

TABİİ SİRKÜLASYONLU GÜNEŞ ENERJİLİ ENDİREKT SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMLERİNDE EŞANJÖR KAPASİTESİNİN VERİME OLAN ETKİSİ

Musa Galip ÖZKAYA, Halil İbrahim VARIYENLİ
Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

ÖZET

Bu makalede, Tabii sirkülasyonlu indirekt sıcak su hazırlama sistemlerinde eşanjör kapasitelerinin verime olan etkisi incelenmiştir. Bütün özellikleri aynı eşanjör kapasiteleri farklı olan sistemlerin performans deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonunda, 15 lt' lik eşanjör kapasiteli sistemin verimi % 41, 10 lt 'lik eşanjör kapasiteli sistemin verimi % 44, 5 lt 'lik eşanjör kapasiteli sistemin verimi % 47 ve 2 lt 'lik eşanjör kapasiteli sistemin verimi % 38 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre 5 litre 'lik eşanjör kapasitesine sahip olan sistemin veriminin en iyi olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, eşanjör kapasitesi, verim.

THE HEAT EXCHANGER CAPACITY EFFECTS OF THE PERFORMANCE IN THE NATURAL CIRCULATION INDIRECT HOT WATER PREPARING SYSTEMS BY SOLAR ENERGY

ABSTRACT

In this paper, the effect of the performance of the capacities of heat exchanger in the natural circulation indirect hot water preparing systems has been examined. The systems that all properties are the same and the heat exchanger capacities are different performance experiments have been done. The result of experiments, the performans of the system which the heat exchanger capacity is 15 lt – 41 %, 10 lt – 44 %, 5 lt 47 % and 2 lt 38 %. As a result, the performance of the system which has 5 lt heat exchanger capacity has been obtained as the best.

Key Words: Solar energy, exchanger capacity, performance

1. GİRİŞ

1975 yılında 4 milyar olan dünya nüfusu bugün 6 milyarı geçmiştir. Daha hızlı kalkınma isteği ve buna paralel olarak artan enerji ihtiyacı fosil yakıtların rezervlerinin kısıtlı olması ve maliyetlerinin yüksek olması ayrıca çevreye verdiği zararlar güneş enerjisi gibi ucuz ve temiz bir enerjinin kullanımını cazip kılmaktadır.

Güneşli su ısıtma sistemleri bulunduğu iklimin özellikleri ve çalışma şartlarına göre değişik tip, şekil ve büyüklüklerde tasarlanabilirler. Konutlarda sıcak su hazırlama genellikle tabii sirkülasyonlu sistemlerin iki çeşidi olan direkt ve indirekt sistemler kullanılır. Yapılan ölçümlere göre, ülkemizin % 63 'ünde 10 ay, % 17 'sinde 1 yıl boyunca güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Özellikle güney bölgelerimizde, su ısıtmak amacıyla kullanılan güneş kolektörleri gün geçtikçe artmaktadır.

Güneş enerjisinden ekonomik olarak yararlanabilmek için, (Güneş Kuşağı) da denilen, 45° kuzey - güney enlemleri arasında yer almak gerekmektedir. Yapılan ölçümler, güneşlenme za-

manı ve ışınımın şiddeti açısından, ülkemizin yüksek bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ülkemizde, ortalama olarak, yılda 2600 saat güneşlenme zamanı, $0,15 \cdot 10^6$ cal/cm² yıl değerinde ışınımın şiddeti olduğu bilinmektedir.

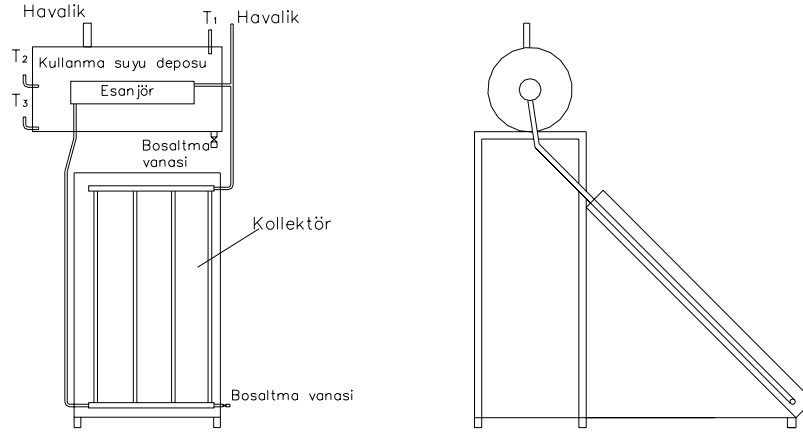
Çevre sorunlarına neden olmaması, temiz ve güvenilir olması ve tükenme olasılığının az olması gibi nedenlerle, güneş enerjisi, gittikçe daha çok önem kazanmaktadır. Örneğin, rüzgar enerjisi kullanımı, son on yılda, yaklaşık %25 oranında artarken, güneş pili kullanımı % 300 den fazla artmıştır. Önümüzdeki on yıl için artış oranları, rüzgar için % 45, güneş için ise % 800 olarak tahmin edilmektedir. Amerika Birleşik Devleti ve İsrail, 2000'li yıllarda, toplam enerji ihtiyacının % 20 kadarlık bir kısmını güneş enerjisinden karşılamayı hedeflemektedirler(1).

Yapılan literatür taramasında yapmış olduğumuz deneysel araştırmaya benzer birkaç çalışma dışında, doğrudan ilişkili deneysel veya teorik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Benzer çalışmalarda; K. K. MATRAWY ve I. FARKAS 1996 yılının Nisan ayında 4m²'lik toplayıcı yüzey alanına ve 200 litrelik depolama tankına sahip, sistem kayıpları

düşük olan tabii dolaşımli sistemde 26 günlük deney yapmışlar. Deney sonucunda, sistemin verimini %49 olarak belirlemişler (2). D. E. PRAPAS, S. PSİMMENSON, B. A. SOTİROPOULUS 1994 yılının Temmuz ayında, Yunanistan'da tabii dolaşımli endirekt ısıtmalı bir sistem ve birbirine seri bağlanmış aynı özelliklere sahip iki adet endirekt ısıtmalı sistemle bazı deneyler

zeme v.b.) aynı olup sıcak su depolama tankındaki suyu ısıtmak için sistemde dolaşan su miktarı (eşanjör kapasiteleri) farklı alınmıştır.

Sistemlerin kollektörleri aynı yüzey alanına sahip olup 60 cm x 100 cm'dir. Deney setlerinde eşanjör kapasiteleri 15 lt, 10 lt, 5 lt ve 2 lt. olarak imal edilmiştir. Deney setlerinde iç depolar



Şekil.2.1. Deney için hazırlanan prototip sistem şeması

Çizelge -2.1. Dış ve iç depo boyutları

		Kapasite V (Litre)	Boy L (cm)	Çap D (cm)
1.sistem	Dış depo*	65	60*118	37.2
	İç depo	15	30*82.3	25.2
2.sistem	Dış depo*	60	60*113	35.7
	İç depo	10	30*67.2	21.4
3.sistem	Dış depo*	55	60*108	34.2
	İç depo	5	30*47.8	15.2
4.sistem	Dış depo*	52	60*105	33.2
	İç depo	2	30*32	9.54

* Dış depo: iç depo + kullanma sıcak suyu hacmi toplamıdır.

yapmışlar. Bu deneyler sonucunda yalnız çalışan endirekt ısıtmalı sistemin verimini % 43, birbirine seri bağlı iki endirekt ısıtmalı sistemin verimini % 45,5 olarak bulmuşlar (3).

2. SİSTEMLERİN HAZIRLANMASI

Deneylerde kullanılmak üzere dört ayrı güneş enerjisi ile sıcak su hazırlayan sistem imal edilmiştir. Dört sistemin tüm özellikleri (kollektör yüzeyi, sıcak su depolama tankı, kullanılan mal-

(eşanjörler) silindirik depo şeklinde imal edilmiştir. Deney setlerinin iç depo (eşanjör) ve dış depo boyutları Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir. Deney setlerinin tümünde eşanjörden sonra artı kalan sıcak su depo hacmi 50 litre'dir. Deney için hazırlanan prototip sistem şeması Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.

Depolar kollektörlerden 48 cm yüksekliğe yerleştirilmiştir. Kollektörler 45° eğimli olarak

tezgahlara güney yönüne bakan bir platform üzerine yerleştirilmiştir.

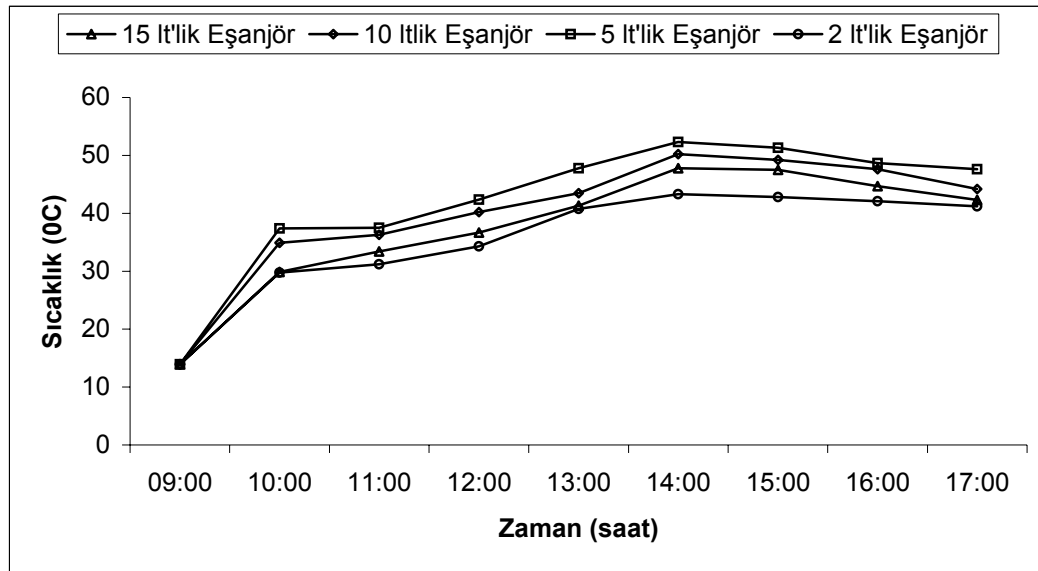
3. DENEYLERİN YAPILIŞI VE DENEY DÜZENEKLERİ

Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Anabilim Dalı bahçesinde ışın toplayıcı yüzeyler (kollektörler) yerden 1,5 m yükseklikteki

saat 09:00'da doldurulmuştur. Ölçümler saat 10:00'da alınmaya başlayıp saat 17:00 'ye kadar her saat başı ölçüm yapılmıştır. Sıcaklıklar Demir-Konstant ısı çiftler (termokupllar) ile ölçülmüştür. Sıcaklık ölçü aleti olarak ELİMKO firmasının ürettiği 12 kanallı dijital termometre kullanılmıştır. 15 Mayıs 2002 gününe ait ölçüm sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir. Ayrıca 15.05.2002 günü yapılan

Çizelge 3.1. 15 Mayıs 2002 günü sıcak su hazırlama sistemlerinden ölçülen sıcaklık değerleri

SAAT	DEPO HACİMLERİ											
	15 Litrelik			10 Litrelik			5 Litrelik			2 Litrelik		
	SICAKLIKLAR											
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
09:00	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9
10:00	29,9	29,4	25	34,9	26,9	25,4	37,4	30,4	26,8	29,8	25,8	20,3
11:00	33,4	31,2	29,3	36,3	35,2	32,5	37,5	36,4	33,1	31,2	29,3	25,1
12:00	36,7	33,4	30,9	40,2	35,5	31,2	42,4	37,2	33,5	34,3	31,6	26,7
13:00	41,3	38,7	36,5	43,5	39,9	37,8	47,8	41,7	40,1	40,8	34,3	33,6
14:00	47,8	40,8	37,6	50,2	41,3	38,9	52,3	43,1	40,3	43,3	37	35,6
15:00	47,5	42,1	39,2	49,2	43,3	41,5	51,3	44,7	43,1	41,7	39,9	38,5
16:00	44,7	43,9	41,5	47,6	44,7	43,2	48,7	45,8	44,9	42,3	39,2	37,6
17:00	42,3	42,6	40,2	44,2	43,8	42,7	47,6	44,1	43,6	41,2	38,6	35,7



Şekil 3.1. 15.05.2002 Günü yapılan ölçümlere göre sıcaklık–zaman grafiği

bir platform üzerine güneye bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Havanın güneşli olduğu 13.05.2002 ile 18.05.2002 tarihleri arasında 6 gün süreyle deneyler yapılmıştır. Sistemlerin suları aynı anda ve

ölçümlere göre sıcaklık–zaman grafiği Şekil 3.1.'de verilmiştir.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

4.1. Enerji Hesapları

4.1.1. Sisteme verilen enerji

Sistemde kullanılan ışın toplayıcı 0,6 m² lik yüzey alanına sahiptir. Güneşten elde edilen enerjinin bulunması için, kullanılan değerler Meteoroloji Ankara Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. Güneş ışınım değerleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Işın toplayıcı yüzeyine gelen toplam güneş ışınımından edinilen enerjiyi bulmak için;

$$I_{DIF} = [1 - (1,097 \times BUF)] \times YYRA_1 \quad (4.3)$$

BUF = Bulanıklık faktörü [7].

$$BUF = \frac{YYRA}{AÖRA} \quad (4.4)$$

YYRA = Deneyin yapıldığı gün için ortalama yatay yüzey radyasyon değeri, W/m²gün (7).

Çizelge 4.1. Ankara ilinin ortalama güneş ışınım değerleri (Watt/m²)

SAATLER	TARİHLER					
	13.05.2002	14.05.2002	15.05.2002	16.05.2002	17.05.2002	18.05.2002
04:00-05:00	1,74	0	1,163	2,33	0	0
05:00-06:00	41,87	46,52	83,74	55,82	55,82	55,82
06:00-07:00	195,38	223,30	216,32	258,19	237,25	216,32
07:00-08:00	397,75	404,72	460,55	467,53	439,61	390,77
08:00-09:00	579,17	558,24	572,20	628,02	586,15	572,20
09:00-10:00	718,73	739,67	614,06	746,65	369,83	711,76
10:00-11:00	788,51	781,54	865,27	858,29	502,42	711,76
11:00-12:00	781,54	641,98	935,05	900,16	1004,83	739,67
12:00-13:00	711,76	704,78	900,16	907,14	767,58	767,58
13:00-14:00	718,73	621,04	816,43	858,29	774,56	760,60
14:00-15:00	628,02	272,14	760,60	516,37	565,22	621,04
15:00-16:00	376,81	174,45	572,20	614,06	509,39	600,11
16:00-17:00	174,45	111,65	355,88	293,08	446,59	425,66
17:00-18:00	104,67	62,80	209,34	104,67	176,78	251,21
18:00-19:00	29,08	4,65	41,87	15,70	32,56	83,74
TOPLAM	6248,21 Watt/m ²	5347,47 Watt/m ²	7404,82 Watt/m ²	7226,30 Watt/m ²	6515,13 Watt/m ²	6908,22 Watt/m ²

$$I_{top} = [I_{DIR} \times R] + I_{DIF} \times \left[\frac{1 + \cos\beta}{2} \right] + \quad (4.1)$$

$$[I_{DIR} + I_{DIF}] \times r_a \times \left[\frac{1 - \cos\beta}{2} \right]$$

eşitliğinden yararlanılmıştır [4,5,6].
bu eşitlikte;

I_{DIR} = Direk radyasyon (W/m²)

$$I_{DIR} = YYRA_1 - I_{DIF} \quad (4.2)$$

YYRA₁ = Deneyin yapıldığı 09:00 ile 17:00 saatleri arasında yatay yüzeye gelen radyasyon değeri, W/m² 8h (Çizelge 4.1.)

I_{DIF} = Difüz radyasyon (yansıma ışını) (W/m²h)

AÖRA = Mayıs ayı ortalama atmosfer öncesi radyasyon değeri, W/m²gün (7).

r_a = eğik düzlem çevresinin toplam güneş radyasyonu için yansıtma katsayısı $\approx 0,2$ dir. (7).

$$R = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_2} \quad [8]. \quad (4.5)$$

$$\cos\theta = [\sin\delta \times \sin\phi \times \cos\beta] - [\sin\delta \times \cos\phi \times \sin\beta \times \cos\gamma] +$$

$$[\cos\delta \times \cos\phi \times \cos\beta \times \cos\omega] + [\cos\delta \times \sin\phi \times \cos\gamma \times \cos\omega] +$$

$$[\cos\delta \times \sin\beta \times \sin\gamma \times \sin\omega] \quad [8]. \quad (4.6)$$

$$\cos\theta_2 = [\sin\phi \times \sin\delta] + [\cos\phi \times \cos\delta \times \cos\omega] \quad (8).$$

$$(4.7)$$

ϕ = Enlem derecesi (Ankara için 40°).

β = Işın toplayıcının yatayla yaptığı açı (45°).

γ = Azimut açısı (ısı yutucu güney yönüne baktığı için, 0° dir).

ω = Saat açısı 12:00'den itibaren her saat için 15° , 14:00 için 30° alınmıştır.

$$\delta = 23,45 \times \sin \left[360 \times \frac{284 + n}{365} \right] \quad (4.8)$$

δ = Deklinasyon açısı [8].

n = Hesabı yapılan gün (takvimde kaçınıcı gün ise...).

$\Delta E_{\text{potansiyel}} = \text{ihmal edilebilir,}$

$W_{12} = 0,$

$$\dot{Q} = m \times (h_2 - h_1) \text{ veya } \dot{Q} = m \times c \times \Delta T \quad (4.9)$$

m = Suyun kütleli debisi (50 lt/h)

c = Özgül ısı (4180 J/kg K)

ΔT = Sıcaklık farkı, ($T_{\text{son}} - T_{\text{ilk}}$).

eşitliği kullanılmıştır.

4.1.3. Sistemlerin verimi

Sistemlerin verimleri, sistemlerin yapıldığı malzemeye, buldukları enlem derecesine, eğim-

Çizelge 4.2. Denei süresince tespit edilen maksimum sıcaklık değerleri

GÜNLER	15 Litrelik Eşanjör Sıcaklığı (°C)	10 Litrelik Eşanjör Sıcaklığı (°C)	5 Litrelik Eşanjör Sıcaklığı (°C)	2 Litrelik Eşanjör Sıcaklığı (°C)	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)
13.05.2002	44,2	45,8	48,4	40,4	22,5	14,3
14.05.2002	38,5	39,8	41,5	35,2	25,6	14,3
15.05.2002	47,8	50,2	52,3	43,3	21,2	13,9
16.05.2002	44,7	46,7	50,1	43,3	24	14,2
17.05.2002	37,1	41,6	44,7	36,9	25,8	13,8
18.05.2002	44,3	46,3	49,7	44,3	25,5	13,8

4.1.2. Sistemden elde edilen enerji

Eşanjör kapasiteleri farklı olarak tasarlanan güneş enerji sistemleri, gün içinde güneşten gelen enerjinin bir kısmını suya iletebilmektedir. Denei süresince tespit edilen maksimum sıcaklıklar Çizelge 4.2. de gösterilmiştir. Hesap yapılırken bu sıcaklıklar dikkate alınmıştır.

Her sistemin doldurma suyu sıcaklıkları aynı, gün sonu su sıcaklıkları güneşten alınan radyasyon miktarına ve eşanjör kapasitelerine göre farklılık göstermektedir. Sistemlerde, giriş ve çıkış suyundaki sıcaklık farklılıkları güneşten kazanılan ısı miktarının tespitinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu amaçla;

$$\dot{Q}_{12} - W_{12} = H_2 - H_1 + 1/2 m (V_2^2 - V_1^2) + mg (Z_2 - Z_1)$$

1: Sisteme giriş,

2: Sistemden çıkış,

$\Delta E_{\text{kinetik}} = \text{ihmal edilebilir,}$

lerine, çevresiyle olan sıcaklık farklarına ve kullandıkları zamana bağlı olarak değişebilmektedir.

$$\eta = \frac{\dot{Q}}{Fk.I_{\text{top}}} \quad (4.10)$$

eşitliği ile sistem verimi bulunabilmektedir. [8].

4.2. Denei Veri Hesapları

Altı gün süresince sıcaklık değerleri tespit edilen sistemlerin, performanslarının karşılaştırılması amacıyla bir dizi hesaplar yapılmıştır. Denei üçüncü günü (15.05.2002) için hesaplar ayrıntılı olarak işlenmiştir.

4.2.1. Sisteme verilen enerji hesabı

15.05.2002 günü için ayrıntılı işlenen hesaplarda Meteoroloji İşleri Ankara Bölge Müdürlüğü rasat verilerine göre kollektör yüzeyine gelen güneş ışığının en yüksek değeri, saat 14:00'de, direk ışının $4328,5 \text{ W/m}^2\text{h}$ ve difüz radyasyon

1491,2 W/m²h olarak tespit edilmiştir. Bu değerler, yatay düzleme gelen güneş radyasyonudur. Sistemin ışın toplayan yüzeyi 45°'lik açı yapmaktadır. 45° eğik yüzeye gelen güneş radyasyonunu bulmak için Eş. 4.1.'den yararlanılmıştır.

$$YYRA = 7404,8 \text{ W/m}^2\text{gün}$$

$$AÖRA = 10924,1 \text{ W/m}^2\text{gün}$$

$$BUF = 0,678$$

$$YYRA_1 = 5819,7 \text{ W/m}^2 \text{ 8h}$$

Eş. 4.3.'de yerine konulursa

$$I_{DIF} = (1 - 1,097 \times 0,678) \times 5819,7 \\ = 1491,2 \text{ W/m}^2 \text{ 8h}$$

bulunur. Buna göre yataydaki radyasyon miktarı Eş. 4.2.'de

$$I_{DIR} = 5819,7 - 1491,4 = 4328,5 \text{ W/m}^2 \text{ 8h}$$

Olarak bulunur.

Deneyin yapıldığı gün 15.05.2002 olduğu için;

$$n = 135. \text{ gün}$$

$$\delta = 23,45 \times \sin [360 \times (284 + 135) / 365] = 18,79^\circ$$

olarak deklinasyon açısı bulunur.

$$\phi = 40^\circ$$

$$\beta = 45^\circ$$

$$\gamma = 0^\circ$$

$$\omega = 30^\circ$$

$$\cos \theta = 1,024$$

$$\cos \theta_2 = 0,663$$

Ve eş. 4.5.'den

$$\Re = 1,544$$

bulunur. Bu sonuçlar Eş. 4.1.'deki 45° eğim açısı olan 1 m²'lik ışın yutucu yüzeyine gelen güneş radyasyon değeri;

$$r_a = 0,2 \text{ için};$$

$$I_{top} = (4328,5 \times 1,544) + 1491,2 \times (1 + \cos 45^\circ / 2) \\ + (4328,5 + 1491,2) \times 0,2 \times$$

$$(1 - \cos 45^\circ / 2)$$

$$I_{top} = 8126,5 \text{ W/m}^2\text{8h}$$

Olarak alınmaktadır.

4.2.2. Sistemden elde edilen enerji hesabı

Dört farklı tipte tertip edilen sistemlerden, 15.05.2002 günü ve saat 14:00 'da elde edilen enerji için Eş. 4.9.'dan yararlanılmıştır.

15 lt'lik eşanjör kapasiteli kapalı devre sıcak su hazırlama sistemi:

$$m = 50 \text{ lt.}$$

$$c = 4,18 \text{ kJ / kg K}$$

$$T_{ilk} = 13,9^\circ\text{C}$$

$$T_{son} = 47,8^\circ\text{C}$$

$$Q_9 = 50 \times 4,18 \times (47,8 - 13,9) = 7085,1 \text{ kJ} \\ \times 0,278 = 1971,3 \text{ W/m}^2\text{8h}$$

4.2.3. Verim hesabı

Dört farklı tipte tertip edilen sistemlerden, 15.05.2002 günü elde edilen hesap sonuçlarına göre verim hesabı için Eş. 4.10.'dan yararlanılmıştır.

15.05.2002 gününe ait 15 lt'lik sistemin verim hesabı:

$$I_{top} = 8126,5 \text{ W/m}^2\text{8h}$$

$$Q_9 = 1971,3 \text{ W/m}^2\text{8h}$$

$$F_k = 0,6 \text{ m}^2$$

$$\eta_9 = 1971,3 / (8126,5 \times 0,6) = 0,40$$

5. SONUÇ

Bu çalışmada; ışın toplayıcı yüzeyleri ve kullanma sıcak suyu hacmi aynı, eşanjör kapasiteleri birbirlerinden farklı tabii dolaşımli dört adet sıcak su hazırlama sistemi aynı anda dolayısıyla aynı şartlarda denenerek performansları incelenmiştir.

Deneyler sonucunda ortalama verimler;

1. 15 lt'lik Dolaylı Sıcak Su Hazırlama Sistemi \approx % 41
2. 10 lt'lik Dolaylı Sıcak Su Hazırlama Sistemi \approx % 44
3. 5 lt'lik Dolaylı Sıcak Su Hazırlama Sistemi \approx % 47

4. 2 lt'lik Dolaylı Sıcak Su Hazırlama Sistemi \approx % 38

olarak tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, sistemlerin verimleri karşılaştırıldığında; kullanma suyu kapasitesi 50 lt ve eşanjör kapasitesi 5 lt olan sıcak su hazırlama sisteminin verimi diğer sistemlere göre yüksek çıktığından dolayı, bu sistemin kollektör devresinde dolaşan akışkan miktarı ile kullanma suyu depo hacmi arasında % 10 'luk bir oran çıkmaktadır. Kullanma suyu depo hacmi değiştiğinde, eşanjör kapasitesi ile kullanma suyu kapasitesi arasındaki % 10 'luk oran değişebilir. Farklı sıcak su depolama hacimleri için yeni deneysel çalışmalar yapılmalıdır.

5 lt'lik sistemin verimi % 47, 2 lt'lik sistemin verimi ise % 38 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler göz önüne alındığında 2 lt'lik eşanjör ile 5 lt'lik eşanjör değerleri arasında verim değerinin yüksek çıkması söz konusu olabilir.

6. KAYNAKLAR

1. KILIÇ, A., ÖZTÜRK, A., Güneş enerjisi, 1993.
2. MATRAWY, K., K., FARKAS, I., 1996, Solving of a model for solar water tanks, International journal of ambient energy, Egypt, Vol 17, N 2, pp 33 – 38.
3. PRAPAS, D., E., PSİMMENSON, S., SOTİROPOULUS, B., A., 1994, Beneficial inter connection of two thermosiphon DHW solar systems, Applied Energy, vol 49, pp 47 – 60, Greece.
4. KILIÇ, A., ÖZTÜRK, A., Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul, 1980.
5. ATAGÜNDÜZ, G., Güneş enerjisi temelleri ve uygulamaları, Ege Üniversitesi yayınları, No:2, İzmir, 1989.
6. TWİDELL, J., W., and A., D., WEİR, E., and F., N., Renewable Energy Sources, Span Ltd., London, 1986.
7. UYAREL, A., Y., ÖZ, E., S., Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, 1987.
8. DOĞAN, H., Isı Borulu Güneş Kollektörü ile Meyve ve Sebze Kurutulmasında Önemli Parametrelerin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1995.