



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 2, Article Number: 2A0044

TECHNOLOGICAL APPLIED SCIENCES

Received: May 2009

Accepted: March 2010

Series : 2A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Celil Yavuz¹
Mehmet Özkaymak² Metin Kaya²
Sinop University¹
Karabuk University²
celilyavuz@sinop.edu.tr
mozkaymak@karabuk.edu.tr
mkaya@karabuk.edu.tr
Sinop-Turkey

TERMOELEKTRİK MODÜLLÜ SU SOĞUTUCUSUNDA FARKLI HAVA DEBİLERİNİN SİSTEM PERFORMANSINA ETKİLERİ

ÖZET

Bu çalışmada, 1.5 litre hacmindeki hazne içerisine doldurulan 1 kg su, 40 x 40 x 3.8 mm boyutunda TEC-12706 kodlu termoelektrik modül vasıtasıyla soğutulmuştur. Modülün diğer yüzeyindeki kanatçıkları üç farklı hava debisi ile soğutulmuş ve sistem performansına etkisi incelenmiştir. Yüksek hava debisi, modülün performansını arttırmasına rağmen daha fazla fan gücü harcanmasına neden olduğundan sistemin toplam performansını düşürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Termoelektrik Modül, Soğutma, Performans, Debi, Fan

THE EFFECTS OF VARIABLE AIR FLOW RATES FOR THE SYSTEM PERFORMANCE ON THE THERMOELECTRICAL MODULLED WATER COOLER

ABSTRACT

In this study, 1 kg water which is filled in the container having the capacity of 1.5 liter has been cooled by using TEC-12706 coded thermoelectrical module within the size of 40 x 40 x 3.8 mm. The fins on the other surface of the module have been cooled by three variable air flow rate for investigation over the performance effect on the system. Although high air flow rate increase the performance of the module, it reduces total performance of the system because of consuming more fan power than necessary.

Keywords: Thermoelectrical Module, Cooling, Performance, Flow Rate, Fan

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Soğutma sistemlerinde günden güne artan soğutma yöntemi çeşitliliği içerisinde sessiz çalışan ve daha küçük boyutlu olan termoelektrik modüllü soğutma sistemlerinin kullanımı önem kazanmaktadır. Termoelektrik modüllü sistemlerde soğutma işlemi, DC gerilim ile beslenen modülün bir yüzeyinden diğer yüzeyine ısı aktarımıyla gerçekleşir. Termoelektrik modüller küçük boyutlarda olmaları sebebiyle düşük soğutma gücüne sahiptir. Termoelektrik modüller tüm bu önemli özelliklerinden dolayı biyomedikal ünitelerinde, araç içi buzdolabı ve araç içi iklimlendirme üniteleri gibi birçok sistemde kullanılmaktadırlar.

Termoelektrik modüllü soğutma sistemleri, sıcaklık dengelemesi veya ortam sıcaklığının altında bir soğutmanın gerektiği uygulamalarda kullanılan hareket eden elemanı olmayan ısı pompası özelliği olan cihazlardır. Modern ve yüksek teknolojilerin gelişmesi ile termoelektrik soğutucular, lazer diyotlar, mikroişlemciler, kan analiz cihazları ve taşınabilir piknik tipi soğutuculara kadar birçok üründe karşımıza çıkmaktadır[1].

Ayrıca askeri sistemler, elektronik gibi alanlardan bireysel özel soğutma ihtiyacına kadar birçok uygulamada termoelektrik soğutuculu cihazlar kullanılmaktadır[2,3].

Hızla gelişen elektronik ve bilgisayar teknolojisinde, elektronik elemanların hassas biçimde çalışabilecekleri sıcaklık aralıkları bellidir. Elektronik malzemelerin soğutulması günümüzde mühendislerin en önemli problemlerinden biridir. Bu konuda, termoelektrik modüllü soğutma sistemleri aracılığıyla yapılan çalışmalar son yıllarda giderek artmaktadır[4].

Termoelektrik soğutma sistemlerinin tasarımı, analizi ve uygulamaları ile ilgili konularda son zamanlarda çeşitli çalışmalar yapılmış olup araştırmacıların konuya ilgisi günden güne artmaktadır [2, 3, 5 ve 6].

Termoelektrik modüllü soğutma uygulamaları ile ilgili ilk çalışma Rusya'da St.Petersburg'daki Loffe Enstitüsündeki prototip [7], daha güncel ve yeni uygulamalar ise, Amerika Birleşik Devletlerindeki Owens Corning, Marlow [8] ve Japonya'daki Mitsubishi elektrik tarafından yapılan çalışmalar sayılabilir[9]. Ülkemizde de termoelektrik modüllü soğutma sistemleri üzerine birçok çalışma yapılmakta olup, bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir.

Ahıska, Fidan ve Dişlitaş tarafından 2008 yılında yapılan çalışmada kan, aşı, serum, ilaç v.b. tıbbi maddelerin bozulmadan saklanabilmesi için Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen standartlara uygun olarak ısıtma ve soğutma yapabilen mikrodenetleyici kontrollü taşınabilir termoelektrik modüllü tıp kiti cihazının elektronik kontrol devreleri geliştirilmiştir.(Dünya sağlık örgütüne göre kanın depolanma sıcaklığı 2°C ile 10°C arasındadır). Cihazın iç sıcaklık kontrolü iki farklı yöntemle yapılmış ve kontrol sonuçları karşılaştırılmıştır. Birinci yöntemde analog sensörlü, ikinci yöntemde ise dijital sensörlü devre kullanılarak cihazın sıcaklık kontrolü gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma sonuçlarına göre, dijital sıcaklık sensörlü kontrol sistemi (DSSKS) ile yapılan soğutma ve ısıtma işleminin daha fazla enerji tasarrufu sağladığı görülmüştür [10].

Yılmaz tarafından 2008 yılında yapılan çalışmada 3,5 litre iç hacme sahip bir soğutucu haznesi TEC1-12706 termoelektrik modül ile soğutulmuştur. Termoelektrik modülün sıcak yüzeyinden ısının atılmasında hava ve su soğutmalı olmak üzere farklı iki yöntem uygulanmıştır. Her iki yöntemde de modüle farklı gerilim değerleri uygulanarak ortam, soğutucu iç sıcaklıkları ve modülün çektiği akım değerleri ölçülmüştür. Sonuçlardan sistemlerin verimleri hesaplanarak mukayese edilmiştir. 8 volt gerilim uygulamasında, hava ile soğutmada,

soğutucu iç sıcaklığı 6°C, su ceketli soğutmada 1°C, sistem verimleri sırasıyla %36 ve %30 olarak belirlenmiştir. 12 voltgerilim uygulamasında ise soğutucu iç sıcaklıkları, 3.6°C ve -1.5°C ve verimleri de %31 ve %21 olarak bulunmuştur[11].

Atik ve Çakır tarafından 2006 yılında yapılan çalışmada, elektrik enerjisinin bulunmadığı yerlerde soğutma yapabilmek için elektrik enerjisi ihtiyacını güneş pilinden alan termoelektrik soğutucu imal edilmiştir. Dış ölçüleri 29x29x29 cm ebatlarında olan kabinin ısı kazancını karşılayan termoelektrik modül ve bu termoelektrik modülün elektrik enerjisi ihtiyacını sağlayabilen fotovoltaiik sistem (güneş pili) seçimi yapılmıştır. Yapılan sistem farklı dış şartlarda deneysel olarak çalıştırılmış, rejim haline gelmesi gözlemlenmiştir. Termoelektrik soğutucunun soğutma tesir katsayısı (STK) ve güneş pilinin verimini bulmak için; kabin iç ve dış sıcaklıkları, termoelektrik modülün sıcak ve soğuk yüzey sıcaklıkları, güneş pilinden çekilen akım ve gerilim ile güneş ışınım şiddeti değerleri ölçülmüştür. Yapılan deneylerde; 17.80°C dış sıcaklık ve 775 W/m² ışınım şiddetinde kabin içi sıcaklık 4.90°C'ye kadar düşmüştür. Termoelektrik soğutucu için STK 0.90 ve güneş pilinin verimi ise %10 dolaylarında olmuştur. Sistem maliyeti oldukça yüksektir. Burada en büyük payı enerji maliyeti, yani güneş pili almaktadır. Bu sistem şebeke geriliminin olmadığı yerler için uygundur. Ayrıca ülkemizde yaygın olmayan güneş pilleri ve termoelektrik soğutma için örnek bir uygulamadır [12].

Usta ve Kırmacı tarafından 2002 yılında yapılan çalışmada, termoelektrik etkilerin teorik olarak incelenmesi ve termoelektrik soğutma etkisinin kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik deneysel çalışmayı kapsamaktadır. Yapılan deneysel çalışmada 40 mm x 40 mm ve 4 mm kalınlığında bir termoelektrik modül kullanılmıştır. Bu modül boyutları 50 mm x 60 mm x 50 mm olan ve dış ortamla yalıtılmış kutuya alttan yerleştirilmiştir. Kutu içerisine 125 gr su doldurulmuş, suyun soğutulması gözlenerek soğutma etkinliği ve akım ile volt arasındaki ilişki incelenmiştir[13].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

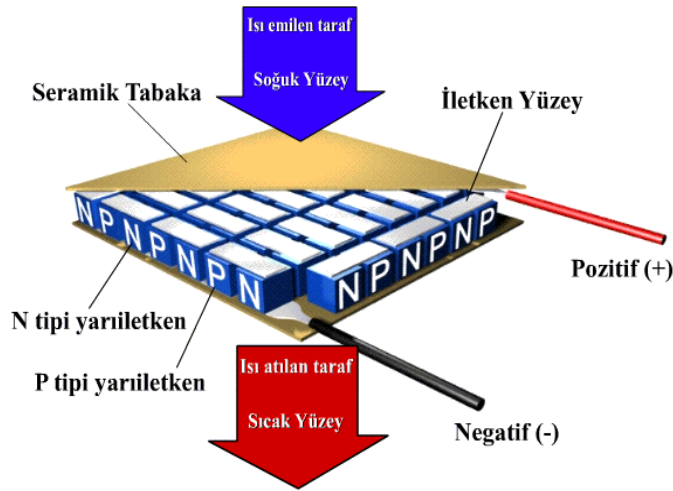
Gerçekleştirilen bu çalışmada ise 1 kg suyun, 40 x 40 x 3,8 mm boyutunda termoelektrik modül vasıtasıyla DC 12 V gerilim uygulanarak soğutulması esnasında modül kanatçıklarının üç farklı hava debisi ile soğutulmasının sistem performansına etkileri incelenmiştir. Tasarlanarak imalatı gerçekleştirilen sistemde üç farklı hava debisi ile soğutma deneyleri gerçekleştirilerek artan hava debisinin sistem performansını belirli bir hava debisi değerine kadar artırdığı görülmüş, ancak hava debisinin arttırılmasıyla fanın çektiği gücün artmasına bağlı olarak sistem performansının düştüğü görülmüştür. Çalışmada bu tür sistemlerde kullanılacak fanlara ait debi ve güç değerlerinin uygun değerlerde seçilebilmesi için deneysel çalışmalar yapılmış, sonuç kısmında ise gerekli hesaplamalar baz alınarak hava debisine bağlı olarak sistem performansının değişimi hakkında bilgiler verilmiştir.

3. TERMOELEKTRİK MODÜLLERİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ VE SEÇİM KRİTERLERİ (STRUCTURAL PROPERTIES AND SELECTION CRITERIA OF THERMOELECTRICAL MODULES)

Termoelektrik, elektrik enerjisi ile ısı enerjisinin birbirleri arasındaki dönüşüm olarak bilinir. Termoelektrik olay Joule yasası, Peltier etkisi, Seebeck etkisi ve Thomson etkisi ile izah edilebilir. Bir termoelektrik modül N ve P tipi yarıiletkenlerden oluşan onlarca termoelementten meydana gelir. Bu termoelementler elektriksel olarak seri, termal olarak paralel bağlanarak değişik amaçlar için değişik

kapasitelerde termoelektrik modüller elde edilir. Termoelektrik modüller soğutma ve ısıtma uygulamalarının yanında enerji üretiminde de kullanılmaktadır. Termoelektrik modülün yüzeyleri arasında istenilen sıcaklık farkı oluşturulabilirse, modülde oluşan Seebeck etkisinden dolayı modül, bir DC güç kaynağı gibi davranır. Termoelektrik jeneratörler mevcut güneş pillerinden farklı olarak, yüksek derece de akım ve orta derecede gerilim üretebilmektedirler [14].

Termoelektrik modülün yapısında elektrik akımı her N ve P tip malzemelerin alt ve üst tabakaları boyunca hareket eder. Uygulanan elektrik akımı sonucunda hareket eden elektronlar bir yüzeyde ısınma, diğer yüzeyde soğuma oluşturmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Termoelektrik modülün yapısı[15]
(Figure 1. Structure of thermoelectrical module[15])

Termoelektrik modüller bu işlemi yaparken sadece elektrik akımına ve gerilime ihtiyaç duyarlar. Modüllerin ısı atılan yüzeylerinden ısının hızlı transfer edilmesi, modülün performansını ve soğutma gücünü artırmaktadır. Modülün ısı atılan yüzeyindeki ısı transferini değişik yöntemler ile artırmak mümkündür. Isı atılan yüzeylerinden ısının hızlı atılması, modülün yanmasını önlemekte, ömrünü uzatmakta, soğutma gücünü artırmakta ve modülün ısı performansını yükseltmektedir. Fan yardımı ile hava geçirmek veya modül yüzeyine su ceketini yaparak su ile soğutmakta bu yöntemlerdendir. Bu iki soğutma yönteminin amacı da modülün ısı atılan yüzeylerindeki ısı transferini arttırmaktır [11].

Termoelektrik soğutucu tasarımı ve seçimi genellikle üretici firma tarafından sağlanan modül performans eğrilerine göre yapılmaktadır. Tasarım süreci, termoelektrik soğutucunun sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı (ΔT) ve gerekli soğutma kapasitesi ile başlar. Belirlenen soğutma kapasitesine göre ΔT -Akım eğrisinden modülün akım şiddeti tespit edilir. Daha sonra Voltaj(V)-Akım(I) eğrisinde sıfır soğutma yükü ve sıfır sıcaklık farkında gerekli voltaj farkının üst ve alt limitleri belirlenir. Daha sonra ısı kaynağının ısı direnci değerlendirilir [16].

Termoelektrik modüllerde akımın yönüne bağlı olarak ısıtma ve soğutma gerçekleştirilir [5]. Termoelektrik elemanlar bilinen bu teknolojik özelliklerinden faydalanılarak soğutma ve ısıtma işlemlerinde kullanılmaktadırlar. Normal çalışma gerilimi uygulandığında bu elemanın bir yüzeyinin soğuyup diğer yüzeyinin

ısınması, aynı anda ısıtma ve soğutma uygulamasına olanak sağlamaktadır. Normal çalışma esnasında besleme kablolarına gönderilen DC gerilimde kutup değişikliği yapıldığında yüzeylerde ısı işlev açısından değişmektedir. Yani kutup değişikliğinde önceden ısınan yüzey soğumakta, soğuyan yüzey ise ısınmaktadır [17].

Termoelektrik modüllü soğutma sistemlerinin verimleri düşük olduğundan dolayı küçük kapasiteli sistemlerde tercih edilmektedirler. Bu nedenle evsel soğutmada çok az uygulama alanı bulunmaktadır. Endüstriyel soğutma ve iklimlendirme alanında da termoelektrik modül uygulamaları mevcuttur. Kansas City Midwest araştırma enstitüsündeki bilim adamları, helikopter pilotları için mikroklima termoelektrik iklimlendirme sistemi geliştirmiştir. Sistem 1000 W'lık soğutma gücüne sahiptir. Her biri 254 termoelektrik elaman içeren 96 seramik ticari modülün oluşur. Ayrıca aynı araştırma enstitüsünde yer araçları için bir sistem ve aynı zamanda sıvı bir mikro-iklim şartlandırma sistemi geliştirilmiştir. Çok modüllü soğutma sistemleri üreten Amerikan TECA şirketinin C4000 serili iklimlendirme sistem ürünü vardır. Bu sistem havadan-havaya bir modeldir. 400 W'lık soğutma gücüne sahiptir. Birbirine bağlı dört alt üniteden meydana gelir. Bütün hava devreleri birbirine paraleldir. Alt ünitesi yaklaşık 15×30×24 cm'dir ve soğutma mevcut ticari termoelektrik modüllerin kullanılmasıyla sağlanır [18].

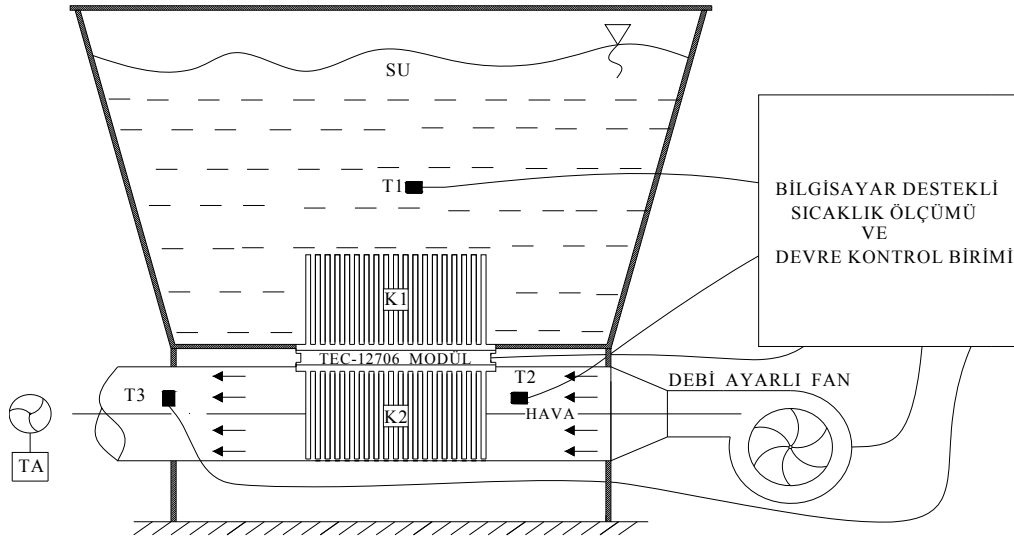
4. TERMOELEKTRİK MODÜLLÜ DEĞİŞKEN HAVA DEBİLİ SU SOĞUTUCUSU DENEY DÜZENİĞİ (WATER COOLER EXPERIMENTAL SET-UP WITH THE THERMOELECTRICAL MODUL AND THE VARIABLE AIR FLOW RATE)

Termoelektrik modüllü su soğutucusu 1,5 litre hacminde olup, su haznesi tabanına alüminyum ısı değiştirici kanatçık sızdırmaz bir şekilde monte edilmiştir. Ayrıca su soğutucu haznesi ısı iletim katsayısı $k=0,036$ W/m.°C olan 3 mm kalınlığındaki termoflex ısı yalıtım malzemesi ile kaplanmıştır.

Soğutucu haznenin alt kısmına hava kanalı montajı yapılmış, bu hava kanalına da başka bir alüminyum kanatçık uygun şekilde monte edilmiştir. Su haznesi ve hava kanalına monte edilen alüminyum kanatçıkların arasına termal macun sürüldükten sonra bir adet TEC-12706 kodlu termoelektrik modül montaj edilmiştir. Isı transferinin daha iyi gerçekleşmesi için montaj dikkatlice yapılmıştır.

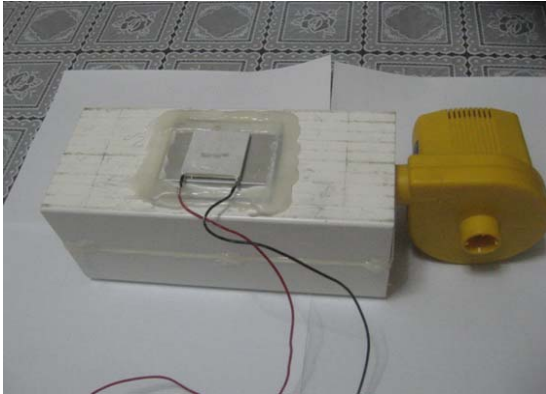
Sistemde Termolog USB bilgisayar destekli sıcaklık ölçüm cihazı ile 3 noktadan su ve hava sıcaklıklarının ölçümü için sensör ve diğer elektriksel bağlantılar gerçekleştirilmiştir.

Deney amaçlı hazırlanan sistemde hava temini için kullanılan fanın debi değerlerini değiştirmek için DC 3.3V, 5V ve 12V çıkış gerilim değerlerine sahip güç kaynağından faydalanılmıştır. Termoelektrik modülün beslemesi için ise DC 12 V güç kaynağı kullanılmış, hava kanalından geçen havanın hızını ölçmek için de Termo-anemometre kullanılmıştır. Termoelektrik modüllü değişken hava debili su soğutucusuna ait tesisat şeması ve sistem fotoğrafı Şekil 2 ve 3'de görülmektedir.



Şekil 2. Termoelektrik modüllü ve değişken hava debili su soğutucusu tesisat şeması
(Figure 2. Water cooler installation diagram with the thermoelectrical modulated and variable air flow rate)

T1	Su sıcaklığı ölçüm sensörü
T2	Hava giriş sıcaklığı ölçüm sensörü
T3	Hava çıkış sıcaklığı ölçüm sensörü
K1	Su haznesindeki kanatçık
K2	Soğutucu kısımdaki kanatçık
TA	Termo-anemometre



Şekil 3. Termoelektrik modüllü ve değişken hava debili su soğutucusu montaj fotoğrafı
(Figure 3. Water cooler assembly photo with the thermoelectrical modulated and variable air flow rate)

Sistemde kullanılan elemanlara ait teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sistemde kullanılan elemanlara ait teknik özellikler.
(Table 1. Technical properties of components in the system)

Sistemde Kullanılan Elemanlar	Teknik Özellikleri
Termoelektrik Modül	TEC-12706 40x40x3,8mm ölçülerinde,57 Watt
Hava fanı	0-12 V çalışma gerilimi, voltaja bağlı hava debisi değişim özelliği
Delab TermoLog USB sıcaklık günlükleyicisi	Bilgisayar aracılığıyla 8 Kanal sıcaklık ölçümü ve Excell programına veri atışı, Değişik zaman aralıklarında veri kaydı
Sıcaklık sensörü DS1820	Sıcaklık ölçüm aralığı: -55°C ile +125°C sıcaklık ölçümü (0.0625 °C Hassasiyet)
Su haznesi	1,5 litre hacminde plastik su haznesi
CEM DT-318 Dijital Termoanemometre	0,6 m/s ile 30 m/s arası hava hızı ölçümü, -10°C ile 60 °C hava sıcaklığı ölçümü
DC Güç kaynağı	3,3-5-12V değişken gerilimli DC güç kaynağı
Dijital terazi	0-10 Kg arası ölçüm aralığı, 0.1 hassasiyetinde
Dijital Avometre	Gerilim, Akım vb. ölçümünde kullanılmıştır. Max AC-DC 750 V, 10Amper DC akım ölçümü özelliklerine sahip

5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA (EXPERIMENT RESULTS AND DISCUSSION)

Deneyler dış ortam sıcaklıklarının ortalama 26-27°C civarlarında olduğu yaz mevsiminde, normal oda koşullarında gerçekleştirilmiştir. Deneyler için termoelektrik modül 12 V sabit DC gerilim ile beslenmiş, fan ise 3 ayrı gerilim ile beslenerek 23 mm çapındaki fan hava üfleme çıkışından hava kanalına farklı debilerde hava gönderilmiştir. Farklı voltaj değişimleri sonucu hava kanalı içerisindeki değişen hava debisi modülden, dolayısıyla sudan çekilen ısı miktarını artırmış buda suyun daha kısa sürede soğumasını sağlamıştır. Deneyler için seçilen voltaj, akım ve hava debilerine ait bilgiler Tablo 2'de görülmektedir.

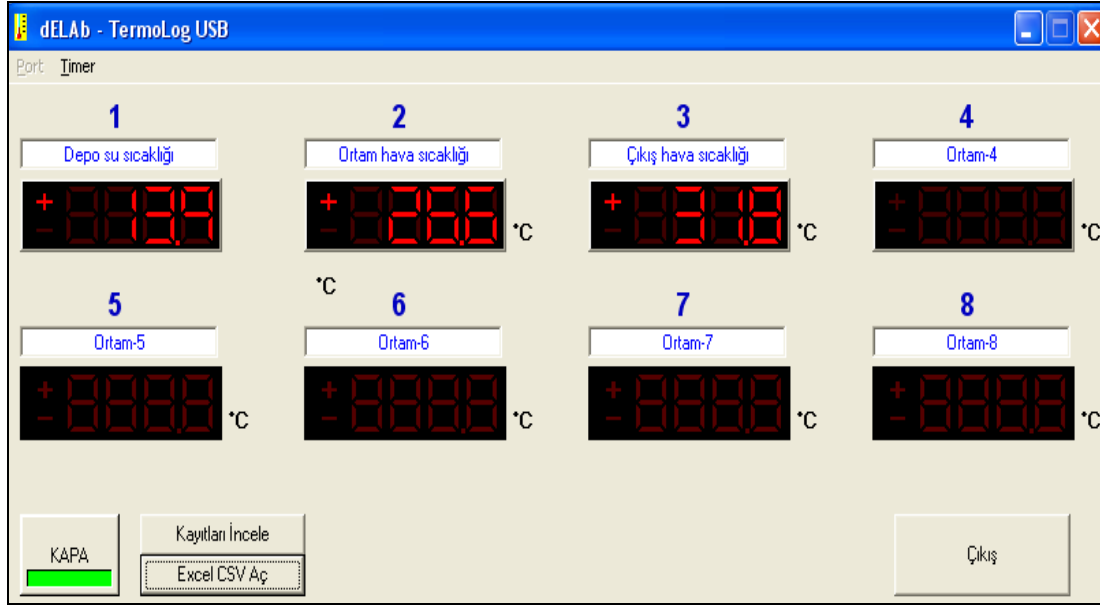
Tablo 2. Değişik besleme voltajlarında sistem hava fanına ait teknik özellikler
(Table 2. Technical properties of system air fan at variable feeding voltages)

Besleme gerilimi (V)	Çektiği akım (A)	Fan havası çıkış hızı (m/s)	Hava debisi (m ³ /s)
3,3	1,2	7,2	2,98.10 ⁻³
5	2,08	12,5	5,19.10 ⁻³
12	5,62	27,1	11,26.10 ⁻³

Deneyler esnasında su soğutucusu içerisine 1 kg su doldurulmuş, sistem fanı ilk 1 saatlik deneyde 3,3 V gerilim ile beslenmiştir. Sistem bir saat bu özelliklerde çalıştırılmış, çalışma esnasında termoelektrik modül 12 V besleme geriliminde ortalama 3,08 amper akım çekmiştir. Bir saatlik çalışma süresi sonunda fan besleme gerilimi 5 V olarak değiştirilmiş, ayrıca su haznesi içerisindeki su, şebeke sıcaklığındaki su ile tekrar doldurulmuştur.

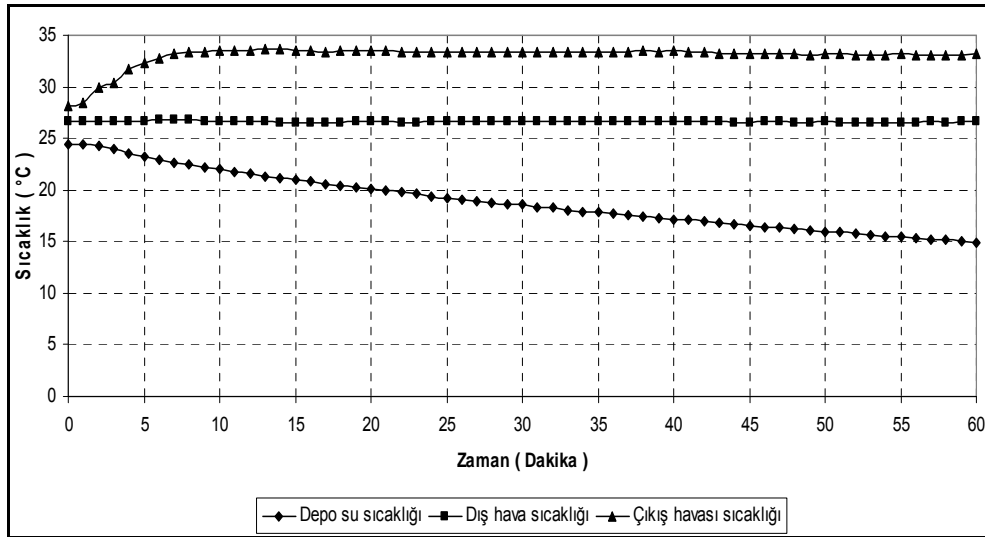
Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi fan besleme gerilimi ve hava debisi değişikliğine göre toplamda 3 saat ayrı ayrı deneyler yapılmış, tüm bu deneyler esnasında değişen sıcaklık değerleri Termolog USB cihazı ve aracı programı ile izlenmiştir. Ayrıca izlenen bu sıcaklık değerleri aracı program ile dakikada bir kayıt altına alınarak excell programına aktarılmış ve bu verilerden grafikler oluşturulmuştur.

Sistemin çalışması esnasında sıcaklık ölçen programın ekran bilgi görüntüsü Şekil 4'de görülmektedir. Su sıcaklığının ve çıkış hava sıcaklığının zamana göre değişimi I. Deney için Şekil 5'de, II. Deney için Şekil 6'da ve III. Deney için Şekil 7'de görülmektedir. Grafiklerden görüldüğü üzere, deney sonunda su sıcaklığı I. deneyde 14.87°C, II. deneyde 12.75°C ve III. deneyde 11.62°C olmaktadır.

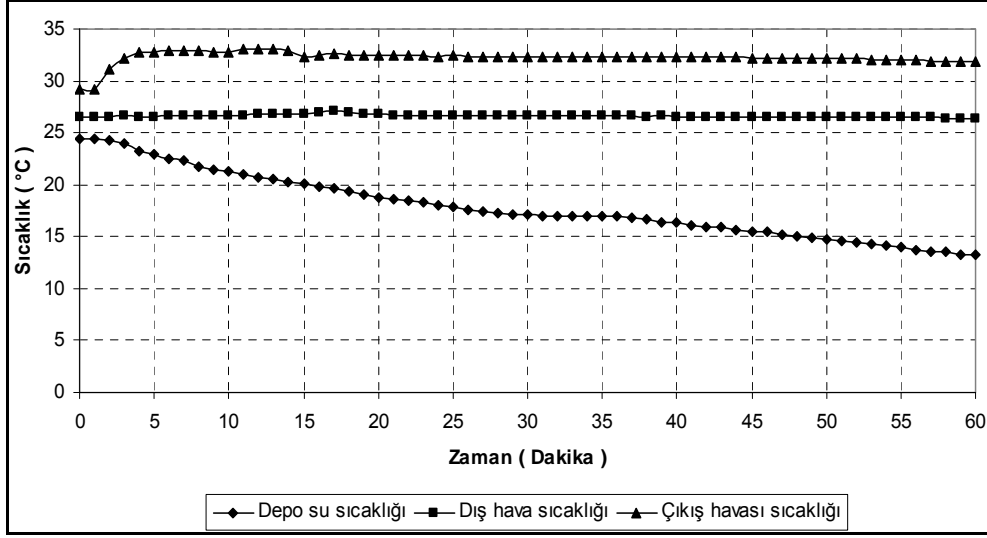


Şekil 4. Sistemde kullanılan sıcaklık ölçüm programının ekran fotoğrafı

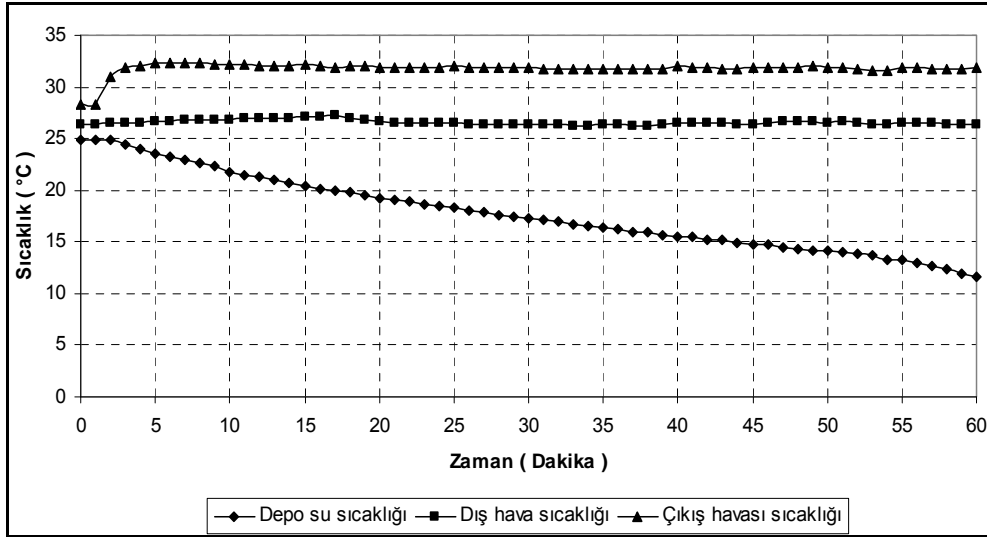
(Figure 4. Screen photo of temperature measurement program using in the system)



Şekil 5. Su ve hava sıcaklıklarının zamana göre değişimi (I. Deney)
(Figure 5. The variation of water and outlet air temperatures with time) (First experiment)



Şekil 6. Su ve hava sıcaklıklarının zamana göre değişimi (II. Deney)
(Figure 6. The variation of water and outlet air temperatures with time) (Second experiment)



Şekil 7. Su ve hava sıcaklıklarının zamana göre değişimi III. Deney)
(Figure 7. The variation of water and outlet air temperatures with time) (Third experiment)

Soğutucu haznenin ısı iletim katsayısı ve ölçüleri, yalıtım malzemesinin kalınlığı ve ısı iletim katsayısı, iç ve dış ısı taşınım katsayıları kullanılarak sistemin toplam ısı geçirgenlik katsayısı $U=2,7W/m^2.°C$ olarak hesaplanmıştır. Ayrıca soğutucu haznenin ölçülerine göre toplam yüzey alanı $A=0,08m^2$ olarak hesaplanmış, dış ortam hava sıcaklığı ortalama $26°C$, üç deney sonucu soğutulan suyun ortalama sıcaklığı da $13,07°C$ olarak alınmıştır.

Termoelektrik modüllü soğutma sistemlerinde sistem performansının hesabı için aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır. Bu eşitlikler ve deneylerden alınan verilere göre sistem performansına ait hesaplamalar aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Sistem performansı veya soğutma tesir katsayısına ait eşitlik:

$$COP_c = \frac{Q_c + Q_K}{W_E} \quad (1)$$

Sudan 1 saatte çekilen ısı enerjisi: $Q_c = \frac{m.c.\Delta T}{3600} \quad (2)$

Isı kazancı: $Q_K = U.A.\Delta T \quad (3)$

Termoelektrik modülün çektiği ortalama güç: $Q_M = V_M.I_M \quad (4)$

Sistem fanının çektiği güç: $Q_F = V_F.I_F \quad (5)$

Harcanan toplam güç: $W_E = Q_M + Q_F \quad (6)$

Tüm deneyler için sistemin ortalama ısı kazancı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Ortalama ısı kazancı; $Q_K = U.A.\Delta T = 2,7.0,08.(26 - 13,07) = 2,79\text{Watt}$

Birinci deney için performans hesaplamaları

Fanın çektiği güç; $Q_F = V_F.I_F = 3,3.1,2 = 3,96\text{Watt}$

Termoelektrik modülün çektiği güç; $Q_M = V_M.I_M = 12.3,08 = 36,96\text{Watt}$

Sudan 1 saatte çekilen ısı enerjisi;

$$Q_c = \frac{m.c.\Delta T}{3600} = \frac{1.4180.(24,37 - 14,87)}{3600} = 11,03\text{Watt}$$

Sistem performansı; $COP_c = \frac{Q_c + Q_K}{W_E} = \frac{11,03 + 2,79}{(3,96 + 36,96)} = 0,337$

İkinci deney için performans hesaplamaları

Fanın çektiği güç; $Q_F = V_F.I_F = 5.2,08 = 10,4\text{Watt}$

Termoelektrik modülün çektiği güç; $Q_M = V_M.I_M = 12.3,08 = 36,96\text{Watt}$

Sudan 1 saatte çekilen ısı enerjisi;

$$Q_c = \frac{m.c.\Delta T}{3600} = \frac{1.4180.(24,437 - 12,75)}{3600} = 13,57\text{Watt}$$

Sistem performansı; $COP_c = \frac{Q_c + Q_K}{W_E} = \frac{13,57 + 2,79}{(10,4 + 36,96)} = 0,345$

Üçüncü deney için performans hesaplamaları

Fanın çektiği güç; $Q_F = V_F.I_F = 12.5,62 = 67,44\text{Watt}$

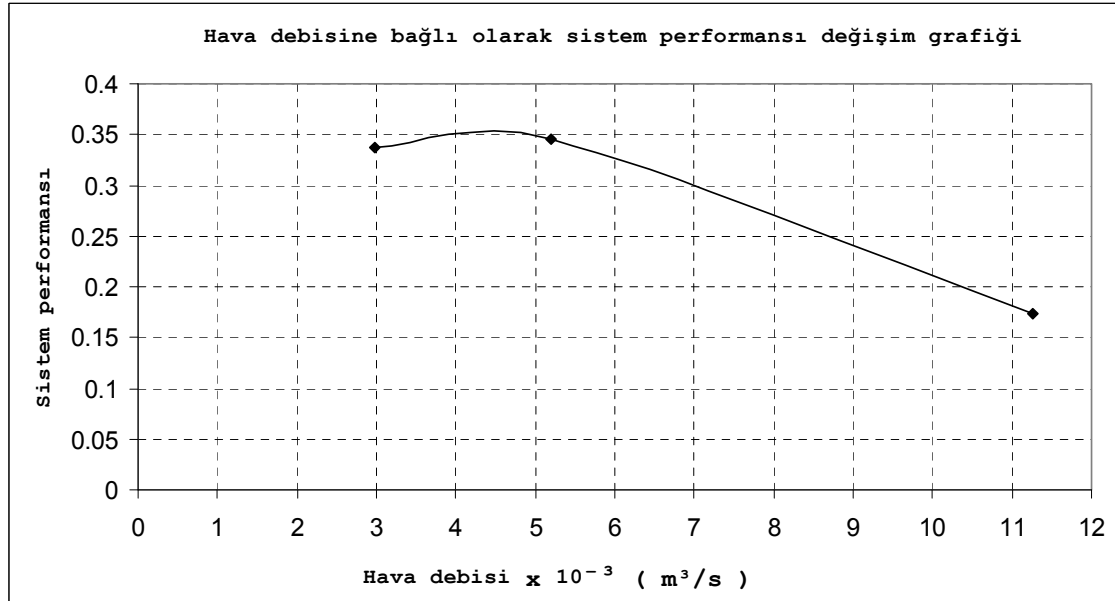
Termoelektrik modülün çektiği güç; $Q_M = V_M.I_M = 12.3,08 = 36,96\text{Watt}$

Sudan 1 saatte çekilen ısı enerjisi;

$$Q_c = \frac{m.c.\Delta T}{3600} = \frac{1.4180.(24,87 - 11,62)}{3600} = 15,38 \text{ Watt}$$

Sistem performansı;

$$COP_c = \frac{Q_c + Q_K}{W_E} = \frac{15,38 + 2,79}{(67,44 + 36,96)} = 0,174$$



Şekil 8. Sistem performansının farklı hava debisine bağlı olarak değişimi

(Figure 8. Performance of system changing to depend on variable air flow rate)

Şekil 8'deki grafikte de görüldüğü üzere $2,98 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ debisinde 0,337 olan sistem performansı, ikinci deneyde artırılan fan gücüne bağlı olarak $5,19 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ hava debisi ile 0,345'e çıkmıştır. Fakat üçüncü deneyde fan debisinin $11,26 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ olduğu durumda ise sistem performansının 0,174 değerlerine düştüğü görülmüştür.

6. SONUÇ (CONCLUSION)

Termoelektrik modüllü soğutma sistemlerinde modülün ısınan yüzeyi genellikle hava ve su gibi akışkanlarla soğutulur. Termoelektrik modüllü soğutma sistemleri sessiz çalışmalarını ve portatif soğutma cihazları olarak kullanılmalrı nedeniyle soğutma ürünleri sanayisinde günden güne tercih sebebi olmaktadır. Fakat termoelektrik modüllü sistemlerin soğutulması için sisteme hava veya su sağlayan pompa ve fan gibi akışkan sirkülasyon elemanlarının gereğinden fazla güçlerde seçilmesi sistemin enerji tüketimini artırmaktadır. Artan enerji tüketiminin belirli bir değeri aşması da sistem performansının düşmesine sebep olmaktadır.

İmalatı ve deneyleri gerçekleştirilen termoelektrik modüllü değişken hava debili su soğutucusunda yapılan deneyler sonucu hava debisinin artışı belirli bir değere kadar sistem performansının artmasına sebep olmuştur. Şekil 8'den de görüldüğü üzere $2,98 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ hava debisinden itibaren artışta olan sistem performansının $5,19 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ hava debisinden sonra belirgin bir şekilde düştüğü görülmektedir.

Şekil 8'deki debi ve performans değerleri incelendiğinde imalatı ve deneyleri gerçekleştirilen bu sistem için en yüksek performans değerine ait hava debisinin yaklaşık $4,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ olduğu görülmektedir. Sonuç olarak termoelektrik modüllü soğutma sistemlerinden en uygun performans değerlerinde yararlanabilmek için sistemin soğutma kapasitesine uygun fan debisi seçilmeli, yüksek güçlü fan seçiminden kaçınılmalıdır.

SİMGELER (NOTATIONS)

- COP_c = Sistem performansı
- Q_K = Isı kazancı (Watt)
- U = Toplam ısı geçirgenlik katsayısı ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
- A = Soğutucu hazne yüzey alanı (m^2)
- Q_c = Soğutulan çekilen ısı enerjisi (Watt)
- W_E = Harcanan toplam güç (Watt)
- Q_F = Fanın harcadığı güç (Watt)
- V_F = Fan voltajı (Volt)
- I_F = Fan akımı (Amper)
- Q_M = Termoelektrik modülün çektiği güç (Watt)
- V_M = Modül voltajı (Volt)
- I_M = Modül akımı (Amper)
- m = Su kütlesi (kg)
- c = Suyun özgül ısı kapasitesi ($\text{j}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)
- ΔT = Sıcaklık farkı ($^\circ\text{C}$)

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Bulut, H., (2005). "Termoelektrik soğutma sistemleri", Soğutma dünyası, Sayı: 31, ss: 9-16.
2. Riffat, S.B. and Ma, X., (2003). "Thermoelectrics : a review of present and potential applications", Applied Thermal Engineering, Volume 23, ss:913-935.
3. Chung, M., Miskovsky, N.M., Cutler, P.H., Kumar, N., and Patel, V., (2003). "Theoretical analysis of a field emission enhanced semiconductor thermoelectric cooler", Solid-State Electronics, Volume 47, ss:745-1751.
4. Kılıç, M. ve Yiğit, A., (2004). "Isı Transferi", 2.Baskı, Alfa Basım yayım Dağıtım Ltd. Şti., İstanbul.
5. Godfrey, S., (1996). "An introduction to thermoelectric coolers", Electronics Cooling, Volume 2, No 3, ss:30-33
6. Xuan, X.C., Ng, K.C., Yap, C., and Chua, H.T., (2002). "Optimization of two-stage thermoelectric coolers with two design configurations", Energy Conversion and Management, Volume 43, ss:2041-2052.
7. Loffe, A.F., (1957). "Semiconductor Thermoelectric Cooling", Infosearch Ltd., London.
8. Jancsurak, J., (1995). "Green Refrigerator is Like No Other", Marlow Industries. Mitsubishi Electric Corporation, 1998.
9. Ahıska, R., Fidan, U. ve Dişlitaş, S., (2008). "Farklı sıcaklık kontrol sistemlerinin termoelektrik tıp kitinin performansına etkisi", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt: 23, No: 2, ss:441-447
10. Yılmaz, S., (2008). "Termoelektrik Modüllü Soğutucuda Farklı Soğutma Uygulamalarının Sistem Performansına Etkilerinin

- Deneysel Olarak İncelenmesi", Teknoloji Dergisi, Cilt: 11, Sayı: 2, ss:201-210.
11. Atik, K. ve Çakır, H., (2006). "Doğrudan Bağlantılı Fotovoltaik Soğutma Sistemi" ,Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 3, Sayı: 3, ss:33-37.
 12. Usta, H. ve Kırmacı, V., (2002). "Termoelektrik etkiler ve soğutma etkinliğinin uygulanması" Teknoloji Dergisi 5(3-4):65-71
 13. Dişlitaş, S. ve Ahıska, R., (2003). "Mikrodenetleyici kontrollü jeotermal termoelektrik jeneratör", III.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Ankara, Bildiriler kitabı, ss:142-154.
 14. www.melcor.com, Trenton, USA.
 15. Huang, B.J., Chin C.J., Duang, C.L., (2000). "A design method of thermoelectric cooler", International Journal of Refrigeration, Volume: 23, ss:208-218.
 16. Yavuz, C. ve Yılmaz, S., (2008). "Kondenzasyonlu Kurutma Fırınında Termoelektrik Modüllü Nem Alma Ünitesi Uygulamasının Deneysel Olarak İncelenmesi", ICS-2008 10th International Combustion Symposium, Sakarya, Bildiriler kitabı,ss: 191-197.
 17. Dikmen, E., (2002). "Termoelektrik Soğutucuların Çalışma Kriterlerine Etki Eden Faktörlerin ve Endüstrideki Kullanım Alanlarının Tespiti", Yüksek lisans Tezi, S.D.Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü, Isparta.
 18. Dikmen, E., (2002). "Termoelektrik Soğutucuların Çalışma Kriterlerine Etki Eden Faktörlerin ve Endüstrideki Kullanım Alanlarının Tespiti", Yüksek Lisans Tezi, S.D.Üniversitesi Fen Bil.Enstitüsü, Isparta.