



TECHNOLOGICAL APPLIED SCIENCES

Received: August 2010
Accepted: October 2010
Series : 2A
ISSN : 1308-7231
© 2010 www.newwsa.com

Mustafa Ercan
Sezai Yılmaz
Karabük University
ambiance_su@hotmail.com
syilmaz@karabuk.edu.tr
Karabük-Turkey

TERMOELEKTRİK MODÜLLÜ İÇME SUYU SOĞUTMA SİSTEMİNİN TASARIMI, İMALATI VE DENEYSEL İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada Termoelektrik modüller kullanılarak, 3 litre su deposu bulunan içme su soğutucusu tasarlanıp, imal edilmiş ve deneysel olarak incelenmiştir. Soğutucu da kullanılan Termoelektrik modüller Tec1-12706 serisi olup 4 adet modül kullanılmıştır. Modüllerin soğuk yüzeyleri doğrudan içme suyu ile temas haline getirilmiş olup, sıcak yüzeyden ısının atılması için ısı ceketleri kullanılmıştır. Modüller birbirine paralel bağlanmış olup 12 V DC gerilim uygulanmıştır. Her bir modülün çektiği akım değerleri (4 A) ve içme suyu sıcaklıkları ölçülmüştür. Deneyler sonunda sistemin verimi %25 olarak belirlenmiştir. Depo içindeki 20 °C sıcaklığındaki 3 litre su 33 dakika içinde 13 °C' ye kadar düşürülmüştür.

Anahtar kelimeler: Termoelektrik Modül, Soğutma, Isı Ceket, Su Soğutması, Verim

THE DESIGN, MANUFACTURING AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF DRINKING WATER COOLING SYSTEM WITH THERMOELECTRICAL MODULES

ABSTRACT

In this study, water cooler which uses thermoelectrical modules and has 3 lt water tank, is designed, manufactured, and analyzed experimentally. Thermoelectrical modules which are used in the cooler belong to Tec1-12706 serial. There are 4 modules which are used. Cold surfaces of the modules are directly contacted to drinking water. Thermal jackets are used for discharging of heat from hot surfaces of modules. Modules are parallel connected to each other, and 12 V DC voltage is applied to them. The value of current(4 A) for each module and the temperature of drinking water are measured. As a result of the experiments, the efficiency of the system is determined as 25%. 3 lt water's temperature was decreased from 20 °C to 13 °C in 33 minutes.

Keywords: Thermoelectric Module, Cooling, Heating Jacket, Water Cooling, Efficiency

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bir maddenin veya bir ortamın sıcaklığını, onu çevreleyen hacim sıcaklığının altına indirmek ve orada muhafaza etmek için ısının ortamdaki çekilmesi işlemine "soğutma" denir. Yetişkin bir insanın sağlıklı şekilde yaşamını sürdürebilmesi için günlük kaybettiği su miktarı kadar 2,5-3 litre su tüketmesi gerekir [1]. Bu sebeple su tüketiminin hayatımızda yaşamsal bir yeri vardır. Su tüketiminin artması için suyun fiziksel özelliklerini belirli değerlerde olması gerekmektedir. Bu özellikler kokusu, tadı, rengi, yumuşaklığı ve sıcaklığıdır. Özellikle içme suyu sıcaklığının belirli aralıklarda olması gerekir. TSE standartlarına göre şebeke suyu 12-25 °C sıcaklıkta olması gerekir. İçme suyunun sıcaklığı ise TSE standardına göre 12 °C olması gerekir [2]. Bu nedenle su soğutması günümüzde büyük önem taşımaktadır. Sistemde içme suyunu termoelektrik modüller vasıtasıyla 3 litre suyun soğutması amaçlanmaktadır. Bu konuyla ilgili daha önce, 40x40x4 mm ebatlarındaki termoelektrik modül kullanılmış, 50x60x50 mm ebatlarında kutu içerisine 125 gr su doldurulmuş ve suyun soğutulması gözlenerek soğutma etkinliği ve akım ile volt arasındaki ilişki incelenmiştir. Sonuç olarak 125 gr suyun, 4 A akım ve 12,3 V gerilim çeken modüller ile 9 dakika içinde 13,6 °C kadar soğutulduğu saptanmıştır [3]. Bu çalışmaya benzer bir şekilde 1,5 litre hacmindeki hazne içerisine 1 kg su doldurup, 40 x 40 x 3.8 mm boyutunda termoelektrik modül vasıtasıyla soğutma yapılmıştır. Modülün diğer yüzeyindeki kanatçıkları üç farklı hava debisi ile soğutulmuş sistem performansına etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak sistemin veriminin en yüksek olduğu anda fan hava debisinin 4,5.10⁻³ m³/s olduğu, su sıcaklığının ise 1 saat içinde 13,07 °C' e kadar düşürüldüğü gözlemlenmiştir [4]. Bu çalışmalara paralel olarak termoelektrik modüller güneş enerjisiyle birlikte tasarlanıp soğutma etkinliği incelenmiştir. Bu konu ile ilgili 29x29x29 cm ebatlarında bir kabin termoelektrik modüllerle soğutulmak istenmiştir. Modüllerin elektrik enerjisi ihtiyacı için güneş pili kullanılmıştır. Sonuç olarak; 17,80 °C dış sıcaklık ve 775 W/m² ışıma şiddetinde kabin içi sıcaklık 4,90 °C'ye kadar düşmüştür. Termoelektrik soğutucu için STK 0,90 ve güneş pilinin verimi ise % 10 dolaylarında olmuştur [5]. Yapılan diğer bir çalışmada ise 3,5 litrelik bir iç hacim TEC1-12706 tipi modüller ile soğutulmak istenmiştir. Sistemde termoelektrik modülün sıcak yüzeyinden ısının atılmasında hava ve su soğutmalı olmak üzere farklı iki yöntem uygulanmıştır. Sonuç olarak; 8 volt gerilim uygulamasında, hava ile soğutmada, soğutucu iç sıcaklığı 6 °C, su çekimli soğutmada 1 °C, sistem verimleri sırasıyla %36 ve %30 olarak belirlenmiştir. 12 volt gerilim uygulamasında ise soğutucu iç sıcaklıkları, 3,6 °C ve -1,5 °C ve verimleri de %31 ve %21 olarak bulunmuştur. Su soğutmalı sistem daha fazla soğutma gücü üreterek kabin sıcaklığını -1,5 °C kadar düşürmüştür [6].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Pratik su soğutmasında kullanılan su sebillerinde kompresör bulunmasından dolayı gürültülü çalışmaktadır. Kompresörlerin gaz salınımları nedeniyle ozon tabakasına zarar verici etkisi vardır. Su sebilleri iç aksamı nedeniyle kolay arızalanabilir ve onarımı zaman gerektiren parçalara sahiptir. Su sebillerinin soğutma devresindeki elemanların maliyeti yüksek olduğu için onarım maliyeti yüksektir. Su sebillerinin bu negatif yönlerini engellemek amacıyla pratik, kullanımı kolay, konforlu, kolay üretilebilir Termoelektrik modüllü içme suyu soğutma sistemi tasarlanmış, imal edilmiş ve deneysel olarak incelenmiştir.

Bu çalışma günlük 4 kişilik bir ailenin içme suyu ihtiyacını karşılayacak performanstadır. Bir kişinin günlük içme suyu ihtiyacı 3 litre olarak düşünülürse, 4 kişilik bir aile için günlük 12 litre içme su

Eşitlikte " Q_s " sudan alınan soğutma enerjisi (J), " Q_V " sisteme verilen elektriksel enerjidir (J). Bu ifadeler aşağıdaki eşitlikler ile bulunabilir.

$$Q_V = Q_{T,E} + Q_F + Q_P \quad (2)$$

$$Q_s = m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (3)$$

$$\eta_{T,E} = \eta_{T,E} \cdot V_{T,E} \cdot I_{T,E} \quad (4)$$

Akım ve gerilim değerleri Şekil 1'de gösterildiği gibi ölçülmüştür. Bu yüzden sisteme verilen elektriksel güç Eşitlik 5'teki gibi bulunur.

$$Q_V = I_V \cdot V_V \cdot I_V \quad (5)$$

ifadesiyle hesaplanır. Bu ifadeyle hesaplanan sonuç tüm sisteme verilen elektriksel güçtür. Termoelektrik modüllerin sistem içindeki soğutma etkisinin verimini hesaplamak için ise;

$$\eta_{T,E} = \frac{Q_s}{Q_{T,E}} \quad (6)$$

Eşitlik 6'da verilen $Q_{T,E}$ değeri, Eşitlik 2. Kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Q_V = Q_{T,E} + Q_F + Q_P \quad (2)$$

$$Q_{T,E} = Q_V - (Q_F + Q_P) \quad (7)$$

Çalışma sonucunda elde edilen ortalama sistem ve termoelektrik modüllerin soğutma verimleri Tablo 1'de verilmiştir.

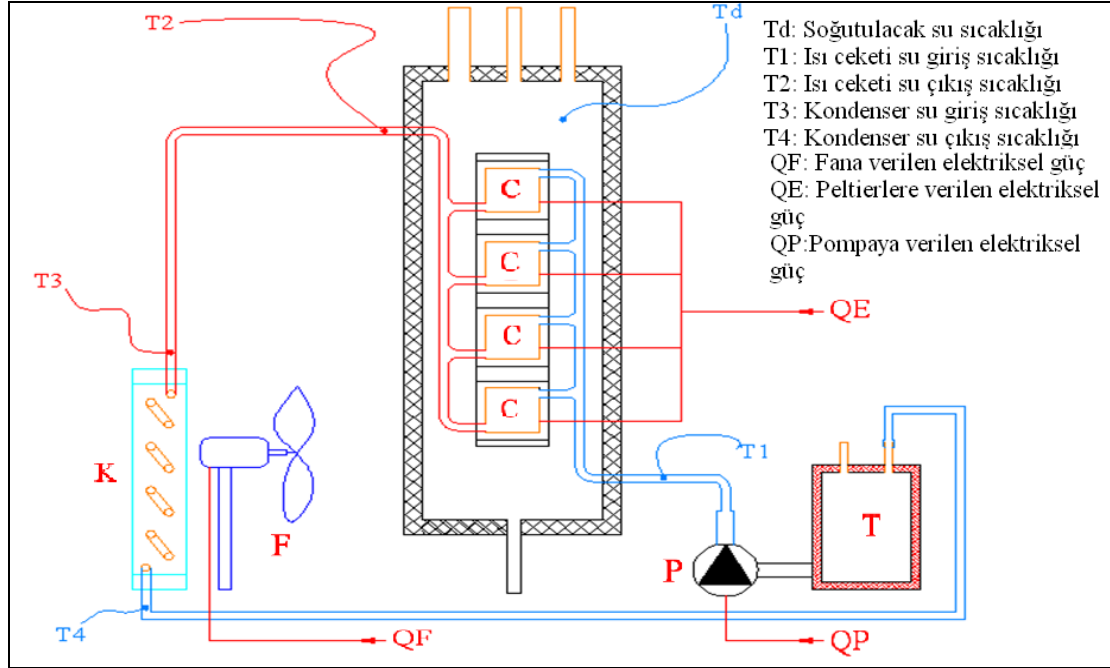
Tablo 1. Çalışmada hesaplanan ortalama sistem ve termoelektrik modüllerin soğutma verimleri

(Table 1. The cooling efficiencies thermoelectrical and average system modules which are evaluated in the study)

Termoelektrik modül verimi	Toplam sistem verimi	Depo suyu sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	Enerji sarfiyatı (W)
32%	25%	13	33	130

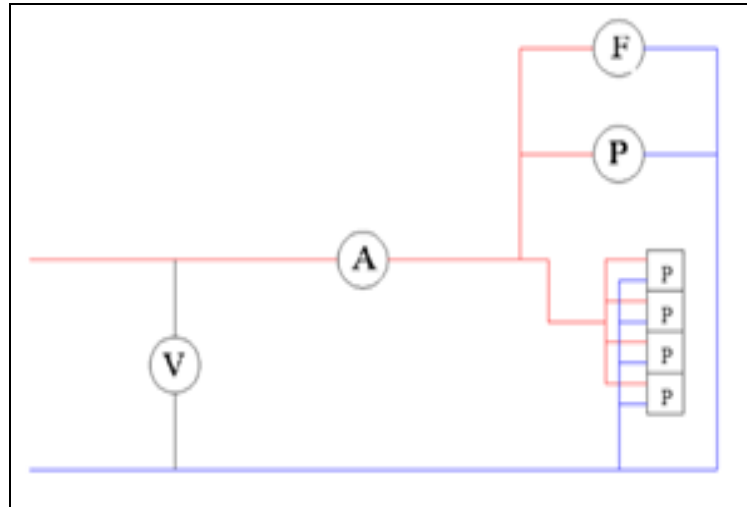
4. DENEYSEL ANALİZ (EXPERIMENTAL ANALYSIS)

22 °C ortam sıcaklığında 6 farklı günde deneyler alınmıştır. Değerlerimiz 3 dakikalık aralıklarla kayıt edilmiştir. Sıcaklık ölçümleri termometre ve termokupl ile akım, gerilim ölçümleri ise avometre ile yapılmıştır. Deney süresince ölçüm yaptığımız noktalar Şekil 2'de gösterilmiştir.



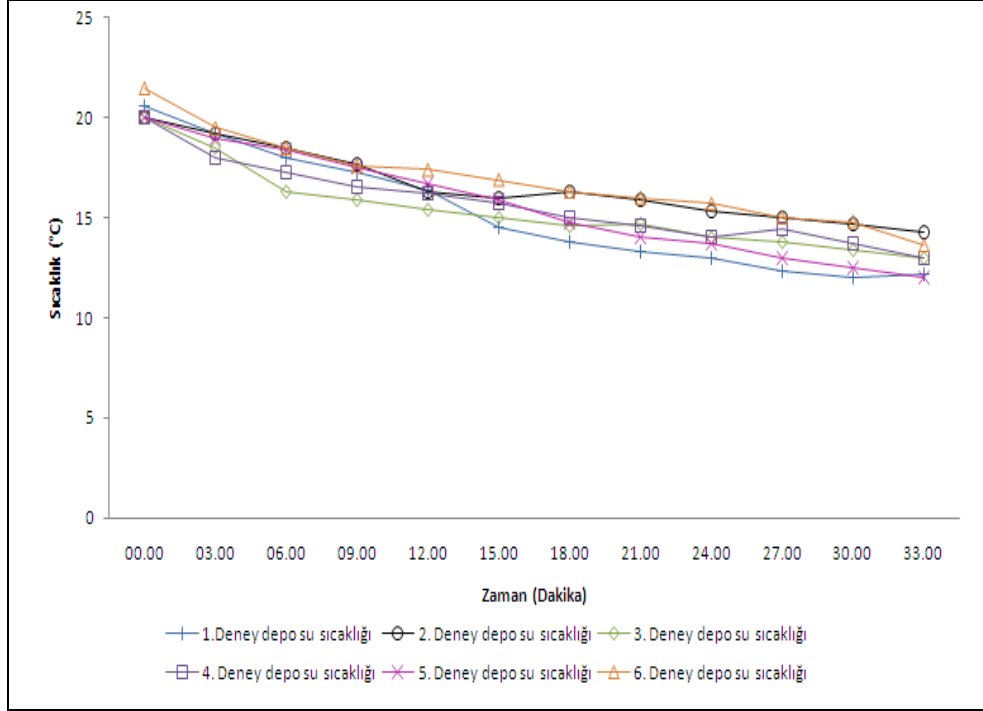
Şekil 2. Deney sisteminde sıcaklık ölçülen noktalar
(Figure 2. The points which temperatures are measured in the experimental system)

Sistem çalışırken termoelektrik modüllerin gerilim ve akım değerleri Şekil 3'de gösterildiği gibi 12 V, 4 A olarak ölçülmüştür.



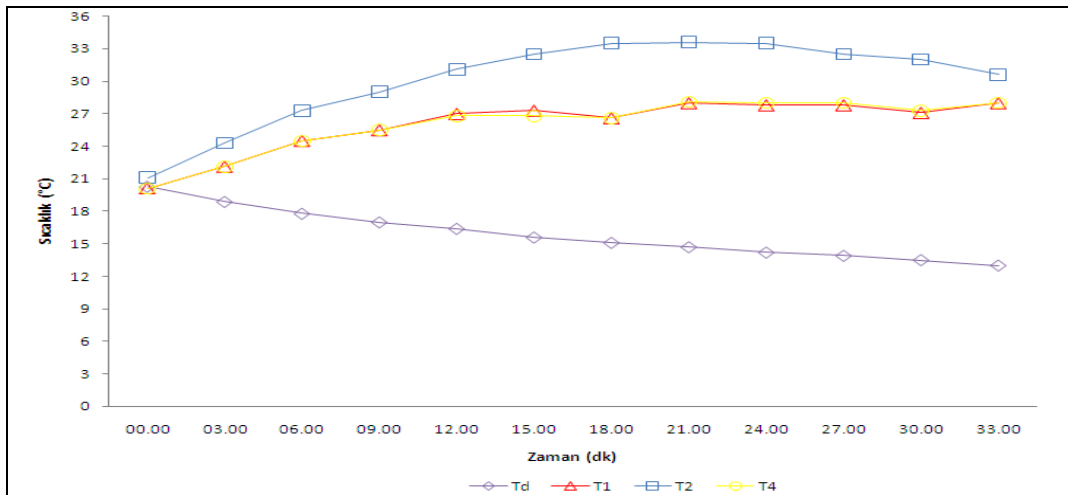
Şekil 3. Amper ve gerilim değerlerinin ölçümü
(Figure 3. The measurement of current and voltage values)

6 farklı günde alınan deney sonuçlarında, depo suyu sıcaklık değişimi Şekil 4'de gösterilmiştir.



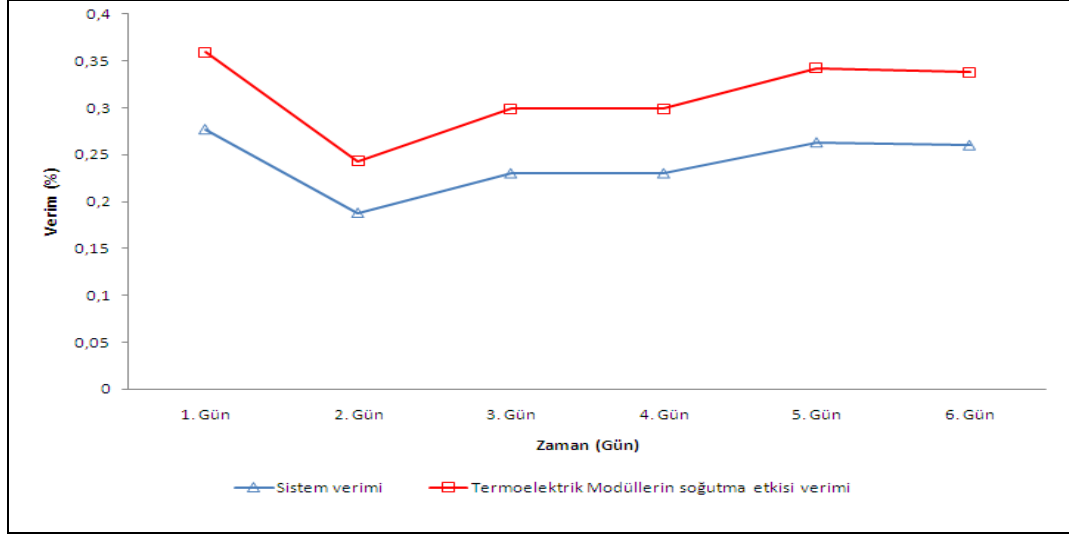
Şekil 4. Depo içindeki içme suyu sıcaklık değişimi
(Figure 4. Temperature variation of drinking water in on the water store)

Şekil 4.'deki noktalarda 6 günde alınan deney sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak bu noktaların sıcaklık değişim grafiği oluşturulmuştur. T_2 , T_3 noktaları arasındaki mesafe çok kısa olduğu için sıcaklık değerleri birbirine çok yakındır. Bundan dolayı eşit kabul edilmiştir. Grafik 4.2' de sulu soğutma devresindeki soğutma suyunun zamana bağlı sıcaklık değişimi gösterilmiştir. Depo içindeki içme suyu sıcaklığı kararlı olarak düşerken, T_2 noktasındaki ısı ceketli su çıkış sıcaklığı modülün ısınan yüzeyinden ısı çektiği için artacaktır. T_4 ve T_1 noktalarındaki su sıcaklıkları birbirine yakın eğriler oluşturmuştur. Noktalar arasındaki mesafe kısa, depo kapasitesi de küçük olduğu için su sıcaklıkları birbirine yakın değerler olacaktır.



Şekil 5. Soğutma suyu sıcaklığı
(Figure 5. Cooling water temperature)

İçme suyu soğutucusunun, 6 farklı günde yapılan deney sonuçlarına ait sistem verimi ve termoelektrik modül soğutucu verimi Şekil 6' de zamana bağlı değişimleri verilmiştir.



Şekil 6. Deney günlerine ait verim değişimi
(Figure 6. Efficiency variation belongs to experiment days)

5. SONUÇLAR (RESULTS)

Termoelektrik modüllü içme suyu soğutucusu tasarımı, imalatı yapılmış ve deneysel olarak incelenerek sistem verimi ve sistem içindeki Termoelektrik modüllerin soğutucu verimi hesaplanmıştır. Termoelektrik modüllerin verimi literatürdeki verimi %25 olarak belirlenmiştir. Tasarlanan su soğutucusu sisteminde modüllerin soğutma verimi de % 32 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla modüllerin soğutucu verimi böyle bir sistemin uygulamada başarılı olduğunu göstermektedir. TSE standartlarına göre içme suyu sıcaklığı 12 °C' dir [2]. Tasarladığımız sistem ise 33 dakika sonunda en düşük 13 °C' ye kadar soğutma yapmıştır. Bu sonuç itibarıyla TSE standartlarının vermiş olduğu değere 1 °C farkla yaklaşmış bulunmaktayız. 33. dakikadan sonra içme suyu sıcaklığı sabit olarak 13 °C arasında seyir etmektedir.

6. SİMGELER VE KISALTMALAR (SYMBOLS AND ABBREVIATIONS)

V	: Gerilim (Volt)
I	: Akım
A	: Amper
Wh	: Wattsaat
μ	: Mikron
Q_a	: Sudan alınan soğutma enerjisi (J)
Q_v	: Sisteme verilen elektriksel güç (J)
$Q_{T.E}$: Termoelektrik modüllerin çalışmasından doğan elektriksel güç (J)
Q_F	: Fanın çalışmasından doğan elektriksel güç (J)
Q_P	: Pompanın çalışmasından doğan elektriksel güç (J)
m	: Kütle (kg)
c_p	: Suyun özgül ısısı (4,18 kJ/kg°C)
ΔT	: Sıcaklık farkı ($T_{son}-T_{ilk}$) (°C)
n	: Kullanılan termoelektrik modül adedi
TE	: Termoelektrik

DC	: Doğru akım
AC	: Alternatif akım
F	: Fan
K	: Kondenser (Yoğuşturucu)
T	: Soğutma suyu tankı
P	: Pompa
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
η_{sistem}	: Sistem verimi
$\eta_{T.E}$: Termoelektrik modüllerin soğutma verimi
STK	: Soğutma Tesir Katsayısı

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Ercan, M., (2010), "Termoelektrik modüllü içme suyu soğutma sisteminin tasarımı, imalatı ve deneysel incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 1-4.
2. Karaman, A., (2000), "Ters osmoz sistemi ve içme suyunda kullanımı", Alarko Carrier Yayınları, İstanbul, 1-2.
3. Usta, H. ve Kırmacı, V., (2002), "Termoelektrik etkiler ve soğutma etkinliğinin uygulanması", Karabük Üniversitesi Teknoloji Dergisi, Sayı: 3-4, 65-71.
4. Yavuz, C., Özkaymak, M. ve Kaya, M., (2010), "Termoelektrik modüllü su soğutucusunda farklı hava debilerinin sistem performansına etkileri", New World Sciences Academy, Volume: 5, Number: 2, 131-143.
5. Atik, K. ve Çakır, H., (2006), "Doğrudan bağlantılı fotovoltaik soğutma sistemi", Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3: 33-37.
6. Yılmaz, S., (2008), "Termoelektrik modüllü soğutucuda farklı soğutma uygulamalarının sistem performansına etkilerinin deneysel olarak incelenmesi", Karabük Üniversitesi Teknoloji Dergisi, Cilt 11, 1: 39-44.
7. www.medsel.com.tr, (2009).