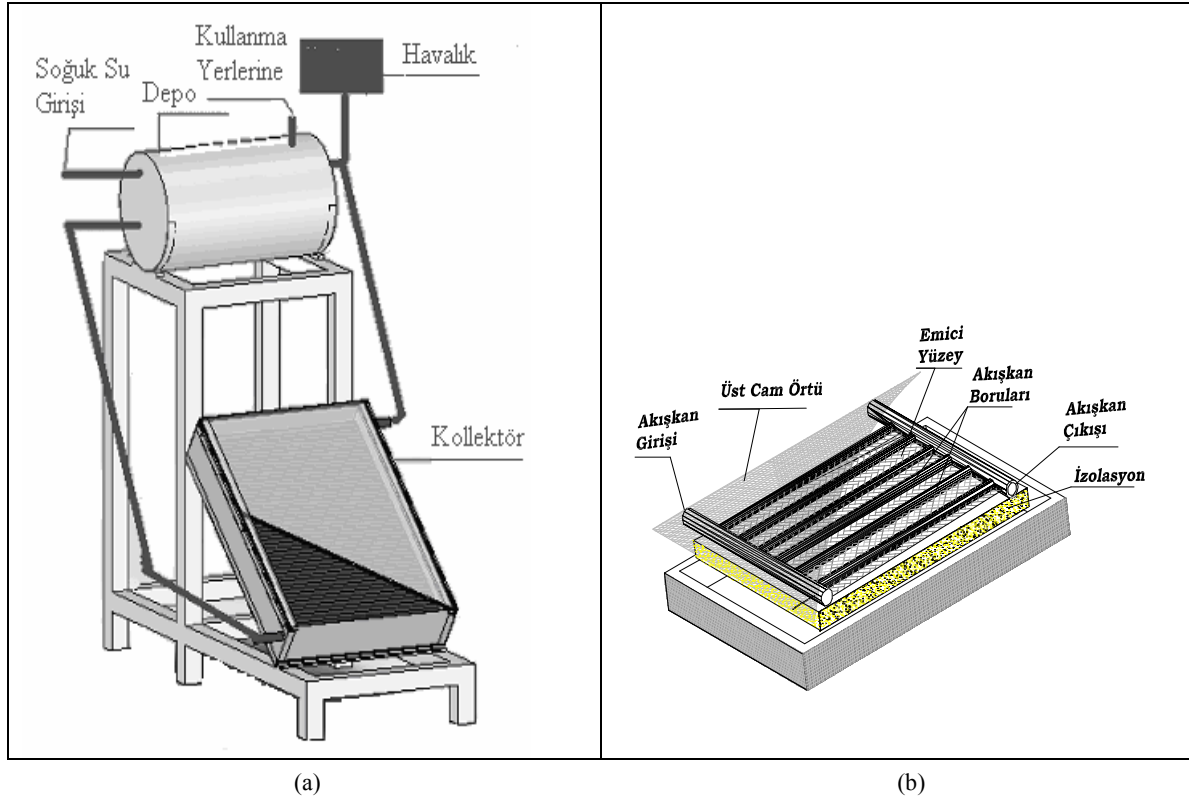
Sistemdeki kollektör boyutu 35 cm x 60 cm’dir. Boru bağlantıları, tabii dolaşımli sistemde basınç kaybını en aza indirmek amacıyla, ½” bağlantı elemanları kullanılarak uygun eğimle yapılmıştır. Depo ve kollektör, arasında 35 cm mesafe kalacak şekilde 3 cm x 3 cm profilden imal edilen tezgah üzerine yerleştirilmiştir. Kollektör 25° (yaz uygulaması) eğimli olarak tezgaha, tezgah da yerden 1,5 m yükseklikte kollektör ön yüzleri güney yönde olacak şekilde bir platform üzerine yerleştirilmiştir. Sistemin bağlantı şeması Şekil 1. ile verilmiştir.

Sistemin deposu 5 cm kalınlığındaki cam yünü ve bağlantı boruları da poliüretan yalıtım malzemesi ile yalıtılmıştır.

### 4. DENEYLERİN YAPILIŞI

Hazırlanan deney seti, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Tesisat Anabilim Dalı bahçesinde kollektör yerden 1,5 m yükseklikte bulunan bir platform üzerine, kollektör ön yüzü güney yönüne bakacak ve gölgelenmeyecek şekilde yerleştirilmiştir. Deneyler 6 gün süreyle yapılmıştır.

Sistem saat 09:00’da su ile doldurulmuştur. Sıcaklık ölçümleri saat 09:30’da başlayıp, saat 17:00’a kadar her yarım saatte bir demir-konstant ısı çiftler kullanılarak ELİMKO firmasının ürettiği olduğu 12 ka-



Şekil 1. Sistemin bağlantı şeması (a) ve kolektör kısımları (b).

nallı ve  $\pm 0,005$  hassasiyete sahip elektronik sıcaklık ölçüm cihazı ile yapılmıştır.

### 5. SİSTEM ENERJİ HESAPLAMALARI

Sistem enerji hesaplamalarında güneşten kolektör üzerine gelen enerji miktarını hesaplamak için Eşitlik (5.1) kullanılmıştır (12).

$$I_{TOP} = [I_{DIR} R] + I_{DIF} \left[ \frac{1 + \cos \beta}{2} \right] + [I_{DIR} + I_{DIF}] r_a \left[ \frac{1 - \cos \beta}{2} \right] \quad (5.1)$$

Denklem (5.1) ile verilen bilinmeyen değerler aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

Direkt ışınım değeri; (13)

$$I_{DIR} = \varphi - I_{DIF} \quad (5.2)$$

$$R = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_2} \quad (5.5)$$

$$\cos \theta = [\sin \delta \sin \phi \cos \beta] - [\sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma] + [\cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega] + [\cos \delta \sin \phi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega] + [\cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega] \quad (5.6)$$

$$\cos \theta_2 = [\sin \phi \sin \delta] + [\cos \phi \cos \delta \cos \omega] \quad (5.7)$$

Deklınasyon açısı; (14)

$$\delta = 23,45 \sin \left[ 360 \frac{284 + n}{365} \right] \quad (5.8)$$

Çizelge 2. Ankara ilinin atmosfer öncesi aylık ortalama ışınım değerleri, [W/m<sup>2</sup>] (14)

Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
4253	5725	7614	9562	10924	11479	11202	10062	8310	6253	4585	3747

Difüz ışınım değeri;

$$I_{DIF} = [1 - (1,097 \varepsilon)] \varphi \quad (5.3)$$

Bulanıklık faktörü;

$$\varepsilon = \frac{\varphi}{\nu} \quad (5.4)$$

Bulanıklık faktörünün hesaplanmasında kullanılan Ankara ilinin atmosfer öncesi aylık ortalama ışınım değerleri Çizelge 2. ile ve deney yapılan günlerin meteorolojik değerleri Çizelge 3. ile verilmiştir.

Çizelge 3. Dene yapılan günlerin meteorolojik değerleri (15)

Dene yapılan günler	1. gün	2. gün	3. gün	4. gün	5. gün	6. gün
Işınım değeri (W/m <sup>2</sup> 8h)	5756	5547	5526	3879	4996	5240
Hava sıcaklığı (°C)	28	29,6	29,4	27,7	28,8	28,0
Toplam güneşlenme süresi (saat)	12,2	12,3	12,2	7,9	11,5	11,7
Ortalama bulutluluk (X/10)	0,0	0,0	0,0	5,3	3,3	1,7

Eşitlik (5.6) ve (5.7) ile verilen “ $\phi$ ” enlem derecesi olup Ankara için 40 °, “ $\omega$ ” saat açısı olup 12:00’den itibaren her saat için 15°, 16:00 için 60° ve “ $\gamma$ ” azimut açısı olup, kolektör güney yönüne baktığı için 0° olarak çözüm yapılmıştır. Ayrıca Eşitlik (5.1) ‘deki  $r_a$  değeri; eğik düzlem çevresinin toplam güneş radyasyonu için yansıtma katsayısı 0.2 olarak alınmıştır (14).

Sistemlerden elde edilen enerji:

$$\dot{Q} = \dot{m} c \Delta T \quad (5.9)$$

Sistemlerin verimleri ise:

$$\eta = \frac{\dot{Q}}{F_k I_{TOP}} \quad (5.10)$$

eşitlikleri ile hesaplanmıştır (16).

## 6. YATAY BORUDA ISI TAŞINIMININ ÇÖZÜMLENMESİ

Akış hareketi, akışa neden olan etkenlerden dolayı tabii ısı taşınımı ve zorlanmış ısı taşınımı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

### 6.1. Tabii Isı Taşınımı

Isı taşınım katsayısı, akışkanın cinsine, akış hareketinin türbülanslı veya laminer oluşuna, akışkanın hareketli olup olmadığına, yüzey ve akışkanın geometrik ilişkisine, ortamın termofiziksel ve ısı özelliklerine ve benzeri birçok etkene bağlıdır. Bu yüzden, ısı taşınım katsayısı bazı temel geometriler dışında deneysel olarak tespit edilir. Yatay silindir ya da boruda Grashof ve Rayleigh sayısındaki karakteristik uzunluk olarak borunun dış çapı alınır. Yatay boruda ortalama Nusselt Sayısı denklem (6.1) ile verilmiştir (17).

$$Nu = \frac{h D}{k} = C Ra^n \quad (6.1)$$

Denklem (6.1) ile verilen eşitlikte “Ra” sayısına bağlı olarak “C” ve “n” katsayıları Çizelge 4 ile verilmiştir.

Çizelge 4. Rayleigh sayısına bağlı sabitler (10)

Ra	C	n
10 <sup>-10</sup> - 10 <sup>-2</sup>	0,675	0,058
10 <sup>-2</sup> - 10 <sup>2</sup>	1,020	0,148
10 <sup>2</sup> - 10 <sup>4</sup>	0,850	0,188
10 <sup>4</sup> - 10 <sup>7</sup>	0,480	0,250
10 <sup>7</sup> - 10 <sup>12</sup>	0,125	0,333

Tabii ısı taşınım şartlarında sistemde kullanılan yatay boru için Rayleigh ve Grashof sayısı Denklem (6.2) ve (6.3) ile verilmiştir (18).

$$Ra = Gr Pr, \quad (6.2)$$

$$Gr = \frac{D^3 \beta g \Delta T}{\nu^2}, \quad (6.3)$$

Hacimsel genişleme sayısı ise Denklem (6.4) ile verilmiştir.

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (6.4)$$

Eşitlik (6.4) ile verilen  $T_f$  (Kelvin cinsinden) ise,  $(T_y + T_\infty)/2$  ifadesi ile hesaplanabilir.

Hesaplamalarda  $T_y + 2 = T_{\infty i}$  olarak kabul edilmiştir (13). Isı değiştirici yüzeyinden olan ısı geçişi miktarı Denklem (6.5) ile verilmiştir (19).

$$Q = h. A (T_y - T_\infty) \quad (6.5)$$

### 6.2. Zorlanmış Isı Taşınımı

Akışkan boruya yada kanala girdikten sonra, girişte düzgün olan hız dağılımı, cidardaki sürtünme ve akışkanın viskozitesi nedeniyle değişikliğe uğrar. Değişim belirli bir şekil alana kadar devam eder, daha sonra bu şekil değişmez. Hidrodinamik giriş bölgesinde hız, hem yarı çapın hem de x uzaklığının bir fonksiyonudur. Tam gelişmiş bölgede hız sadece yarıçapın bir fonksiyonudur. Boru içindeki akış laminer yada türbülanslı olabilir. Boru içindeki hız fonksiyonu laminer akış halinde ve tam gelişmiş bölgede parabol şeklindedir (17).

Boru içindeki akışta Reynold sayısı, Denklem (6.6) ile verilmiştir (19).

$$Re = \frac{u_{or} D}{\nu} = \frac{4 \dot{m}}{\mu D \pi} \quad (6.6)$$

Boru içindeki akışta kritik Reynold sayısı 2300’dir.  $Re < 2300$  ise akış laminerdir. Geçiş bölgesi  $2300 < Re_{kr} < 4000$  arasındadır. Tam gelişmiş laminer

akım halinde, boru içindeki akışta hız dağılımı için teorik analiz sonucu Denklem (6.7) ile verilen eşitlik bulunur.

$$u_r = u_{\max} \left[ 1 - \frac{r^2}{r_o^2} \right] \quad (6.7)$$

Denklem (6.7) ile verilen bağıntı parabolik bir fonksiyondur. Hidrodinamik ve ısı bakımından laminer giriş uzunlukları sırası ile Denklem (6.8) ve (6.9) ile verilmiştir (17).

$$L_{hid} = 0,0288 \text{ Re } D_i \quad (6.8)$$

$$L_{isil} = 0,05 \text{ Re Pr } D_i \quad (6.9)$$

### 6.2.1. Boru içindeki laminer akışta ısı taşınımı

Isı taşınım katsayısı, boru içindeki akışkanın hidrodinamik ve ısı giriş uzunluklarına diğer bir şekilde hidrodinamik ve ısı bakımından tam gelişmiş olup olmamasına bağlı olarak değişmektedir.

Hidrodinamik ve ısı bakımından tam gelişmiş akım halinde, hız dağılımı parabolik kabul edilerek, laminer akışta sabit yüzey sıcaklığı için çözümü yapıldığında Denklem (6.10) ve sabit ısı akısı için çözümü yapıldığında Denklem (6.11) bağıntıları kullanılır.

$$Nu_D = 3,66 \quad (6.10)$$

$$Nu_D = 4,36 \quad (6.11)$$

bağıntıları bulunur.

Hidrodinamik ve ısı bakımından tam gelişmemiş akım halinde, Hausen, borunun giriş kısmında sabit yüzey sıcaklığı için laminer akışta Denklem (6.12) ile verilen bağıntıyı önermişlerdir (17).

$$Nu_D = 3,66 + \frac{0,0668(D/L)\text{Re}_D \text{ Pr}}{1 + 0,04[(D/L)\text{Re}_D \text{ Pr}]^{2/3}} \quad (6.12)$$

### 6.2.2. Boru içindeki türbülanslı akışta ısı taşınımı

$\text{Re}_D > 2300$  değerinden sonra türbülanslı akış başlar. Geçiş bölgesi birçok etkene bağlı olduğundan  $4000 < \text{Re}_D$  değeri için türbülanslı akım kabul edilebilir.

Türbülanslı akışta hidrodinamik giriş uzunluğu Denklem (6.13) ile verilmiştir.

$$L_{hid} = 0,693 \text{ Re}^{0,25} D_i \quad (6.13)$$

Hidrodinamik ve ısı bakımından tam gelişmiş akım halinde, boru içinde türbülanslı akışta ise denklem (6.14) kullanılır.

$$St = \frac{Nu_D}{\text{Re}_D \text{ Pr}} = \frac{f}{8} \quad (6.14)$$

Denklem (6.14) ile verilen bağıntı, sürtünme faktörü ile ısı taşınımı arasındaki ilişkiyi verir ve Reynold benzeşimi adını alır.  $2300 < \text{Re} < 120000$  arasında normal pürüzlülükteki boru içindeki akışta sürtünme katsayısı Denklem (6.15) ile hesaplanabilir.

$$f = 0,3164 \text{ Re}_D^{-1/4} \quad (6.15)$$

Buna göre Denklem (6.15) dikkate alınarak Denklem (6.16) ve Denklem (6.17) ile verilen eşitliklere ulaşılır (17).

$$St = 0,0396 \text{ Re}^{-1/4} \quad (6.16)$$

$$Nu = 0,0396 \text{ Re}^{3/4} \quad (6.17)$$

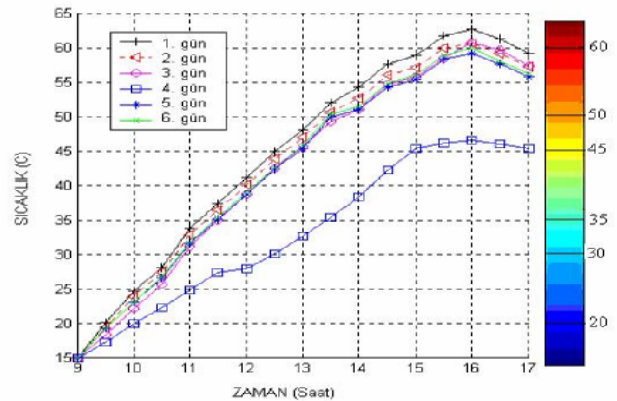
Hidrodinamik bakımdan tam gelişmiş, ısı bakımından tam gelişmemiş akım hali için L boru boyu olmak üzere Hausen  $L/D < 60$ ,  $0,6 < \text{Pr} < 1000$  ve  $2300 < \text{Re} < 15 \cdot 10^4$  aralığında kısa borularda Denklem (6.18) ile verilen bağıntıyı vermiştir (17).

$$Nu_D = 0,116(\text{Re}_D^{2/3} - 125)\text{Pr}^{1/3} \left[ 1 + \left( \frac{D}{L} \right)^{2/3} \right] \left( \frac{\mu}{\mu_0} \right)^{0,14} \quad (6.18)$$

Denklem (6.18) ile verilen bağıntıda  $\mu_0$  yüzey sıcaklığında, diğer fiziksel özellikler ortalama akışkan sıcaklığında alınmalıdır (17).

## 7. DENEY SONUÇLARI

Yapılan deneyler sonucunda, 6 gün boyunca elde edilen depo suyu sıcaklık değerleri Şekil 2 ile deney sonuçlarına göre her gün saat 16:00 için yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen ısı özellikler de Çizelge 5 ile verilmiştir.



Şekil 2. Deneyler süresince elde edilen depo suyu sıcaklık değerleri

Çizelge 5. Deneyler sonucunda elde edilen ısı özellikler

Deney yapılan günler	Sistemin ısı verimi %	Isı taşınım katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)	En yüksek depo suyu sıcaklığı (°C)	Isı değiştirici yüzey sıcaklığı (°C)	Prandtl sayısı	Grashof sayısı	Nusselt sayısı
1. Gün	53	1292	62,6	71,0	2,42	100022551	77,4
2. Gün	53	1277	60,6	68,9	2,49	94366480	76,64
3. Gün	52	1279	60,7	69,1	2,485	95151789	76,8
4. Gün	56	1176	46,5	54,5	3,15	62856747	72,39
5. Gün	58	1269	59,1	68,3	2,51	91987623	76,19
6. Gün	53	1273	59,9	68,6	2,50	93111564	76,4

## 8. SONUÇ

Günümüzde güneş enerjisi ile kullanma sıcak suyu hazırlama sistemleri yaygınlaşmakta ve kullanım amacına göre yanlış sistemler seçilmekte bu da ısı verim kaybına yol açmaktadır. Kullanılan sistemin tabii ya da cebri ve doğrudan ya da dolaylı olmasına göre, güneş enerjisi ile kullanma sıcak suyu hazırlama sistemlerinin ısı analizi ayrıntılı olarak irdelenerek ısı açıdan uygun sistem seçimine yol gösterebilecek çözümler yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda tabii dolaşimli dolaylı sistemin ortalama verimi %54, ortalama ısı taşınım katsayısı 1261,37 W/m<sup>2</sup>K ve ortalama Nusselt sayısı ise 75,97 olarak hesaplanmıştır.

Yapılan ısı çözümlerinde bulunan ısı verim değerlerinin literatürdeki diğer sistemler ile karşılaştırıldığında, yaklaşık %10 daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun sebeplerinin ise sistemin depo, kollektör ve bağlantı elemanlarının çok iyi yalıtılması ve etken bir ısı değiştiricisi (korozif olmayan, uygun hacimde, uygun kalınlık ve malzeme) kullanılması olduğu sonucuna varılmıştır.

## 9. SEMBOLLER

<b>Re</b>	Reynold sayısı
<b>Gr</b>	Grashof sayısı
<b>Pr</b>	Prandtl sayısı
<b>Nu</b>	Nusselt sayısı
<b>v</b>	Kinematik viskozite, (m <sup>2</sup> /s)
<b>h</b>	Isı taşınım katsayısı, (W/m <sup>2</sup> K)
<b>k</b>	Isı iletim katsayısı, (W/mK)
<b>g</b>	Yerçekimi ivmesi, (m/s <sup>2</sup> )
<b>β</b>	Hacimsel genleşme sayısı
<b>ΔT</b>	Sıcaklık farkı (K)
<b>T<sub>y</sub></b>	Yüzey sıcaklığı (K)
<b>T<sub>∞</sub></b>	Akışkan sıcaklığı (K)
<b>T<sub>∞i</sub></b>	Isı değiştiricideki akışkan sıcaklığı (K)
<b>Ra</b>	Rayleigh sayısı
<b>A</b>	Yüzey alanı (m <sup>2</sup> )
<b>u<sub>or</sub></b>	Boru içindeki ortalama akışkan hızı (m/s)
<b>u<sub>r</sub></b>	Herhangi bir r yarıçapındaki hız (m/s)
<b>L<sub>hid</sub></b>	Hidrodinamik giriş uzunluğu (m)
<b>L<sub>ısıl</sub></b>	Isıl giriş uzunluğu (m)
<b>St</b>	Stanton sayısı
<b>f</b>	Sürtünme katsayısı
<b>D</b>	Boru çapı (m)
<b>D<sub>i</sub></b>	Boru iç çapı (m)

<b>ṁ</b>	Suyun kütleli debisi (kg/gün)
<b>I<sub>dir</sub></b>	Direkt radyasyon, (W/m <sup>2</sup> gün)
<b>I<sub>dif</sub></b>	Difüz radyasyon, (W/m <sup>2</sup> gün)
<b>ε</b>	Bulanıklık faktörü
<b>φ</b>	Deneyin yapıldığı gün için ortalama yatay yüzey radyasyon değeri, (W/m <sup>2</sup> gün)
<b>v</b>	Deney yapılan ayın ortalama atmosfer öncesi radyasyon değeri, (W/m <sup>2</sup> gün)
<b>r<sub>a</sub></b>	Eğik düzlem çevresinin toplam güneş radyasyonu için yansıtma katsayısı ≈ 0,2 'dir.
<b>β</b>	Güneş kolektörünün yatayla yaptığı açı, (25°)
<b>δ</b>	Deklinasyon açısı
<b>φ</b>	Enlem derecesi
<b>γ</b>	Azimut açısı
<b>ω</b>	Saat açısı
<b>n</b>	Hesabı yapılan gün, (takvimde 1 Ocak'tan itibaren kaçınıcı gün ise...)
<b>c</b>	Suyun özgül ısısı, (4,187 kJ/kg K)
<b>Q̇</b>	Depolanan toplam enerji miktarı, (J/gün)
<b>F<sub>k</sub></b>	Kollektör yüzey alanı, (m <sup>2</sup> )
<b>I<sub>TOP</sub></b>	Kollektör yüzeyine gelen toplam güneş ışınımından elde edilen enerji, (W/m <sup>2</sup> gün)

## 10. KAYNAKLAR

- Çakmanus, İ., "Türkiye'nin Enerji Problemleri ve Çözüm Önerileri", Mühendis ve Makine, Sayı 492, 29 - 34, 2001.
- Eğrican, N. A., Özil, E., Uyar, S.T., "Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Güneş Enerjisi Teknolojisindeki Gelişmeler", Sürdürülebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Türkiye'deki Uygulamaları Konferansı, İstanbul, 11, 85 - 92, 1999.
- Aras, H., "Kapalı Devre Bakır Boru ve Levhali Termosifon Akışlı Güneş Toplacının Işınım ve Isıl Analizinin Deneysel Ve Analitik Araştırılması", Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 59 - 60, 1996.
- İlhan, A., "Güneş Enerjili Sıcak Sistemlerinin Çalışma Karakteristiklerinin Deneysel Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 61 - 62, 1999.
- Menlik, T., "Tabii Sirkülasyonlu Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Tesislerinde Direkt ve Endirekt Sistemlerin Performanslarının Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 44 - 45, 1999.

6. Bayram, A., "Farklı Yapım Özelliklerine Sahip Doğal Dolaşımli Güneşli Su Isıtma Sistemlerinin Deneysel Karşılaştırılması". Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 25 – 49, 2001.
7. Ekmekçi, İ., Dizdar, H., Özçelebi, S., "Kocaeli İli İçin Bir Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemi ve Boyutlandırılması", Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Kayseri, 2001, Kayseri, Bildiriler Kitabı, 35 - 42, 2001.
8. S., Altuntop, N., Tekin, Y., İlbaş, M., "Güneş Enerjisi Tesisatı Kollektör ve Boru Bağlantılarında Yapılan Hataların Isıl Verime Etkisinin Deneysel İncelenmesi", Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Kayseri, 2001, Kayseri, Bildiriler Kitabı, 43 - 52, 2001.
9. Viesmann, "Güneş Enerjisi", Viesmann, Ankara, 2-3, 1997.
10. Öz, E., S., Menlik, T., Aktaş, M., "Güneş Enerjili Tabii Sirkülasyonlu Endirekt Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Kanatçık Kullanmanın Isıl Analizi", Teknoloji Dergisi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 7, Sayı 2, 189-195, Karabük, 2004.
11. Shariah, A., M., Lo, F., The Optimization of Tank Volume to Collector Area Ratio For Thermosyphon Solar Water Heater, Renewable Energy, Volume: 7, 289-300, 1996.
12. Reddy, T., A., "The Design and Sizing of Active Solar Thermal Systems", Oxford University Press, New York, pp 4-10, 1987.
13. Aktaş, M., "Güneş Enerjili Tabii Sirkülasyonlu Dolaylı Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Kanatçık Optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s, 53-99, 2003.
14. Uyarel, A. Y., Öz, E. S., "Güneş Enerjisi ve Uygulamaları", Emel Matbaacılık, Ankara, s ,66, 1987.
15. Ankara Kalaba Meteoroloji Genel Müdürlüğü, "2001 Yılına Ait Güneş Işınımı Verileri", AKMM, Ankara, 2004.
16. Shariah, A., Al-Akhras, M., A., I.A. Al-Omari, I., A., Optimizing The Tilt Angle of Solar Collectors, Renewable Energy, Volume: 26, pp, 587–598, 2002.
17. Halıcı, F., Gündüz M., "Örneklerle Isı Geçişi", Burak Ofset, Sakarya, 209-283, 2001.
18. Kakaç, S., "Örneklerle Isı Geçişi", Seldem Ofset, Yedinci Cilt, Ankara, 1987.
19. Incropera F. P., Dewitt, D.P., "Fundamentals of Heat and Mass Transfer", John Wiley Sons, New York, pp, 303-577, 1996.