

**GÜNEŞ PİLLİ TERMoeLEKTRİK MODÜLLÜ  
EV TİPİ SOĞUTUCUNUN İMALATI VE  
PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ**

**2010  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA EĞİTİMİ**

**Yasin YILDIZ**

**GÜNEŞ PİLLİ TERMOELEKTRİK MODÜLLÜ EV TİPİ SOĞUTUCUNUN  
İMALATI VE PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ**

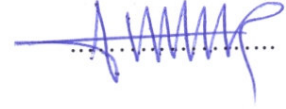
**Yasin YILDIZ**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Eğitimi Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

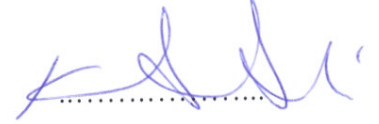
**KARABÜK  
Ocak 2010**

Yasin YILDIZ tarafından hazırlanan “GÜNEŞ PİLLİ TERMOELEKTRİK MODÜLLÜ EV TİPİ SOĞUTUCUNUN İMALATI VE PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN  
Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı



Yrd. Doç. Dr. Kemal ATİK  
Tez Danışmanı, (Erciyes Üniversitesi)

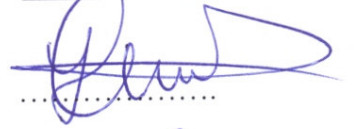


Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 26/ 01/ 2010

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Yusuf ÇAY (KBÜ)



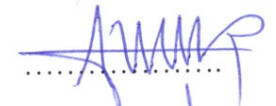
Üye : Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA (KBÜ)



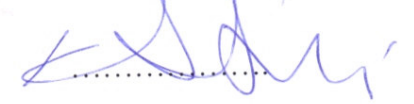
Üye : Yrd. Doç. Dr. Emrah DENİZ (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN (KBÜ)



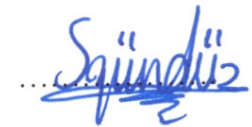
Üye : Yrd. Doç. Dr. Kemal ATİK (ERÜ)



.../.../ 2010

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Yasin YILDIZ

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **GÜNEŞ PİLLİ TERMOELEKTRİK MODÜLLÜ EV TİPİ SOĞUTUCUNUN İMALATI VE PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ**

**Yasin YILDIZ**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Makine Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanları:**

**Yrd. Doç. Dr. Kemal ATİK**

**Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN**

**Ocak 2010, 70 Sayfa**

Bu çalışmada, ev tipi bir buzdolabı mekanik ve elektrik sistem yerine termoelektrik soğutucu ile çalıştırılmıştır. Termoelektrik modüllerde kullanılan elektrik enerjisi güneş pillerinden elde edilmiştir. Termoelektrik modüller buzdolabının ısı kazancını karşılayacak sayı ve kapasitede; güneş pilleri ise termoelektrik modüllerin beslemesi için gereken elektrik gücünü karşılayacak şekilde seçilmiştir. Deneyler sırasında; iç ve dış sıcaklıklar, termoelektrik modül yüzey sıcaklıkları, üretilen gerilim ve akım değerleri ölçülmüştür. Soğutucunun dış sıcaklık ile iç sıcaklık farkı 15.8 °C, termoelektrik modül yüzey sıcaklıklar farkı ise 22.6 °C olarak ölçülmüştür. Sistemde ısıyı uzaklaştırmak için önce sudan havaya daha sonra havadan havaya ısı transfer sistemi kullanılmış olup havadan havaya ısı transfer sistemin daha kullanışlı olduğu görülmüştür. Yapılan deneylerde sistemden istenilen verimi elde etmek için Termoelektrik modül ile güneş pillerin seçiminin iyi yapılması, sıcak yüzeyden ısıyı

atmak için değişik yöntemlerin kullanılması ve ısı yalıtımının uygun yapılması gerektiği kanısına varılmıştır. Çevre ile uyumlu olan bu soğutma sisteminin, gelecekte kullanımının yaygınlaşacağı düşünölmektedir.

**Anahtar Sözcükler** : Termoelektrik Modöl, Güneş Pili, Soğutma

**Bilim Kodu** : 626.11.01

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **MANUFACTURE AND PERFORMANCE EVALUATION OF A THERMOELECTRIC DOMESTIC COOLER FED BY SOLAR CELL**

**Yasin YILDIZ**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Mechanical Education**

**Thesis Advisors:**

**Assist. Prof. Dr. Kemal ATİK**

**Assist. Prof. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN**

**June 2010, 70 Pages**

In this study, a domestic type refrigerator was operated by Thermoelectric (TE) cooler instead of mechanic and electrical system. TE modules were fed by the electricity produced by solar cells. TE modules were chosen as to compensate the heat gained by the refrigerator and solar cells were chosen as to supply the power demand of the solar cells. Inside and outside temperatures, the surface temperatures of the thermoelectric modules, and the voltage and electric current produced were measured during the experiments. The temperature difference between the inside and outside of the refrigerator and between the surfaces of TE modules were measured as 15.8 °C and 22.6 °C respectively. Water to air and air to air systems were used to remove the heat from the system and the latter was found to be more useful. It was concluded that from the experimental results that thermoelectric module and the solar

cells should be chosen carefully to maximize the efficiency of the system and various methods should be used to remove the heat from the system along with a proper heat insulation of the system. This environmentally friendly system is believed to be widely used in the future.

**Keywords** : Thermoelectric module, Solar Cell, Cooling,

**Science Code** : 626.11.01



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasını araŐtırılmasında, planlanmasında, yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıŐmamı bilimsel temeller ışığında Őekillendiren, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, çok değerli danıŐmanlarım Yrd. Doç. Dr. Kemal ATİK ve Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN'A sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Deneysel alıŐmalar sırasında yardımlarını esirgemeyen, çok kıymetli arkadaşım Öğr. Gör. Dr. Engin ÖZBAŐ' a teŐekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve Projeyi destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ .....	2
1.2. ÇALIŞMANIN AMACI .....	3
BÖLÜM 2 .....	4
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	4
BÖLÜM 3 .....	11
YARI İLETKENLER .....	11
BÖLÜM 4.....	15
TERMOELEKTRİK ETKİLER VE MODÜLLER.....	15
4.1. TERMOELEKTRİK ETKİLER.....	15
4.1.1. Seebeck Etkisi.....	15
4.1.2. Peltier Etkisi.....	16
4.1.3. Thomson Etkisi.....	22
4.1.4. Jeul Etkisi.....	23

4.1.5. Feuer Etkisi .....	23
4.2. TERMOELEKTRİK MODÜLLER.....	24
4.2.1. Termoelektrik Modüllerin Kullanımlarına Göre Sınıflandırılmaları.....	25
4.2.1.1. Ölçüm Cihazlarında Kullanımı.....	25
4.2.1.2. Endüstriyel Alanında Kullanımı.....	26
4.2.1.3. Biyo-Teknoloji Alanında Kullanımı.....	26
4.2.1.4. Medikal / Tıp Alanında Kullanımı.....	26
4.2.1.5. Genel Kullanım.....	26
BÖLÜM 5.....	27
GÜNEŞ PİLLERİ.....	27
5.1. GÜNEŞ PİLLERİN YAPISI VE ÇALIŞMASI.....	30
5.2. GÜNEŞ PİLLERİNİN YAPIMINDA KULLANILAN MALZEMELER....	32
5.2.1. Kristal Silisyum.....	32
5.2.2. Amorf Silisyum.....	33
5.2.3. Galyum Arsenit.....	33
5.2.4. Kadmiyum Tellürid.....	33
5.2.5. Bakır İndiyum Diselenid.....	33
5.2.6. Optik Yoğunlaştırıcı Hücreler.....	34
5.3. GÜNEŞ PİLİ KULLANIM ALANLARI.....	34
5.4. GÜNEŞ PİLİ UYGULAMALARI.....	34
5.5. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ.....	35
BÖLÜM 6.....	37
MATERYAL VE METOD .....	37
6.1. MATERYAL .....	37
6.1.1. Soğutucu (Dolap) .....	38
6.1.2. Dolabın Isı Kazançları.....	39
6.1.3. Modül Seçimi .....	43
6.1.4. Isı Değiştiriciler .....	43
6.1.5. Güneş Pilleri .....	45
6.1.6. Termoelektrik Modüller.....	46
6.1.7. Diğer Malzemeler.....	47

6.2. METOT.....	49
BÖLÜM 7 .....	50
ARAŞTIRMA BULGULARI.....	50
7.1. Deney Sonuçları.....	50
7.2. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	50
BÖLÜM 8 .....	53
TARTIŞMA VE SONUÇ.....	53
KAYNAKLAR.....	54
EK AÇIKLAMALAR A. 11 EYLÜL TARİHİNDE ALINAN DENEY SONUÇARI.....	57
EK AÇIKLAMALAR B. ADVANTECH ADAM 4019+'NIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ.....	62
EK AÇIKLAMALAR C. ADVANTECH ADAM 4561'NİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ.....	63
EK AÇIKLAMALAR D. EYLÜL AYINDA FARKLI GERİLİMLERDE FANLI VE FANSIZ YAPILAN BAZI DENEY SONUÇLARININ BİLGİSAYAR EKRANDAKİ GÖRÜNTÜLERİ VE ÇİZELGEYE AKTARILMIŞ DEĞERLER.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	70

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 3.1. N tipi yarı iletken.....	13
Şekil 4.1. Seebeck Devresi.....	16
Şekil 4.2. Peltier Etkisi.....	18
Şekil 4.3. İki Farklı Materyalden Oluşan Çift Peltier.....	18
Şekil 4.4. Bir Peltier “Çift”in Fiziksel Gösterimi.....	20
Şekil 4.5. Termoelektrik Modül Şekilleri.....	24
Şekil 4.6. Termoelektrik Modül Kesit Görünüşü.....	25
Şekil 5.1. Sistemde Kullanılan Güneş Pili Modüllü.....	28
Şekil 5.2. Güneş Pili Enerji Sisteminin Şeması.....	29
Şekil 5.3. PN Eklem Oluşum Şeması.....	31
Şekil 5.4. Işıktan Elektron Çiftlerin Oluşumu.....	32
Şekil 5.5. Dünyada Kurulu Güneş Pili Kullanım Alanlarına Göre Dağılımı.....	34
Şekil 6.1. Sıcaklık Ölçümlerinde Kullanılan Bilgisayar.....	37
Şekil 6.2. Sistemde Kullanılan Dolabın Boyutları.....	38
Şekil 6.3. Soğutulacak Dolabın Duvarları İçindeki Yalıtım Malzemeleri.....	39
Şekil 6.4. Kanatlı Alüminyum Plaka (Model As80) Ve Ölçüsü.....	43
Şekil 6.5. Isıyı Dışarı Atan Alüminyum Plaka(As90) Ve Ölçüsü.....	44
Şekil 6.6. Termoelektrik Soğutma Sisteminin Kesit Görünüşü.....	44
Şekil 6.7. Sistemde Kullanılan Güneş Pili Ölçüleri.....	45
Şekil 6.8. Sistemde Kullanılan Güneş Pilleri (4 Adet Model Kc50).....	46
Şekil 6.9. Termoelektrik Modül Boyutu.....	46
Şekil 6.10. Soğutucunun İçine Fanların Yerleştirilmesi.....	48
Şekil 6.11. ADAM 4561 Dönüştürücü Ve Adam 4019 Sıcaklık Algılayıcı.....	48
Şekil 7.1. Termoelektrik Soğutucu Dolap İç-Dış Sıcaklık Zaman Grafiği.....	51
Şekil 7.2. Termoelektrik Soğutucunun $\Delta T$ Grafiği.....	51

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 5.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	36
Çizelge 6.1. Sistemde Kullanılan Güneş Pilin Özellikleri.....	45
Çizelge 6.2. Termoelektrik Modüllün Değerleri.....	46

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

A	: Malzemenin alanı ( $m^2$ )
d	: Malzeme kalınlığı (m)
E	: Açık devre gerilimi (V)
G	: Termoelektrik modülün geometrisi (A/L) (cm)
H	: Duvar durum katsayısı ( $kWh / m^3 K$ )
I	: Akım (A)
K	: Malzemenin toplam ısı transfer katsayısı ( $W/m^2K$ )
L	: Malzemenin uzunluğu (m)
<i>l</i>	: Kabinin açılan kısımlarının çevre uzunluğu (m)
N	: Termoelement çift sayısı
R	: Kabin durum katsayısı
T	: Mutlak sıcaklık (K)
V	: Gerilim (V)
Z	: Kalite faktörü ( $K^{-1}$ )
W	: Watt
Q	: Birim zamanda transfer edilen ısı enerjisi (W)
$\rho$	: Elektriksel direnç ( $\Omega$ )
$T_H$	: Modül sıcak yüzey sıcaklığı (K)
$T_C$	: Modül soğuk yüzey sıcaklığı (K)
$\Delta T$	: Modül soğuk yüzey ile sıcak yüzey arasındaki sıcaklık farkı (K)
$\Delta T_{max}$	: Maksimum sıcaklık farkı (K)
$\Delta T_{\mp}$	: Ortalama sıcaklık (K)
$\alpha$	: Seebeck etkisi (V/K)
$\lambda$	: Malzemenin Isı iletim katsayısı ( $W/mK$ )
kW	: Kilowatt
MW	: Megawatt

$\mu m$	: Mikrometre
$\mu V$	: Mikro volt
$I_{opt}$	: Optimum akım (A)
$COP_{opt}$	: Optimum soğutma tesir katsayısı
$I_{max}$	: Maksimum akım (A)
$Q_s$	: Hava sızıntısı ile oluşan ısı kaybı (W)
$Q_c$	: Termoelektrik modülün soğuk yüzeyinden emilen ısı(W)
$a$	: Hava sızıntısı katsayısı ( $m^3/mh$ )
$Z_e$	: Katsayı (birimsiz)

### **KISALTMALAR**

TUBİTAK	:Türkiye Bilimsel ve Tekniksel Araştırmalar Kurumu
YEKARUM	:Yenilebilir Enerji Kaynakları Araştırma Uygulama Merkezi
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
PV	: Güneş Pili
TE	:Termoelektrik Modül
COP	: Soğutma Tesir Katsayısı
DC	: Doğru Akım
AC	: Alternatif Akım
ml	: Mililitre



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Uygarlığın gelişmesi enerjinin kullanılmasıyla orantılıdır. Yeryüzünde her geçen gün enerji gereksinimi artmakta ve yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Fosil yakıtların çevreye zarar vermelerinden dolayı alternatif yakıt arayışları giderek artmıştır. Doğal enerji kaynaklarının çoğunun temeli Güneş'e dayanmaktadır. Güneş, nükleer yakıtlar dışındaki diğer yakıtların ana kaynağını oluşturduğu bilinmektedir.

Yakın bir gelecekte kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtlı enerji kaynaklarının ihtiyacı karşılayamayacağı düşünülürse, yeni enerji kaynaklarına yönelmek (hidrojen, rüzgar, biomas, güneş enerjisi vb.) aynı zamanda enerji kullanımındaki verimliliği arttırmak kaçınılmaz olmaktadır. İkinci bir önemli nokta ise, fosil yakıtların ve nükleer enerji kaynaklarının dünyamızın ekolojik ve klimatolojik dengesini bozucu etkileridir. Dolayısıyla yeni enerji kaynakları aynı zamanda "temiz" olmalıdır [1].

Güneş enerjisi birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Bu uygulama alanlardan biride güneş pilleri (fotovoltaik) uygulamalardır. Fotovoltaik, üzerlerine düşen güneş ışınımını direkt olarak elektrik enerjisine çevirerek doğru akım üretirler. Güneş pilleri enerjiyi depolayamazlar. Işık kaynağı engellendiğinde pilin ürettiği elektrik kesilir. Elektrik gece kullanılacak ise, devreye bir elektrik enerjisi depolayan aparat (akü vb.) eklenmelidir. Fotovoltaik daha verimli olması için pillerin güneşi takip edecek sisteme ihtiyacı vardır. Güneşi takip eden güneş pili sistemlerle en verimli şekilde enerji elde edilir.

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle soğutma alanında da yeni yenilikler ve arayışlar içine girilmiş ve soğutma alanında gelişen termoelektrik soğutucular yeni bir çağır açmıştır.

Termoelektrik (TE) modüller elektrik enerjisi kullanarak ısıyı düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa transfer ederler. TE soğutucu ısıyı transfer etmek elektronların enerji seviyelerindeki değişimi kullanan bir ısı pompasıdır [2].

Termoelektrik soğutmanın avantajları; hareketli parçalarının olmaması, titreşim ve ses yapmaması, aynı modülle hem ısıtma hem soğutma yapabilmeleri, çevreye zararsız olmaları kontrol edebilme kolaylığı vb. dir [3].

Termoelektrik soğutucunun bir yüzeyi sıcak, diğer yüzeyi soğuk olup hızlı ve sessiz çalışır. TE soğutucuların günümüzdeki fiyatları performans katsayısına göre artmaktadır. Termoelektrik soğutucuların performans katsayıları kompresörlü soğutma sistemlerinden düşüktür. TE soğutucular gelişen enerji teknolojisinin avantajlarıyla gelişmektedir [4].

## **1.1. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ**

Dünya nüfusunun hızla arttığı, teknolojinin hızla geliştiği ve bu gelişmelere paralel olarak enerji tüketiminde de büyük bir artış olduğu görülmektedir. Günümüzde fosil kökenli enerji kaynaklarının sınırlı olması, tüketimin sürekli artması ve bu kaynakların gittikçe azalması insanları enerji ihtiyacını karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir [5].

Son yıllarda yapılan araştırmalarda CFC ve HCFC kökenli soğutucu gazların ozon tabakasını tahrip edici özelliğe sahip oldukları belirlenmiştir. Aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 150 ülke Montreal Protokolü ile CFC kökenli maddelerin hemen kaldırılması, HCFC kökenli maddelerin ise kullanımlarının kısıtlanarak belirlenen tarihte kullanımlarına son verilmesi karar alınmıştır. Kaldırılan soğutucu yerine kullanılacak alternatif soğutucu akışkanlar tespit edilerek imzalanmıştır. Ancak alternatif soğutucu geçişte uyum zorlukları, performans değişiklikleri ve çevreye verilen zararlar gibi sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu arada da çevreye zararı olmayan alternatif soğutma sistemleri üzerinde de çalışmalar hız kazanmıştır [6].

Bu çalışmada güneş enerjisi kullanılarak, elde edilen enerji termoelektrik soğutmada kullanılmıştır. Bu sistem doğaya ve çevreye zarar veren gazların kullanıldığı mekanik soğutma sistemlerine bir alternatif oluşturmuş ve kompresör olmadığından gürültü sorunu ortadan kalkmıştır.

## **1.2. ÇALIŞMANIN AMACI**

Bu çalışmanın amacı; şebeke gerilimi veya bir yakıt kullanılmadan, sadece güneş enerjisi kullanılarak bir hacmin soğutulmasını sağlayarak, çevre ile uyumlu, alternatif bir soğutma sistemi olan termoelektrik soğutma sisteminin ve güneş pillerinin kullanımlarını yaygınlaştırmaktır.

## BÖLÜM 2

### LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yapılan literatür araştırmasında termoelektrik modül ile küçük ebatta soğutma sistemlerinin yapıldığı, Güneş pili ile ev tipi buzdolabının normal sistemi ile çalıştırıldığı ve termoelektrik modül üzerinde birçok çalışmanın olduğu görüldü. Ancak bu çalışma hem termoelektrik modülü hem de güneş pilli bir çalışma ve büyük ebatta olduğundan farklı bir sistem ortaya çıkmıştır. İki sistemin bir arada ve büyük ebatta olması yapılan çalışmaların ilki diyebiliriz. Bu alanda yapılan birçok çalışma mevcut olup bazılarının özetleri aşağıda belirtilmiştir.

Ahıska vd., termoelektrik modülün soğutma performansını gösteren kalite faktörü (Z) parametresinin belirlenmesi için termoemk, gerilim ve sıcak yüzeyin sıcaklığına dayalı yeni bir yöntem kullanılmışlar. Bu yöntemle göre çalışan yeni bir mikro denetleyici test sistemi gerçekleştirilmiştir. Yeni test sistemiyle Melcor firmasının ürettiği standart (CP 1. 4- 127- 1 OL) Modülün Z değeri ölçülmüştür. Bu değerler Melcor tarafından verilen Z değerler ile karşılaştırılmış, değerler birbirine oldukça yakın çıkmış olduğu belirtilmiştir [2].

Boztepe, güneş enerjisinin yoğun olduğu yerlerde, ihtiyaç duyulan soğutucuların peltier eleman kullanarak bir uygulama incelemiştir. Enerji kaynağı olarak güneş enerjisi (PV-modüler aracılığıyla) kullanmıştır. İstenilen miktarda peltier modül temin edemediği için mevcut peltier modülün soğutabileceği bir hacim üstünde çalışmıştır [3].

Gao ve Rowe, tarafından bir termoelektrik soğutucunun soğutma performans katsayısı, modül sıcak ve soğuk yüzey sıcaklık değişimleri değerlendirilmiştir. Termoelektrik soğutucunun performans katsayısı dış sıcaklığı 25 °C, iç sıcaklığı 5 °C için 0.3 – 0.5 arasında bulunmuştur. Termoelektrik soğutucu gerçek model üzerinde

çalıştırılarak incelenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen deney verilerini iyileştirmek ve performans katsayısını artırmak mümkün olduğu tespit edilmiştir [4].

Atik ve Çakır, tarafından elektrik enerjisinin bulunmadığı yerlerde soğutma yapabilmek için elektrik enerjisi ihtiyacını güneş pilinden alan termoelektrik soğutucu imal edilmiş, dış ölçüleri 29x29x29 cm ebatlarında olan kabinin ısı kazancını karşılayan termoelektrik modül ve bu termoelektrik modülün elektrik enerjisi ihtiyacını sağlayabilen fotovoltaik sistem (güneş pili) seçimi yapılmış, yapılan sistem farklı dış şartlarda deneysel olarak çalıştırılmış, rejim haline gelmesi gözlemlenmiş, yapılan deneylerde; 17.80 °C dış sıcaklık ve 775 W/m<sup>2</sup> ışınım şiddetinde kabin içi sıcaklık 4.90 °C ye kadar düştüğü gözlenmiş, Termoelektrik soğutucu için STK 0.90 ve güneş pilinin verimi ise % 10 dolaylarında olduğu söylenmektedir [5].

Kırmacı ve Usta tarafından yapılan çalışmada, 40x40x4 mm ölçülerinde bir termoelektrik modül üzerine boyutları 50x60x50 mm olan yalıtılmış bir dikdörtgen prizma kutu monte edilmiş ve içerisine konan suyun sıcaklığı düşürülerek, akım ile gerilim arasındaki ilişki incelenmiştir. Uygulama sonunda su 3°C sıcaklığına ulaşmış olduğu belirtilmiştir [6].

Völklein vd., tarafından termoelektrik soğutmanın mikro elektromekanik alanda kullanımını amaçlanmış, yapılan uygulamada termoelektrik üretim teknolojisinde uygunluğu araştırılmış, mikro elektrik akım etkisinde bulunan modüller önemli soğutma gücü gösterdiği belirtilmiş, maksimum sıcaklık farkı ve optimum akım hesaplanmış ve Termoelektrik modüllerde ince SiC/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> mebranlar çok az miliwatt güçte maksimum 30 - 50 K sıcaklık farkı elde edildiği belirtilmiştir [7].

Fidan, tarafından Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenmiş olan standartlara göre (kanın depolanması için sıcaklık 2 °C ile 10 °C arasında olmalı) ısıtma ve soğutma yapabilen mikroişlemci kontrollü Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kiti cihazı gerçekleştirilmiştir [8].

Vian vd., tarafından bir termoelektrik nem alma ünitesi yapılmış, yapılan çalışmadan elde edilen hesaplara göre harcanan elektrik, nem alma ünitesinin harcadığı elektrikten az olduğu ve ekipman içinde etkili olan sıcaklık transfer esnasında termoelektrik etki dış yüzeyde ve iç yüzeyde bir arada olduğu ve Termoelektrik nem alma ünitesinde birkaç benzer hesaplama yapıldığı, termoelektriğin değişik alanlar içinde kullanıldığını göstermiştir [9].

Dikmen, termoelektrik devrede meydana gelen olaylar ve termoelektrik sisteme etki eden kriterlere yer vermiştir. Termoelektrik sistemin termodinamik hesaplamaları yapılmış ve termoelektrik soğutucuların endüstrideki kullanım alanları belirlenmiştir [10].

İmadoğlu, köpükten yapılmış kutunun tabanına alüminyum levha yerleştirerek, kutunun alt tarafından uygun büyüklükte bir parça kesmiş ve Peltier bu kısma yerleştirilerek kenarları silikonla kapatmıştır. Peltier'in sıcak yüzeyine alüminyum levha ve 12 V ile çalışan bir fan monte etmiştir. Son olarak kutunun içine termostatın sıcaklık algılayan ucu yerleştirmiştir. Yapılan dolabın içine her türlü yiyecek ve içeceği koyup termostatı ayarlayarak uygun miktarda soğutmuştur [11].

Işık, elektronik ve termoelektrik sistemlerin sıcaklık kontrolünü ve güvenilir çalışmasını sağlayacak bir besleme ve kontrol sistemi tasarlamış ve gerçekleştirmiştir. Bu sistem "Mikro denetleyicili, Sıcaklık Kontrollü AMGK Sistemi" dir. Gerçekleştirilen bu sistem ile AMGK'nın çıkış gerilimi, sıcaklığa bağlı olarak, oransal şekilde değiştirilebilmektedir. Bu çalışma esnasında AMGK sistemine sıcaklığa bağlı olarak akım ve gerilim ayar özelliği kazandırılmıştır. Mikro denetleyici kullanılarak gerçekleştirilen kontrol sistemi ile kontrol edilecek 7 ayrı bölgedeki sensör seçilebilmektedir. Seçilen sensöre ait sıcaklık değeri bir LCD ekranda görülebilmekte, bu bölgeye ait set değeri tasarlanan klavyeden ayarlanabilmekte ve değeri de aynı ekranda görülebilmektedir. Tasarlanan sistemde, termoelektrik sistemlerde soğutma amaçlı gerekli olan devridaim su kontrolü da bulunmaktadır. Tasarlanıp, gerçekleştirilen sistem önce, Termohipoterm tıp cihazının model uygulamasında, ikinci olarak, Termoelektrik Mikrotom Tıp Cihazında ve son olarak da Termoelektrik Tıp Kit'in de uygulanmış ve farklı sıcaklık değerlerinde,

sıcaklık kontrolü kararlı bir biçimde yapılabilmektedir. Bu çalışmada tasarlanıp gerçekleştirilen “Mikro denetleyicili, Sıcaklık Kontrollü AMGK Sistemi” üç ayrı termoelektrik sistemde denenmiş ve alınan sonuçlardan, bu sistemin çeşitli termoelektrik sistemler için uygulanabileceği belirtilmiştir [12].

Dişlitaş ve Ahıska, jeotermal enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren mikro denetleyici kontrollü termoelektrik jeneratör yapmışlar ve sistem test edilmiştir. Sistemde enerji dönüşümü termoelektrik modüllerde Seebeck olayının gerçekleştirilmesiyle sağlandığı belirtilmiş, Termoelektrik modüllerin bu sıcaklık farkına bağlı olarak değişen DC gerilim elde edildiğinden elektrik enerjisinin istenen 5V DC, 12V DC ve 220 V AC değerlerinde alınabilmesi amacıyla sistemde akü, regüle devresi ve DC/AC çevirimi kullanılmıştır. Tasarımda PIC16F877 mikro denetleyici kullanılarak sistemin kontrol sinyalleri düzenlenmiştir. Bu sistem elektrik enerjisinin temiz, kolay ve ucuz bir şekilde karşılanması yönünden oldukça kullanışlı olduğu söylenilmektedir [13].

Karimov vd., tarafından güneş pili izleme sistemi üretimi ve analizi yapılmış, yapılan sistemde piramit ayaklar kullanılarak, ayakların köşelerinde 170° modüller iki parça ve rotatörle hareket verilmekte, 4 modül ve DC motordan oluşmakta, PV modülü DC-DC (24/2V), DC-AC (24- 220 V) çeviren, DC motordan oluşmakta ve dört modülün alanı 1,26 m<sup>2</sup> olduğu belirtilmektedir [14].

Mohamad, PLC sistemlerinde güneş radyasyon akışı hareketlerinin güneş pilleriyle kontrolünü sağlayan bir güneş izleyici yapmıştır. Güneş izleyicinin elektronik cihazlarla performansı geliştirilmiştir. PV modülün hareketleri bilgisayar kontrollü yapılmıştır. PV modülü güneş radyasyonunu tam alabilmekte ve diğer PV modüllerinden %20 daha çok güneş radyasyonundan yararlanabilmektedir [16].

Luo vd. tarafından yapılan çalışmada termoelektrik sistemlerinin elektrikli ısıtma sistemlerinde etkinliği incelenmiştir. Sistemin sıcaklık etkinliği 1,6'dan büyüktür ve sıcak su kısa sürede hazırlanmıştır. Termoelektrik sıcak ve soğuk yüzey arasındaki sıcaklık farkı artmıştır. Bu yüzden performans gelişmiştir. Günümüzdeki yaygın su ısıtıcılarıyla karşılaştırıldığında güç tüketimi %38 den daha fazla olduğu

belirlenmiştir. Bu sistem enerjinin geri kazanılmasıyla alakalıdır. Sistem, nakliyeciler, gemiler ve diğer taşımacılıkta sıcak suyun karşılanmasında kullanılmakta olduğu ifade edilmektedir [17].

Yekarum, güneş panellerinden yararlanılarak yapılan portatif bir soğutucu cihazın  $950 \text{ W/m}^2$  ışınım  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  ortam sıcaklığında soğutucu içindeki ürünün  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar soğuduğu gözlemlendiği belirtilmiştir [18].

Van, yaptığı çalışmada silikon PV modüllerin enerji çıkışlarında akım ve voltaj karakteristiklerinin kontrol verilerini elde etmiş, PV modülün düşük orandaki (I-V) karakteristikleri kullanılarak akım ve voltajları ölçülmüş, elde edilen sonuçlardan PV modülünün karakteristik (I-V) aktifliğinin devam ettiği elde edildiği ifade edilmiştir [19].

Khera vd., termoelektrik sistem kapalı yerlerde ve inşaatlarda ısı kayıp ve kazançlarının güneş enerjisi kullanılarak ısı kontrol teknikleriyle aktif inşaat sistemlerinde kullanmış, yapılan uygulamalar ABE sistemleri ile karşılaştırılmış, termoelektrik ünitelerin analiz ve tasarımı yapılmış, Termoelektrik ünitelerle iki işlem yapılmış, TE ünite içte olduğu ve TE soğukluğunun artmasıyla TE gücün başlangıçta arttığı görüldüğü, TE soğutmanın artmasında sıcak kanatlar büyük etki göstermiş olduğu, bu bulgular ABE sistemleriyle birlikte pratik kullanılabileceği ifade edilmektedir [20].

Chein ve Chen tarafından içi su dolu olan bir tankı soğutmak için termoelektrik soğutma deneysel ve teorik olarak incelenmiş, Termoelektrik sıcak yüzey üzerine, çok ince olan yüzeyinde kanallar olan parça yapılmış, ölçümler sonucunda zamanla soğutmanın arttığı görülmüş, ölçümleri almak için sistem bilgisayar ortamına bağlanmış ve elde edilen ölçümler ile bilgisayardan alınan ölçümler birbirine yakın olduğu belirtilmiştir [21].

Yeşilata ve Işiker, tarafından yapılan çalışmada düşük soğutma yüküne sahip bir fotovoltaiik (PV)-buzdolabı sistemi deneysel olarak incelemiş, sistemde, paneller ile buzdolabı arasında bir inverter ve bir batarya grubu yerleştirilmiş, Panel DC çıkış



gücü, buzdolabı AC giriş gücü, batarya kullanım oranı ile panel ve dondurucu bölme sıcaklıkları değerlerindeki anlık değişimler belirlenmiş, elde edilen sonuçlar, mevcut sistemle sıcaklığın 14 °C seviyelerine düşebildiğini ve güneşli anlarda bataryaya çok az yük düştüğünü gösterdiği belirtilmiştir [22].

Ahiska, termoelektrik modüllerin tüm çıkış parametrelerini araştırabilmek için yeni bir yöntem gerçekleştirmiştir. Yeni yöntemin temelini çalışan bir modülün ürettiği termoelektrik emk'in ölçülmesi oluşturur. Bu yöntemi kullanarak gerçek bir termoelektrik modülün sahip olduğu tüm dinamik parametrelerinin elde edilmesi için denklemler kurmuştur. Bu yöntemle tıpta hastaların beyinlerinin soğutulması için tasarlanan termoelektrik kaskın yapımında kullanılan modülün yüksüz iken dinamik tüm parametreleri araştırılmıştır [23].

Sungur, sıcak iklim şartlarında, elektrik enerjisinin olmadığı yerlerde kullanılmak üzere prototip, güneş pilleri ile beslenen  $48 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  hacminde max. 18 W gücünde bir termoelektrik soğutucu tasarlayıp gerçekleştirmiş, bu sistem, kontrol devresi ve termoelektrik soğutucudan oluşmakta, gerekli olan enerjiyi elde etmek için Fotovoltaik (PV) panel, panelden yeterli enerji alınmadığı zamanlarda yedekleme için batarya kullanılmış, 25 °C ortam sıcaklığında, soğutma iç sıcaklığı 5 °C-10 °C arasında ayarlanıp bu şartlardaki maliyet, verim ve ekonomi açısından performans testleri yapılmış, testlerin sonucunda termoelektrik soğutucunun COP değeri 0.3 ila 0.6 arasında bulunduğu belirtilmiştir [24].

Yılmaz, tarafından 3.5 litre iç hacme sahip bir soğutucu haznesini TEC1-12706 termoelektrik modül ile soğutulmuş, Termoelektrik modülün sıcak yüzeyinden ısının atılmasında hava ve su soğutmalı olmak üzere farklı iki yöntem uygulamış, her iki yöntemde de modüle farklı gerilim değerleri uygulanarak ortam, soğutucu iç sıcaklıkları ve modülün çektiği akım değerleri ölçülmüş, sonuçlardan sistemlerin verimleri hesaplanarak mukayese edilmiş, 8 V gerilim uygulamasında, hava ile soğutmada, soğutucu iç sıcaklığı 6 °C, su ceketli soğutmada 1 °C, sistem verimleri sırasıyla %36 ve %30 olarak belirlenmiş, 12 volt gerilim uygulamasında ise soğutucu iç sıcaklıkları, 3.6 °C ve -1.5 °C ve verimleri de %31 ve %21 olarak bulunduğu belirtilmiştir [25].

Atik, tarafından Termoelektrik (TE) soğutucu tasarımının enerji ve ekonomik yönden analizi yapılmış, tasarlanan sistem eşit sıcaklık farkı altında eşit soğutma gücünü sağlamakta olduğu, 7 farklı tipte TE modül kullanılan çalışmada modül sayıları dolayısıyla modüllerin çalışma şartları değiştirilmiş olduğu, bütün çalışma durumlarında birim soğutma gücü için yatırım, enerji ve toplam maliyet değerleri hesaplanılarak karşılaştırılmış, Termoekonomik olarak en uygun (optimum) çalışma şartı her modül tipi ile değişmekle beraber, maksimum gücün elde edildiği maksimum akım değeri ile optimum akım değerleri arasında bir değere denk geldiği görüldüğü söylenilmektedir. Termodinamik optimum nokta ile termoekonomik optimum noktanın farklı olduğu ifade edilmektedir [26].

## BÖLÜM 3

### YARI İLETKENLER

Yarı iletkenleri daha iyi anlamak için maddelerin elektron hareketlerini bilmek gerekir. Maddeler, atomlardan oluşmuştur. Atom ise ortada bir çekirdek ve bunun etrafındaki değişik yörüngelerde hareket eden elektronlardan oluşmaktadır. Elektronlar, negatif elektrik yüküne sahiptirler. Bir etkiye yolu ile atomdan ayrılan elektronların bir devre içerisindeki hareketi, elektrik akımını oluşturur. Elektronların her madde içerisindeki hareketi aynı değildir. Elektron hareketine göre maddeler; iletkenler, yalıtkanlar ve yarı iletkenler olmak üzere üçe ayrılır.

İletkenler; elektrik akımını iyi iletirler, atomların dış yörüngesindeki elektronlar çekirdeğe zayıf olarak bağlıdır. Isı, ışık ve elektriksel etki altında kolaylıkla çekirdekten ayrılırlar. Metaller, bazı sıvı ve gazlar iletken olarak kullanılır. Metaller, sıvı ve gazlara göre daha iyi iletkenlerdir. Metaller de iyi iletken ve kötü iletken olarak kendi aralarında gruplara ayrılır. Atomları 1 valans elektronlu olan metaller, iyi iletkenlerdir. Buna örnek olarak, altın, gümüş, bakır gösterilebilir. Bakır tam saf olarak elde edilmediğinden, altın ve gümüşe göre biraz daha kötü iletken olmasına rağmen, ucuz ve bol olduğundan, en çok kullanılan metaldir. Atomlarında 2 ve 3 valans elektronu olan demir (2 dış elektronlu) ve alüminyum (3 dış elektronlu) iyi birer iletken olmamasına rağmen, ucuz ve bol olduğu için geçmiş yıllarda kablo olarak kullanılmıştır. İletkenler; Pt, Ni, Au, Cu, Al, Fe gibi elementlerdir.

Yalıtkanlar; elektrik akımını iletmeyen maddelerdir. Bunlara örnek olarak cam, mika, kâğıt, kauçuk, lastik ve plastik maddeler gösterilebilir. Elektronları atomlarına sıkı olarak bağlıdır. Bu maddelerin dış yörüngedeki elektron sayıları 8 ve 8'e yakın sayıda olduğundan çekirdekten uzaklaştırılmaları zor olmaktadır. Yalıtkanlar; Ebonit, Cam, Tahta, Su, gibi elementlerdir.

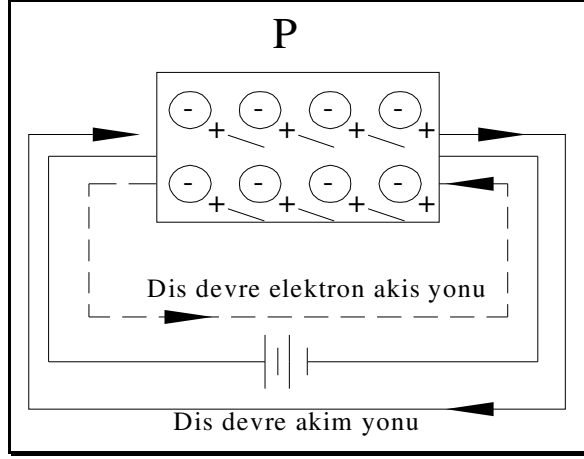
Yarı iletkenler; elektrik akımının bir değere kadar akmasına izin vermeyen bu değerden sonra sonsuz küçük direnç gösteren maddelere yarı iletken denir [27]. Yarı iletkenler periyodik cetvelde 3. ve 5. gruba girerler. İletkenlik bakımından iletkenler ile yalıtkanlar arasında yer alırlar. Normal halde yalıtkanlardır, ancak ısı, ışık ve magnetik etki altında bırakıldığında veya gerilim uygulandığında bir miktar valans elektronu serbest hale geçer, yani iletkenlik özelliği kazanır. Bu şekilde iletkenlik özelliği kazanması geçici olup, dış etki kalkınca elektronlar tekrar atomlarına dönerler, Tabiatıta basit eleman halinde bulunduğu gibi laboratuarda bileşik eleman halinde de elde edilir. Yarı iletkenler kristal yapıya sahiptirler, yani atomları kübik kafes sistemi denilen belirli bir düzende sıralanmıştır. Bu tür yarı iletkenler; ısı, ışık, etkisi ve gerilim uygulanması ile belirli oranda iletken hale geçirilerek ve içlerine bazı özel maddeler katılarak iletkenlikleri arttırılmaktadır. Katkı maddeleriyle iletkenlikleri arttırılan yarı iletkenlerin elektronikte ayrı bir yeri vardır. Bunun nedeni elektronik devre elemanlarının üretiminde kullanılmalarıdır [27]. Yarı iletkenler; S, Ge, Br, Al, In (indiyum) ve benzerleridir.

Yarı iletkenlerin bazıları "bileşik", bazıları "element"tir. Bileşiklere örnek olarak "çinko oksit" ile "bakır oksidi" verebiliriz. Elementlere örnek ise "germanyum" ve "silisyum (silikon) gösterilebilir. Yarı iletkenler kristal yapıdadır. Yani atomları belirli bir sistemle sıralanmıştır. Bu yapı tekli kristal (mono kristal) ya da çoklu kristal (poli kristal) olabilmektedir. Silisyum (silikon) ve germanyum atomlarının son yörüngelerinde dörder elektron vardır. Germanyumun ve silisyumun saf kristalleri oldukça iyi bir yalıtkan olmalarına karşın, atom yapılarına küçük miktarlarda arsenik, indiyum vb. ekleyerek iletkenlikleri önemli ölçüde değiştirilebilir.

### **N ve P Tipi Yarı İletken Kristallerinde Elektron Hareketleri**

“N” (negatif) tipi yarı iletken kristaline gerilim uygulandığında, kristal içerisindeki serbest elektronlar, Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Gerilim kaynağının pozitif kutbunun çekme kuvveti ve negatif kutbunun da itme kuvveti etkisiyle, kaynağın pozitif (+) kutbuna doğru akar. Bu arada, kaynağın negatif (-) kutbundan çıkan elektronlar da kristale doğru hareket eder. Akımın bir devredeki işlevi bakımından, yönün önemi

yoktur. Ancak bazı devre hesaplarında yön işareti koymak gerekebilir. Böyle bir durumda "+" → "-" yönü pozitif yön ve "-" → "+" yönü negatif yön alınır.



Şekil 3.1. "N" tipi yarı iletken [27].

"P" (pozitif) Tipi kristalde pozitif elektrik yükünün (oyuk) hareketi "Pozitif elektrik yükü" (oyuk) bir elektron gibi hareket etmemektedir. Anlatım kolaylığı bakımından, hareket ettiği kabul edilmiştir. Katkı maddesi yokken, "Ge" ve "Si" atomlarının kovalent bağlarını kırarak bir elektronunu almak çok zor olduğu halde, katkı maddesi bu işlemi kolaylaştırmaktadır. Bir gerilim uygulandığında akım iletimi sağlanmaktadır.

"P" tipi bir kristale Şekil 3.1'deki gibi bir gerilim kaynağı bağlandığında, kaynağın pozitif kutbuna yakın bulunan ve bir elektronunu katkı maddesine vererek "+" elektrik yüklü hale gelmiş olan "Ge" ve "Si" atomu, kaynağında çekme kuvveti yardımıyla, bir sonraki atomun kovalent bağını kırarak, 1 elektronunu alır. Ancak dengesi bozulmuş olan atom bu elektronu sıkı tutamayacağından, kaynağın pozitif kutbunun çekme kuvveti etkisine kapılan elektron atomdan ayrılarak kaynağa doğru hareket eder. Bir elektronunu kaybeden ikinci atom da ondan sonraki atomun elektronunu alır. Böylece, elektron bir atomdan diğerine geçecek ve son atom da kaybettiği elektronu kaynağın negatif kutbundan alacaktır. Tekrar birinci duruma dönmekte ve olay devam etmektedir. Sıra ile bir elektronu kaybeden her bir atom, pozitif elektrik yüklü hale geldiğinden pozitif elektron yükü (oyuk) hareket ediyormuş gibi olmaktadır. Her ne kadar pozitif elektrik yükü, yani bu yükü taşıyan atom, elektron gibi bir noktadan kalkıp, diğerine doğru hareket etmese de, ardı ardına

oluşan "+" elektrik yüklü atomlar, "+" elektrik yükünün (oyuğun) hareket ettiği görüntüsünü vermektedir. Böyle bir açıklama şekli, diyotların ve transistörlerin çalışma prensibini daha kısa yoldan anlatımını sağlamaktadır. Elektronların atomdan atoma geçişi, hareket hızını düşürdüğünden "P" tipi kristaldeki akım hızı "N" tipine göre daha yavaştır.

"P" tipi kristale bir gerilim kaynağı bağlansın. "P" tipi kristaldeki akım iletimi de "N" tipi kristale benzer şekilde açıklanır. Gerilim kaynağı, "N" tipi kristaldeki elektronları nasıl etkiliyorsa, "P" tipi kristalde de pozitif elektrik yüklerini benzer şekilde etkilediği düşünülür. Şöyle ki: Gerilim kaynağının "+" kutbu, kristaldeki "+" elektrik yüklerini iter ve "-" kutbu da çeker. Böylece, "+" elektrik yükleri, şekilde oklar ile gösterilmiş olduğu gibi, kaynağın negatif kutbuna doğru hareket eder. Bu hareket devreden bir akımın akışını sağlar. Devredeki akımın oluşumu, bu şekilde kısa yoldan açıklanmış olmaktadır. Ancak pozitif elektrik yüklerinin hareketi yalnızca kristal içerisinde kalmaktadır. Dış devrede hareket eden yine elektronlardır.

Dış devrede elektronların hareket yönü, yine kurallara uygun olarak kristalden kaynağın "+" kutbuna ve kaynağın "-" kutbundan kristale doğrudur. Dış devre akım yönü de yine kurallar gereğince, kaynağın "+" kutbundan çıkıp, "-" kutbuna doğru olan yöndür [27].

## BÖLÜM 4

### TERMOELEKTRİK ETKİLER VE MODÜLLER

#### 4.1. TERMOELEKTRİK ETKİLER

Seebeck 1822 yılında; iki farklı materyalden oluşan kapalı bir devrede iki iletken malzeme farklı sıcaklıklarda tutulduğunda, devreden bir akım aktığını gözlemlemiştir. Bu gözlemini değişik materyaller kullanarak tekrarlamış ve sonuçları yayınlamıştır. 1834 yılında Peltier ters etkiyi, yani; iki farklı materyalden oluşan kapalı bir devreden akım geçirildiğinde, iletken malzemelerden birinin ısıyı absorbe ederken diğerinin ısı açığa çıkardığını gözlemlemiştir.

Yıllarca bu etkilerin pratik uygulamaları sadece Seebeck etkisinin, sıcaklık ölçümünde “termocouple” olarak kullanımıyla sınırlı kalmıştır. Çünkü metaller küçük seebeck katsayısına sahiptiler. Transistör ve diğer yarıiletken materyallerin keşfi ile bu yolda önemli adımlar atılmış ve yarıiletken materyallerle fabrikasyona uygun, başarılı sonuçlar alınabilen Peltier elemanlar geliştirilmiştir [9].

TE modüllerin yüzeyleri arasında geçerli olan etkiler Seebeck etkisi, Peltier etkisi, Thomson etkisi, Jeul etkisi ve Feuer etkisidir [31].

##### 4.1.1. Seebeck Etkisi

A ve B gibi iki farklı materyalden oluşmuş iki iletken malzeme farklı sıcaklıklarda olduğunda materyal uçlarında Şekil 4.1’de görüldüğü gibi bir gerilim ölçülür. Bu gerilim iletken malzemeler arası sıcaklık farkı ile doğru orantılı olup;

$$E = \alpha_{AB} \Delta T \quad (4.1)$$

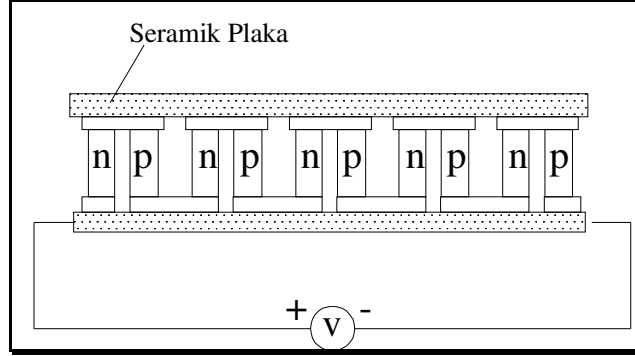
ifadesiyle verilir. Burada;

$$\alpha_{AB} = \alpha_A - \alpha_B \text{ olup;}$$

$\alpha_{AB}$  : Göreceli Seebeck katsayısı

$E$  : Açık devre gerilimi(V)

$\Delta T$  : İletken malzemeler arasında sıcaklık farkı olmaktadır (K).



Şekil 4.1. Seebeck devresi [15].

Metallerde  $\alpha < 0.00005 \text{ V/}^\circ\text{C}$  yarıiletkenlerde ise  $0.0002 < \alpha < 0.0003 \text{ V/}^\circ\text{C}$  arasında değişmektedir. Uygulamada bu etki, genellikle sıcaklık ölçümü amacıyla kullanılır [9].

#### 4.1.2. Peltier Etkisi

A ve B gibi iki farklı materyalden oluşmuş bir kapalı devreden Şekil 4.2’de olduğu gibi “T” akımı geçirilirse, birim zamanda absorbe edilen veya açığa çıkarılan ısı miktarı, I akımı ile doğru orantılıdır; [9].

$$Q = \pi_{AB} I \quad (4.2)$$

$Q$  : Birim zamanda transfer edilen ısı miktarı , (W)

$\pi_{AB}$  : A ve B materyalleri için Peltier sabiti, (V)

$I$  : Akım, (A)



Bu iki etkinin birbirine tam ters olması dolayısıyla (4.1) eşitliğindeki “ $\alpha_{AB}$ ” ile (4.2) eşitliğindeki “ $\pi_{AB}$ ” arasında bir ilişki olduğu düşünülebilir. Beklenen bu ilişki Lord Kelvin tarafından;

$$\pi = \alpha T$$

$T$  : Mutlak sıcaklık, (K)

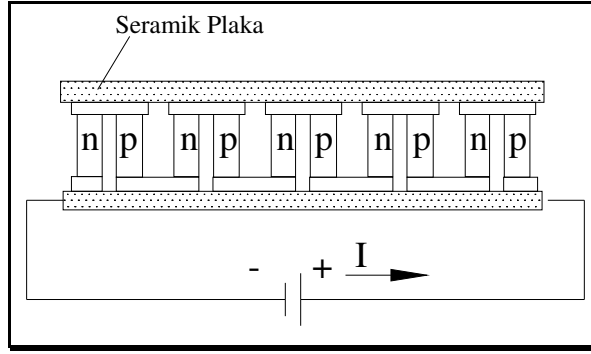
$\alpha$  : Seebeck katsayısı

eşitliği ile ifade edildiği için, “ $Q$ ” eşitliği ;

$$Q = \alpha T c I \quad (4.3)$$

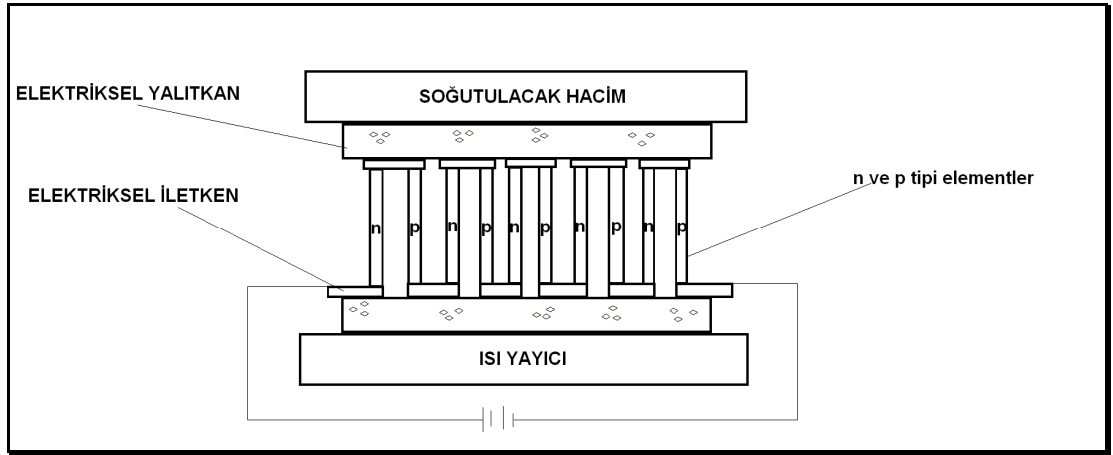
şeklinde ifade edilebilir. Soğuk ve sıcak yüzeyler tamamen Peltier etkisi ile oluşan ısı transferinin doğal sonucudur, yani Peltier etkisiyle ısı, soğuk yüzeyden sıcak yüzeye transfer edilmekte, ayrıca bir ısı üretilmemektedir.

Yarı iletkenler fiziği incelemeleri, termoelektrik soğutucunun ısıyı transfer etmek için elektronların enerji seviyelerindeki değişimi kullanan bir ısı pompası olduğunu göstermektedir. Elektronlar iki farklı termoelektrik materyalin oluşturduğu iletken malzemelerden geçerken, bir enerji soğurucu (absorber) veya yayıcı (evolve) değişime uğramaktadırlar. Akım, düşük enerji seviyesine sahip p-tipi yarıiletken, yüksek enerji seviyesine sahip n-tipi yarıiletkene akarken, elektronlar soğuk yüzeyden aldıkları enerjiyi sıcak yüzeyde terketmektedirler. Dışarıdan verilen elektriksel güç, elektronların sistem içinde hareket etmeleri için gerekli enerjiyi sağlamakta ve böylece hareketlenen elektronlar değişen enerji düzeyleri arasında ilerlerken ısı transfer etmekte, başka bir deyişle ısı taşımaktadırlar. Dışarıdan verilen elektriksel güç arttırılırsa, hareketli elektron sayısı da artacağından soğuk yüzey ile sıcak yüzey arasındaki ısı transfer miktarı da artacaktır. Eğer akım yönü ters çevrilirse, bu işlem tersine işleyecek ve dolayısıyla sıcak ve soğuk yüzeyler kendi arasında yer değiştireceklerdir [4].



Şekil 4.2. Peltier etkisi [15].

Şekil 4.3'deki iki farklı materyalden oluşan eleman "çift" (couple) olarak isimlendirilir. N-tipi termoelektrik materyal negatif Seebeck katsayılıdır ve elektron fazlalığı vardır. P-tipi termoelektrik materyal ise pozitif Seebeck katsayılıdır ve elektron eksikliği vardır. Akım yönü bilinen yönde olup, elektronların akış yönünün tersinedir. Termoelektrik materyallerle bakır levhalar arasında dört adet bağlantı noktası olmasına karşın, biri üstte diğeri altta olmak üzere sadece iki termoelektrik iletken malzeme vardır. Üst (soğuk) yüzeyden ısı absorbe edilirken, bu ısı alt (sıcak) yüzeyden açığa çıkar.



Şekil 4.3. İki farklı materyalden oluşan peltier çift.

Bahsedilen bu ideal termoelektrik devrede iki etki daha vardır ki; bunlar performansı önemli ölçüde sınırlamaktadır. Birincisi joule ısıtma etkisi, ikincisi ise sıcaklık farkından dolayı kaçınılmaz olan, iki iletken malzeme arasındaki kondüksiyon ile ısı transferidir.

Joule ısıtma etkisinden dolayı soğuk yüzey ile sıcak yüzey arasındaki sıcaklık değişimi lineer olmamaktadır. Buna göre soğuk yüzeye ulaşan (sıcak yüzeyden iletim ve Joule) ısı kazancı;

$$Q = I^2 \rho / 2G + \lambda \Delta T G \quad (4.4)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır.

$\lambda$  : Isıl iletkenlik, (W/K)

$\rho$  : Elektriksel direnç, ( $\Omega$ )

$G$  : Termoelektrik modülün geometrisi (A/L) (cm)

aynı şekilde sıcak yüzeyden ayrılan ısı miktarı ise;

$$Q = I^2 \rho / 2G - \lambda \Delta T G \quad (4.5)$$

eşitliği ile ifade edilebilir. Eğer aşağıdaki kabuller yapılırsa;  $\alpha$  : seebeck katsayısı,  $\rho$  : elektriksel direnç ve  $\lambda$  : ısı iletkenlik sıcaklıktan bağımsızdır. "çift" ile ortam arasındaki ısı alışverişi sadece sıcak ve soğuk yüzeylerden olmaktadır. Kontak dirençleri, bakır ile yarı iletken arasındaki elektriksel direnç ihmal edilebilir.

Soğuk yüzeyde ve giriş gücünde kararlı durum olduğu zaman Peltier elemanın soğuk yüzeyden soğurabileceği ısı miktarı; " $Q$ " (4.4) eşitliğinden, buna ters yöndeki istenmeyen ısı kazançlarının ifadesini " $Q$ " (4.5) eşitliğini çıkartarak;

$$Q_C = 2N(\alpha T_C I - I^2 \rho / 2G - \lambda \Delta T G) \quad (4.6)$$

$Q$  : Birim zamanda transfer edilen ısı miktarı ,(W)

$N$  : Termoelement çift sayısı

$\alpha$  :  $\alpha_p - \alpha_n$  Seebeck katsayısı , ( $V/m^2$ )

$\lambda$  :  $\lambda_n + \lambda_p$  ,Isıl iletkenlik , (W/K)

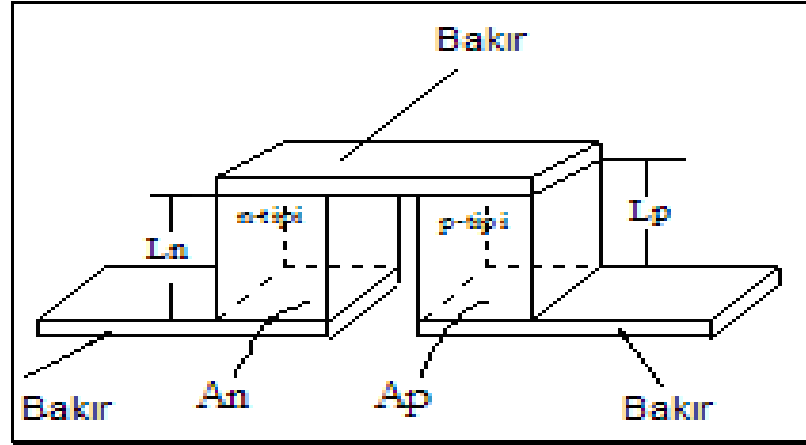
$\rho$  :  $\rho_n + \rho_p$  ,Elektriksel direnç, ( $\Omega$ )

$T_H$  : Sıcak yüzey sıcaklığı ,(K)

$T_c$  : Soguk yüzey sıcaklığı, (K)

$\Delta T$  :  $T_H - T_c$ , (K)

şeklinde elde edilir. Böylece transfer edilecek ısının ( $Q$ ) akım arttıkça artacağı ve sıcaklık farkı arttığında ise azalacağı gözükmektedir.



Şekil 4.4. Bir peltier "çift"in fiziksel gösterimi [3].

Burada yarı iletken materyallerin elektriksel dirençleri ;

$$R_n = \frac{\rho_n L_n}{A_n} \quad R_p = \frac{\rho_p L_p}{A_p} \quad (4.7)$$

$\rho_n, \rho_p$  : Elektriksel iletkenlik, (Ohm)

$L_n, L_p$  : "çift" sütunlarının uzunluğu, (m)

$A_n, A_p$  : Isı akısına dik "çift" sütun alanı, ( $m^2$ )

şeklindedir. Isıl iletkenlik ise ;

$$K_n = \lambda_n \frac{A_n}{L_n} \quad K_p = \lambda_p \frac{A_p}{L_p} \quad (4.8)$$

eşitliğiyle ifade edilir.

$\alpha_n, \alpha_p$  : "çift" materyallerinin ısı iletim katsayıları, W/mK biçimindedir. Görüldüğü üzere "K" ve "R" sabitleri fiziksel boyutlara bağılı olduğundan "Q" ısıda fiziksel boyutlara bağılı olmaktadır. Termoelektrik modüle uygulanan gerilim ise;

$$V = 2N(I\rho / G + \alpha\Delta T) \quad (4.9)$$

Şeklinde yazılır.

Gerilim formülünden elde edilen akım ise;

$$I = (V / 2N - \alpha\Delta T)G / \rho \quad (4.10)$$

eşitliği elde edilir. Verilen soğutma gücünü sağlamak için gerekli giriş gücü ise;

$$W = IV \quad (4.11)$$

olup gerilim; elektriksel iletkendeki gerilim düşümü ile seebeck geriliminin toplamı olmaktadır. Böylece giriş ve çıkış gücü belli olduğuna göre peltier elemanın verim katsayısı bir başka deyişle performans katsayısı (COP) bulunabilir;

$$COP = \frac{Q}{W} \quad (4.12)$$

Görüldüğü üzere sabit bir akımda verim, " $\Delta T = T_H - T_C$ " sıcaklık farkına bağılı olup arttıkça azalmaktadır. Akım için ise optimum bir değer vardır. " $I_{opt}$ " ise;

$$I_{opt} = \lambda\Delta TG(1 + \sqrt{1 + Z\bar{\tau}}) / (\alpha\bar{\tau}) \quad (4.13)$$

eşitliği ile elde edilir.

Bulunan bu optimum akımda en yüksek verim elde edilebilir. Bulunan bu optimum akıma göre de " $COP_{opt}$ " elde edilebilir. Buna göre;

$$COP_{opt} = (\bar{T} / \Delta T) (\sqrt{1 + Z\bar{T}} - 1 / \sqrt{1 + Z\bar{T} + 1}) - 1/2 \quad (4.14)$$

“Z” parametresi, termoelektrik materyalin performansı açısından çok önemlidir. Eğer “Z” büyükse verim yüksek olacaktır. Dolayısıyla, büyük seebeck katsayısı, düşük özdirenç ve kötü ısı iletkenliği istenmektedir. “Z” parametresi materyal parametrelerine bağımlı olduğundan termoelektrik materyallerin karşılaştırılmasında kullanılmaktadır [2].

$$Z = \alpha^2 / \rho\lambda \quad (4.15)$$

Termoelektrik materyaldeki “ $\Delta T = T_H - T_C$ ” sıcaklık farkı ısı yük tarafından belirlendiğinden maksimum “ $\Delta T, Q=0$ ” şartında oluşacaktır. Buna göre;

$$\Delta T_{max} = T_H - (\sqrt{1 + 2ZT_H} - 1) / Z \quad (4.16)$$

Maksimum “ $\Delta T$ ” nin elde edilebileceği akımı bulabilmek için maksimum akım eşitliği elde edilecektir. Çünkü bu değerden sonra akımı arttırmanın hiçbir faydası olmadığı için joule ısı etkisinin değeri artacağı için peltier elemanın soğurabileceği net ısı ( $Q$ ) düşecektir [28]. Buna göre maksimum akım;

$$I_{max} = (\lambda G / \alpha) (\sqrt{1 + 2ZT_H} - 1) \quad (4.17)$$

şeklinde yazılır.

### 4.1.3. Thomson Etkisi

1856 yılında bulunan thomson etkisi şöyle açıklanabilir; akım taşıyan bir iletkenin uçları arasında sıcak farkı varsa akım yönüne göre jolue ısısına ek olarak Thomson ısısı açığa çıkmaktadır. Thomson ısısı akım şiddeti, sıcaklık farkı ve zaman ile doğru orantılıdır [29].

Thomson etkisi, Seebeck ve Peltier etkileri arasındaki ilişkiyi verir. Böyle bir devrede oluşan ısı hem elektrik akımına hem de sıcaklık gradyenine bağlıdır [37].

Ortaya çıkan Thomson ısısı;

$$Q_T = \tau \Delta T I \quad (4.18)$$

$Q_T$ : Thomson ısısı ( W ),

$\Delta T$ : İletkenin uçları arasındaki sıcaklık farkı ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$I$  : İletken üzerinden geçen akım şiddeti (A),

$\tau$  : Thomson katsayısı ( $\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) dır [30].

#### 4.1.4. Jeul Etkisi

Jeul etkisi, devreden geçen akım sonucu ortaya çıkan ısı enerjisidir. Bu etki her iki yüzeye eşit olarak (yarı yarıya) paylaşılmaktadır. [37].

$$Q_j = I^2 R \quad (4.19)$$

$R$ : Termoelemanın direnci ( $\Omega$ ),

$I$  : Devreden geçen akım(Amper).

#### 4.1.5. Feuer Etkisi

Feuer etkisi; iki yüzey arasındaki sıcaklık farkından dolayı iletimle olan ısı geçişini ifade eder. Yüzeyler arası sıcaklık farkı arttıkça bu değer de artmaktadır.

$$Q = k A \Delta T \quad (4.20)$$

$k$  : Isı iletim katsayısı ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ),

$A$  : Kesit alanı ( $\text{m}^2$ ),

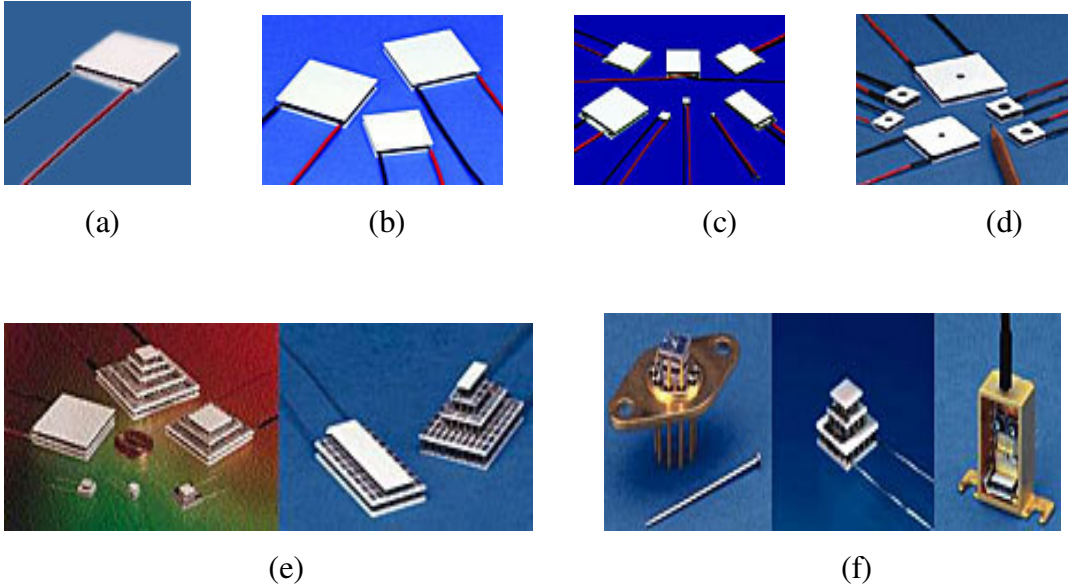
$\Delta T$  : Sıcaklık farkı (K)

## 4.2. TERMOELEKTRİK MODÜLLER

Termoelektrik modüller; iki farklı metalden oluşan, birleşme noktaları farklı sıcaklıklarda bulunan kapalı bir devreden oluşmaktadır [31].

Termoelektrik soğutucular, bazen termoelektrik modül veya “Peltier soğutucusu” diye de adlandırılabilir. TE soğutucular, küçük bir ısı pompası gibi çalışan yarıiletkenlerdir. Bir doğru akım kaynağından sağlanan küçük bir voltaj sayesinde, ısı modülün bir ucundan diğerine doğru hareket eder. Böylece modülün bir yüzü ısınırken, diğeri de eş zamanlı olarak soğumaya başlar. Bu olay, doğru akım kaynağının artı ve eksi kutuplarının yer değiştirmesiyle tersine çevrilebilir. Bir termoelektrik modülü, kullanım amacına göre ısıtıcı veya soğutucu olarak kullanılabilir. Çoğu termoelektrik soğutucu modül, yüzey alanı başına 3-6 W/cm<sup>2</sup>’lik bir pompalama yapabilir [4].

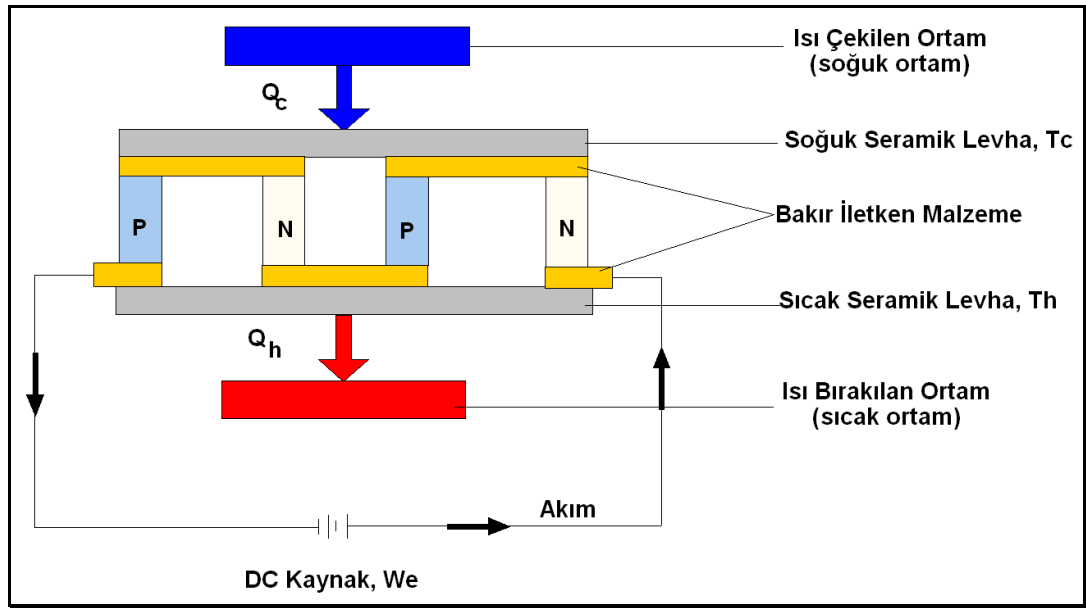
Termoelektrik modüller farklı ebatlarda ve değişik şekillerde imal edilmektedirler. Şekil 4. 5’de görülmektedir.



Şekil 4.5. Termoelektrik modül şekilleri (a,b,c,d,e,f) [28].



Termoelektrik soğutma, “N” ve “P” tipi yarı iletken metal çiftlerinden oluşmuş bir veya daha çok modülden, bir doğru akımın geçmesi ile elde edilir. Şekil 4.6’da bir “N” ve “P” yarı iletken çiftinden meydana gelmiş bir termoelektrik soğutma modülü gösterilmiştir. P ve N tipi termoelemanlar elektriksel olarak seri, ısıl olarak paralel şekilde seramikler arasına bağlanırlar. Akımın yönüne bağlı olarak ısıtma ve soğutma elde edilebilir. Şekil 4. 6’den de görüleceği gibi soğutma durumunda, doğru akım “N” tipi yarı iletkenden “P” tipine geçmektedir. Akım, düşük enerji seviyesindeki “P” tipi yarıiletken malzemedan yüksek enerji seviyesine geçtiğinde soğutulacak ortamdan ısı çekerek soğutma meydana getirmektedir. Soğuk ortamdan çekilen bu ısı, yüksek sıcaklıktaki ortama elektronlar vasıtasıyla transfer edilir. Böylelikle ısı, bir ortamdan çekildiği gibi başka bir ortama da terk edilmektedir. Dolayısıyla termoelektrik modül ısı pompası vazifesi de gösterir [32].



Şekil 4.6. Termoelektrik modül kesit görünüşü.

#### 4.2.1. Termoelektrik Modüllerin Kullanımlarına Göre Sınıflandırılmaları

##### 4.2.1.1. Ölçüm Cihazlarında Kullanımı

Termoelektrik modüller; çiy noktası termometresinde, donma noktası termometresinde, mikrofilm kalorimetrede, siyah gövdelerde radyasyon standardı

için, fototüp (photomultiplier) gövdesinde, yakıtların nemini alan ünitelerde, kırılım ölçer (refractometer) olarak, donma noktası referans odasında, yağ (petrol) bulanıklık test cihazı gibi cihazlarda kullanılmaktadır.

#### **4.2.1.2. Endüstriyel Alanında Kullanımı**

Termoelektrik modüller; yarı iletken cihaz üretimi için dopant soğutucularında, semikondüktör cihaz üretimi için silisyum katman soğutma plakasında, semikondüktör cihaz üretimi için kimyasal sirkülasyon sistemi, gibi alanlarda kullanılır.

#### **4.2.1.3. Biyo-Teknoloji Alanında Kullanımı**

Termoelektrik modüller; DNA düzen reaktöründe, tıp kiti soğutucu (Kan için) olarak, biyoaktivite monitörlü-kalorimetre olarak, spektrometre hücre termo programcısı olarak, fotosentez analizde, osmometrede, programlanabilir termal kontrolörde, biyoaktif analizler için termoprogramcı olarak kullanılmaktadırlar.

#### **4.2.1.4. Medikal / Tıp Alanında Kullanımı**

Termoelektrik modüller; cryo-cerrahi destroyerde, mikroskop safhası soğutucusunda, sıcak soğuk stimülatöründe, mikrotome safhası soğutucusunda, portatif mini soğutma kutusu (İnsilün)'n da, diş dolgusu için soğuk plaka olarak, sis çadırın da, soğuk sıcak tedavi battaniyesinde gibi alanlarda kullanılmaktadırlar.

#### **4.2.1.5. Genel Kullanım**

Termoelektrik modüller; daldırma soğutucusunda, vakum pompası akış düzenleyicisinde, soğuk plakada, havalandırmada, sıvı sirkülasyon cihazında, taşınabilir soğutucusu (piknik kutusu) vb. yerlerde kullanılmaktadırlar.

## BÖLÜM 5

### GÜNEŞ PİLLERİ

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, aşağı yukarı sabit ve  $1370 \text{ W/m}^2$  değerindedir, ancak yeryüzünde  $0-1100 \text{ W/m}^2$  değerleri arasında değişim gösterir.

Güneş enerjisinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, güneş enerjisi çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir [33].

Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte, ısıl güneş teknolojileri, Güneş pilleri diye iki ana gruba ayrılabilir [33].

Isıl Güneş Teknolojileri, bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabilceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir. Güneş Pilleri, Fotovoltaik piller denen bu yarı iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirler [33].

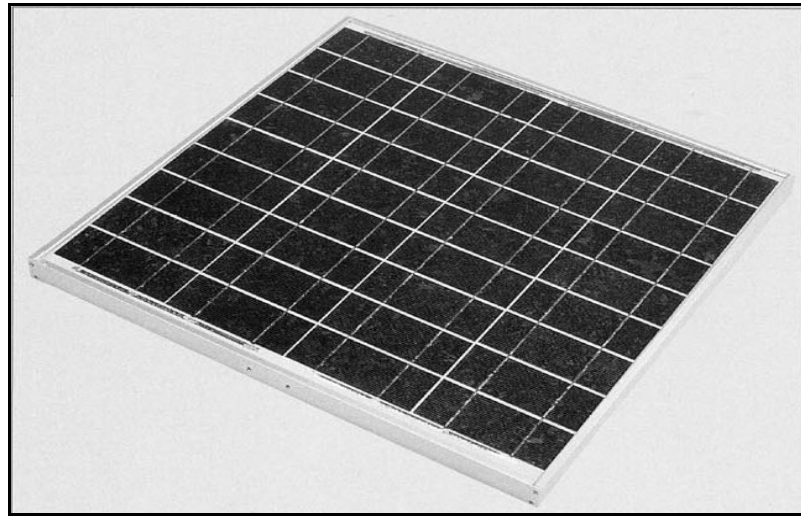
Dünya ile güneş arasındaki mesafe 150 milyon km'dir. Dünya'ya Güneşten gelen enerji, dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır. Güneş, 5 milyar yıl sonra tükenecektir. Güneş ışınımının tamamı yer yüzeyine ulaşmaz, %30 kadarı dünya atmosferi tarafından geriye yansıtılır.

Güneş ışınımının %50'si atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşır. Bu enerji ile Dünya'nın sıcaklığı yükselir ve yeryüzünde yaşam mümkün olur. Rüzgâr

hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olur. Güneşten gelen ışınımının %20'si atmosfer ve bulutlarda tutulur. Yer yüzeyine gelen güneş ışınımının %1'den azı bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Bitkiler, fotosentez sırasında güneş ışığıyla birlikte karbondioksit ve su kullanarak, oksijen ve şeker üretirler. Fotosentez, yeryüzünde bitkisel yaşamın kaynağıdır. Dünya'ya gelen bütün güneş ışınımı, sonunda ısıya dönüşür ve uzaya geri verilir [33].

Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir [34].

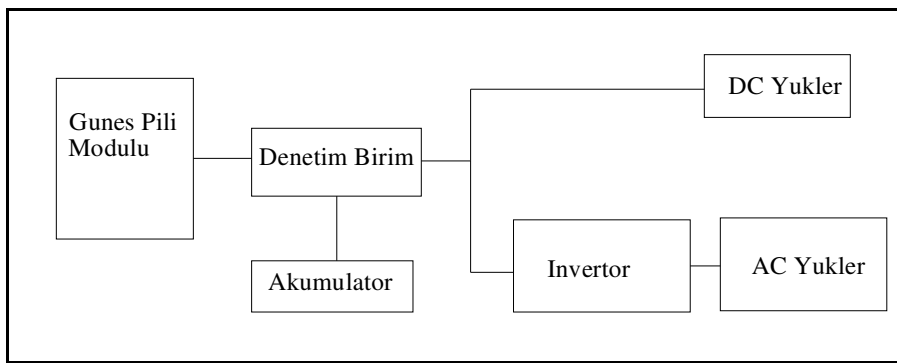
Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm<sup>2</sup> civarında, kalınlıkları ise 0.2-0.4 mm arasındadır. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel yada seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak birkaç Watt'tan Megawattlara kadar sistem oluşturulur [33]. Şekil 5.1'de sistemde kullanılan güneş pili modülü görülmektedir.



Şekil 5.1. Sistemde kullanılan güneş pili modülü (Model KC50).

Güneş pilleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemi (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bu sistemler, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yerlerde, jeneratöre yakıt taşımamanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar. Bunun dışında dizel jeneratörler ya da başka güç sistemleri ile birlikte karma olarak kullanılmaları da mümkündür [3].

Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Güneş pili modülleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre, ya da güneş pillerinden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir invertör eklenerek akümülatördeki DC gerilim, 220 V, 50 Hz'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreler sisteme katılabilir. Bazı sistemlerde, güneş pillerinin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayan maksimum güç noktası izleyici cihazı bulunur. Şekil 5.2'de şebekeden bağımsız bir güneş pili enerji sisteminin şeması verilmektedir.



Şekil 5.2. Güneş pili enerji sisteminin şeması [35].

Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri yüksek güçte santral boyutunda sistemler şeklinde olabileceği gibi daha çok görülen uygulaması binalarda küçük güçlü kullanım şeklindedir. Bu sistemlerde örneğin bir konutun elektrik gereksinimi

karşılırken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen DC elektriğin, AC elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir.

## 5.1. GÜNEŞ PİLLERİN YAPISI VE ÇALIŞMASI

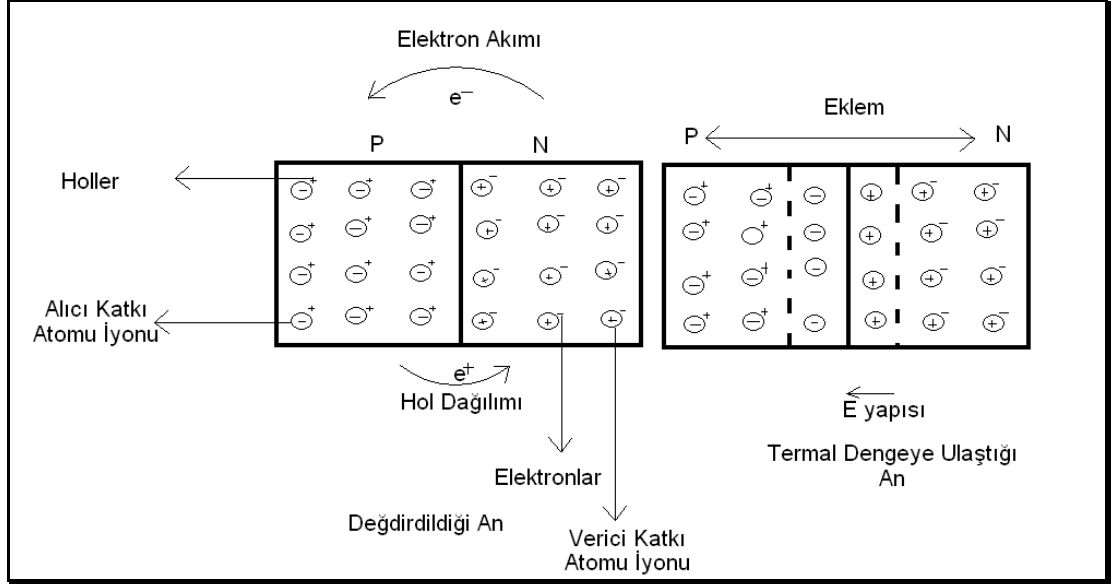
Güneş pilleri yarıiletken maddelerden yapılırlar. Yarıiletken özellik gösteren birçok madde arasında güneş pili yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddelerdir.

Yarı-iletken maddelerin güneş pili olarak kullanılabilmesi için “n” ya da “p” tipi katkıları gereklidir. Katkılama, saf yarıiletken eriyik içerisine istenilen katkı maddelerinin kontrollü olarak eklenmesiyle yapılır. Elde edilen yarı-iletkenin “n” ya da “p” tipi olması katkı maddesine bağlıdır. En yaygın güneş pili maddesi olarak kullanılan silisyumdan “n” tipi silisyum elde etmek için silisyum eriyiğine periyodik cetvelin 5. grubundan bir element, örneğin fosfor eklenir. Silisyum'un dış yörüngesinde 4, fosforun dış yörüngesinde 5 elektron olduğu için, fosforun fazla olan tek elektronu kristal yapıya bir elektron verir. Bu nedenle V. grup elementlerine "verici" ya da "n tipi" katkı maddesi denir.

“P” tipi silisyum elde etmek için ise, eriyiğe 3. gruptan bir element (alüminyum, indiyum, bor gibi) eklenir. Bu elementlerin son yörüngesinde 3 elektron olduğu için kristalde bir elektron eksikliği oluşur, bu elektron yokluğuna hol ya da boşluk denir ve pozitif yük taşıdığı varsayılır. Bu tür maddelere de "p tipi" ya da "alıcı" katkı maddeleri denir.

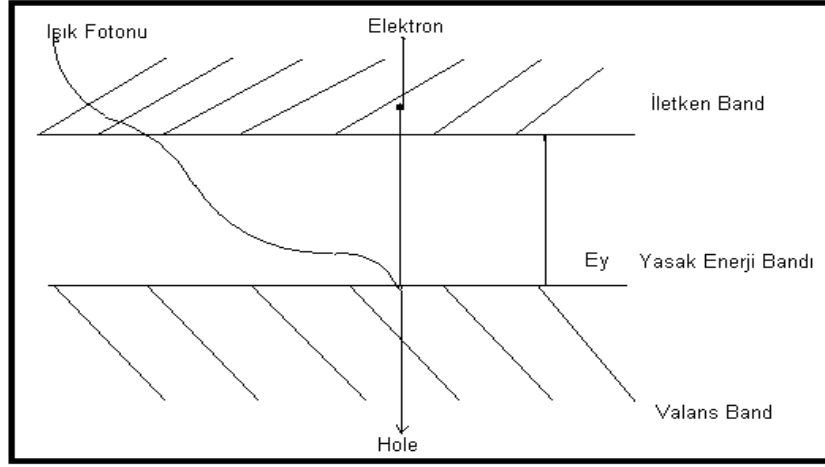
“p” ve “n” tipi katkılandırılmış malzemeler bir araya getirildiğinde yarıiletken eklemler oluşturulur. “n” tipi yarıiletkende elektronlar, “p” tipi yarıiletkende holler çoğunluk taşıyıcısıdır. “p” ve “n” tipi yarıiletkenler bir araya gelmeden önce, her iki madde de elektriksel bakımdan nötrdür. Yani “p” tipinde negatif enerji seviyeleri ile hol sayıları eşit, “n” tipinde pozitif enerji seviyeleri ile elektron sayıları eşittir. “pn” eklem oluştuğunda, “n” tipindeki çoğunluk taşıyıcısı olan elektronlar, “p” tipine doğru akım oluştururlar. Bu olay her iki tarafta da yük dengesi oluşana kadar devam

eder. "pn" tipi maddenin ara yüzeyinde, yani eklem bölgesinde, "p" bölgesi tarafında negatif, "n" bölgesi tarafında pozitif yük birikir. Bu eklem bölgesine "geçiş bölgesi" ya da "yükten arındırılmış bölge" denir. Bu bölgede oluşan elektrik alan "yapısal elektrik alan ( $E_y$ )" olarak adlandırılır. Aşağıda "pn" eklem oluşması şema tize edilmiştir.



Şekil 5.3. PN Eklem Oluşum Şeması

Yarıiletken eklem güneş pili olarak çalışması için eklem bölgesinde fotovoltaj dönüşümünün sağlanması gerekir. Bu dönüşüm iki aşamada olur, ilk olarak, eklem bölgesine ışık düşürülerek elektron-hol çiftleri oluşturulur, ikinci olarak ise, bunlar bölgedeki elektrik alan yardımıyla birbirlerinden ayrılır.



Şekil 5.4. Işıktan Elektron Çiftlerin Oluşumu

Yarıiletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandından oluşur. Bu bandlar valans bandı ve iletkenlik bandı adını alırlar. Bu yasak enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili bir foton, yarıiletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini valans banda ki bir elektrona vererek, elektronun iletkenlik bandına çıkmasını sağlar. Böylece, elektron-hol çifti oluşur. Bu olay, pn eklem güneş pilinin ara yüzeyinde meydana gelmiş ise elektron-hol çiftleri buradaki elektrik alan tarafından birbirlerinden ayrılır. Bu şekilde güneş pili, elektronları n bölgesine, holleri de p bölgesine iten bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron-hol çiftleri, güneş pilinin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. Bu süreç yeniden bir fotonun pil yüzeyine çarpmasıyla aynı şekilde devam eder. Yarıiletkenin iç kısımlarında da, gelen fotonlar tarafından elektron-hol çiftleri oluşturulmaktadır. Fakat gerekli elektrik alan olmadığı için tekrar birleşerek kaybolmaktadırlar.

## 5.2. GÜNEŞ PİLLERİNİN YAPIMINDA KULLANILAN MALZEMELER

### 5.2.1. Kristal Silisyum

Önce büyütülüp daha sonra 200 mikron kalınlıkta ince tabakalar halinde dilimlenen ya da “Tek kristal Silisyum” bloklardan üretilen güneş pillerinde laboratuvar şartlarında % 24, ticari modüllerde ise % 15'in üzerinde verim elde edilmektedir.



Dökme silisyum bloklardan dilimlenerek elde edilen “çok kristal silisyum” güneş pilleri ise daha ucuza üretilmekte, ancak verim de daha düşük olmaktadır. Verim, laboratuvar şartlarında % 18, ticari modüllerde ise % 14 civarındadır.

### **5.2.2. Amorf Silisyum**

Kristal yapı özelliği göstermeyen bu Si pillerden elde edilen verim % 10 dolayında, ticari modüllerde ise % 5-7 mertebesindedir. Günümüzde daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum güneş pilinin bir başka önemli uygulama sahasının, binalara entegre yarısaydam cam yüzeyler olarak, bina dış koruyucusu ve enerji üretici olarak kullanılabilceği tahmin edilmektedir.

### **5.2.3. Galyum Arsenit**

Bu malzemeyle laboratuvar şartlarında % 25 ve % 28 (optik yoğunlaştırıcı) verim elde edilmektedir. Diğer yarıiletkenlerle birlikte oluşturulan çok eklemlı GaAs pillerde % 30 verim elde edilmiştir. GaAs güneş pilleri uzay uygulamalarında ve optik yoğunlaştırıcı sistemlerde kullanılmaktadır.

### **5.2.4. Kadmiyum Tellürid**

Çok kristal yapıda bir malzeme olan CdTe ile güneş pili maliyetinin çok aşağılara çekileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde % 16, ticari tip modüllerde ise % 7 civarında verim elde edilmektedir.

### **5.2.5. Bakır İndiyum Diselenid**

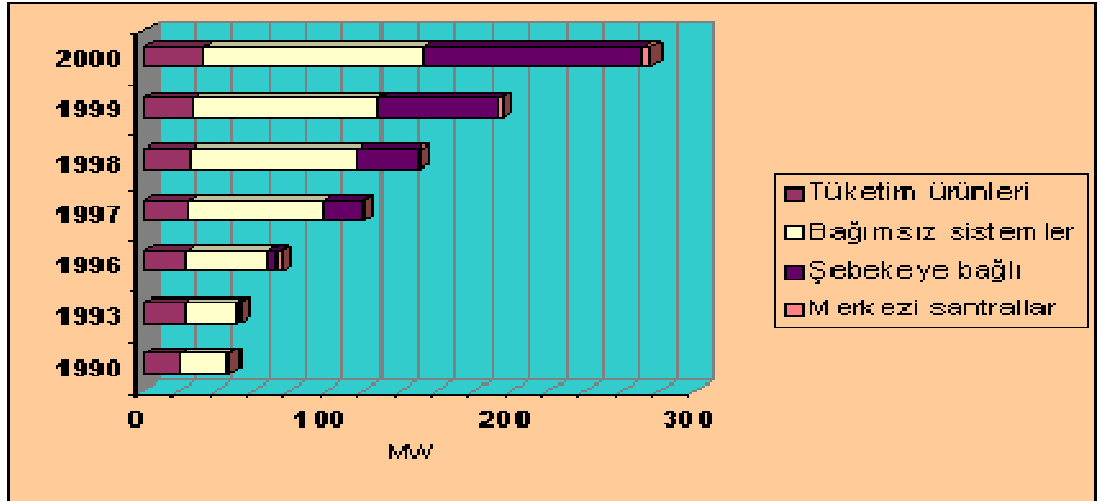
Bu çok kristal pilde laboratuvar şartlarında % 17.7 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise % 10.2 verim elde edilmiştir.

### 5.2.6. Optik Yoğunlaştırıcı Hücresler

Gelen ışığı 10-500 kat oranlarda yoğunlaştıran mercekli veya yansıtıcı araçlarla modül verimi % 17'nin, pil verimi ise % 30'un üzerine çıkılabilmektedir. Yoğunlaştırıcılar basit ve ucuz plastik malzemedan yapılmaktadır.

### 5.3. GÜNEŞ PİLİ KULLANIM ALANLARI

Güneş pilleri tüketim ürünleri, bağımsız sistemler, şebekeye bağlı sistemler, merkezi sistemler gibi değişik alanlarda kullanılırlar. Dünyada güneş pilinin kullanım alanlarının oranları Şekil 5.5'te görülmektedir. Güneş pilleri bağımsız sistemlerde ve şebekeye bağlı sistemlerde daha yaygın kullanılmaktadır.



Şekil 5.5 Dünyada kurulu güneş pilinin kullanım alanlarına göre dağılımı [35].

### 5.4. GÜNEŞ PİLİ UYGULAMALARI

Fotovoltaik sistemlerin çoğunda, güneş ışığından alınan enerji, modüller aracılığıyla toplanarak, gece veya bulutlu günlerde kullanılabilmek için kimyasal enerjiye dönüştürülerek akülerde depolanır. Ayrıca, eğer pillerden alınan güç, istenen miktarda değilse, aradaki fark akülerden karşılanabilir. Depolanan enerjinin, günün her saati ve her hava koşulunda kullanılıyor olmasına karşılık, piller harcanan

enerjiyi, ancak gün ışığında ve genellikle de birkaç saat içinde yerine koymaya çalışmaktadırlar. Sistem dizayn edilirken, çözülmesi gereken en önemli sorun, bu dengeyi sağlamaktır [3].

Güneş pili, elektrik elde etmede, bahçe aydınlatılmasında, karayollarında kullanımında, şebekeye elektrik vermede kullanılmaktadır. Güneş pili ile daha iyi verim elde etmek için güneşi takip sistemler kullanılmaktadır.

Güneş pili izleme sistemleri, temel olarak piramit ayaklar kullanılarak, ayakların köşelerine açı verilmektedir. Modüllere motor yardımıyla rotatörle hareket verilmektedir. Güneş izleme sistemleri birden fazla panelden oluşturulabilirler. PV modülleri DC-DC, DC-AC çeviren paneller seçilebilir [14].

Güneş pili sistemlerinin şebekeden bağımsız olarak kullanıldığı tipik uygulama alanları ise şunlardır; Haberleşme istasyonları, telefon sistemleri, Petrol boru hatlarının katodik koruması, metal yapılar, köprüler, kulelerin korozyondan korunması, Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları, bina içi ya da dışı aydınlatma, dağ evleri ya da yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde TV, radyo, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılması, tarımsal sulama ya da ev kullanımı amacıyla su pompası, orman gözetleme kuleleri, deniz fenerleri, ilkyardım, alarm ve güvenlik sistemleri, deprem ve hava gözlem istasyonları, ilaç ve aşı soğutma gibi alanlarda kullanılırlar [36].

## **5.5. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ**

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli [33].

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
	(Kcal/cm <sup>2</sup> -ay)	(kWh/m <sup>2</sup> -ay)	
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm <sup>2</sup> -gün	3,6 kWh/m <sup>2</sup> -gün	7,2 saat/gün

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir.

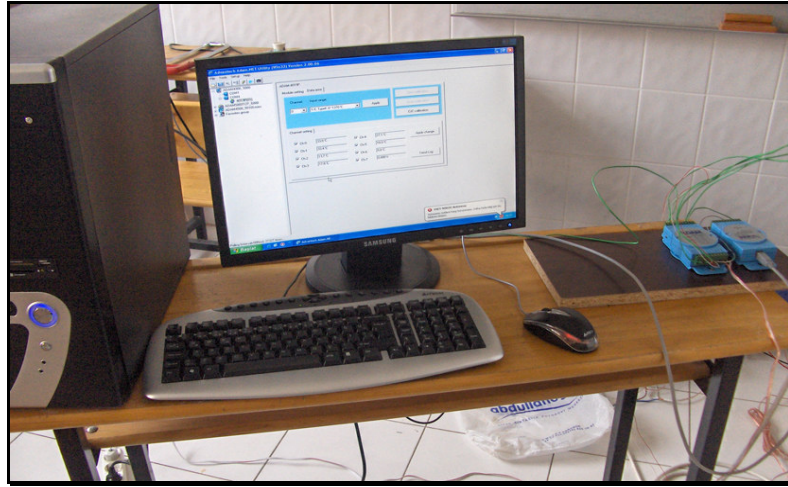
## BÖLÜM 6

### MATERYAL VE METOD

#### 6.1. MATERYAL

Elektrik ihtiyacı güneş pilinden sağlanan termoelektrik soğutucunun performans deneyleri için her biri 50 W olan 4 adet güneş pili ve 8 adet TEC1-12703T125 termoelektrik modül ve diğer malzemeler kullanılmıştır.

Sistemin sıcaklık ölçümleri bilgisayar ortamında Adams programıyla hesaplanmıştır. Şekil 6.1' de gösterilmiştir.

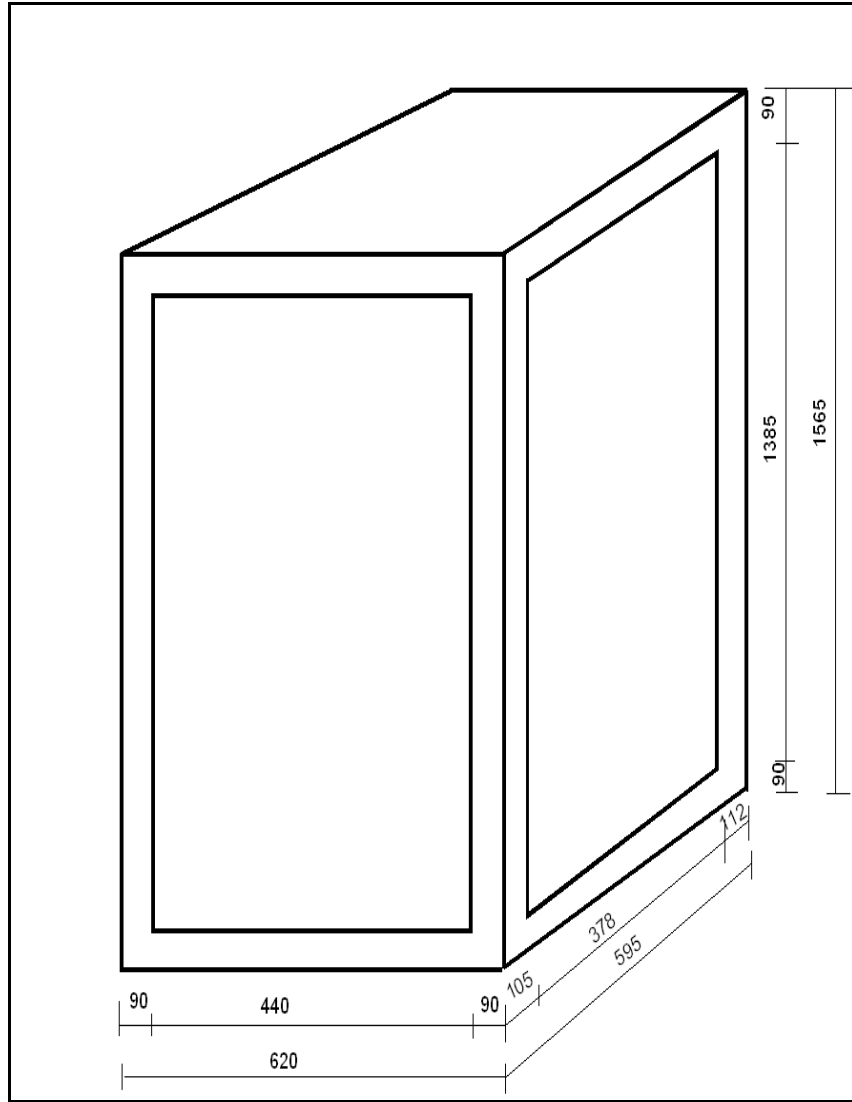


Şekil 6.1. Sıcaklık ölçümlerinde kullanılan bilgisayar

Deneyde; soğutucu, ısı değiştiriciler, güneş pili, termoelektrik modül ve diğer malzemeler kullanılmıştır.

### 6.1.1. Soğutucu (Dolap)

Soğutulacak dolap AEG firmasına ait tek kapılı, 620x595x1565 mm ölçülerinde olup, hazır alındı ve içten yalıtımı artırıldı. Dolap taslak olarak Şekil 6.2’de gösterilmiştir. Dolap sırasıyla; (demir sac- poliüretan-demir sac- Stryofoam (XPS) yalıtım malzemeleriyle yalıtılmıştır. Dolabın arka yüzeyi modüllerin yerleştirilmesi için iki yerden 350x400 mm ölçülerinde delinmiştir. Dolabın yalıtım işlemleri yapıldıktan sonra kalan soğutulacak hacim 440x378x1385 mm ölçülerindedir.



Şekil 6.2. Sistemde kullanılan dolabın boyutları.

### 6.1.2. Dolabın Isı Kazançları

Soğutulacak dolabın ısı kayıpları Fourier etkisi formülüyle hesaplanmıştır.

Fourier etki için;

$$Q_F = KA\Delta T$$

$Q_F$  : Yüksek sıcaklıktaki bölgeden düşük sıcaklıktaki bölgeye giden ısı miktarı (W)

$A$  : Malzemenin toplam alanı (m<sup>2</sup>)

$K$  : Malzemenin ortalama ısı iletim katsayısı (W/m<sup>2</sup>°C)

$$K_{ort} = \frac{1}{1/h_1 + d/\lambda + 1/h_2}$$

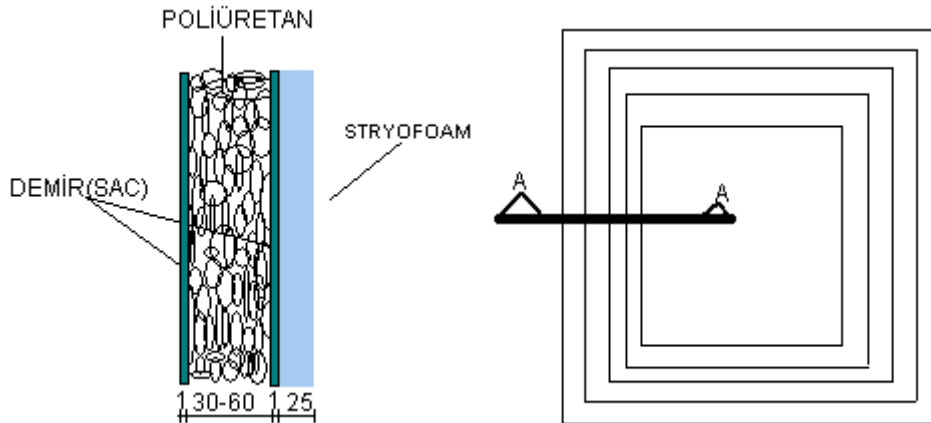
$h$  : Isı İletim katsayısı (W/m<sup>2</sup> K)

$\lambda$  : Malzemenin iletkenlik katsayısı (W/mK)

$d$  : Malzemenin kalınlığı (m)

$\Delta T$  : İç ortam ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkı (°C)

Soğutulacak dolabın iç hacmi 440x378x1385 mm dir. Dolap 1mm demir sac'tan yapılmış, içi 30 ile 60mm arasında poliüretan ve poliüretan üzeri yine 1mm demir sac, sacın üzerine 25mm Stryofoam (XPS) yalıtım malzemeleriyle yalıtılmıştır. Soğutulacak dolabın içindeki yalıtım malzemeleri Şekil 6.3'de gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Soğutulacak dolabın duvarları içindeki yalıtım malzemeleri (A-A Kesiti)

Dolap için dış sıcaklık 30°C ve iç sıcaklık 0°C alınmıştır. Alınan iç ve dış sıcaklığa göre dolabın ısı kayıpları hesaplanmıştır.

### **Yan duvarların ısı kazancı;**

Soğutulacak kabinin yapımında 1mm kalınlığında sac demir ve kabinin içini yalıtım için 38mm kalınlığında poliüretan, yine 1mm kalınlığında sac demir, 25mm kalınlığında Stroyofoam kullanılmıştır.

$$Q_F = KA \Delta T$$

$$\Delta T = 30 - 0 = 30^\circ C$$

$$A = 1,565 \times 0,595 = 0,9312 \text{ m}^2$$

$$K = \frac{1}{1/\alpha_{iç} + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + d_3/\lambda_3 + 1/\alpha_{dış}}$$

$$\alpha_{iç} = 8,14 \text{ W/m}^2\text{K} \quad d_1 = 0,001 \text{ m} \quad \lambda_1 = 47 \text{ W/mK} \quad d_2 = 0,038 \text{ mm} \quad \lambda_2 = 0,035 \text{ /mK}$$

$$d_3 = 0,001 \text{ m} \quad \lambda_3 = 47 \text{ W/mK} \quad d_4 = 0,025 \text{ m} \quad \lambda_4 = 0,033 \text{ W/mK} \quad \alpha_{dış} = 23,26 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$K = \frac{1}{1/8,14 + 0,001/47 + 0,038/0,035 + 0,001/47 + 0,025/0,033 + 1/23,26}$$

$$\frac{1}{K} = 0,123 + 2,13 + 1,09 + 2,13 + 0,756 + 0,043$$

$$K = 0,159 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ C$$

$$Q = KA \Delta T$$

$$Q = 0,159 \times 0,93 \times 30$$

$$Q = 4,44 \text{ W}$$

Dolabın iki yüzeyi için

$$Q = 4,44 \times 2 = 8,88 \text{ W}$$

### **Ön duvar (kapı) ısı kazancı;**

$$\Delta T = 30 - 0 = 30^\circ C$$

$$A = 1,565 \times 0,620 = 0,9 \text{ m}^2$$



$$K = \frac{1}{1/8,14 + 0,001/47 + 0,053/0,035 + 0,001/47 + 0,025/0,033 + 1/23,26}$$

$$\frac{1}{K} = 0,123 + 2,13 + 1,51 + 2,13 + 0,756 + 0,043$$

$$K = 0,149 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 0,149 \times 0,97 \times 30$$

$$Q = 4,35 \text{ W}$$

#### **Arka duvar ısı kazancı;**

$$\Delta T = 30 - 0 = 30^\circ\text{C}$$

$$A = 1,565 \times 0,620 = 0,97 \text{ m}^2$$

$$K = \frac{1}{1/8,14 + 0,001/47 + 0,060/0,035 + 0,001/47 + 0,025/0,033 + 1/23,26}$$

$$\frac{1}{K} = 0,123 + 2,13 + 1,71 + 2,13 + 0,756 + 0,043$$

$$K = 0,145 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 0,145 \times 0,97 \times 30$$

$$Q = 4,22 \text{ W}$$

#### **Tavan ve taban ısı kazancı;**

$$\Delta T = 30 - 0 = 30^\circ\text{C}$$

$$A = 1,565 \times 0,595 = 0,93 \text{ m}^2$$

$$K = \frac{1}{1/8,14 + 0,001/47 + 0,038/0,035 + 0,001/47 + 0,025/0,033 + 1/23,26}$$

$$\frac{1}{K} = 0,123 + 2,13 + 1,09 + 2,13 + 0,756 + 0,043$$

$$K = 0,159 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 0,159 \times 0,93 \times 30$$

$$Q = 4,45 \text{ W} \times 2 = 8,90 \text{ W}$$

Dolabın içinde bulunan fanın çektiği gerilim 10 V, akım ise 0,1A dır. Fandan gelen ısı “ $Q$ ” ise;

$$Q=I \times V$$

$$Q=10 \times 0,1$$

$$Q=1 \text{ W}$$

Dört fan (iç kısımdan) kullandığımızda 4 W olur.

**Dolabın kapağında olan yaklaşık sızdırmalar “ $Q_s$ ”;**

$$Q_s = \Sigma aLRH\Delta T Z_e$$

$Q_s$  : Hava sızıntısı ısı kaybı, (kW)

$a$  : Hava sızıntısı katsayısı, ( $\text{m}^3/\text{mh}$ )

$L$  : Kabinin açılan kısımlarının çevre uzunluğu, (m)

$R$  : Kabin durum katsayısı,

$H$  : Duvar durum katsayısı, ( $\text{kWh}/\text{m}^3$ )

$\Delta T$  : İç ve dış sıcaklık farkı, ( $^{\circ}\text{C}$ )

$Z_e$  : Katsayı.

$$Q_s = \Sigma aLRH\Delta T Z_e$$

$$Q_s = 2 \times 3,64 \times 0,7 \times 0,279 \times 10^{-3} \times 30 \times 1$$

$$Q_s = 42,65 \text{ W}$$

**Modülün takılması için dolabın arka tarafına açılan delikten olan sızdırmalar  $Q_s$ ;**

$$Q_s = 2 \times 1,70 \times 0,7 \times 0,279 \times 10^{-3} \times 30 \times 1$$

$$Q_s = 20 \text{ W}$$

### Kabinin toplam ısı kazancı;

$Q_T = \text{Duvarlardan ısı kazancı} + \text{Sızdırmazlıklardan olan ısı kazancı} + \text{Fandan ısı kazancı}$

$$Q_T = 26,35 + 62,65 + 4$$

$$Q_T = 93 \text{ W}$$

### 6.1.3. Modül Seçimi

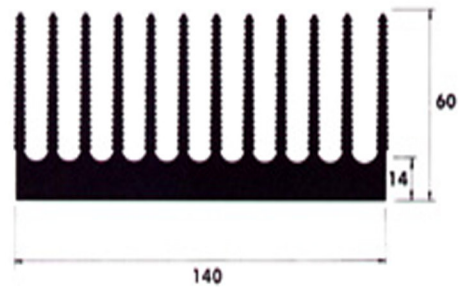
$$D_T = 30 - 0 + 13 = 43 \text{ C}$$

$$D_T = 35 \text{ C} / 70 \text{ C} = 0,5$$

$$Q_{max} = 93 / 0,5 = 186 \text{ W}$$

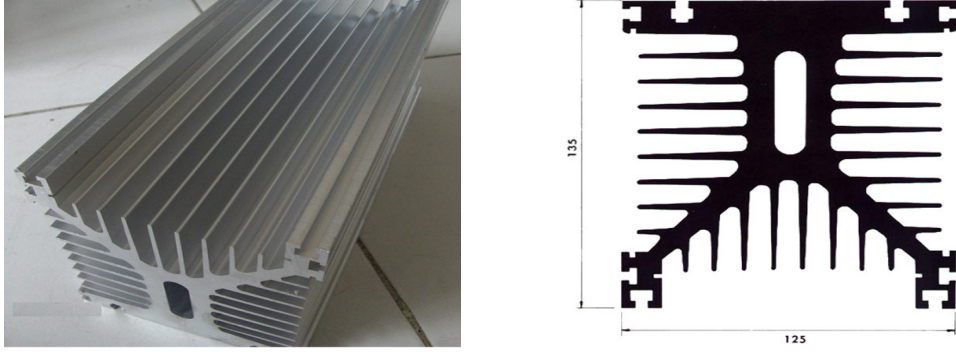
### 6.1.4. Isı Değiştiriciler

Soğutucunun içinden ısıyı çekmek için iki termoelektrik modül üzerine 40x40x10 mm ölçülerinde iki bakır blok ve bakır blok üzerine 140x60x300mm ölçülerinde kanatlı alüminyum soğutucu parça konulmuştur. Soğutulacak ortamdaki havayı hareketlendirmek için alüminyum parça üzerine fan yerleştirilmiştir. Kanatlı alüminyum plaka şekil 6.4’de gösterilmiştir. Sistemin iç kısmında dört adet kanatlı alüminyum plaka, sekiz adet bakır parça, sekiz adet termoelektrik modül, dört adet fan kullanılmıştır.

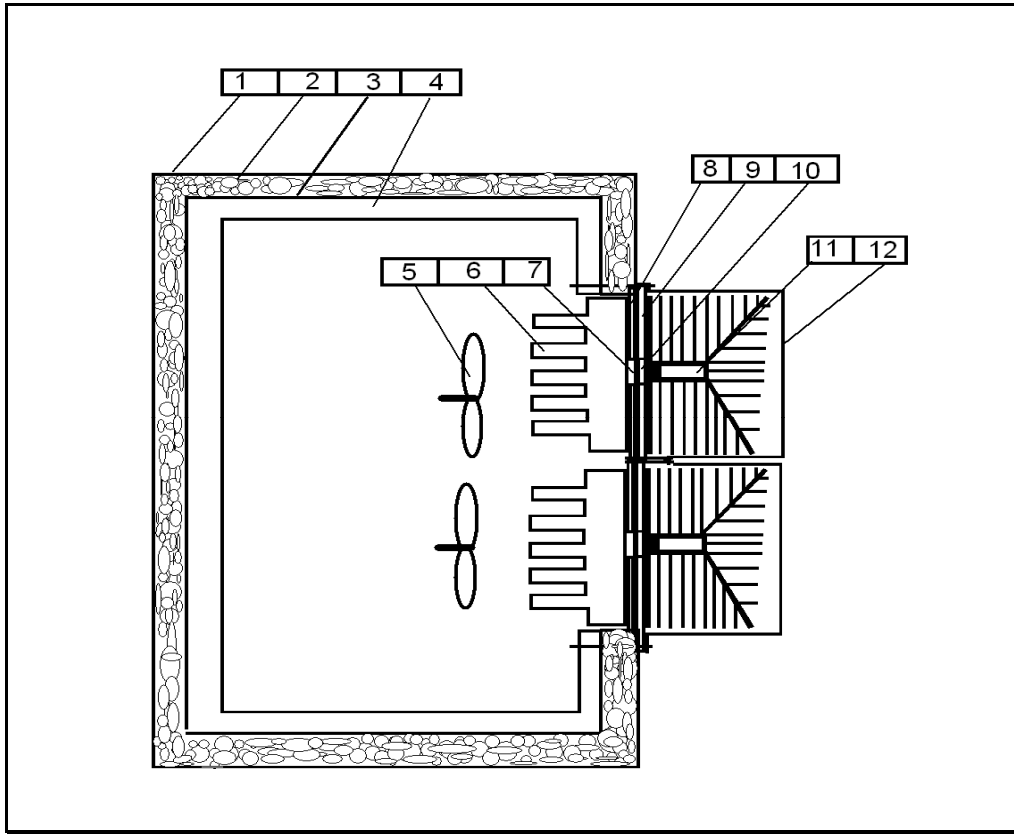


Şekil 6.4. Kanatlı alüminyum plaka (model AS80) ve ölçüsü [39].

Soğutucunun dış tarafından ısıyı atmak için 125x135x300 mm ölçülerinde dört adet AS90 model alüminyum plaka kullanılmış olup, şekil 6.5’de görülmektedir. Dışarıda ısı transferini arttırmak için alüminyum parçanın alt tarafına fan yerleştirilmiştir.



Şekil 6.5. Isıyı dışarı atan alüminyum plaka (AS90) ve ölçüsü [39].

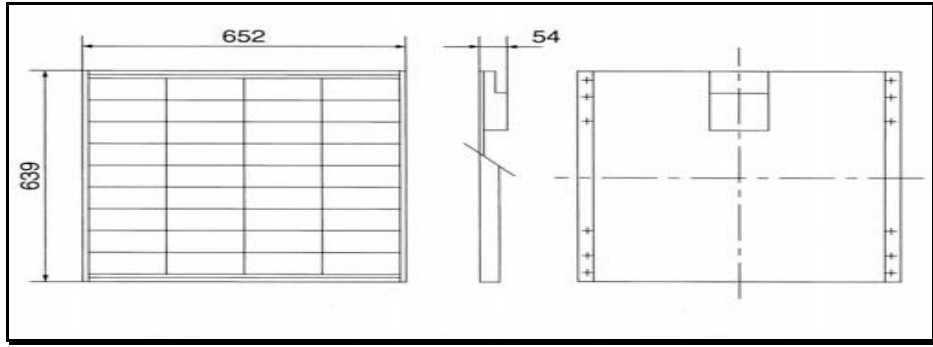


Şekil 6.6. Termoelektrik soğutma sisteminin kesit görünüşü.

(1. Demir sac, 2. Poliüretan, 3. Demir sac, 4. Stryofoam(XPS), 5. Fan, 6. Kanatlı Alüminyum plaka (AS80), 7. Bakır plaka 8. Isı yalıtım 9. Mika , 10. Termoelektrik Modül, 11. Alüminyum Plaka (AS90), 12. Galvanizli sac).

### 6.1.5. Güneş Pilleri

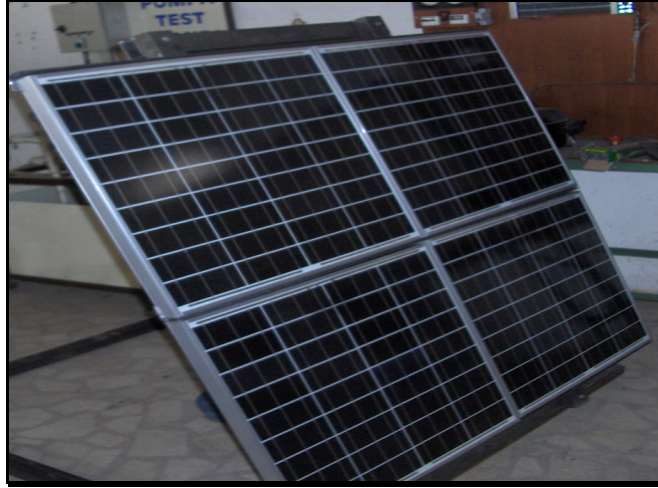
Yapılan bu sistemde şebeke elektriği kullanılmayacağı için enerjisi güneş pillerinden sağlanmıştır. Güneş pillerinden maksimum verim elde etmek için güneş pillerine istenilen açıyı verebilecek ayaklar tasarlanmıştır. Uygulamada KYOCERA Firmasına ait KC50 model, 50 W gücünde ve 652x639x54 mm ölçülerinde 4 adet güneş pili kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan Güneş pillerinin ölçüleri Şekil 6.7 ve Şekil 6.8 de, özellikleri de Çizelge 6.1 de gösterilmiştir.



Şekil 6.7. Sistemde kullanılan güneş pillerinin ölçüleri [41].

Çizelge 6.1. Sistemde kullanılan güneş pillerinin özellikleri [41].

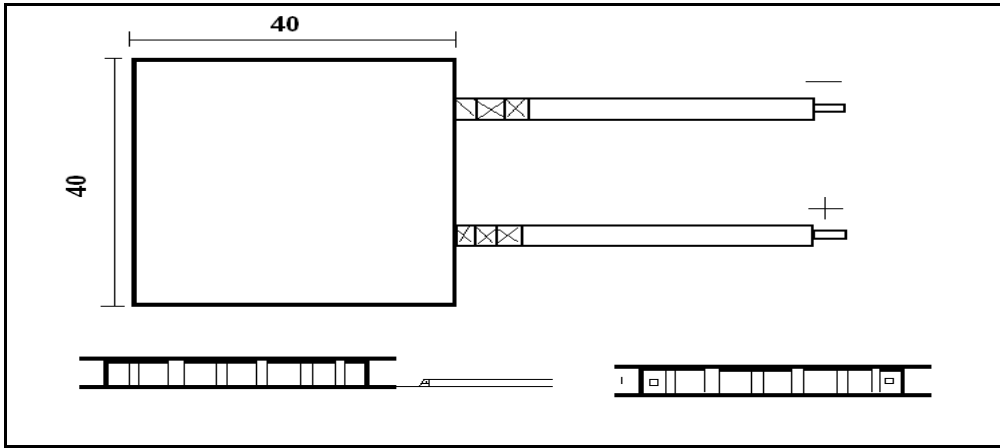
Model	KC50
Max. Güç	50 W
Max. Voltaj Gücü	16.7 V
Max. Geçer Akım	3 A
Açık Devre Gerilim	21.15 V
Kısa Devre Akım	3.10 A
Uzunluğu	639 mm
Genişliği	652 mm
Kalınlığı	54 mm
Ağırlığı	5 kg



Şekil 6.8. Sistemde kullanılan güneş pilleri (Model KC50).

### 6.1.6. Termoelektrik Modüller

Soğutucunun ısı kazançları hesaplandıktan sonra ısı kazancına en yakın soğutma gücünde TEC1-12703T125 modül bulunmuştur. Sistemde sekiz adet modül kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan modül ölçüleri Şekil 6.9’da, modülün değerleri de Çizelge 6.2’de gösterilmiştir.



Şekil 6.9. Termoelektrik modül boyutu.

Çizelge 6.2. Termoelektrik modülün değerleri (Med Sel, 2003)

Model	N	$V_{max}$	$I_{max}$	$T_{max}$	$Q_{max}$	LxWxH (mm)	R ( $\Omega$ )
TEC1-12703T125	127	15.2	3	67	29.7	40x40x5.4	4.260

TE modüllerin teknik verileri üretici firma tarafından verilmiştir. Bu verilere göre: 3 A akım geçerken yüzeyler arası sıcaklık farkı 67°C olduğunda soğutma kapasitesi sıfır, yüzeyler arası sıcaklık farkı sıfır olduğunda soğutma kapasitesi 29.7 W olmaktadır. Bu değerleri sağlayacak şekilde aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir:

$$Q_c = \frac{(67 - \Delta T)}{67} 29.7 \quad (4.21)$$

Burada “ $\Delta T$ ”, TE modülün yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkıdır. Soğutma kapasitesinin akımla doğru orantılı olduğu da göz önüne alınarak:

$$Q_c = \frac{(67 - \Delta T)}{67} 29.7 \frac{I}{3} \quad (4.22)$$

elde edilir. Burada I devreden geçen akımdır.

Yapılan deneyde akım 2.5 A, modül yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı 22.6 °C göz önüne alınarak yapılan hesaplamada, her modül için 16.4 W soğutma gücü elde edilmiş ve sekiz tane modül olduğundan toplam soğutma gücü 131.2 W bulunmuştur.

#### 6.1.7. Diğer malzemeler

Deney düzeneğinin yapımında ısı transferi için bakır malzemeler ve alüminyum malzemeler kullanılmıştır. Alüminyum kanatlardaki soğukluğu iç ortama yaymak için kabin içine fan yerleştirilmiştir. Ayrıca dolabın dışında bulunan iç ısıyı dışarıya atan Alüminyum plakasının ısıyı daha çabuk devir daim yapabilmesi için alt kısımlarına birer fan bağlanmıştır. Sistemde sekiz adet fan kullanılmıştır. Şekil 6.10’da kabin içinde fanın yerleştirilmesi gösterilmiştir.



Şekil 6.10. Soğutucunun içine fanların yerleştirilmesi.

Fan; termoelektrik modülün ısınan tarafında oluşan ısının alınarak  $\Delta T$  değerinin yüksek değerde tutulmasını sağlamak için 3 W fırçasız 12 Volt DC motor fan kullanılmıştır.

Deneyleerde, sekiz ayrı noktadan sıcaklık ölçmek için Advantech marka ADAM 4019+ model veri algılayıcı ve ADAM-4561 model dönüştürücü bilgisayara bağlanarak kullanılmış ve Şekil 6.11’de gösterilmiş olup özellikleri Ek Açıklamalar B ve C’de verilmiştir.



Şekil 6.11. ADAM 4561 dönüştürücü ve ADAM 4019 sıcaklık algılayıcı [40].



## 6.2. METOT

Dolabın ısı kazancı hesaplandıktan sonra gerekli ısı kazancına göre termoelektrik modüller seçilmiştir. TE modüllerin ihtiyacına göre de güneş pilleri seçilmiştir. Yapılan uygulamada soğutma cihazının değişik sıcaklıklarda gösterdiği performansı, güneş pilinden elde edilen akım ve gerilim bilgisayarda hassas bir şekilde tespit edilmektedir. ADAM isimli ısı algılayıcıların bilgisayara bağlantısı yapılarak soğutucu üzerinde farklı yerlerden (iç- dış yüzey sıcaklık, soğutucunun iç ve dış sıcaklığı vb) dakika dakika ölçüm yapılmıştır. Bu değerler kullanılarak termoelektrik soğutucunun malzeme ve elektriksel özellikleri sabit tutularak termodinamik bağıntılar yardımıyla performans katsayısı hesaplanacaktır. Güneş pilinin ve termoelektrik soğutma cihazının üretici firma tarafından gönderilen katalog değerleriyle karşılaştırılacaktır.

## BÖLÜM 7

### ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 7.1. Deney Sonuçları

Sistem hazırlandıktan sonra laboratuvar şartlarında güç kaynakları ile çok sayıda deneme yapılmıştır. Bu deneylerde optimum (en iyi) çalışma gerilimi tespit edilmiş ve bu değere göre güneş pillerinin ve TE modüllerin bağlantı şekli belirlenmiştir. Daha sonra güneş pili ile deneylere geçilmiştir. Bu deneylerden en iyi sıcaklık farkı 11 Eylül 2009 tarihinde meydana gelmiştir. Bu deneydeki sıcaklık farkı 15.8 °C ye kadar düştüğü görülmüştür. 11 Eylül günü saat 10:43 ile 17:00 arasında yapılan deneyde, saat 12:00 ye kadar her dakika 12:00 den sonra her beş dakikada bir dört ayrı yerden (dolap dış yüzey sıcaklık; “ $T_H$ ”, dolap iç yüzey sıcaklık; “ $T_C$ ”, oda sıcaklığı (dolabın iç sıcaklığı); “ $T_{iç}$ ”, ortam sıcaklığı (dış sıcaklık); “ $T_{du}$ ”) ölçüm alınmıştır. Deney sonuçları Ek Açıklamalar A’da verilmiştir.

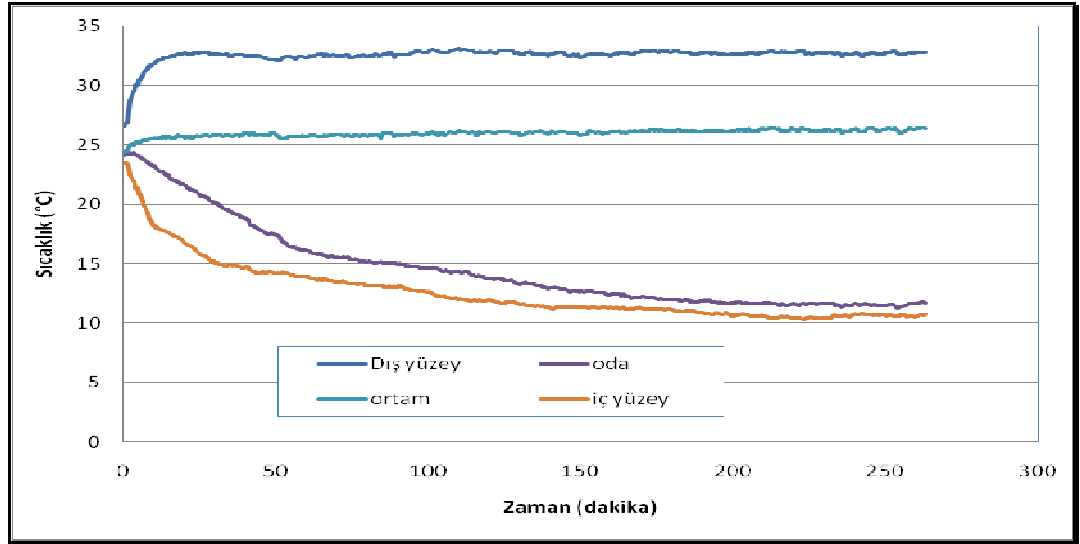
Deney sonuçlarına göre yapılan hesaplamalarda modüller için soğutma gücü 131.2 W bulunmuştur. Güneş ışınımı 750 W/m<sup>2</sup> ölçülmüştür. Güneş pillerinden elde edilen ve Termoelektrik modüllerin harcadığı güç 220 W bulunmuştur. Bu sonuçlara göre COP değeri % 58 değerinde bulunmuştur.

#### 7.2. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

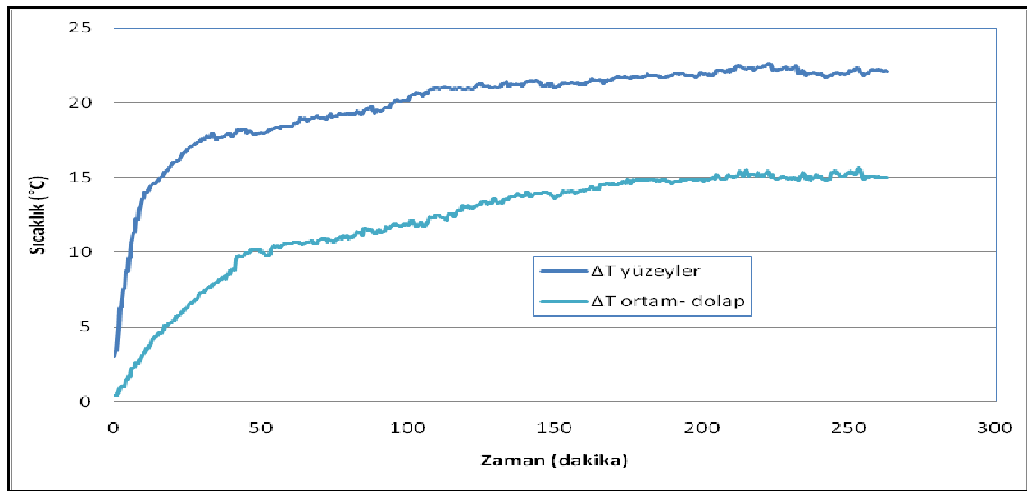
Termoelektrik soğutucu ilk çalıştırıldığından itibaren Ek Açıklamalar A’da verilen deney sonuçlarında görüldüğü gibi dış yüzey sıcaklık arttıkça iç yüzey sıcaklığın düştüğü görülmektedir. Saat:10:55’den saat: 11:21’e kadar iç sıcaklık yüzeyin istikrarlı bir şekilde düştüğü daha sonraki zamanda inişli çıkışlı olduğu görülmektedir. Saat: 15:00 sıralarında soğutucu modülün yüzeyler arasındaki sıcaklık

farkı 22.6 °C olduğu ve daha sonrada yüzey sıcaklık farkının çok fazla değişmediği Ek Açıklamalar A ve Şekil 7.1’de görülmektedir. Dolabın iç sıcaklığı saat: 15:45 sıralarında iç sıcaklık (oda sıcaklığı) 10.7 °C ye kadar düştüğü dış sıcaklık(ortam sıcaklığı) ise 26.5 °C olduğu Ek Açıklamalar A’da görülmektedir. Dolabın iç ve dış sıcaklık farkının 15.8 °C kadar düştüğü görülmüştür.

Her dakika için elde edilen deneysel verilerin zamana bağlı değişimi grafiklerle Şekil 7.1 ve Şekil 7.2’de gösterilmiştir. Denede dış sıcaklık ile dış yüzey sıcaklığın simetrik şekilde ilerlediği, dolap iç sıcaklık ile iç yüzey sıcaklığın yaklaşık 25 °C den 10 °C dereceye kadar belli bir periyotla düştüğü Şekil 7.1’de görülmektedir.



Şekil 7.1. Termoelektrik soğutucu dolap iç-dış ve yüzey sıcaklık zaman grafiği



Şekil 7.2. Termoelektrik soğutucunun “ΔT ” grafiği

Soğutucunun yüzey ortalama sıcaklık farkı ile iç ve dış ortamın ortalama sıcaklık farklarının belli bir periyotta istikrarlı şekilde oldukları Şekil 7.2’de görülmektedir. Güneş pilini güneşe karşı istenilen açıda tutabilmek için ayarlanabilir ayaklarla belirli açılarda tutulmuştur. Gerilimin 8 V ile 10 V arasında olduğunda termoelektrik soğutucuda düzenli ve maksimum soğuma görülmektedir. Gerilim optimum gerilimin altına düştüğünde ve üzerine çıktığında sıcaklık artmaktadır.

Soğutucunun içerisinde fanların kullanılması ortama ısı kazancı sağlamasına rağmen soğuk yüzeyin ısı çekmesine çok büyük faydası olmaktadır. Değişik gerilimler altında fanlı ve fansız yapılan deneyler Ek Açıklamalar D’de belirtilmiştir.

Termoelektrik modülde açığa çıkan ısının, sıcak yüzeyden uzaklaştırılması için suyla doğrudan bağlantısı yapıldı, suyun iyi devir daim yapması için küçük su motoru bağlandı hatta eşanjör kullanıldı ancak peltier’in verimini artıramadı. Tarafımızda kullanılan alüminyum plakların fanlar ile kullanıldığında daha etkili olduğu görülmesi üzerine bu sistem kullanıldı.

## BÖLÜM 8

### TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan uygulamada termoelektrik soğutma sisteminin enerjisi doğrudan güneş pilleri kullanılarak sağlanmaktadır. Deney esnasında güneş pilinin hareketli ayakları yardımıyla gerilim sabit tutulmuştur. Dış yüzey sıcaklık 32.7 °C iken iç yüzey sıcaklık 10.1 °C ye kadar düşmüştür. Yani modülün iç-dış yüzey sıcaklık farkı maksimum 22.6 °C elde edilmiştir. Ortam sıcaklığı (dış sıcaklık) 26.5 °C iken oda sıcaklığı (iç sıcaklık) 10.7 °C ye kadar düşmüştür. İç-dış sıcaklık farkı maksimum 15.8 °C olduğu görülmüştür.

750 W/m<sup>2</sup> güneş ışınım şiddetinde yapılan deneyde alınan ölçümlere göre yapılan hesaplamada COP değeri 0.58 olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışma esnasında peltierin sıcak yüzeyindeki ısıyı uzaklaştırmak için sudan havaya ısı transferi yerine havadan havaya ısı transferinin daha verimli olduğu görüldü.

İyi bir uzaklaştırıcı oluşturulabilirse, soğuk yüzeyin ısısı düşeceğinden verimin artışına yardımcı olacaktır. Daha düşük iç sıcaklık elde etmek için performansı yüksek termoelektrik modül ve güneş pili seçilebilir.

Dolabın iç sıcaklığını daha düşük sıcaklıklara düşürmek için verimi yüksek olan Peltier seçilmeli ve sıcak yüzeyden ısı çok iyi bir şekilde atılması için farklı sistemler denenmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Ültanır, M. Ö., “Türkiye açısından yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yeri 21. yüzyıla girerken Türkiye’nin enerji stratejisinin değerlendirilmesi”, *Tüsiad Raporu Yayın No:T/98-12/239* (1998).
2. Ahiska, R., Ciylan, B., Savaş, Y. ve Güler, İ., “Standart termoelektrik modülün Z parametlerinin ölçülmesi için yeni yöntem ve yeni sistem”, Gazi Üniversitesi, *Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19 (4): 467-473 (2004).
3. Boztepe, M., “Güneş pilleri ile çalışan peltier elemanlı bir soğutucu sistemin geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi*, 10-22 (1995).
4. Gao, M., Rowe, D.M., “Exporitemel evaluation of prototype thermoelectric domestic refrigerators”, *Applied Energy*, 83 (2): 1-20, (2005).
5. Atik, K., Çakır, H., “Doğrudan bağlantılı fotovoltaik soğutma sistemi”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi* 3 (3): 33-37 (2006).
6. Kırmacı, V., Usta, H., “Termoelektrik etkiler ve soğutma etkinliğinin soğutmada uygulanması”, G.Ü, Teknik Eğitim Fakültesi, *Teknoloji Dergisi*, Ankara, 3 (3): 65-71 (2002).
7. Völklein, F., Gao, M. and Rowe, D.M., “Modelling of a microelectromechanical thermoelectric cooler”, *Sensör and Actuators*, 75 (2): 95-101 (1999).
8. Fidan, U., “Mikro denetleyici kontrollü taşınabilir termoelektrik tıp kiti cihazı tasarımı uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi*, Ankara, (2000).
9. Vian, J.G., Astrain, D., Dominguez, M., “Numerical modelling and a desing of a thermoelectric dehumidifier”, *Applied Thermal Engineering*, 22 (4): 407-422 (2001).
10. Dikmen, E., “Termoelektrik sistemlerin termoelektrik incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi*, Isparta, 31-44 (2003).
11. İnternet: İmadoğlu, A.C., “Portatif buzdolabı projesi raporu”, Bilim Teknik Dergisi, [http://www.biltek.tubitak.gov.tr/tekno\\_tezgah](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/tekno_tezgah), (2009).
12. Işık, H., “Mikro denetleyicili, sıcaklık kontrollü amgk sisteminin tasarımı, gerçekleştirilmesi ve termoelektrik sistemlere uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi*, (2002).

13. Dişlitaş, S., Ahiska, R., “Yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren mikro denetleyici kontrollü termoelektrik jeneratör”, *International Advanted Tecnologies Semposyum*, Ankara 18-20 Ağustos (2003).
14. Yousafzai, S.A., Karimov, Kh.S., Saqip, M.A., Akhter, P., Ahmed, M.M. and Chattha, J.A., “A simple photo voltaic tracking system”, *Solar Energy Meteryals&Solar Cells*, 87 (1): 49-59 (2005).
15. Xuan, X. C., Investigation of thermal contact effect on thermoelectric coolers *Energy Conversion and Management*, 44 (3): 399-410 (2003).
16. Mohamad, A., “Efficiency improvement of photo voltaic panels using a sun tracking system”, *A. Applied Energy*, 79 (3): 345-354 (2004).
17. Luo, Q.H., Tang, G.F., Liu, Z. and Wang, J.A., “Novel water heater integrating thermoelectric heat pump with separeting thermosiphon”, *Aplied Thermal Engineering*. Changsha 25 (14): 408-419 (2005).
18. Yekarum, “Güneş Piliyle Çalışan Termoelektrikli Soğutma Cihazı”, *Araştırma Projesi, Süleyman Demirel Üniversitesi*, Isparta (2005).
19. Van Dyk, E.E., “Monitoring current-voltage characteristic and energy output of silicon photovoltaic modüles”, *Applied Energy*, 30 (3): 399-411 (2005).
20. Khire, A., Messac, A. and Van Dessel, S., “Desing of thermoelectric heat pump unit for active building envelope systems”, *International Journaly of Heat and Mass Transfer*, 48 (19-20): 4028-4040, (2005).
21. Chein, R., Chen, Y., “Performances of termoelectric cooler integrated with mikrocanal heat sinks”, *International Journalof Refrigeration*, Taiwan, 829-830 (2005).
22. Yeşilata, B., Işiker, Y., “Fotovoltaik güçle çalışan bir buzdolabı sisteminin deneysel analizi”, Haran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, *Mühendis ve Makine Dergisi* 47 (558): 54-60 (2006).
23. Ahiska, R., “Termoelektrik modülün dinamik çıkış parametrelerinin araştırması için yeni bir yöntem”, Gazi Üniversitesi, *Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Ankara, 22 (4): 709-716 (2007).
24. Sungur, C., “Güneş pilleri ile beslenen termoelektrik mobil soğutucunun tasarımı ve analizi”, Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu *Teknik-Online Dergisi*, 7 (1): 1-17 (2008).
25. Yılmaz, S., “Termoelektrik modüllü soğutucuda farklı soğutma uygulamalarının sistem performansına etkilerinin deneysel olarak incelenmesi”, Karabük Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, *Teknoloji Dergisi*, 11 (1): 39-44 (2008).

26. Atik, K., "Termoelektrik soğutucu tasarımında termoeconomik optimizasyon", Karabük Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, **5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu ( IATS'09)**, 13-15 Mayıs (2009).
27. Yücel, D., "Termoelektrik devre elemanları", **WebTrHost**, 3-16 (2005).
28. İnternet: Melcor, "Thermoelectric Engineering Handbook" <http://www.melcor.com>, (2009)
29. Rowe D. M., Bhandari, C. M., "**Modern Thermoelectrics**" 1-8 (1983).
30. Thomson Thomson, W., "On a mechanical theory of thermoelectric currents", **Proc.Roy.Soc.**, Edinburgh, ISBN (3) 91-98 (1851).
31. Riffat, S.B., Qiu, G., "Comperative investigation of thermoelectric air-Conditioners versus vapour compression and absorption air-conditioners", **Applied Thermal Engineering** 24, 1979-1993 (2004).
32. Bulut, H., "Termoelektrik soğutma sistemleri", Haran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, **Soğutma Dünyası Dergisi**, Şanlıurfa, 31, 9-16 (2005).
33. İnternet: EİE, "Yenilebilir enerji kaynakları, Güneş enerjisi", Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü [elektrik\\_etut@eie.gov.tr](mailto:elektrik_etut@eie.gov.tr) , (2009).
34. Yıldız, M., Özdemir A. ve Alaçakır, B., "Güneş pilleri ve kullanım alanları", **EİE Bülteni**, Ankara, 46-53 (1992).
35. İnternet: Çolak M., "Güneş pilleri ve uygulamaları", Mühendis ve Makine, İzmir, 32(382); 21-25, [elektriketut@eie.gov.tr](mailto:elektriketut@eie.gov.tr) 10-15 (1991).
36. Özkol, N. "Uygulamalı soğutma tekniği", **Makine Mühendisleri Odası**, Yayın No:115, 297-299 (1999).
37. İnternet: Melcor, <http://www.melcor.com/cpseries.html>, (2006).
38. İnternet: Med Sel, Termoelektrik Modül Seçimi, <http://www.melcor.com>, (2003).
39. İnternet: Arma Elektronik Metal Sanayi ve Tic. Ltd. Şti. [http://www.armaltd.com /urunlergroup.asp](http://www.armaltd.com/urunlergroup.asp), (2009).
40. İnternet: Advantech Co.Ltd. <http://www.advantech.com/products>, (2009).
41. İnternet: KYOCERA International, Inc., <http://www.kyocerasolar.com/pdf/specsheets/kc50.pdf> ,(2009).



## **EK AÇIKLAMALAR A**

### **11 EYLÜL TARİHİNDE ALINAN DENEY SONUÇARI**

## 11 EYLÜL TARİHİNDE ALINAN DENEY SONUÇARI

<i>Başlama Saati</i>	<i>Dış Yüzey</i> $T_H$ °C	<i>İç Yüzey</i> $T_C$ °C	<i>Oda sıcaklığı</i> $T_{iç}$ °C	<i>Ortam Sıcaklığı</i> $T_{dış}$ °C
10:43	26,5	23,4	24,0	24,4
10:44	26,8	23,4	24,1	24,5
10:45	27,9	22,9	24,1	24,8
10:46	28,7	22,3	24,0	25,0
10:47	29,5	21,8	24,0	25,0
10:48	30,0	21,2	23,7	25,2
10:49	30,4	20,7	23,5	25,2
10:50	30,8	20,1	23,2	25,4
10:51	31,1	20,0	22,8	25,4
10:52	31,6	19,4	22,9	25,4
10:53	31,5	18,8	22,7	25,5
10:54	31,8	18,4	22,4	25,6
10:55	31,9	18,0	22,2	25,6
10:56	32,0	17,9	22,0	25,6
10:57	32,1	17,7	21,08	25,6
10:58	32,2	17,6	21,5	25,7
10:59	32,2	17,5	21,3	25,7
11:00	32,3	17,4	21,0	25,6
11:01	32,4	17,3	20,8	25,6
11:02	32,4	17,1	20,7	25,6
11:03	32,5	17,0	20,7	25,8
11:04	32,5	16,8	20,5	25,7
11:05	32,6	16,5	20,4	25,7
11:06	32,6	16,4	20,2	25,6
11:07	32,6	16,2	20,0	25,7
11:08	32,5	16,0	19,8	25,6
11:09	32,7	15,8	19,7	25,7

11:10	32,7	15,7	19,4	25,8
11:11	32,6	15,6	19,4	25,7
11:12	32,7	15,5	19,2	25,8
11:13	32,7	15,5	19,1	25,8
11:14	32,7	15,3	19,0	25,8
11:15	32,5	15,0	18,8	25,7
11:16	32,6	14,8	18,6	25,9
11:17	32,5	14,6	18,5	25,8
11:18	32,6	14,4	18,4	25,9
11:19	32,5	14,4	18,2	25,8
11:20	32,6	14,3	18,1	25,8
11:21	32,6	14,2	18,0	25,8
11:22	32,5	14,5	17,8	25,8
11:23	32,5	14,4	17,7	25,7
11:24	32,5	14,4	17,6	25,8
11:25	32,5	14,4	17,5	25,9
11:26	32,5	14,8	17,5	25,7
11:27	32,5	14,1	17,3	25,8
11:28	32,4	14,2	17,2	26,0
11:29	32,4	14,2	17,0	25,8
11:30	32,4	14,2	16,3	25,8
11:31	32,5	14,1	16,2	26,0
11:32	32,4	14,0	16,1	25,8
11:33	32,4	14,0	16,0	25,8
11:34	32,4	14,0	15,9	25,9
11:35	32,2	13,9	15,8	25,8
11:36	32,2	13,9	15,6	25,8
11:37	32,2	14,1	15,6	25,8
11:38	32,1	14,1	15,8	26,0
11:39	32,1	14,0	15,8	26,0
11:40	32,1	14,0	15,8	25,8
11:41	32,1	14,0	15,8	25,7

11:42	32,1	14,1	15,8	25,5
11:43	32,3	14,0	15,7	25,6
11:44	32,4	14,0	15,4	25,6
11:45	32,4	13,9	15,3	25,7
11:46	32,4	13,8	15,4	25,7
11:47	32,2	13,8	15,3	25,7
11:48	32,4	13,8	15,2	25,7
11:49	32,4	13,8	15,2	25,7
11:50	32,4	13,8	15,1	25,7
11:51	32,2	13,8	15,1	25,7
11:52	32,3	13,8	15,1	25,7
11:53	32,4	13,8	15,1	25,8
11:54	32,4	13,7	15,1	25,8
11:55	32,4	13,7	15,1	25,8
11:56	32,6	13,6	15,2	25,8
11:57	32,5	13,5	15,2	25,7
11:58	32,5	13,5	15,1	25,7
11:59	32,5	13,4	15,1	25,8
12:00	32,5	13,4	15,0	25,7
12:05	32,4	13,3	14,9	25,9
12:10	32,3	13,1	15,0	25,7
12:15	32,4	13,0	14,7	25,8
12:20	32,4	12,9	14,5	25,8
12:25	32,3	12,9	14,5	25,9
12:30	32,4	12,7	14,2	25,9
12:35	32,7	12,6	14,1	26,0
12:40	32,7	12,5	14,1	25,9
12:45	32,5	12,2	14,0	26,0
12:50	32,8	12,0	13,7	26,0
12:55	32,7	11,5	13,6	26,0
13:00	32,6	11,6	13,0	26,0
13:05	32,5	11,6	13,0	26,0

13:10	32,8	11,5	12,9	26,1
13:15	32,5	11,4	12,4	26,0
13:20	32,6	11,3	12,5	26,1
13:25	32,4	11,2	12,2	26,1
13:30	32,5	10,8	12,3	26,0
13:35	32,2	11,0	12,0	26,0
13:40	32,1	11,0	12,2	25,8
13:45	32,4	11,0	12,0	26,1
13:50	32,4	11,0	11,9	26,0
13:55	32,6	10,9	11,8	26,1
14:00	32,4	10,8	11,7	26,2
14:05	32,7	10,9	11,7	26,2
14:10	32,7	10,9	11,6	26,2
14:15	32,5	10,8	11,4	26,2
14:20	32,7	10,7	11,4	26,2
14:25	32,6	10,8	11,4	26,1
14:30	32,5	10,6	11,5	26,1
14:35	32,5	10,6	11,3	26,2
14:40	32,4	10,4	11,3	26,2
14:45	32,4	10,4	11,3	26,2
14:50	32,6	10,5	11,2	26,4
14:55	32,6	10,3	11,2	26,4
15:00	32,7	10,1	11,1	26,5
15:05	32,5	10,2	11,0	26,2
15:10	32,7	10,2	11,0	26,3
15:15	32,5	10,1	11,3	26,2
15:20	32,4	10,1	11,3	26,2
15:25	32,2	10,1	11,0	26,2
15:30	32,5	10,4	11,3	26,3
15:35	32,5	10,5	11,3	26,2
15:40	32,4	10,5	11,1	26,2
15:45	32,7	10,2	10,7	26,5

15:50	32,4	10,3	11,2	26,2
15:55	32,6	10,5	11,4	26,4
16:00	32,5	10,2	11,3	26,3
16:05	32,5	10,3	11,2	26,3
16:10	32,5	11,5	11,2	26,2
16:15	32,4	11,8	11,3	26,2
16:20	32,8	13,4	10,7	26,4
16:25	32,7	13,7	10,8	26,2
16:30	32,7	15,5	12,3	26,2
16:35	32,7	15,0	12,5	26,2
16:40	32,7	14,7	13,9	26,2
16:45	32,1	14,0	22,7	25,7
16:50	32,1	13,7	17,0	25,7
16:55	32,0	13,5	16,0	25,8
17:00	32,1	13,5	15,6	25,9

## **EK AÇIKLAMALAR B**

### **ADVANTECH ADAM 4019+'NIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ**

## ADVANTECH ADAM 4019+'NIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ



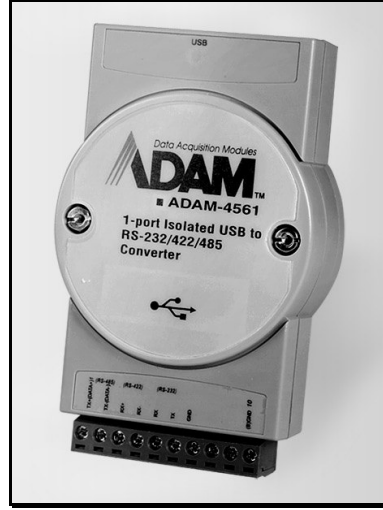
Parametre	Özellik
Güç Tüketimi	1.0 W@24 V <sub>DC</sub>
Doğruluk	% ±0.1
Ölçüm Kanalı Sayısı	8
Çözünürlük	16 bit
Girdi Tipleri	T/C, mV, V, Ma
İzolasyon Koruması	3000 V <sub>DC</sub>
Boyutlar	70x122x30 mm
Ölçüm Aralıkları	+/- 1 V, +/- 2.5 V, +/- 5 V, +/-10 V +/- 100 mV, +/- 500 mV, +/-20 mA, +4~20 mA J, K, T, E, R, S, B Tipi Isıl Çiftler.
Çevre Şartları	
Nem	% 5~95 RH
Uygulama Sıcaklığı	-10~70 °C (14~158 °F)
Depolama Sıcaklığı	-25~85 °C (-13~185 °F)



## **EK AÇIKLAMALAR C**

### **ADVANTECH ADAM 4561'NİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ**

## ADVANTECH ADAM 4561'NIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ



Parametre	Özellik
Bağlantı	USB
Güç Tüketimi	270 mA , 5 V
Data Bits	5, 6, 7, 8
Max. Uzaklık	4.6 m
Çalışma Sıcaklığı	0 ~ 70° C
Depolama Sıcaklığı	-25 ~ 85° C
Çalışma Nem Aralığı	20 ~ 95% RH

## **EK AÇIKLAMALAR D**

**EYLÜL AYINDA FARKLI GERİLİMLERDE FANLI VE FANSIZ YAPILAN  
BAZI DENEY SONUÇLARININ BİLGİSAYAR EKRANDAKİ  
GÖRÜNTÜLERİ VE ÇİZELGEYE AKTARILMIŞ DEĞERLER**

**EYLÜL AYINDA FARKLI GERİLİMLERDE FANLI VE FANSIZ YAPILAN  
BAZI DENEY SONUÇLARININ BİLGİSAYAR EKRANDAKİ  
GÖRÜNTÜLERİ VE ÇİZELGEYE AKTARILMIŞ DEĞERLER**

<b>2 Eylül Günü Yapılan Deney Sonucu</b>	
Dış yüzey sıcaklığı	33.95 °C
İç yüzey sıcaklığı	15.95 °C
Ortam sıcaklığı	28.4 °C
İç sıcaklığı	13.35 °C

Bilgisayar çıktısı

34,0 °C	<input checked="" type="checkbox"/> Ch-4	28,4 °C
33,9 °C	<input checked="" type="checkbox"/> Ch-5	12,9 °C
15,9 °C	<input checked="" type="checkbox"/> Ch-6	13,8 °C
16,0 °C	<input checked="" type="checkbox"/> Ch-7	0,000 V

<b>3 Eylül Günü Yapılan Deney Sonucu</b>	
Dış yüzey sıcaklığı	33.95 °C
İç yüzey sıcaklığı	15.95 °C
Ortam sıcaklığı	28.4 °C
İç sıcaklığı	13.35 °C

Bilgisayar çıktısı

<input checked="" type="checkbox"/> Ch-0	27,0 °C	<input checked="" type="checkbox"/> Ch-4	28,5 °C
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-1	36,2 °C	<input checked="" type="checkbox"/> Ch-5	19,1 °C
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-2	22,1 °C	<input checked="" type="checkbox"/> Ch-6	22,3 °C
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-3	23,1 °C	<input checked="" type="checkbox"/> Ch-7	0,475 V

<b>17 Eylül Günü Yapılan Deney Sonucu</b>	
Dış yüzey sıcaklığı	31.7 °C
İç yüzey sıcaklığı	10.9 °C
Ortam sıcaklığı	25.1 °C
İç sıcaklığı	9.5 °C

Bilgisayar çıktısı

<input checked="" type="checkbox"/> Ch-0	31,6 °C	<input checked="" type="checkbox"/> Ch-4	25,1 °C
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-1	31,8 °C	<input checked="" type="checkbox"/> Ch-5	9,5 °C
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-2	10,5 °C	<input checked="" type="checkbox"/> Ch-6	9,5 °C
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-3	11,3 °C	<input checked="" type="checkbox"/> Ch-7	0,000 V

**4 Eylül Günü Farklı Gerilimlerde Fanlı ve Fansız Yapılan Deney Sonuçları**

<b>4 Eylül 29 V ve iç Fan Çalışmıyor</b>	
Dış yüzey sıcaklığı	35.4 °C
İç yüzey sıcaklığı	9.9 °C
Ortam sıcaklığı	0 °C
İç sıcaklığı	19.9 °C

<b>4 Eylül 29 V ve iç Fan Çalışıyor</b>	
Dış yüzey sıcaklığı	35.6 °C
İç yüzey sıcaklığı	13.2 °C
Ortam sıcaklığı	28.0 °C
İç sıcaklığı	16.0 °C

<b>4 Eylül 27.5 V ve iç Fan Çalışıyor</b>	
Dış yüzey sıcaklığı	34.9 °C
İç yüzey sıcaklığı	14.3 °C
Ortam sıcaklığı	27.8 °C
İç sıcaklığı	16.8 °C

## ÖZGEÇMİŞ

Yasin YILDIZ 01.07.1977'de Ardahan Aşāıkurtođlu köyünde doğdu; ilköğretimini köy okulu'nda ve ortaöğrenimini Ardahan Lisesinde tamamladı.

1996 yılında Selçuk Üniversitesi İnşaat Bölümüne, 1998 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümüne girdi. 2001'de Tesisat Öğretmenliği Programından mezun oldu. 2001–2005 yıllarında ilköğretim ve meslek yüksek okullarında ders verdi. 2005 yılında Emniyet Teşkilatında çalışmaya başladı.

2007 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans programına devam etmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres: Ortaçesme mah. Yaprak sok. No.13–3

Beykoz/İSTANBUL

Tel : 05057825840

E-posta : ysn-yldz@hotmail.com