

# Güneş Enerjisi ile Desteklenen Termoelektrik Soğutma Sistemi Performans Analizi

Dilek Özlem ESEN  
Elif BALTA

## ÖZET

*Bu çalışmada, elektrik enerjisinin olmadığı yerlerde güneş enerjisi ile çalışan termoelektrik soğutma sistemi (TEC) tasarlanmıştır. TEC sistemi; besinlerin saklanması, tıbbi malzemelerin, ilaçların, aşı ve kan ünitelerinin düşük sıcaklıklarda muhafazası için kullanılmaktadır. Sistem, bir tarafı ısınırken diğer tarafı soğuyan termoelektrik modül (peltier etkisi) ilkesine bağlı olarak çalışmaktadır. Termoelektrik modülün, sıcak ve soğuk yüzeylerine ısı transferini kolaylaştırmak için 89x68x34.5 mm boyutunda alüminyum ısı eşanjörü yerleştirilmiştir. Hızlı bir şekilde hava akımını kolaylaştırmak amacıyla, ısı eşanjörünün üzerine 12 Voltluk 7H54A-R1 model fan monte edilmiştir. Kabinin arka üst bölgesine termoelektrik modül, ısı eşanjörü ve fandan oluşan iki adet kombin monte edilmiştir. Bu sistem iki farklı soğutma fanı (hava ve sulu) kullanılarak çalıştırılmıştır. TEC sistemi, su soğutmalı fan kullanılarak sadece güç kaynağı modunda, hava soğutmalı da ise güç kaynağı, batarya, PV ve PV+batarya olmak üzere dört farklı modda çalıştırılmıştır. PV ve güç kaynağı ile olan deneysel çalışmalar, 10:00-17:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Batarya desteği ile yapılan çalışmalar ise 18:00-01:00 saatleri arasında yapılmıştır. Hava ve su soğutmalı olarak yapılan testler sonucunda TEC sistemi performans değerleri hesaplanmıştır. COP değerleri, hava soğutmalı sistem için sırasıyla; 0.548, 0.502, 0.38, 0.43 hesaplanmıştır. Su soğutmalı da ise güç kaynağı ile çalışma modunda 0.12 olarak bulunmuştur.*

**Anahtar Kelimeler:** TEC, Peltier, PV, COP, Güç Kaynağı.

## 1. GİRİŞ

Termoelektrik soğutma prensibi ile çalışan cihazın performansını arttırmak amacıyla, siyah yünle kaplı duvardan oluşan güneş kolektörlü bir sistem kurulmuş ve sistemin duvarları pleksiglass ile kaplanmıştır. Ölçümler, İran'ın iklim koşullarında 9 gün boyunca yapılmıştır. Deneysel sonuçlarında, performansı ortam sıcaklığı ve güneş ışınının direkt olarak etkilediği gözlemlenmiştir. Yaz ve kış sonuçları karşılaştırılarak sistemin verimliliği kıyaslanmıştır. (Esfahani J. A., Rahbar N. ve Lavvaf M., 2011'de) [1].

## Abstract:

In this study, a solar powered thermoelectric cooling system (TEC) is designed where there is no electrical energy. TEC system is used for food storage, medical supplies, drugs, vaccines, and blood units for storage at low temperatures. System is working according to thermoelectric module (TEM) principle (peltier effect) which one side of the module is heating while the other side is cooling. An aluminium heat exchanger is placed (89x68x34.5 mm in size) to the hot and cold sides of thermoelectric module in order to facilitate heat transfer from the hot and cold surfaces. A 7H54A-R1 model fan (12 volts) is mounted on heat exchanger in order to facilitate the air flow quickly. Thermoelectric module, heat exchanger and the fan is mounted on the upper region of the back of the system cabinet. This system is operated using air and water-cooled fans. TEC system, using water-cooled fan only power supply mode, when using air cooling fan, power supply, battery, PV and PV battery operated in four different modes. 10:00 to 17:00 hours, experimental studies were carried out with the PV and the power supply modes. Experimental is made with the support of the battery is between the hours of 18:00 to 1:00. As a result of the tests performed in air and water cooled, TEC system performance values were calculated. Air-cooled system of COP values were calculated; 0.548, 0.502, 0.38 and 0.43 respectively. Water cooled system is operated with the power supply has been calculated as 0.12.

## Key Words:

TEC, PV, Peltier, COP, Power Supply.

**Makale**

Dai Y. J., Wang R. Z, Ni L., 2003'te güneş pili kullanılarak yapılan termoelektrik soğutmanın deneysel araştırmasını ve bu araştırma ile ilgili analizini yapmıştır. Taşınabilir buzdolabını gece ve gündüz kullanımına uygun olarak farklı modlarda çalıştırmıştır. Buzdolabını gündüz çalıştırmak için güneş ışınımından faydalanmıştır. Gece kullanımında, bulutlu ve yağmurlu günlerde ise elektrik enerjisini doğrudan ve aküden elde etmiştir. Deney sonucunda, buzdolabı sıcaklığı 5-10 C, COP değeri yaklaşık 0.3 olarak elde edilmiştir. Bu sistem, güç kaynağı bulunmayan mekan uygulamalarında, aşı, gıda, içecek ve soğuk depolama için kullanılabilir olduğunu ispatlamıştır [2].

2011'de,  $25 \times 25 \times 35 \text{ cm}^3$  boyutlarında,  $4 \times 4 \text{ cm}^2$  termoelektrik modül kullanılarak bir soğutma sistemi tasarlayan Jugsujinda S., Vora-ud A., ve Seetawan T., bu amaçla sistemde 40W'lık fan kullanılmıştır. TER (Termoelektrik Buzdolabı) soğutma sistemini kontrol etmek için 10 noktadan ölçüm yaparak; sıcaklık, zaman ve COP değerlerini incelemişlerdir [3].

Termoelektrik jeneratör (TEG) ile hibrid sistem tasarlanmıştır. Bu sistemde; PV (fotovoltaik) hücre, TEG ve ısı dağıtıcı kullanılmıştır.  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  yarıiletken malzemesinden oluşan TEG, 50–200 °C sıcaklık aralığında incelenmiştir. TEG'de üretilen güç 3 W ve sıcaklık ise  $\text{DT } 155 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ulaşmıştır. Akım ve gerilimin ise doğrusal olarak arttığını gözlemlemişlerdir. (E. A Cha'vez-Urbiolaa E. A., Yu. V. Vorobiev ve Bulat L. P., 2012) [4].

Bir başka çalışmada Sabah A. Abdul-Wahab ve diğerleri, 2009 güneş enerjisi ile çalışan taşınabilir termoelektrik soğutma sistemini deneysel olarak incelenmiştir. Sistem, elektriğin olmadığı Umman bölgesinde sistem peltier etkisinden yararlanarak tasarlanmıştır. Sistemde karşılıklı iki yanal yüzeye beşer tane olmak üzere 10 adet termoelektrik modül, 64 tek kristal silisyum güneş hücresi ve sıcaklıkları belirlemek için termokupl kullanmışlardır. Yapılan deneylerde, soğutma sıcaklığının 44 dak.'da  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ 'den  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye düştüğü ve COP değerini de 0.16 olarak hesaplamışlardır [5].

Çakır H., 2006'da enerji ihtiyacını güneş pilinden karşılayan  $29 \times 29 \times 29 \text{ cm}$  ebatlarında termoelektrik soğutucu tasarlamıştır. Sistemin iç - dış sıcaklığı, modül sıcak - soğuk yüzey sıcaklığı, güneş pilinden çekilen gerilim - akım değerlerini ölçerek değerlendirmiştir. Deneyler sonucunda, sistemin performans katsayısını 0.9 olarak bulmuştur [6].

2005'de Bulut H. termoelektrik soğutmanın teorisi, uygulama alanları, tasarım ve seçiminde etkili olan elektriksel ve ısı parametreleri hakkında bilgiler vermiştir [7].

Bir diğer çalışmada ise  $48 \times 10^{-3} \text{ m}^2$  hacminde, 18 W gücünde termoelektrik soğutucu ve kontrol devresinden oluşan bir sistem tasarlanmıştır. Deneyler sonucunda, sistemin performans katsayısı 0,3 - 0,6 arasında bulunmuştur. (Sungur C. 2008 ) [8].

Bu çalışma, elektrik enerjisinin bulunmadığı yerlerde soğutma yapabilmek amacıyla tasarlanmıştır. Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürerek enerji ihtiyacını karşılayan termoelektrik soğutma (TEC) sistemi, 6 adet TE modül ve iki farklı soğutucu tipi kullanılarak elektrik devre bağlantısı yapılmıştır. TEC sisteminin performans parametreleri, çekilen akım değerleri ölçülerek değerlendirilmiştir.

## 2. TERMOELEKTRİK SOĞUTMA TEORİSİ

Termoelektrik etki, ısı enerjisinin elektrik enerjisine veya elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüşümüdür. Termoelektrik soğutucular katı haldeki ısı pompalarıdır ve peltier etkisinden yararlanarak bu işlevi yerine getirirler. Peltier etkisi, iki farklı metaldeki elektron akışından meydana gelmektedir. Bir iletken diğer iletkene elektron geçişi olur, bu geçiş sayesinde iletkenlerden biri soğurken, diğeri ısınmaktadır. Termoelektrik soğutma (TEC) sistemi, hareketli parçası olmadığından sessiz çalışmakta ve bu nedenle az bakıma ihtiyaç duymaktadır. En önemli özelliği ise herhangi bir soğutucu akışkan içermediği için küresel ısınmaya neden olmamasıdır. Bu sisteminde, N ve P tipi malzeme çiftlerinin eşit sayıda dizilmesiyle oluşan termoelektrik modül (TEM) kullanılmaktadır. Termoelektrik soğutucular elektriksel olarak seri, ısı olarak paralel düzenlenmiş çok sayıda

termokupludan oluşmaktadır. Şekil 1’de TEM’ ün performans özellikleri ve iç yapısı gösterilmiştir.

Deneyler sonucu elde edilen veriler, aşağıda verilen denklemler yardımıyla hesaplanarak performans parametreleri elde edilmiştir.

#### Elektrik Akımı:

$$I = \frac{V - \alpha(T_H - T_C)}{R} \quad (1)$$

$\alpha$  : Termoelektrik modülün seebeck katsayısı (W/K)

$R$  : Termoelektrik modülün elektrik direnci

$T_H - T_C$ : Sıcak ve soğuk yüzeydeki sıcaklıklar

#### Elektrik Giriş Gücü:

$$P = \alpha I(T_H - T_C) + I^2 R \quad (2)$$

#### Soğuk Yüzeydeki Isı Üretimi:

$$Q_C = \alpha I T_C - \frac{1}{2} I^2 R - K t(T_H - T_C) \quad (3)$$

$Kt$ : Termoelektrik modülün toplam termal iletkenliği (W/K).

#### Sıcak Yüzeydeki Isı Üretimi:

$$Q_H = \alpha I T_H - \frac{1}{2} I^2 R - K t(T_H - T_C)$$

#### Performans Katsayısı:

$$COP = \frac{Q_C}{P} \quad COP = \frac{Q_C}{Q_H - Q_C} \quad (5)$$

### 3. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ÇALIŞAN TERMOELEKTRİK SOĞUTMA SİSTEMİ

BAP (Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi) 2012-59 nolu hızlı destek projesi kapsamında, Kocaeli Üniversitesi Enerji Mühendisliği Laboratuvarında kurulan TEC sistemi, güneş enerjisi ile çalıştırılmaktadır. Sisteme ait tüm bileşenler Şekil 2 ve 3’de gösterilmiştir.

Bu çalışmada, 1481x666x48 boyutlarında PV panel



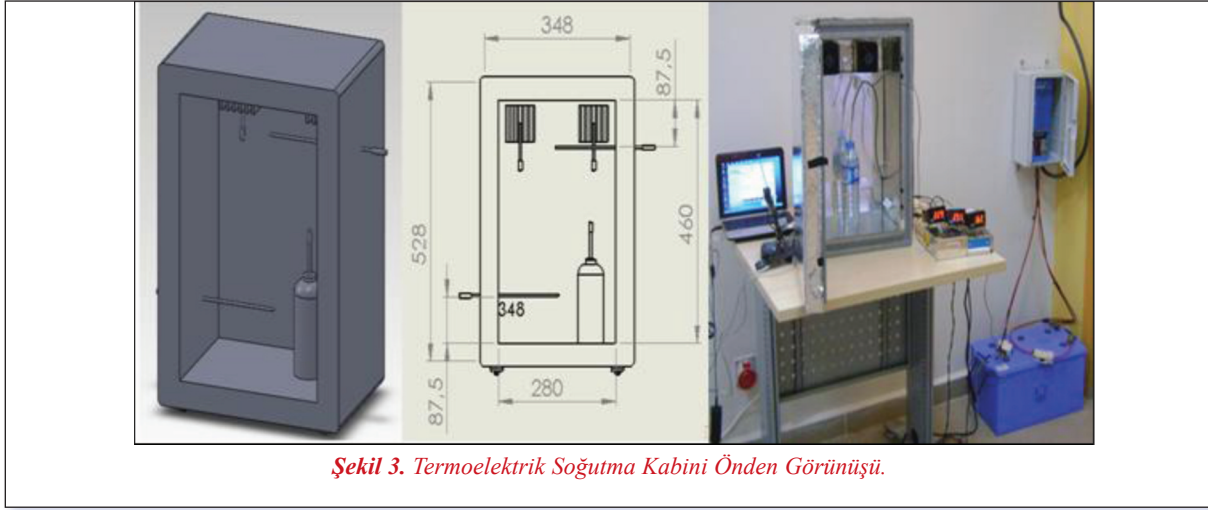
Şekil 2. 390 Watt PV Panel.

(4) kullanılmıştır. Fotovoltaik dizisi, PV panel ve MPPT’ den oluşmaktadır. MPPT, akülerde oluşacak aşırı



Sıcak Yüzey Sıcaklığı(°C)	25 °C	50 °C
Qmax (Watt)	43	49
Delta Tmax (°C)	66	75
Imax (Amper)	5,3	5,3
Vmax (Volt)	14,2	16,2
Modül Direnci (ohm)	2,4	2,75

Şekil 1. TEC1- 12705 Performans Özellikleri ve İç Görüntüsü.

**Makale****Şekil 3. Termoelektrik Soğutma Kabini Önden Görünüşü.**

şarj/deşarj durumunu önler ve akü şarj sistemi tarafından üretilen voltajın düzenlenmesine yardımcı olur. TEC sistemi, bulutlu günlerde ve gece çalışma şartlarında 210 Ah'lık jel akü ile desteklenmektedir.

TEC sisteminin ana bileşenleri; içi alüminyum plaka kaplı kabin içerisine monte edilmiş TE modül kombini (termoelektrik modül, alüminyum sink ve fan), güç kaynağı, veri kaydedici (datalogger) ve PC'den oluşmaktadır. Şekil 3'de ön görünüşü verilen 460x280x210 mm boyutlarında TE soğutma sistemi gösterilmektedir. Kabin içi 0,5 mm kalınlığında alüminyum levha ile kaplanmıştır. TEM'in sıcak ve soğuk yüzeyindeki ısının transferi için her iki yüzeyine de ısı eşanjörü ve fan (hava ve su soğutmalı) monte edilmiştir. Yapılan deneylerde TEC sisteminin performansını belirlemek amacıyla; kabin içi sıcaklıkları (alt ve üst yüzeye yakın), TE modülün yüzey sıcaklıkları ( $T_h$  ve  $T_c$ ), kabin içerisine konan 0,5 L hacmindeki suyun sıcaklığı ve çevre sıcaklığı olmak üzere altı noktadan termokupl ile sıcaklık ve akım değerleri ölçülmüştür. Güneş enerjisi destekli TEC sistemine, PV panel, MPPT (solar şarj regülatörü) ve batarya eklenerek fotovoltaik etkisiyle çalıştırılmıştır. Her üç durum için ölçülen sıcaklık değerleri, veri kaydedici ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Elde edilen datalara göre güç kaynağı, PV panel, batarya ve farklı soğutucu tipine göre TEC performans parametreleri hesaplanmıştır.

Sistemde, 40x40x4 mm boyutunda altı adet TEC1-12705 modül kullanılmıştır. 3 adet TE modül termal macun ile üst üste yapıştırılmıştır. Yapıştırılan TE modülün, sıcak ve soğuk yüzeylerine ısı transferini kolaylaştırmak amacıyla 89x68x34.5 mm boyutunda alüminyum ısı eşanjörü yerleştirilmiştir. Hızlı bir şekilde hava akımını kolaylaştırmak amacıyla, ısı eşanjörünün üzerine 12 Voltluk fan (Xigmatek (Sulu) ve 7H54A-R1 model fan) monte edilmiştir. Termoelektrik modül, ısı eşanjörü ve fandan oluşan bir kombin oluşturularak kabinin arka üst bölgesine yan yana monte edilmiştir. TEC kombini Şekil 4'de gösterilmiştir.

**3.1. Deneysel Parametrelerinin Belirlenmesi**

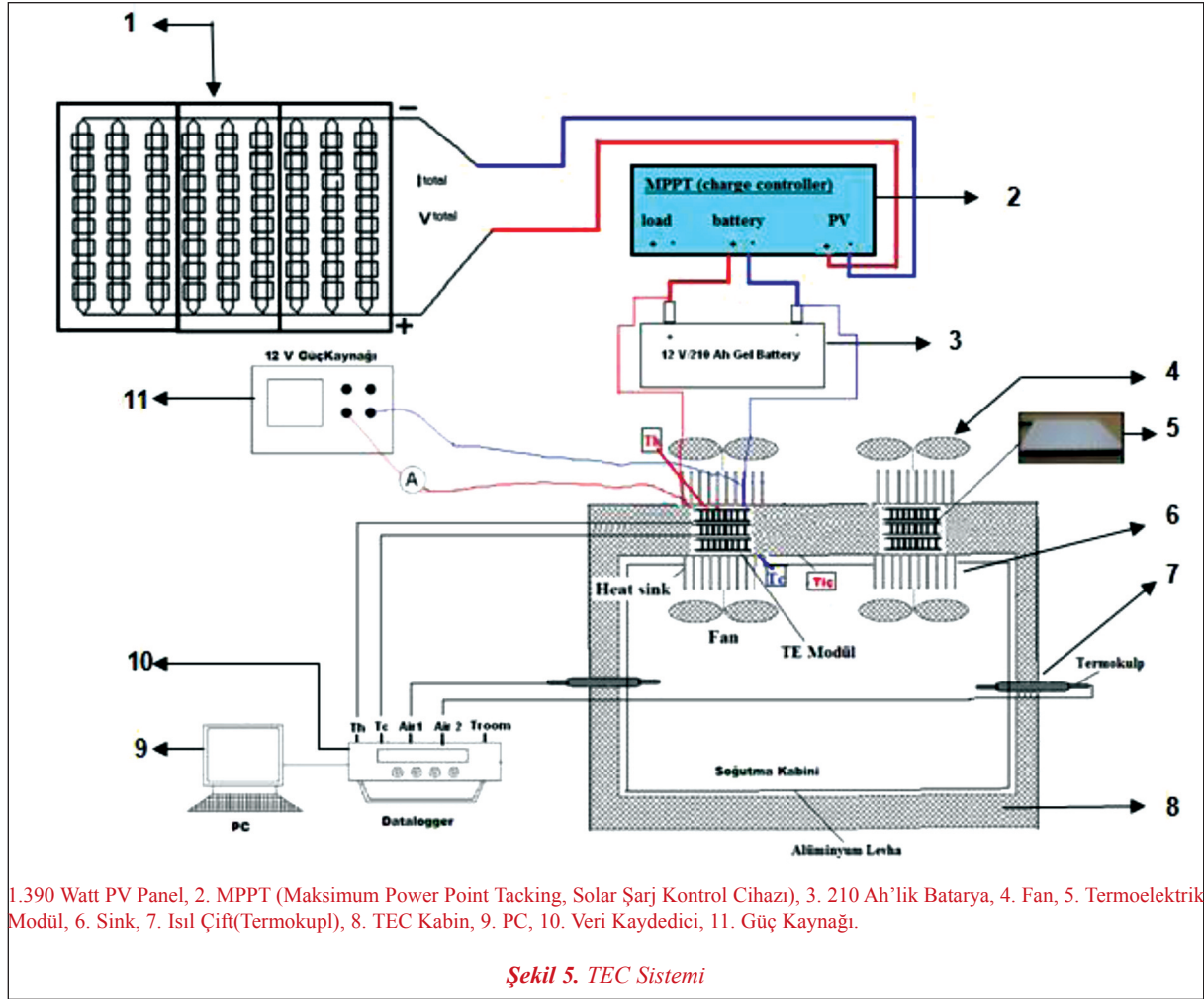
TEC sistemi; PV panel, güç kaynağı ve akü olmak



1. 12 Voltluk 7H54A-R1 model fan, 2. Xigmatek (Sulu) Fan 3. Termoelektrik Modül, 4. Alüminyum Isı Eşanjörü (Heat-Cold)

**Şekil 4. TEC Kombini**

üzere üç modda çalıştırılmıştır. PV sistem ve güç kay-



nağı ile yapılan deneyler 10.00-17.00, akü ile yapılan test ise 18.00-1.00 zaman aralıklarında gerçekleştirilmiştir. Sistem hava soğutmalı fan ile çalıştırıldığında; çevre sıcaklığının yaklaşık olarak 23,9 °C olduğu güç kaynağı modunda, su sıcaklığının 16,4 °C'ye kadar düştüğü, TE modül  $T_H$  ve  $T_C$  yüzey sıcaklıklarının 45 °C ve 14,7 °C olduğu, çevre sıcaklığının yaklaşık olarak 24,8 °C olduğu batarya modunda, su sıcaklığının 13,8 °C'ye düştüğü,  $T_C$  ve  $T_H$  yüzey sıcaklıklarının 11,2 °C ve 42,2 °C olduğu, çevre sıcaklığının yaklaşık olarak 22,1 °C olduğu PV modunda, su sıcaklığının 17,3 °C'ye düştüğü,  $T_C$  ve  $T_H$  yüzey sıcaklıklarının 16,7 °C ve 43,9 °C şeklinde değiştiği görülmüştür. Sistem su soğutmalı fan ile çalıştırıldığında sadece güç kaynağı modunda test yapılmıştır. Çevre

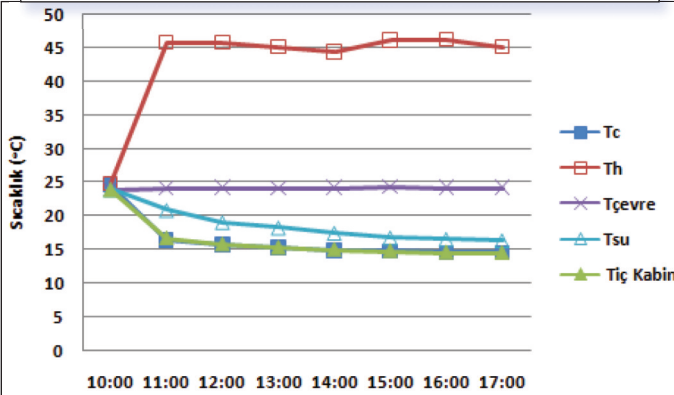
sıcaklığının yaklaşık olarak 21,8 °C olduğu durumda su sıcaklığının 9,8 °C'ye düştüğü, TEM'in  $T_C$  ve  $T_H$  yüzey sıcaklıklarının 7,9 °C ve 42,8 °C olduğu görülmüştür. PV sisteminde, güneş açısının saatlik değişimi, güneş yoğunluğu, ortam sıcaklığı ve rüzgar hızı gibi parametreler performans üzerinde etkili olmaktadır. Sistem 24 saat çalıştırıldığında sıcaklık değerlerinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

### 3.2. Deney Ölçümleri

Deneyler, 4, 5, 6, 7 Eylül ve 22 Ocak tarihlerinde 7 ve 24 saatlik zaman dilimlerinde yapılmıştır. Deney süresince;  $T_C$ ,  $T_H$ , Kabin  $T_{IÇ1}$ , Kabin  $T_{IÇ2}$ ,  $T_{ÇEVRE}$  ve  $T_{SU}$  değerleri olmak üzere altı yerden ölçüm yapılmıştır. Deney sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

**Makale****PV ile çalışma (4 Eylül 2012)**

Zaman	Tc	Th	Tiç Kabin	Tçevre	Tsu
10:00	22	22,4	23,9	22	22,5
11:00	17,1	43,1	16,7	23	19,9
12:00	16,8	42,8	15,8	23,2	18,5
13:00	16,7	43,5	15,3	23,5	17,9
14:00	16,7	44,1	15	24,2	17,6
15:00	16,7	44,3	14,8	24,2	17,4
16:00	16,7	44,7	14,6	24,4	17,3
17:00	16,7	43,9	14,5	24	17,3



**Şekil 6. PV ve 3200 Rpm Fan Kullanılarak Yapılan Testte Sıcaklık Değişimi.**

TEC sistemi PV ile çalıştırıldığında; 12 Volt, 6,52 Amper akım çekmiştir. Sistem 1 saat içerisinde TEM'un  $T_H$  yüzeyindeki sıcaklığın  $22,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den  $43,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye çıktığı,  $T_H$  sıcaklığına bağlı olarak  $T_C$  sıcaklığının  $17,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye düştüğü görülmüştür. Çalışma sonunda kabin içerisine konan 0,5 L hacmindeki su sıcaklığının periyodik azalarak  $17,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye düştüğü izlenmiştir. Sistemin performans katsayısı 0,384 olarak hesaplanmıştır.  $T_H$  yüzeyindeki ısının çevreye transfer edilememesi, güneş ışınımı ve açısındaki değişimler sistem performansını etkilemektedir.

TEC sistemi; 12 Volt, 6,36 Amper akım çekmiştir. Sistem PV etkisi ile çalıştırıldığında sabit akım gelmediği için sıcaklık değerlerinde dalgali değişimler gözlemlenmiştir. Fakat sistem batarya ile çalışma moduna geçtiğinde ise sabit akım çekmiştir ve sıcaklık değerleri periyodik azalma göstermiştir. Sistemin performans katsayısı 0,43 olarak hesaplanmıştır.

TEC sistemi; 12 Volt ve 5,37 Amper akım çekmiştir. Bataryalı sistemde akım değerleri

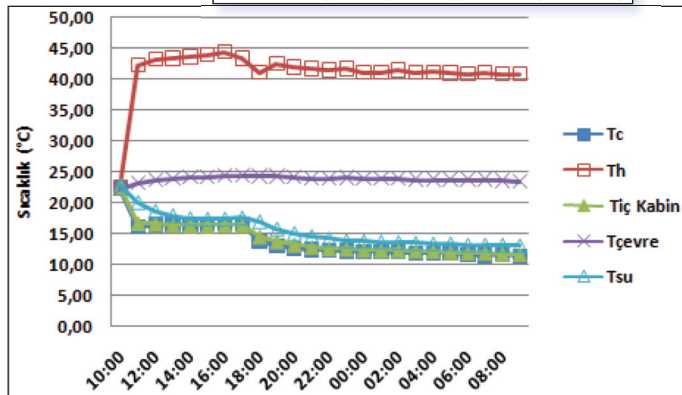
sabit olduğu için sıcaklık değişimlerinde periyodik azalma gözlemlenmiştir. Sistemin performans katsayısı 0,502 olarak hesaplanmıştır.

Sistem hava soğutmalı olarak güç kaynağı ile çalıştırıldığında; 12 Volt ve 6,28 Amper akım çekmiştir. Sistemin performans katsayısı 0,48 olarak bulunmuştur.

TEC sistemi çalıştırıldığında, TE modülün  $T_H$  yüzeyindeki sıcaklığın hızlı bir şekilde yükseldiği ve buna bağlı olarak TE modülün  $T_C$  yüzeyindeki sıcaklığın ise azaldığı

**PV+Batarya ile çalışma (5 Eylül 2012)**

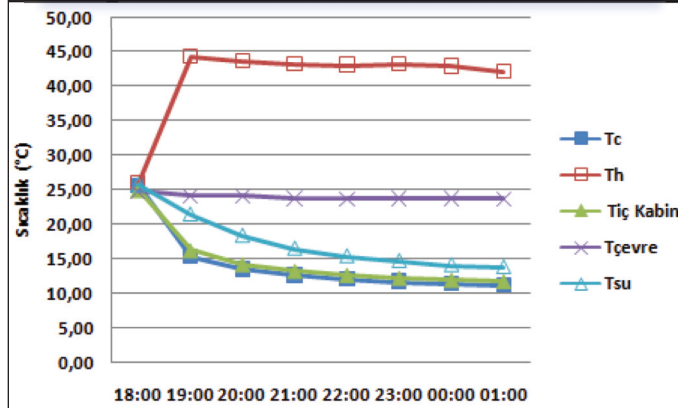
Zaman	Tc	Th	Tiç Kabin	Tçevre	Tsu
10:00	22,30	22,70	22,60	22,30	23,0
11:00	16,1	42,3	16,70	23,5	20,1
12:00	16,5	43,3	16,60	23,7	18,7
13:00	16,5	43,4	16,40	23,9	18
14:00	16,4	43,6	16,30	24,2	17,5
15:00	16,5	44	16,30	24,2	17,4
16:00	16,6	44,4	16,40	24,4	17,4
17:00	16,5	43,4	16,35	24,4	17,6
18:00	13,8	41,1	14,50	24,3	17
19:00	13,1	42,5	13,70	24,3	15,8
20:00	12,6	42	13,20	24,2	15,1
21:00	12,4	41,7	12,80	24	14,6
22:00	12,3	41,5	12,60	24	14,2
23:00	12,2	42,7	12,50	24,1	13,9
00:00	12,1	41,1	12,35	24	13,8
01:00	12,1	41,1	12,30	24	13,7
02:00	12	41,5	12,25	23,9	13,6
03:00	11,9	41,1	12,20	23,8	13,5
04:00	11,9	41,2	12,15	23,8	13,4
05:00	11,8	41	12,00	23,8	13,4
06:00	11,6	40,9	11,90	23,8	13,2
07:00	11,5	41,1	11,85	23,8	13,2
08:00	11,6	40,9	11,75	23,6	13,2
09:00	11,5	40,7	11,65	23,6	13,1



**Şekil 7. PV+Batarya ve 3200 Rpm Fan Kullanılarak Yapılan Testte Sıcaklık Değişimi.**

### Batarya ile çalışma (6 Eylül 2012)

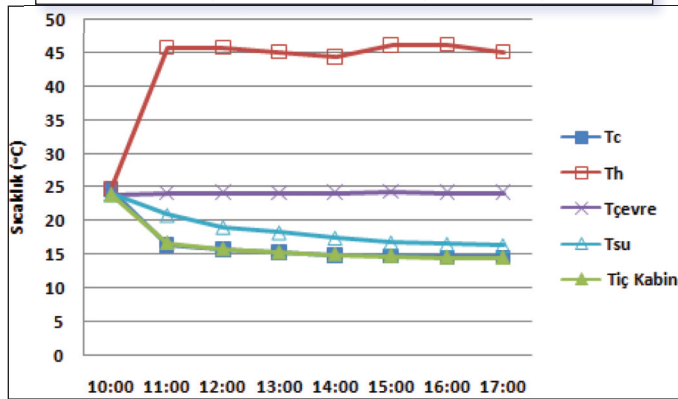
Zaman	T <sub>c</sub>	T <sub>h</sub>	Tiç Kabin	Tçevre	T <sub>su</sub>
18:00	25,6	26	25,00	24,8	25,8
19:00	15,3	44,3	16,20	24,2	21,5
20:00	13,5	43,7	14,20	24,1	18,4
21:00	12,6	43,3	13,20	23,8	16,5
22:00	12	43,1	12,60	23,7	15,4
23:00	11,7	43,2	12,20	23,8	14,7
00:00	11,4	42,9	11,90	23,8	14,1
01:00	11,2	42,2	11,70	23,7	13,8



Şekil 8. Batarya ve 3200 Rpm Fan Kullanılarak Yapılan Testte Sıcaklık Değişimi.

### Güç kaynağı ile çalışma (7 Eylül 2012)

Zaman	T <sub>c</sub>	T <sub>h</sub>	Tiç Kabin	Tçevre	T <sub>su</sub>
10:00	24,5	24,9	23,9	23,9	24,0
11:00	16,5	45,7	16,7	24,1	20,9
12:00	15,8	45,7	15,8	24,2	19,1
13:00	15,4	45,1	15,3	24,1	18,3
14:00	15	44,3	15	24,2	17,5
15:00	14,9	46	14,8	24,3	16,8
16:00	14,7	46,1	14,6	24,2	16,6
17:00	14,7	45	14,5	24,2	16,4



Şekil 9. Güç Kaynağı ve 3200 Rpm Fan Kullanılarak Yapılan Testte Sıcaklık Değişimi.

görülmüştür. Yapılan deneyde su soğutmalı fan kullanılmıştır. TEM'in  $T_H$  yüzeyindeki ısının çevreye olan transferi iyi bir şekilde yapılabilirse;  $T_C$ ,  $T_{Kabin}$  ve  $T_{SU}$  sıcaklık değerlerindeki değişimin daha iyi olduğu görülmüştür.

Şekil 11'de farklı modlarda çalıştırılan TEC sisteminin sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir. Su soğutmalı sistemde sadece güç kaynağı ile test yapılmıştır ve hava soğutmalı sisteme göre kabin içi sıcaklık değerlerinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 12'de, hava soğutmalı fan kullanılarak çalıştırılan TEC sistemi PV, güç kaynağı ve batarya modlarında, su soğutmalı fan kullanılan sistem sadece güç kaynağı modunda çalıştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda her bir durum için COP değerleri hesaplanmıştır. Sistem performansları karşılaştırıldığında en etkili çalışma modunun batarya ile yapılan test olduğu görülmüştür. Batarya ile çalışma modunda sisteme sürekli sabit akım gelmektedir. PV modunda, güneş ışınımı ve açısı sürekli dalgalanma gösterdiği için akım değerinde değişimler olmaktadır ve bu durum sistem performansını büyük ölçüde etkilemektedir.

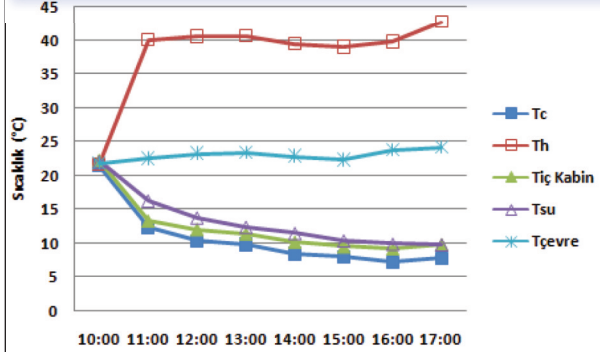
### SONUÇ

Bu çalışmada, fotovoltaik etki ile termoelektrik soğutma sistemi tasarımı üzerinde durulmuştur. Termoelektrik modül, peltier etkisine dayandırılarak soğutma yapılmıştır. Sistemde altı adet TE modül kullanılmıştır. TEC sistemi; PV, batarya, güç kaynağı ve farklı soğutucu fan tipi kullanılarak çalıştırılmıştır. Sistemde her mod için sıcaklık ve akım değerleri ölçülerek sistemin COP (performans katsayısı) hesaplanmıştır. Sistem PV ile çalıştırıldığında Delta T ( $T_H - T_C$ ) sıcaklığı 27,9 °C,  $T_{SU}$  17,3 °C olarak ölçülmüş, COP

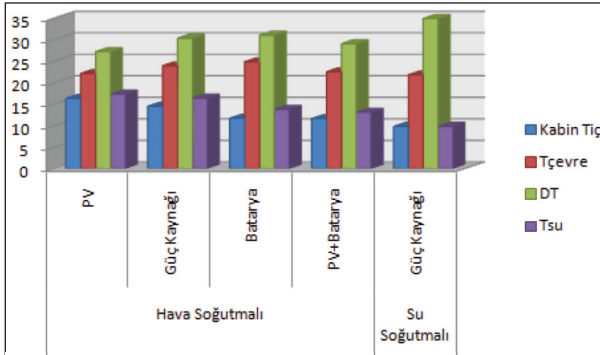
## Makale

## Güç kaynağı ile çalışma (22 Ocak 2013)

Zaman	Tc	Th	Tiç Kabin	Tsu	Tçevre
10:00	21,4	21,7	22,2	22,1	21,8
11:00	12,4	40,1	13,3	16,3	22,5
12:00	10,4	40,6	12,05	13,8	23,3
13:00	9,9	40,7	11,4	12,4	23,4
14:00	8,5	39,5	10,2	11,5	22,9
15:00	8	39	9,5	10,4	22,3
16:00	7,3	39,8	9,2	9,9	23,8
17:00	7,9	42,8	9,8	9,8	24,2



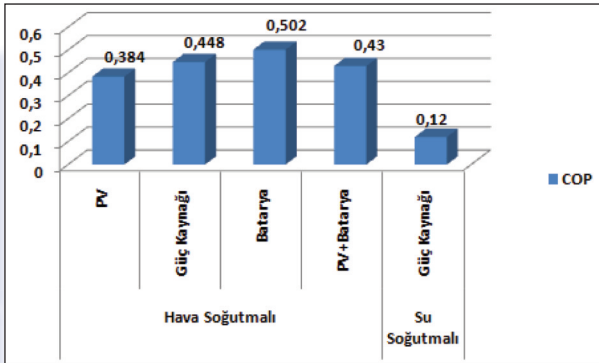
Şekil 10. Güç Kaynağı ve Xıgmatek (Sulu) Fan Kullanılarak Yapılan Testte Sıcaklık Değişimi.



		Kabin Tiç	Tçevre	Tsu	$\Delta T$
Hava Soğutmalı	PV	16,3	22,1	17,3	27,2
	Güç Kaynağı	14,5	23,9	16,4	30
	Batarya	11,7	2,8	13,8	31
	PV+Batarya	11,6	22,5	13,1	29
Su Soğutmalı	Güç Kaynağı	9,8	21,8	9,8	34,9

Şekil 11. PV, Güç Kaynağı, Batarya ve Farklı Soğutucu Tipi İle Çalıştırılan Sistemin Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması.

0,384 olarak bulunmuştur. TEC sistemi güç kaynağı ile çalıştırıldığında; DT sıcaklığı 30,3 °C  $T_{SU}$  16,4 °C olarak ölçülmüş COP 0,448 olarak hesaplanmıştır. TEC sistem batarya ile çalıştırıldığında,  $\Delta T$  sıcaklığı 29,6 °C,  $T_{SU}$  13,8 °C olarak ölçülmüş ve COP 0,502 olarak hesaplanmıştır. TEC sistemi su soğutmalı olarak güç kaynağı çalıştırıldığında, DT sıcaklığı 34,9



	Hava Soğutmalı				Su Soğutmalı	
	PV	PV+Batarya	Batarya	Güç Kaynağı	Güç Kaynağı	Güç Kaynağı
COP	0,384	0,43	0,502	0,448	0,12	0,12

Şekil 12. Güç Kaynağı, Batarya, PV ve Farklı Soğutucu Tipi İle Çalıştırılan Sistemin COP Değerlerinin Karşılaştırılması.

°C,  $T_{SU}$  9,8 °C olarak ölçülmüş ve COP 0,12 olarak tespit edilmiştir. PV sisteminde, güneş açısının saatlik değişimi, güneş yoğunluğu, ortam sıcaklığı ve rüzgar hızı gibi parametreler performans üzerinde etkili olmaktadır. Su soğutmalı sistem, sadece güç kaynağı ile test yapılmıştır ve sıcaklık değerlerinin hava soğutmalı sisteme göre daha iyi olduğu görülmüştür. TEC sistemindeki, ısı iletimini artırmak amacıyla ısı eşanjörünün boyutlarını büyütürsek ve kullanılacak fan kapasitesinin daha iyi seçilmesiyle sıcak yüzeyden çevreye transfer edilecek ısı miktarı artacağı için TEC sisteminin performansının daha iyi olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] ESFAHANI J. A., RAHBAR N. and LAVVAF M., Utilization of thermoelectric cooling in a portable active solar still – An experimental study on winter days, Desalination 269, 198-205, 2011.
- [2] DAİ Y. J., WANG R.Z. and Nİ L., Experimental investigation on a thermoelectricrefrigerator driven by solar cell, Renewable Energy 28, 949-959, 2003.
- [3] JUGSUJİNDA S., VORA-UD A. and SEETA-WAN T., Analyzing of thermoelectric refrigerator performance, Procedia Engineering 8, 154-159, 2011 [4] CHA'VEZ-URBIOLA E.A., VOROBİEV Yu.V. and BOLAT L.P., Solar hybrid systems with thermoelectric generators, Solar Energy 86, 369-378, 2012.



- [5] SABAHA A. Abdul-Wahab et al, Design and experimental investigation of portable solar thermoelectric refrigerator, *Renewable Energy* 34, 30-34, 2009.
- [6] ÇAKIR H., Güneş pilleriyle elde edilen elektrik enerjisinin termoelektrik soğutmada kullanılması, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Anabilim Dalı Bilim Uzmanlığı Tezi, 2006.
- [7] BULUT H., Termoelektrik soğutma sistemleri, *Soğutma Dünyası*, Sayı 31, Sayfa 9 – 16, 2005.
- [8] SUNGUR C., Güneş pilleri ile beslenen termoelektrik mobil soğutucunun tasarımı ve analizi, *Teknik Online Dergi*, Cilt 7, Sayı 1, 2008.