

**YOĞUNLAŞTIRICILI GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ KAYNAKLI  
TERMOELEKTRİK JENERATÖRLERDEN ELDE EDİLECEK ELEKTRİK  
ENERJİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

**Serbülent GÜR**

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

**KARABÜK  
Ocak 2009**

## ÖZET

Serbüilent GÜR tarafından hazırlanan "YOĞUNLAŞTIRICILI GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ KAYNAKLI TERMOELEKTRİK JENERATÖRDEN ELDE EDİLEN ELEKTRİK ENERJİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Ünvanı, Adı ve Soyadı

Yrd. Doç. Dr. Kemal ATİK

Tez Danışmanı, Makina Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Makina Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans / Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. 19 / 01 / 2009

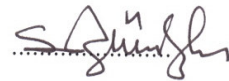
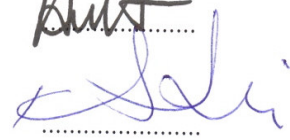

Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan: Yrd. Doç Dr. Hüseyin KURT (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç Dr. Kemal ATİK (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç Dr. Salih GÖRGÜNOĞLU (KBÜ)


İmzası



Tarih 13./02/2009

Bu tez ile KBÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans/Doktora derecesini onamıştır

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



**Yüksek Lisans Tezi**

**YOĞUNLAŞTIRICILI GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ KAYNAKLI  
TERMOELEKTRİK JENERATÖRLERDEN ELDE EDİLECEK ELEKTRİK  
ENERJİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

**Serbülent GÜR**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı**

**Yrd. Doç. Dr. Kemal ATİK**

**Ocak 2009, 44 sayfa**

Bu çalışmada; yoğunlaştırıcı güneş kolektörü kaynaklı termoelektrik jeneratörlerden elde edilen elektrik enerjisi deneysel olarak incelenmiştir. Güneş enerjisinden daha yüksek ışınım şiddetleri elde edebilmek için, aynaların üzerine düşen güneş enerjisi bir noktaya odaklanmıştır. Elde edilen yüksek ışınım sayesinde odak noktamızda yani termoelektrik modüllerin bir yüzeyinde yüksek sıcaklık değerlerine ulaşılmıştır. Termoelektrik modüllerin diğer yüzeyi ise doğal sirkülasyonla dolaşan su tarafından soğutulmuştur. Dört adet termoelektrik modülün seri olarak bağlandığı sistemde üretilen elektrik, devreye bağlanan bir dış direnç üzerinde ölçülmüştür. Elde edilen gerilim değeri ile güç hesaplanmıştır. Işınım şiddeti  $557 \text{ W/m}^2$  ve üretilen güç  $0,911 \text{ W}$  iken sistem verimimiz %1,043 olarak hesaplanmıştır. Termoelektrik modüllerin çalışma verimi güneş pilleri ile karşılaştırıldığında, güneş pillerinden düşük olmasına rağmen üretim maliyetlerinin ucuz olması nedeniyle kullanılabilirliği yüksektir.

**Anahtar Sözcükler :** Güneş yoğunlaştırıcısı, Güneş enerjisi, Termoelektrik jeneratör.

**Bilim Kodu** : 626.11.01

**ABSTRACT**  
**M.Sc. Thesis**  
**THE EXPERIMENTAL STUDY OF ELECTRICAL ENERGY PRODUCED**  
**FROM THERMO ELECTRIC GENERATORS FROM SOLAR**  
**COLLECTORS WITH CONDENSER**

**Serbüilent GÜR**

**Karabük University**  
**Graduate School of Natural and Applied Sciences**  
**Department of Mechanical Education**

**Thesis Advisor**  
**Asst. Prof. Dr. Kemal ATİK**  
**January 2009, 44 pages**

In this study, the experimental study of electrical energy produced from thermo electric generators from solar collectors with condenser. In order to obtain a high level of heat from solar energy, the degree of solar energy has been multiplied by focusing the mirrors. One side of the thermoelectric modules is heated by this multiplied beam while the other side is cooled by the water circulating naturally. In this system where 4 thermoelectric modules are connected serially, the power value is measured by measuring the voltage on the outer resistance connected to the circuit. Solar beam  $557 \text{ W/m}^2$  and power value  $0,911 \text{ W}$  while efficiency  $1,043\%$  to be calculation. The efficiency of the system was compared with the solar cells. Although the efficiency of this system is relatively low, the usage is pretty high due to its cheapness.

**Key Words** : Solar concentrator, Solar energy, Thermoelectric, Generator.

**Science Code** : 626.11.01

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım boyunca bana her türlü desteği ve imkânı sağlayan tez danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Kemal Atik Bey'e, bana Teknik Eğitim Fakültesini sevdiren Sayın Prof. Dr. Ali Kemal Yakut bey'e, çalışmalarım esnasında bana destek olan dayım, ailem ve eşime sonsuz teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL .....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xi
BÖLÜM 1 .....	1
1.1 GİRİŞ .....	1
1.2 ÇALIŞMANIN ÖNEMİ .....	2
1.2.1 FotoVoltaik Piller Yardımı ile Elektrik Elde Etme .....	2
1.2.2 TermoElektirik Modüller Yardımı İle Elektrik Elde Etme .....	3
1.3 ÇALIŞMANIN AMACI .....	3
BÖLÜM 2 .....	4
2.1 KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	4
BÖLÜM 3 .....	9
3.1 GÜNEŞ ENERJİSİ .....	9
3.2 GÜNEŞ ENERJİSİNİN ISIYA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ .....	10
3.3 GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ .....	11
3.4 YOĞUNLAŞTIRICI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ .....	12
3.4.1 Parabolik Oluk Kolektörler .....	13
3.4.2 Noktasal Yoğunlaştırıcılar .....	14
3.4 YOĞUNLAŞTIRICI SİSTEMLER İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ .....	15

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4 .....	17
4.1 TERMOELEKTRİK MODÜLLER .....	17
BÖLÜM 5 .....	22
5.1 MATERYAL VE METOD .....	22
BÖLÜM 6 .....	31
6.1 BULGULAR .....	31
6.1.1 I. DENEY .....	31
6.1.2 II. DENEY .....	32
6.1.3 III. DENEY .....	32
6.1.4 IV. DENEY .....	33
6.1.5 V. DENEY .....	34
BÖLÜM 7 .....	36
7.1 SONUÇ VE ÖNERİLER .....	36
KAYNAKLAR .....	38
EK AÇIKLAMALAR TE MODÜLLERE AİT VERİLER TABLOSU .....	41
ÖZGEÇMİŞ .....	44



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 3.1. Toplam ışıınım .....	10
Şekil 3.2. Yıllık toplam güneş enerjisi .....	11
Şekil 3.3. Parabolik kolektörler .....	13
Şekil 3.4. Parabolik çanak kolektörler .....	14
Şekil 3.5. Solar I elektrik üretim santrali .....	15
Şekil 4.1. Termoelektrik modülün iç yapısı .....	17
Şekil 4.2. Termoelektrik modülün iç görünümü .....	18
Şekil 4.3. Bir termoelektrik modülün jeneratör olarak kullanılması .....	18
Şekil 5.1. Elektrik üretimi için kullanılan termoelektrik modüllerin iç yapısı .....	23
Şekil 5.2. Termoelektrik modüllerin yerleştirilmesi .....	24
Şekil 5.3. Termoelektrik modüllerin soğutulduğu yüzey .....	24
Şekil 5.4. Termoelektrik modüllerin seri bağlantı şeması .....	25
Şekil 5.5. Termoelektrik modüllere lazer ışığının odaklanması .....	25
Şekil 5.6. Ayna parçalarının sunta üzerine yerleşim şeması .....	26
Şekil 5.7. Isınan yüzeyin sıcaklığını düşürmek için hazırlanan düzenek .....	26
Şekil 5.8. Deney için kurulan düzenek .....	27
Şekil 5.9. Deney için kurulan düzenekte soğutma suyunun debisinin ölçülmesi .....	28
Şekil 5.10. Bir anlık ölçüm değerlerinin ölçü aletlerinden izlenmesi .....	28
Şekil 5.11. Bilgisayar ölçümleri için kullanılan modüller .....	29
Şekil 5.12. Termoelektrik modüllerin dizaynı .....	30

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli .....	11
Çizelge 5.1. Sistemde kullanılan TE modüller ve teknik özellikleri .....	22
Çizelge 6.1. I. Deney için yapılan ölçümler ve sonuçlar .....	31
Çizelge 6.2. II. Deney için yapılan ölçümler ve sonuçlar .....	32
Çizelge 6.3. III. Deney için yapılan ölçümler ve sonuçlar .....	33
Çizelge 6.4. IV. Deney için yapılan ölçümler ve sonuçlar .....	34
Çizelge 6.5. V. Deney için yapılan ölçümler ve sonuçlar .....	35

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

$\alpha$	: seebeck katsayısı
$\Delta T$	: sıcaklık farkı
$\pi$	: peltier sabiti
$\rho$	: elektriksel direnç
$\Omega$	: direnç birimi
$\eta$	: verim
G	: şekil faktörü
I	: akım
N	: termoelektrik çift sayısı
P	: güç
$Q_c$	: soğuk yüzeyden atılan ısı
$Q_h$	: sıcak yüzeyden alınan ısı
$Q_j$	: Joule ısısı
$Q_p$	: peltier ısısı
$Q_t$	: thomson ısısı
R	: direnç
t	: thomson katsayısı
T	: sıcaklık
U	: gerilim

### KISALTMALAR

AA	: açıklık alanı
AS	: ayna sayısı
AY	: alıcı yüzey alanı
EİE	: elektrik işleri etüt dairesi
IŞ	: ışınım şiddeti
LPG	: likit petrol gazı

MMO : makine mühendisleri odası

TE : termoelektrik modül

TI : toplam ışınlım

YO : yoğunlaştırma oranı

## BÖLÜM 1

### 1.1. GİRİŞ

Güneş ışınları, dünyanın var oluşundan bugüne kadar yüksek enerji potansiyeli ile dünyamıza gelmektedir. Bu enerjiden birçok şekilde faydalanılmaktadır. Bunlardan birincisi, ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılmasıdır. Isıtmanın ve soğutmanın güneş enerjisi ile yapılması henüz yaygınlaşmamış olmasına rağmen her geçen gün bu konuda yapılan çalışmalar artmaktadır. İkincisi sıcak su elde etmede kullanılmaktadır. Sıcak su elde etme, uygulama alanı en yaygın olanıdır. Ülkemizin birçok yerinde özellikle güneş ışınımının yüksek olduğu şehirlerimizde kullanımı mevcuttur. Üçüncüsü elektrik enerjisi üretiminde kullanılmasıdır. Güneş enerjisi fotovoltaik piller ya da termoelektrik modüller vasıtası ile elektrik enerjisine çevrilmektedir.

Günümüzde teknolojilerin ilerlemesi ve teknoloji kullanımının yaygınlaşması insanların enerjiye olan ihtiyaçlarını artırmıştır. “Alışılmış enerji kaynakları, fosil kaynaklar (kömür, petrol v.s.), hidroelektrik enerji ve nükleer enerji, alışılmamış enerji kaynakları ise güneş enerjisi, jeotermal enerji, v.s. dir” (Kılıç ve Öztürk, 1983). Güneş enerjisi, güneşten gelen ve hiçbir işletme masrafı olmayan enerji kaynağıdır. Ayrıca güneş ve rüzgâr enerjisi, doğal kaynaklı enerjiler olduklarından dolayı tamamen çevrecidirler. Güneş enerjisi ile doğrudan elektrik üretme dâhil tüm alanlarda bir çok çalışma mevcuttur. “Güneş enerjisi ile ilgili araştırmalar 1950’de özellikle de 1974 petrol krizinden sonra hızla artarak bugünkü konumuna gelmiştir” (Anonim, 19.; Külünk ve Eyice, 1983).

## 1.2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

Dünyadaki genel elektrik üretim sistemlerinin çevresel ve ekonomik etkileri dikkate alındığında alternatif enerji kaynaklarından faydalanarak elektrik enerjisi üretimine olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Günümüzde Nükleer enerji dışında dünyamızda, kullanılan tüm enerji kaynaklarının temelini güneş enerjisi oluşturmaktadır. Kömür, petrol, doğal gaz, LPG, odun, biyogaz, gibi tüm fosil yakıtlar ile hidrolik, rüzgâr, dalga enerjileri gibi enerji temini için kullanılan tüm kaynakların oluşum sebebi güneştir. Uyarel ve Öz'e (1987) göre bu temel enerji kaynakları (odun hariç) sınırlıdır. Bu yakıtların 35 yıl (doğalgaz) ile 200 yıl (kömür) arasında bitirilecekleri tahmin edilmektedir. Nükleer enerji, enerji üretme ve geri dönüşüm sırasında çok büyük dikkat isteyen ve büyük felaket ve zahmetlere yol açan bir enerji üretim sistemidir. Nükleer enerjide en büyük tehlike, nükleer santrallerin patlaması değildir. Esas büyük tehlike ve gözden kaçırılan unsur, nükleer reaktörlerde yakıt olarak kullanılan maddelerin nükleer reaktörden çıkarıldıktan sonra depolandıkları yerlerde yüz yıllarca çevreye radyasyon yaymaya devam etmeleridir. Depolama bölgelerinden çevreye yayılan radyasyonun kimleri ne zaman nasıl ve ne kadar etkileyeceği bilinmemektedir.

Diğer enerji kaynakları ve çevresel etkileri göz önüne alındığında alternatif enerji kaynaklarının daha doğal ve çevreci olduğu ortaya çıkmaktadır. Güneş enerjisi diğer alternatif enerji kaynaklarına nazaran elde edilmesi ve kullanması daha basit bir kaynaktır. Direkt güneş enerjisinin neredeyse her türlü enerjiye dönüşebilen elektrik enerjisine dönüştürülmesi yaşam koşullarını kolaylaştırması açısından çok önem arz etmektedir. Bu sistemin iki farklı uygulaması mevcuttur.

### 1.2.1. Fotovoltaik Piller Yardımı ile Elektrik Elde Etme

P ve N diye adlandırılan silisyum ve germanyum bileşiminden oluşmuş olan yarı iletken elemanlara fotovoltaik pil denilmektedir. Fotovoltaik piller genel anlamda üzerine düşen güneş enerjisini P-N arasında bir potansiyel farka çevirirler. Çalışma sistemleri hiçbir ek parçaya ihtiyaç duymadığı için çok kullanışlıdır. Fakat maliyetlerinin yüksek oluştundan dolayı tercih edilme oranları düşüktür.

### **1.2.2. Termoelektirik Modüller Yardımı İle Elektrik Elde Etme**

TE sistemlerinin maliyeti fotovoltaiik sistemlere oranla daha düşük olmasından dolayı tercih sebebi olmaktadır. Fakat düzeneklerinin hazırlanması ve çalışır hale getirilmesi fotovoltaiik sistemlere nazaran daha karmaşıktır. Thomas et al. (2006) TE modüllerin çalışmasını şöyle tanımlamaktadır “TE modüller p ve n tipi yarı iletkenlerin alternatif dizilişlerinin bileşiminden oluşur ve elektrik olarak seri, termal olarak da paralel çalışır. TE modülün sıcak ve soğuk yüzlerindeki p ve n yarı iletken materyaller seri bağlanmış termokupul oluşturur, bu da TE modülün toplam voltajının oluşmasına sebep olur ve her bir termokupulun akımı kadar toplam akım elde edilir.” Kısaca TE modüllerin bir yüzeyleri ısınıp diğer yüzeyleri soğuyunca iki ucu arasında potansiyel fark meydana gelmektedir. Bu da bizim istediğimiz güce kaynaklık etmektedir.

### **1.3. ÇALIŞMANIN AMACI**

Bu çalışmanın amacı, güneş enerjisini aynalarla yoğunlaştırıp TE modüllerden elektrik enerjisi elde etmektir. Güneş enerjisini çok sayıda ayna vasıtasıyla tek bir odağa odaklanarak odak noktasında oluşan yüksek sıcaklık ile TE modülün diğer tarafı arasında bir sıcaklık farkı meydana getirip TE modülün çalışma mantığı doğrultusunda elektrik enerjisi elde edilecektir.

## BÖLÜM 2

### 2.1. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Güneş enerjisi ile elektrik elde etme üzerine bir çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan bazıları araştırılmış ve aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Külünk ve Eyice (1983), yenilenebilir enerji kaynakları ve bunların sistem dizaynı ve hesaplarını teorik olarak incelemiştir. Güneş enerjisi, düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamalarıyla beraber güneş tarlaları ve tuz eriyikli sistemlerin teorik hesaplarını ve yaşayan örneklerini inceleyip açıklamışlardır. Sistem verimi hakkında teorik hesaplar yapmışlardır.

Uyarel ve Öz (1987), güneş enerjisinin uygulama alanlarını ve nerelerde güneş enerjisi kullanıldığını incelemiştir. Bilinen güneş enerjisi sistemlerinin yanında Fotovoltaik sistemler ve elektrik enerjisi elde edilmesi detaylandırılmış ve örneklenmiştir. Güneş geometrisi ve güneşe ait tüm hareket ve açı hesapları teorik olarak formülize edilmiştir.

Kılıç ve Öztürk (1983), güneş enerjisinin geçmişten günümüze gelişimini açıklamıştır. Güneşli sistemlerin ilk günkü ve bugünkü durumu incelenmiştir. Bununla birlikte ışınım şiddetinin yoğunlaştırılması, toplayıcılarını optik analizleri ve hesapları incelenmiştir. Enerjinin en basitten karmaşığa depolanması da incelenmiştir.

Anonim (19..), aygaz a.ş. tarafından hazırlanan kaynak kitap Türkiye'deki güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin genel analizini içermektedir. Ana konusu güneş enerjili sıcak su üreten sistemler olan kaynak, sistemlerin kurulumu için gerek



tüm ek nüshaları içermektedir. Ortalama mevsimlere göre düşen güneş ışınım miktarları her bölgeye göre basit tablolar halinde verilmiştir.

Pırasacı ve Sivrioğlu (2002), yayınladıkları makalelerinde güneşe göre yönünü çevirmeye gerek kalmayan bir odaklayıcı sistem hesabı üzerinde çalışmışlardır. Sistem bir parabolü andıran tasarımın daha da gelişmiş halidir. Toplam üç adet yansıtıcısı mevcuttur. Her yansıtıcı kendine düşen güneşi odaktaki bulunan boruya odaklamaktadır. Böylelikle güneş hangi açı ile gelirse gelsin tamamen odakta buluşmaktadır. Bu çalışma mantığına göre sistemi güneşi takip eden bir donanım ile desteklemeye gerek kalmamaktadır. Bu yönü ile avantaj teşkil etmektedir. Fakat üretimi zor olan bu sistemin deneysel sonuçları bilinmemektedir.

EİE resmi web sitesinin <http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/yogunlastiricilar.html> adresinde yoğunlaştırıcı sistemler detaylı bir halde incelenip anlatılmıştır. Doğrusal ve noktasal yoğunlaştırıcılar, yoğunlaştırıcı sistemlerin çalışma parametreleri, uygulanmış örnekleri resimlerle gösterilmiştir. Bununla birlikte yoğunlaştırıcı sistemlerin nasıl elektrik ürettiği, parabolik oluk ve parabolik çanak kolektörlerin çalışma prensipleriyle birlikte merkezi alıcılı sistem anlatılmaktadır. Sistemlerin çalışma şekli ve verimleri yine bu çalışmada geçmektedir. Merkezi alıcılı sistem ile odaktaki bir noktaya birden çok yansıtıcı vasıtasıyla güneş ışınları yansıtılmakta ve elde edilen yoğunlaşmış enerji doğrudan ya da dolaylı olarak elektrik üretiminde kullanılmaktadır.

Güven vd. (2004), yayınladıkları makalelerinde güneş enerjisinin ısı uygulamaları ve alternatif uygulamaları üzerinde çalışmışlardır. Güneş kulelerini inceleyip hayata geçirilmiş çeşitli uygulamalar hakkında bilgi vermişlerdir. Çalışan ya da tasarım aşamasındaki sistemlerin kıyası, kullanılan parametreler ve sistemlerin fayda-maliyet analizleri hakkında bilgi vermişlerdir.

Bulut (2005), yayınladığı makalesinde termoelektrik soğutma ile ilgilenmiştir. Termoelektrik soğutma nedir, çalışma sistemi, sistem tasarımı, sistem parametreleri ve termoelektrik soğutma sistemlerinin tasarımındaki önemli parametreleri

açıklamışlardır. Termoelektrik soğutucuların kullanım alanları, avantaj ve dezavantajları da makale içerisinde yer almaktadır.

Thomas et al. (2006), yaptıkları çalışmada, enerji geri kazanımı hakkında çalışma yapmışlardır. Makalede biyolojik yani çevreci enerji kaynaklarını incelemiştir. Bunlar fotovoltaiik sistemler, termoelektrik sistemler şeklindedir. Sistem performanslarını analiz edip en iyi verimle kullanımı ve çalışan çevreci olmayan sistemlere eklenmesi ve geri kazanımı hakkında teorik bilgi sunmuşlardır.

Lertsatitthanakorn (2004), soba kullanılan evlerde sobanın ölü kısmında (duvar dönük yüzünde) meydana gelen yüksek sıcaklığın TE modüllerin sıcak yüzeyine, TE modüllerin diğer yüzeyini ise duvara (dış duvar-dış yüzey) yerleştirerek elde edilen sıcaklık farkı ve bu farktan faydalanan TE modülden elde edilen elektrik enerjisi üzerinde çalışmışlardır. TE biokütle fırınlı soba için bir TE çalışması yapmıştır. Bu çalışmada sonuçlar göstermektedir ki 150 °C sıcaklık farkında sistem 2,4 W güç üretmiştir. Bu üretilen güç küçük radyo veya bir akkor ampulün çalışmasına yetecek güçtedir. Kesintili ve kararsız bir elektrik kaynağının olduğu ortamlarda bu çalışmanın potansiyel pazarı mevcuttur.

Chen et al. (2005), yarıiletken TE modüllerin yeni kombine sistemler için parametrelerinin optimum ayarlanması üzerine teorik olarak çalışmışlardır. Çalışma performansları ve soğutma performansları analiz ederek tabloştürmüşlardır.

Eakburanawat and Boonyaroonate (2005), yaptıkları çalışmada, mikroçip kontrolü ile birlikte TE batarya şarjörü maksimum güç noktası izleme tekniği geliştirmişlerdir. Şarjör gücünü TE modülden almaktadır. Sistem direk ısı enerjisini elektrik enerjisine çeviren TE modülden batarya şarj etmek için kullanılacağını belirtmişlerdir. Bir mikro kontrol sistemi ile en yüksek güç noktasını izlemişler ve 7.99 W güç elde etmişlerdir. Kullanılan TE eleman TEP1-1264-1.5' dir. Bu modülü farklı sıcaklık ve dirençler için denemişlerdir.

Khattab and Shenawye (2004), makalelerinde TE modüller vasıtasıyla yapılmış bir sistemin tüm yıl boyunca sürekliliği üzerinde çalışmışlardır. Sistemde TE modülün

çalışma prensibi nedeniyle bir yüzey soğutulurken diğer yüzey ısıtılması gerekmektedir. Yapılan matematiksel analizler vasıtası ile sistemin yıl boyunca en yüksek verimde nasıl çalışacağı analiz edilmiştir. Güneş enerjisinden yararlanarak TE jeneratörden elektrik elde edilmesi ve bu elektrikle TE soğutma yapılmasını teorik olarak hesaplamıştır. 30° kuzey enlemindeki bir bölge için bütün yıl ve farklı TE eleman sayıları için soğutma gücü hesaplanmıştır.

Vorobiev et al. (2005), yaptıkları çalışma, karışık güneş enerji sistemini yüksek sıcaklık ortamında tanımlamışlardır. Sistem radyasyon yoğunlaştırıcı, fotovoltaiik güneş hücrelerini, güneş motorlarını veya TE jeneratörleri içermektedir. Sistemde kullanılan yarıiletkenler bunların çalışma performansı ve etkinlikleri grafik şeklinde gösterilmiştir.

Chen et al. (2005), makalelerinde TE yarıiletkenlerin performans optimizasyonlarını gerçekleştirmişlerdir. TE modüllerin en yüksek güç çıkışı verebilmesi ve bu değerde ne kadar etkin çalışabileceği çalışmada yer almaktadır. TE modüllerin askeriye, roket, endüstriyel ve mesleki alanlarda kullanımı mevcuttur.

Xi et al. (2005), yaptıkları çalışmalarında güneşi temel alan TE teknolojilerinin uygulamalarını ve geliştirmelerini incelemişlerdir. Sistemlerin geliştirilmiş hali ile çevresel zararları daha düşük olan klima, buzdolabı gibi sistemlerin ve elektrik üretmenin yapılabilirliği üzerinde durulmuştur.

Maneewan et al. (2004), Tayland şartları için TE çatı kollektörü vasıtasıyla çatılarda oluşan yüksek ısının düşürülmesine ve havalandırılmasına yardımcı olan bir sistemin simülasyonunu yapmışlardır. Bu sistem sıcak günlerde tavandan başlayarak ısı düşüşüne neden olmakta ve böylelikle içerisinin sıcaklığı düşük tutulmaktadır. Sistemin yapımı elde edilebilecek sonuçlar tablo ve grafikler halinde verilmiştir.

Tsuyoshi and Matsuura (2002), makalelerinde TE modüllerin cebri soğutulmuş su (fan vasıtası ile) ve cebri ısıtılmış yağ (elektrikli ısıtıcı vasıtası) arasına yerleştirerek oluşan sıcaklık farklarında ne tür sonuç ve tepkiler verdiği analiz edilmiştir. Çıkışa

bağlanan bir direnç vasıtası ile sistemde ölçülen değerler tablo ve grafiklerle verilmiştir.

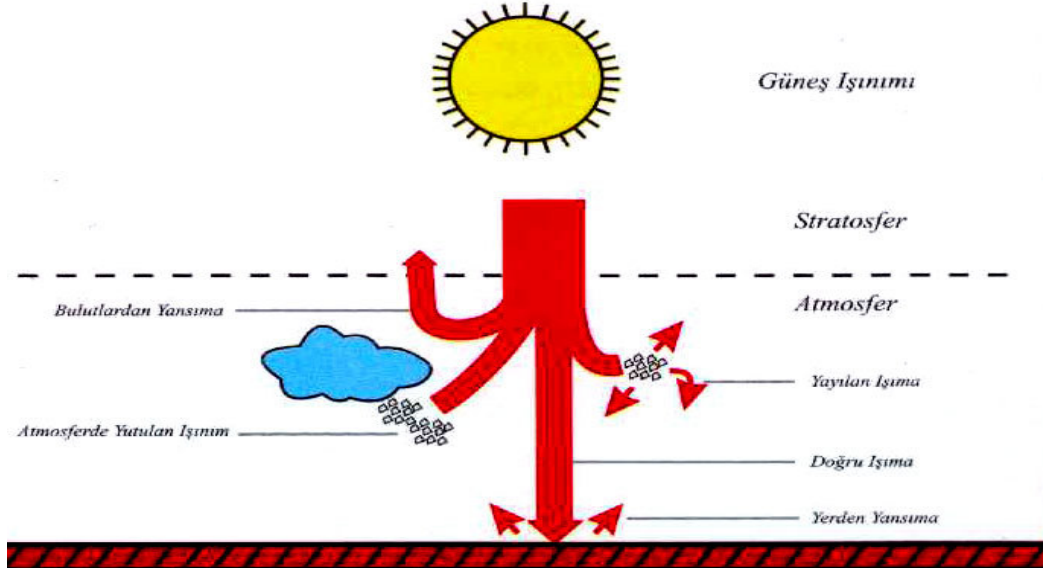
Oda and Yoshida (2006), TE modüllerin boyutlarını büyütmeden dikdörtgen kanatçıklar ilave edilerek verimlerdeki artışı ve bunun mikro sistemlere uygulanabilirliğini teorik olarak analiz etmişlerdir. Sonuç olarak TE modülün boyutundan bağımsız olarak dikdörtgen kanatçık sayesinde istenilen güç yoğunluğuna eriştiğini göstermişlerdir.

## BÖLÜM 3

### 3.1. GÜNEŞ ENERJİSİ

Teknolojinin gelişmesi, sanayinin ilerlemesi ve dünya nüfusunun artışı enerjiye olan ihtiyacı sürekli artırmaktadır. Enerjiye talebin sürekli artması özellikle fosil yakıt (petrol, kömür, doğal gaz, LPG) kullanımını artırmaktadır. Çeşitli şekillerdeki enerji ihtiyaçlarının gittikçe artan oranda kullanılması, dünya atmosferine her gün daha fazla miktarda CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO'lar gibi zehirli veya zararlı gazların atılmasına sebep olmaktadır. Bu gazlar, insanların çeşitli hastalıklara yakalanmasına, insan ömrünün kısalmasına sebep olmasının yanı sıra esas önemli ve olumsuz etkisi küresel ısınma olarak adlandırılan dünya atmosferinin ısınmasına sebep olmasıdır. Dünya atmosferindeki bu ısınma yeryüzünde düzensiz ve şiddetli yağışlara, tayfunlara, beklenmeyen fırtınalara, aşırı ve uzun süreli kuraklıklara, hava sıcaklıklarının artmasına ve sonuçta, yeryüzündeki canlı yaşamının olumsuz etkilenmesine sebep olmaktadır. Küresel ısınmanın en büyük sebebi atmosfere atılan yüksek orandaki CO<sub>2</sub> gazıdır.

Küresel ısınmanın engellenebilmesi ve dünyanın canlılar için yaşanabilir bir yer olması için, günümüzde dünyada üretilen CO<sub>2</sub> miktarının azaltılması gereklidir. CO<sub>2</sub> miktarının azaltılabilmesi için fosil yakıt tüketimi azaltılmalı ve enerji üretimi için fosil kaynakların kullanımının yerine güneş ve rüzgar enerjisi gibi çevreye zararı olmayan enerji kaynakları kullanılmalıdır. Dünyaya düşen güneş enerjisinin günümüz enerji ihtiyacının 5000 katı olduğu göz önünde tutulursa, bu enerjiden en yüksek düzeyde yararlanma bugünün ve geleceğin gündemini belirlemektedir. Açık bir günde yeryüzüne düşen faydalı güneş enerjisi 1000 W/m<sup>2</sup> 'dir. Resmi ölçüm merkezlerinde günlük toplam ışımaya değerleri sürekli izlenerek, birim alana düşen günlük toplam ışımaya değeri belirlenir. Kılıç ve Öztürk, (1983) Şekil 3.1'de dünyaya gelen ışınımın nelerden meydana geldiğini göstermektedir. Buna göre toplam ışınım, doğrudan ışınım ve yayılan ışınımın toplamından oluşmaktadır.



Şekil 3.1 Toplam Işınım.

### 3.2. GÜNEŞ ENERJİSİNİN ISIYA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

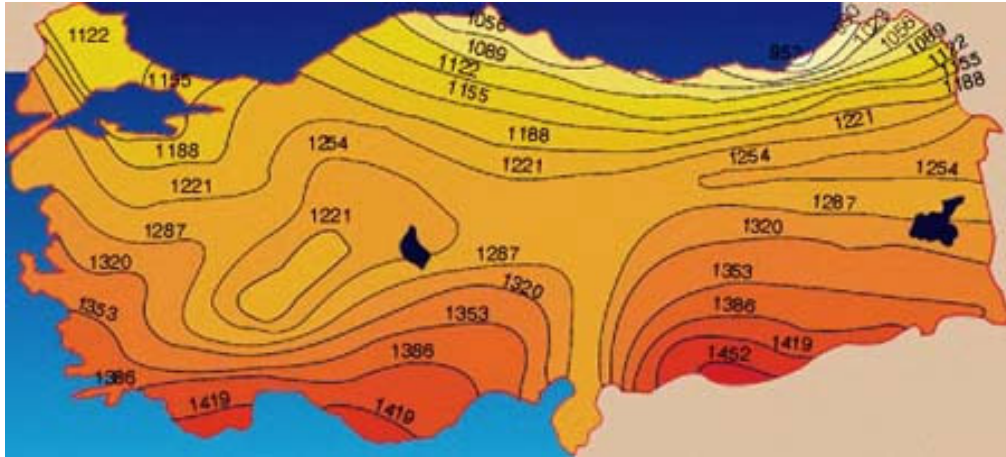
Güneş enerjisinin uzaydan geçerek dünyaya ulaşması elektromanyetik radyasyon ile olmaktadır. Isıtma ve soğutma işlemlerinde kullanılabilmesi için bu enerjinin ısıya dönüştürülmesi gerekmektedir. Birim yüzeye düşen güneş enerjisinin azlığı nedeniyle, ısı enerjisi elde etmede geniş yüzeylere ihtiyaç vardır. Güneş enerjisi kollektörleri, güneş radyasyonunu ısı enerjisine dönüştüren aygıtlar, güneş radyasyonunu emer ve radyasyonu ısıya dönüştürürler. Radyasyon emen materyalin sıcaklığı yükselir. Emici yüzeyin ısısı sıvı veya gaz akışkanlarla taşınır. Güneş kollektörleri tasarımı düz yüzeyli ve yoğunlaştırımalı kollektörler olarak yapılmaktadır. Kollektör plakası sıcaklığı çevre sıcaklığından daha büyük olduğundan, kollektörlerden çevreye ısı kaybı olur. Bu yüzden pratikte %100 verim elde edilemez.

Yoğunlaştırımalı kollektörler, belli bir yüzeye düşen güneş radyasyonunu daha küçük emici alanına yoğunlaştırarak verdikleri için ısı kayıplarını düşürürler. Geniş bir yüzeye düşen güneş ışınları şekillendirilmiş aynaları ya da diğer yansıtıcı yüzeylerle

daha küçük emici yüzeylere yansıtılır. Yoğunlaşmalı kollektörler sadece doğrudan radyasyonu kullanabildikleri için güneşi sürekli izlemeleri sağlanmalıdır. Bol güneşli ülkelerde yoğunlaştırılmalı kollektörlerin olumsuz yönleri yüksek verimlilikleri nedeniyle dikkate alınmayabilir. Güneş enerjisinin sadece güneşin bulutlarla engellenmediği, gündüz saatlerinde alınabilmesi mümkündür. Kısıtlı olan bu kaynaktan sürekli enerji alınabilmesi istenmektedir. Hemen bütün ısı enerjisi kaynakları bu amaçla kullanılmaktadır. Güneşin olmadığı zamanlarda daha önce depolanan enerji kullanılmaktadır. Çeşitli ısı emici cisimler bu amaçla kullanılmaktadır. (çakıl taşı, su vb.)

### 3.3. GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Ülkemiz güneş kuşağı adı verilen ve güneş enerjisince zengin bir bölgede yer almasına karşın güneş enerjisinden yeteri kadar faydalanılamamaktadır. Ülkemizde ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat, yıllık güneş enerjisi ışınlam şiddeti  $1311 \text{ kWh/m}^2$  olarak belirlenmiştir (Kılıç ve Öztürk, 1983). Bunu gösteren güneş enerjisi haritası ise Şekil 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.1’de ise bölgelerimize göre detaylı yıllık toplam güneş enerjisi ve güneşlenme sürelerinin ortalamaları verilmiştir.



Şekil 3.2 Yıllık toplam güneş enerjisi ( $\text{kWh/m}^2 - \text{yıl}$ ).

Tablo 3.1 Bölgelere Göre Güneş Enerjisi Potansiyeli (Kılıç,A.-Öztürk,A.; Güneş Enerjisi).

Bölgeler	Yıllık toplam güneş enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> -Yıl)	Yıllık toplam güneşlenme süresi (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1450	2293
Akdeniz	1390	2956
Ege	1304	2738
İç Anadolu	1314	2628
Doğu Anadolu	1365	2664
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971
Türkiye Ortalaması	1311	2640

### 3.4. YOĞUNLAŞTIRICILI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

Güneş enerjili sistemler genel anlamda düzlemsel ve yoğunlaştırıcı sistemler olarak sınıflandırılabilir. Özellikle Elektrik enerjisi gibi yoğun güneş ışınımına ihtiyaç duyulan sistemlerde yoğunlaştırıcı sistemlere ihtiyaç duyulur. Bilinen düzlemsel güneş kolektörleri için geçerli özellikler yoğunlaştırıcı sistemler içinde geçerli olmakla birlikte, yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sistemleri için ek tarifler ve yeni kavramlar gerekmektedir. Açıklık alanı (AA) güneş enerjisinin kolektörlerdeki düştüğü net alandır. Alıcı yüzey (AY) güneş enerjisinin yutularak ısı enerjisine dönüştürüldüğü yüzeydir. Düzlemsel güneş kolektörlerinde AA ile AY birbirine eşittir. Yoğunlaştırıcı kolektörlerde ise güneş enerjisi, alıcı yüzeye gelmeden önce optik olarak yoğunlaştırıldığı için alıcı yüzey, açıklık alanından daha küçük olmaktadır (<http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/yogunlastiricilar.html>). Yoğunlaştırma oranı (YO) 3.1’de verildiği şekilde hesaplanır.

$$YO = \frac{AA}{AY} \quad (3.1)$$



Yoğunlaştırıcı güneş kolektörlerinde güneş enerjisi, yansıtıcı veya ışın kırıcı yüzeyler yardımı ile doğrusal ya da noktasal olarak yoğunlaştırılabilir. Böylelikle birim alana düşen ışınım hesaplar doğrultusunda istenildiği kadar katlanabilmektedir. Işınımın yüksek olması neticesinde elde edilecek verimde artmaktadır. Düzlemsel kolektörler için AA ile AY birbirine eşit olmakta fakat odaklamalı bir sistemde istenilirse AA, AY'nin 5, 10 hatta 300 katına bile çıkarılabilir. "Sistem verimlilikleri yaklaşık olarak %13 - %15 arası değişen bu sistemlerde, günümüz teknolojisinde ulaşılan seviyede verim değerinin artırılması mümkündür" (Güven vd., 2004).

### 3.4.1. Parabolik Oluklu Kolektörler

Parabolik oluklu kolektörler, doğrusal yoğunlaştırma yaparlar. Kesitleri parabolik şekilde olduğu için bu isimle anılmaktadırlar. Şekilde görüldüğü gibi yansıtıcı yüzeyler güneşi parabolün merkezine yerleştirilen siyah absorbanaya odaklar (Şekil 3.3). Orta derecede sıcaklık isteyen uygulamalarda kullanılan bu sistemlerde, güneş enerjisi bir doğru üzerinde yoğunlaştırılacağından tek boyutlu hareket ile güneşi izlemek yeterlidir (<http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/yogunlastiricilar.html>).



Şekil 3.3 Parabolik kolektörler.

### 3.4.2. Noktasal Yoğunlaştırıcılar

İki boyutta güneşi izleyip noktasal yoğunlaştırma yapan ve daha yüksek sıcaklıklara ulaşan bu tür sistemler, parabolik çanak ve merkezi alıcı olmak üzere iki gruba ayrılır. Parabolik çanak kolektörler; güneşi odak noktasına sürekli yoğunlaştıran sistemlerdir (Şekil 3.4). Noktasal yoğunlaştırıcılar, istenirse güneşi sürekli olarak takip mekanizması ile izleyebilirler.



Şekil 3.4 Parabolik Çanak Kolektörler.

Merkezi alıcı sistemler ise her biri tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen düzlemsel aynalardan oluşur. Bu alanın merkezine yerleştirilen alıcıya, tek tek odaklama yapmasıyla yoğunlaşmış bir ısı enerjisi elde edilir (Şekil 3.5). İstenirse heliostatlar bilgisayar tarafından kontrol edilerek, alıcının devamlı güneş alması sağlanabilir (<http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/yogunlastiricilar.html>).



Şekil 3.5 Solar I Elektrik üretim santrali.

### 3.5. YOĞUNLAŞTIRICILI SİSTEMLER İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ

Bugüne kadar güneş enerjisi ile elektrik üretiminde başlıca iki sistem kullanılmıştır. Birincisi, güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik sistemlerdir. Fakat geçen 20 yıl içerisinde fotovoltaik sistem uygulamalarının artışına rağmen, teknolojisinin karmaşıklığı ve maliyetinin yüksek oluşu, geniş çapta elektrik üretimi için yetersiz olduğunu ortaya çıkarmıştır. İkinci seçenek ise, güneş enerjisinin yoğunlaştırıcı sistemler kullanılarak odaklanması sonucunda elde edilen kızgın buhardan, konvansiyonel yöntemlerle elektrik üretimidir (<http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/yogunlastiricilar.html>). Sistemler parabolik ve oluk şeklinde dizayn edilir. Parabolik ve oluk şekilli yapılarından dolayı da bu ismi taşımaktadırlar. Parabolik ve oluk şekilli yoğunlaştırıcı sistemler ile sistemin odağında bulunan alıcı boru üzerine doğrusal yoğunlaştırma yapılarak, güneş enerjisinden yüksek sıcaklık elde edilir. Yüksek sıcaklıktaki bu boru içerisinde bu sıcaklığa uygun ısı transferi maddesi ile ısı transfer gerçekleştirilir. Sistemlerin daha uzun süre güneşten faydalanmaları ve devamlı güneşi izlemeleri için ise bir güneş izleme sensörü vasıtasıyla güneş izlenebilir. Isı toplama elemanı; cam tüp, yüzeyi yaklaşık %97'lik bir absorbtiviteye sahip çelik alıcı boru ve cam-metal birleştiricilerden oluşur. Alıcı boru üzerinde meydana gelen yüksek sıcaklık nedeniyle oluşan ısı kayıplarını

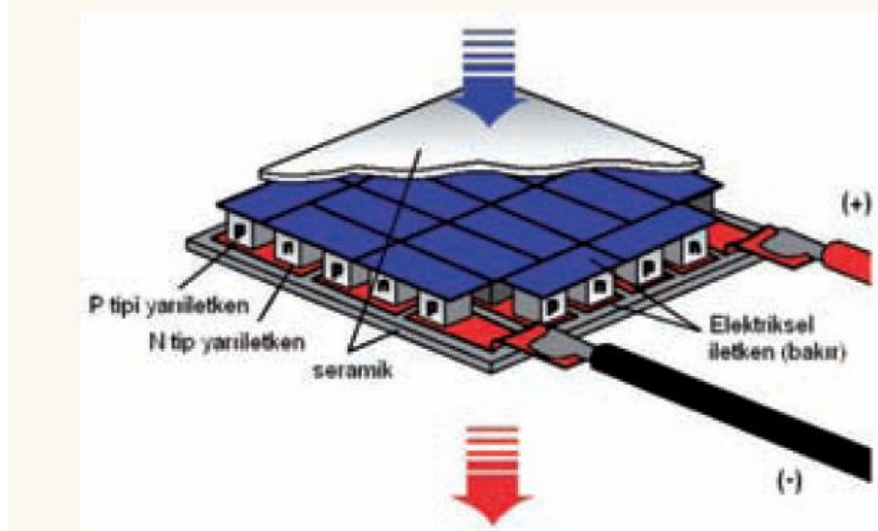
azaltmak için, cam tüp ile alıcı boru arasındaki hava vakumlanmıştır. Bu boşluk basıncı yaklaşık 0,1 atm dir. Isıya dayanıklı cam tüp, yüksek bir geçirgenliğe ve radyasyon kayıplarını en aza indirmek için antirefleksif bir yapıya sahiptir. Sıcaklık nedeniyle meydana gelen genleşmelerin etkilerini gidermek için körüklü cam-metal birleştiriciler kullanılmaktadır (<http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/yogunlastiricilar.html>). Elde edilen bu ısı enerjisi termodinamik bir çevrime sokularak elektrik üretimi gerçekleştirilebilir. Sistemin sıcaklığının yetersiz kaldığı ya da sistemin güneş ışınlarından tam faydalanamayacağı gece ve ya kış ayları gibi durumlarda ek fosil yakıt desteği gerekebilir. Böylelikle sistemin sürekliliği sağlanmış olur.

Parabolik çanak ve parabolik oluk kolektörler düzlemsel kolektörlere nazaran yüksek verime sahip sistemlerdir. Fakat bu iki sistemde negatif yönleri vardır. En bariz sıkıntılar güneş takip mekanizmalarında çıkmaktadır. Güneş doğup batıncaya dek belli bir yay çizmektedir ve parabolik oluk ya da parabolik çanak kolektörler yalnızca bir noktada en yüksek değere ulaşmaktadırlar. Bunu önlemek amacıyla çeşitli sistemler geliştirilmiştir. “Bunlardan en yaygın olarak kullanılan, kolektörlerin güneşin hareketini takip etmesini sağlamak için geliştirilen sistemlerdir. Bir diğer çözüm ise kolektör yapısının değiştirilerek sabit kolektörlerin kullanılmasıdır. Sabit kolektörlerde güneşi takip eden sistemlerin getirdiği ek maliyetlerin olmaması ve bu kolektörlerin bakım ihtiyacının en aza indirgenmiş olması bu kolektörlerin en büyük avantajıdır” (Pirasacı ve Sivrioğlu, 2002). Geliştirilen bu sistem vasıtası güneş ile mekanik aksam ve enerji ihtiyacı olmadan güneş hangi yönden gelirse gelsin tek bir noktaya odaklanmaktadır. Böylelikle hem yoğunlaşma sağlanırken hem de yön takip etme ortadan kalkmaktadır.

## BÖLÜM 4

### 4.1. TERMOELEKTRİK MODÜLLER

Termoelektrik modüller, bir yüzeyi P-tipi yarı iletken malzemeden, diğer yüzeyi ise N-tipi yarı iletken malzemeden oluşan bir yarı iletken sistemidir. Elektriksel olarak seri bağlı, ısıl olarak paralel bağlıdır. İç yapısı, modülün alt ve üst yüzeyi şekilde görüldüğü gibidir (Şekil 4.1). Yüzey kaplaması seramiktir. Seramik ısıl olarak iletken elektriksel olarak yalıtkan olduğu için tercih sebebidir. Termoelektrik parça düşük soğutma-ısıtma verimliliğine rağmen sessiz çalışma olanağı sunduğu için birçok uygulamada tercih edilmektedir. Örneğin son zamanlarda yaygınlaşan araç tipi buzdolapları ve CPU soğutucuları TE kullanımının en yaygın örneklerindedir ([www.tubitak.gov.tr](http://www.tubitak.gov.tr)). Aşağıdaki şekilde TE iç yapısı gerçek resim olarak Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

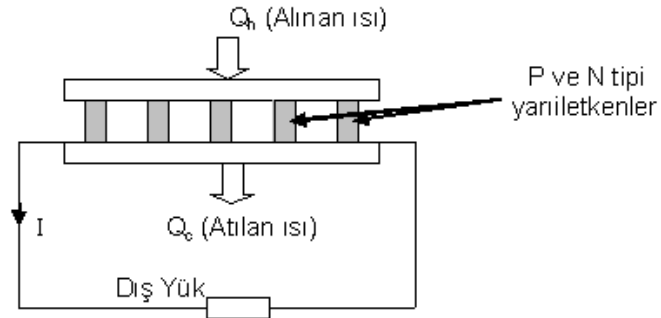


Şekil 4.1 Termoelektrik modülün iç yapısı.



Şekil 4.2 TE modülün iç görünümü.

Bir yüzeyine ısı verip, diğer yüzeyinden ısı çekerek bir sıcaklık farkı oluşturulur. Bu sıcaklık farkı P ve N tipi yarı iletken elemanlarda bir potansiyel fark oluşturmaktadır. Her elemanda meydana gelen potansiyel fark, toplam potansiyel farka eşit olmaktadır. Her bir P-N tipi elemanda oluşan güç ise toplam gücün bir parçasını ifade etmektedir. Toplam güç ise toplam P-N eleman sayısı kadar olmaktadır. TE modüllerin jeneratör olarak kullanılması aşağıdaki şekilde verildiği gibidir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Bir termoelektrik modülün jeneratör olarak kullanılması.

TE modülün iki farklı metalden oluşan kapalı bir devrede birleşme noktaları farklı sıcaklıklarda bulunursa, bu yüzeyler arasına Joule etkisi, Fourier etkisi, Peltier etkisi ve Seebeck etkisi geçerli olur (Riffat and Qiu, 2004). Seebeck etkisi; farklı iki malzemeden oluşan bir devrede, iki jonksiyon (birleşme) farklı sıcaklıklarda

olduğunda malzeme uçlarında ölçülen gerilimin sıcaklık farkıyla orantılı olduğunu ifade eder.

$$U = \alpha \Delta T \quad (4.1)$$

Eşitlikte; U: Devrede oluşan gerilim (V),  $\alpha$ : Seebeck katsayısı (V/K),  $\Delta T$ : Sıcaklık farkını (K) göstermektedir.

Peltier etkisi; termoelemanda soğuk ve sıcak yüzeyde ortaya çıkan ısının devreden geçen akımla orantılı olduğunu gösterir.

$$Q_p = \pi I \quad (4.2)$$

Eşitlikte;  $Q_p$ : Peltier ısısı (W),  $\pi$ : Peltier sabiti (V), I: Devreden geçen akımı (A) göstermektedir.

Burada,

$$\pi = \alpha T \quad (4.3)$$

Eşitlikte;  $\pi$ : Peltier sabiti (V), T: Sıcaklık (K),  $\alpha$ : Seebeck katsayısını (V/K) göstermektedir.

Thomson etkisi: Seebeck ve Peltier etkileri arasındaki ilişkiyi verir. Böyle bir devrede oluşan ısı hem elektrik akımına hem de sıcaklık gradyanına bağlıdır.

$$Q_t = t \Delta T I \quad (4.4)$$

Eşitlikte;  $Q_t$ : Thomson ısısı (W), t: Thomson katsayısı (V/K),  $\Delta T$ : İletkenin uçları arasındaki sıcaklık farkını (K), I: Devreden geçen akımı (A) göstermektedir.

Joule etkisi: devreden geçen akım sonucu ortaya çıkan ısı enerjisidir.

$$Q_j = I^2 R \quad (4.5)$$

Eşitlikte;  $Q_j$  : Joule ısısı (W), R: Termoelemanın direnci ( $\Omega$ ), I: Devreden geçen akımı (A) göstermektedir.

Fourier etkisi: iki yüzey arasındaki sıcaklık farkından dolayı iletimle olan ısı geçişini ifade eder.

$$Q = k A \Delta T \quad (4.6)$$

Eşitlikte; k: Isı iletim katsayısı (W/m<sup>2</sup>K), A: Kesit alanı (m<sup>2</sup>),  $\Delta T$ : Sıcaklık farkını (K) göstermektedir.

Bütün bu etkiler bir arada yazılırsa; N adet çiftten oluşan bir termoelektrik jeneratörde sıcak yüzeyden emilen ısı miktarı:

$$Q_h = 2N \left( \alpha T_{sıcak} - I^2 \left( \frac{\rho}{2G} \right) + k \Delta T G \right) \quad (4.7)$$

soğuk yüzeyden atılan ısı miktarı:

$$Q_c = 2N \left( \alpha T_{soğuk} + I^2 \left( \frac{\rho}{2G} \right) + k \Delta T G \right) \quad (4.8)$$

Eşitliklerde; N: Termoelektrik çift sayısı,  $\alpha$ : Seebeck katsayısı (V/K),  $T_{soğuk}$ : soğuk yüzey sıcaklığı (K),  $T_{sıcak}$ : sıcak yüzey sıcaklığı (K), G: Şekil faktörü (Alan/Uzunluk, cm),  $\rho$ : Elektriksel Direnci ( $\Omega$  cm) göstermektedir.

Devredeki gerilim:

$$V = 2N \alpha \Delta T \quad (4.9)$$



Elde edilen akım:

$$I = \frac{VG}{2\rho N} \quad (4.10)$$

Termoelektrik modülün ürettiği elektrik enerjisi:

$$P = Q_h - Q_c \quad (4.11)$$

veya

$$P = VI \quad (4.12)$$

$I = \frac{V}{R}$  olduğundan,

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (4.13)$$

eşitliğiyle bulunur.

TE jeneratörün verimi ise alınan elektriksel gücün harcanan ısı güce oranıdır.

$$\eta = \frac{P}{Q_h} \quad (4.14)$$

## BÖLÜM 5

### 5.1. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, merkezi alıcılı sistemin bir prototipi kurulmuştur. Sistem için kullanılan elemanlar ve teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Suntadan yapılmış bir zemin üzerine 98 adet ayna ve termoelektrik modülleri sistemin odağında tutmak için hazırlanmış basit metal kol yerleştirilmiştir. Sunta toplam 1 adet olup, boyutları yaklaşık 60x70x3 cm dikdörtgen şeklindedir.

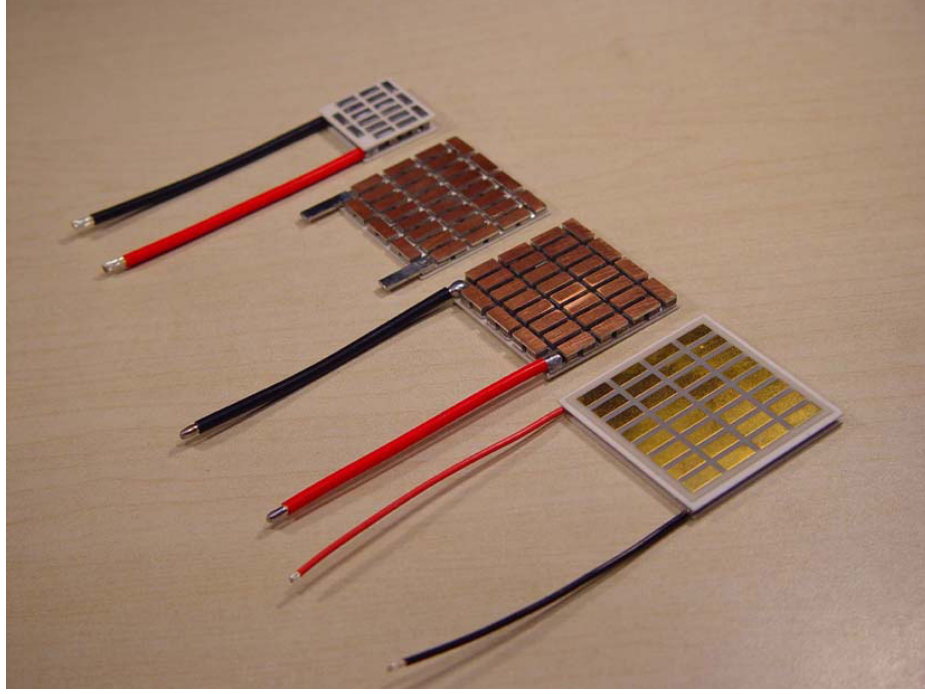
Düzlemsel aynalar, boyutları 5 cm x 5 cm olacak şekilde toplam 98 adettir.

Odak noktasına yerleştirilecek termoelektrik modülleri tutmak için hazırlanmış basit metal direğin boyu 50 cm'dir.

Termoelektrik modül olarak 4 adet aşağıdaki tabloda teknik özellikleri verilen modüller kullanılmıştır. Deney düzeneğinde kullanılan termoelektrik modüllerin iç yapısı Şekil 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1 Sistemde kullanılan TE modüller ve teknik özellikleri (<http://www.huimao.com/series.htm>).

Model	Çift Sayısı	$U_{max}$	$I_{max}$	$\Delta t_{max}$	$Q_{max}$	LxWxH (mm)	R ( $\Omega$ )
TEC1-12706T125			6	67	61	40x40x3.9	2
TEC1-03150T125	31	3,5	50		106,9	35x35x4,2	0,05

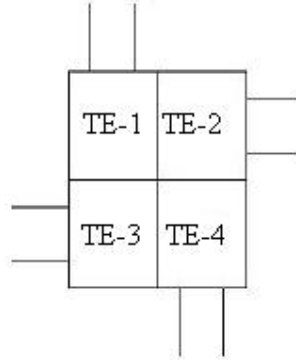


Şekil 5.1 Elektrik üretimi için kullanılan termoelektrik modüllerin iç yapısı.

Lazer işaretleyici yardımı ile her bir aynaya dik olarak düşen ışınımı odak noktasına odaklanmıştır. Aynaların tam odağa yansıtması için sıcak silikon yardımı ile açma ve sabitleme işlemi yapılmıştır.

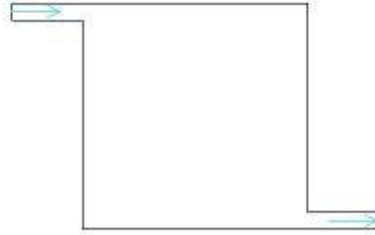
Sistem için sabit ve mümkün mertebe düz yüzeye sahip bir deney masası üzerine hazırladığımız sunta parçasını yerleştirdik. Lazer işaretleyicimizin yukardan aşağıya dikey doğrultuda ışın verebilmesi için bir L kol vasıtası ile sabitlemesini gerçekleştirdik.

TE modüller kabloları dışa gelecek şekilde ayarlanmıştır (Şekil 5.2). Isınacak yüzeye güneş enerjisinden yüksek oranda faydalanabilmek için siyah mat renkte bir metalle arasına termal silikon sürülerek bitştirildi. Güneş ışınımını mat ve siyah olan yüzeye odaklayarak, bu yüzeyi yüksek sıcaklıklara çıkaracağız.



Şekil 5.2 TE modüllerin yerleştirilmesi.

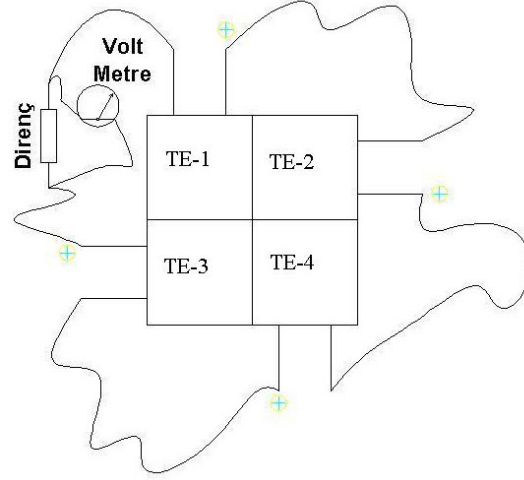
Soğutulmak istenen yüzey için bakırdan üretilmiş bir parça (içerinde su geçiş alanının bulunduğu) yine termal silikon sürülerek birleştirilmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 TE modüllerin soğutulduğu yüzey.

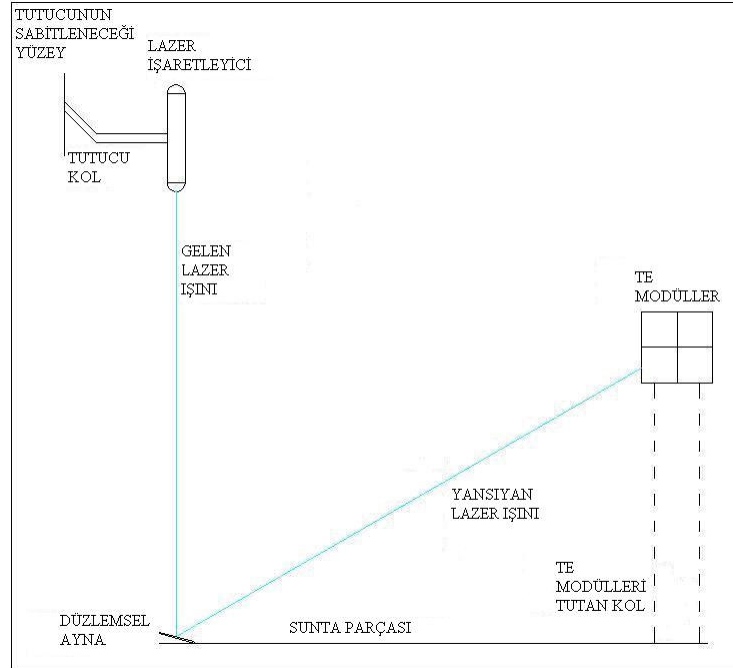
Birleştirme işleminde kullanılan tutucular mutlaka ısı iletimi yönünden zayıf seçilmelidir. Aksi halde bir sıcaklık farkı oluşturmak zor olabilir.

Sistemden daha yüksek gerilim elde edebilmek için seri bağlantı tercih edilmiştir. Deney sonucunda da bahsedileceği gibi seri bağlanmış dört adet TE modülün bir ayarlı dirence bağlanması ve bu dirençten ne kadar akım geçtiğinin ölçülmesi aşağıdaki şekilde görünmektedir (Şekil 5.4).



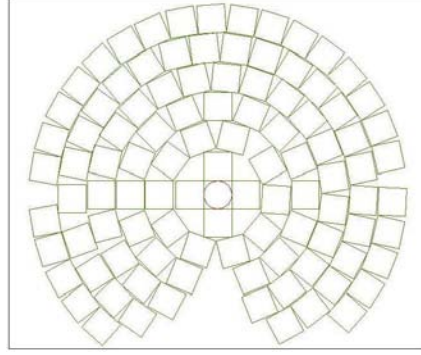
Şekil 5.4 TE modüllerin seri bağlantı şeması.

Hazırlanan bu TE grubu sunta odağına yerleştirilmiş bir kol parçasına sabitlenir. Amaç tüm ayna parçalarının bu odak noktasına güneş ışığını odaklamasıdır (Şekil 5.5).



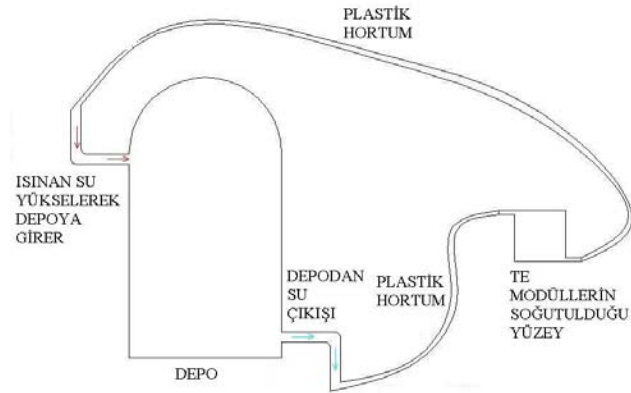
Şekil 5.5 TE modüllere lazer ışığının odaklanması

Her bir ayna parçası için bu odaklama işlemi yapılır. Lazer ışını odakta görünür görünmez sıcak silikon tabancası vasıtası ile ayna o yön ve açıda sabitlenir. Böylece yaklaşık 98 adet aynamız tek bir noktaya odaklanmış olur (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Ayna parçalarının sunta üzerine yerleşim şeması.

Soğuması gereken yüzeydeki artan sıcaklığın düşürülmesi için düzeneğin hazırlanması; bu kısımda ısınan suyun kendiliğinde yükselmesi mantığı ile hareket edilip hiçbir ek enerji sarf etmeden doğal sirkülasyon vasıtası ile soğuması gereken yüzeydeki sıcaklık düşürülmüştür. Sistemin soğuması gereken kısmına bağlanan soğutma ara elemanı plastik esnek hortumlar vasıtası ile bir depoya bağlanmıştır. Sistem içinde dolaşan su ısındıkça yükselip depoya gitmekte ve soğuyan su geri dönmektedir. Böylelikle soğutulması gerek yüzeydeki sıcaklık istenilen seviyeye indirilerek sıcaklık farkı oluşturulmuş ve elektrik üretimi gerçekleşmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 Isınan yüzeyin sıcaklığını düşürmek için hazırlanan depo düzeneği.

Deney düzeneğini son hali Şekil 5.8’de verilmiştir. Burada aynalarımız güneşi tam odağa yansıtacak şekilde güneşe doğru çevrilmiştir. Yani sunta üzerine güneş ışınları tam dik düşmektedir. Böylelikle her ayna üzerine düşen güneş ışınımını odak noktasına odaklar. (Odak noktasına yaklaşık 50 cm yüksekliğe bir kol vasıtası ile sabitlenmiş TE modüller üzerine düşmektedir.) Güneş ışınım şiddetini ölçen cihazımızı güneşe dik vaziyette yerleştirip anlık ışınım şiddetleri kaydedilmiştir. Aynı ışınım şiddetinde odak noktasına düşen yoğunlaştırılmış ışınımda ölçülerek kaydedilmiştir. Bilgisayar vasıtası ile yükte ve boşta voltaj, soğutma suyunun depoya giriş sıcaklığı ve depodan çıkış sıcaklığı ölçülüp kaydedilmiştir.



Şekil 5.8 Deney için kurulan düzenek.

Voltaj ölçümünü teyit etmek için aynı anda bir avometre ile voltajlarda ölçülmüştür. Bir oda termostatu vasıtası ile de ortam sıcaklığı ölçülerek kaydedilmiştir. Soğutma suyunun doğal dolaşım dışında sadece TE soğutulacak yüzeyden dolaştırılarak belli bir debi ile akıtılmıştır. Bu debinin de değerleri kaydedilmiştir (Şekil 5.9). Bununla birlikte bir anlık ölçüm değerleri Şekil 5.10’da e bilgisayar bağlantılı ölçümler için kullanılan modüller Şekil 5.11’de detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Deney için kurulan düzenekte soğutma suyunun debisinin ölçülmesi.



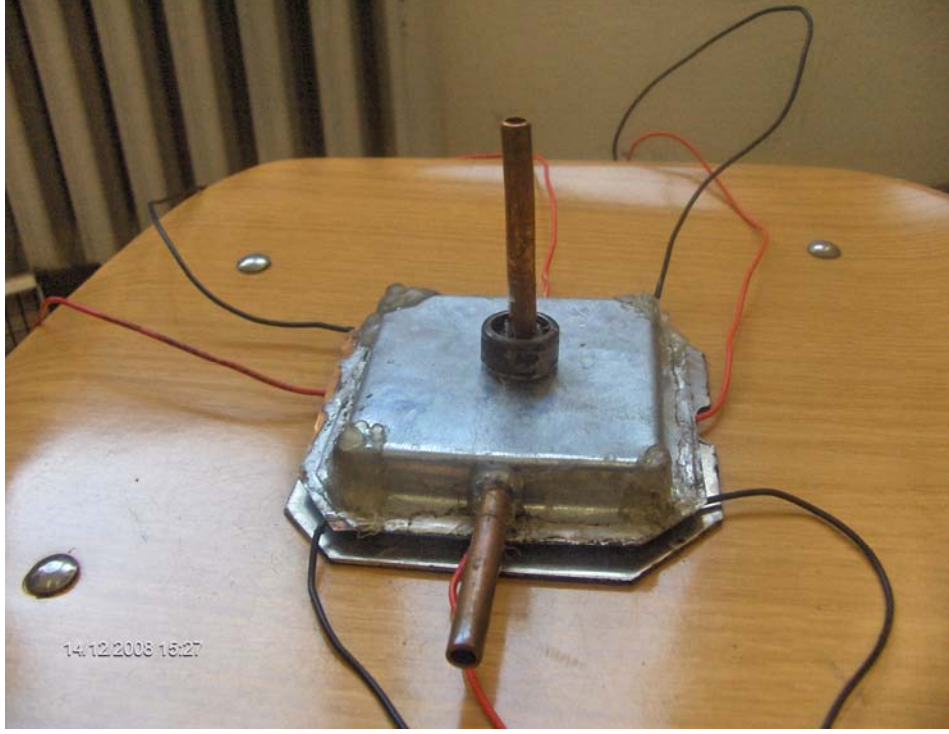
Şekil 5.10 Bir anlık ölçüm değerlerinin ölçü aletlerinden izlenmesi





Şekil 5.11 Bilgisayar bağlantılı ölçümleri için kullanılan modüller.

TE modüllerin dizaynının fotoğrafları şekil 5.12’de verilmiştir. Resimde görünen üst kısım TE modüllerin soğutma suyunun dolaştığı kısımdır. Bu parça TE modüllere termal silikon vasıtası ile birleştirilmiştir. Alt kısmı ise siyah renkli ve güneşin odağına denk gelen kısımdır. Bu kısımda yine termal silikon vasıtası ile TE modüllere birleştirilmiştir.



Şekil 5.12 TE modüllerin dizaynı.

Sistemin gücü hesaplanırken 4.13 deki bağıntı kullanılmıştır. Sisteme gelen toplam ışınım gücü ( $TI$ ), ( $AS$  = ayna sayısı,  $IŞ$  = ışınım şiddeti)

$$TI = AS \times IŞ \quad (5.1)$$

Sistemin verimi ise ( $\eta$ ),

$$\eta = \frac{P}{TI} \quad (5.2)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır.

## BÖLÜM 6

### 6.1. BULGULAR

İki gün boyunca toplam beş adet deney yapılmıştır. Deneylerin üçü de aynı saat dilimi ve aynı gün içerisinde gerçekleştirilmiştir. Diğer ikisi de ikinci gün ve aynı saat dilimi içerisinde yapılmıştır. Havanın çok güneşli olmadığı ortamda yapılan bu deney düzenekleri için aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

#### 6.1.1. I. DENEY

13 Aralık 2008, 14:16'da yapılan deneyde TEC1-03150T125 modülden 3 adet ve TEC1-12706T125 modülden 1 adet olmak üzere toplam 4 adet modül kullanılmıştır. 3 adet modüle 1  $\Omega$  direnç bağlanarak ve 1 adet modüle ise açık devre şeklinde ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve ölçüm değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 6.1).

Tablo 6.1 I. Deney için yapılan ölçümler ve sonuçlar.

Modül Adı:	TEC1-03150T125	TEC1-12706T125
Modül Sayısı	3	1
Işınım Şiddeti, IŞ (W/m <sup>2</sup> )	487	487
Yoğunlaştırılmış Işınım Şiddeti, YI (W/m <sup>2</sup> )	4756	4756
Ortam Sıcaklığı T <sub>o</sub> (°C)	8,5	8,5
Suyun Depoya Giriş Sıcaklığı, T <sub>g</sub> (°C)	25,2	25,2
Suyun Depodan Çıkış Sıcaklığı, T <sub>ç</sub> (°C)	14,2	14,2
Çıkışa Bağlanan Direnç, R ( $\Omega$ )	1,0	açık devre
Elde Edilen Gerilim, U (V)	0,247	1,560
Üretilen Güç, P (W)	0,061	
Sisteme Gelen Toplam Işınım Gücü, TI (W)	76,362	
Sistemin Verimi, $\eta$ (%)	0,080	
Yoğunlaştırma Oranı, YO	9,766	9,766

### 6.1.2. II. DENEY

13 Aralık 2008, 14:16'da yapılan deneyde TEC1-03150T125 modülden 3 adet ve TEC1-12706T125 modülden 1 adet olmak üzere toplam 4 adet modül kullanılmıştır. 3 adet modüle 0,5  $\Omega$  direnç bağlanarak ve 1 adet modüle ise açık devre şeklinde ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve ölçüm değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 6.2).

Tablo 6.2 II. Deney için yapılan ölçümler ve sonuçlar.

Modül Adı:	TEC1-03150T125	TEC1-12706T125
Modül Sayısı:	3	1
Işınım Şiddeti, $I_S$ (W/m <sup>2</sup> )	487	487
Yoğunlaştırılmış Işınım Şiddeti, $Y_I$ (W/m <sup>2</sup> )	4680	4680
Ortam Sıcaklığı $T_o$ (°C)	8,5	8,5
Suyun Depoya Giriş Sıcaklığı, $T_g$ (°C)	25,2	25,2
Suyun Depodan Çıkış Sıcaklığı, $T_ç$ (°C)	14,0	14,0
Çıkışa Bağlanan Direnç, $R$ ( $\Omega$ )	0,5	açık devre
Elde Edilen Gerilim, $U$ (V)	0,242	1,330
Üretilen Güç, $P$ (W)	0,117	
Sisteme Gelen Toplam Işınım Gücü, $T_I$ (W)	76,362	
Sistemin Verimi, $\eta$ (%)	0,153	
Yoğunlaştırma Oranı, $YO$	9,610	9,610

### 6.1.3. III. DENEY

13 Aralık 2008, 14:16'da yapılan deneyde TEC1-03150T125 modülden 3 adet ve TEC1-12706T125 modülden 1 adet olmak üzere toplam 4 adet modül kullanılmıştır. 3 adet modüle 0,2  $\Omega$  direnç bağlanarak ve 1 adet modüle ise 1  $\Omega$  direnç bağlanarak ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve ölçüm değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 6.3).

Tablo 6.3 III. Deney için yapılan ölçümler ve sonuçlar.

Modül Adı:	TEC1-03150T125	TEC1-12706T125
Modül Sayısı:	3	1
Işınım Şiddeti, IŞ (W/m <sup>2</sup> )	280	280
Yoğunlaştırılmış Işınım Şiddeti, YI (W/m <sup>2</sup> )	4280	4280
Ortam Sıcaklığı T <sub>o</sub> (°C)	8,5	8,5
Suyun Depoya Giriş Sıcaklığı, T <sub>g</sub> (°C)	13,7	13,7
Suyun Depodan Çıkış Sıcaklığı, T <sub>ç</sub> (°C)	12,3	12,3
Çıkışa Bağlanan Direnç, R (Ω)	0,2	1,0
Elde Edilen Gerilim, U (V)	0,035	0,100
Üretilen Güç, P (W)	0,006	0,010
Sisteme Gelen Toplam Işınım Gücü, TI (W)	43,904	43,904
Sistemin Verimi, η (%)	0,014	0,023
Yoğunlaştırma Oranı, YO	15,286	15,286

#### 6.1.4. IV. DENEY

14 Aralık 2008, 12:30'da yapılan deneyde TEC1-12706T125 modülden 4 adet kullanılmıştır. Bunlara 8 Ω direnç bağlanarak ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve ölçüm değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 6.4). Yapılan bu ölçümde en yüksek verim değeri hesaplanmıştır. Dışa bağlanan 8 Ω direnç üzerinden 2,7 V gerilim ölçülmüş ve 0,911 w güç hesaplanmıştır. Işınım şiddeti 557 W/m<sup>2</sup> iken odak noktasında 4720 W/m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Bu değerler doğrultusunda sistemin verimi % 1,043 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6.4 IV. Deney için yapılan ölçümler ve sonuçlar.

Modül Adı:	TEC1-12706T125
Modül Sayısı:	4
Işınım Şiddeti, IŞ (W/m <sup>2</sup> )	557
Yoğunlaştırılmış Işınım Şiddeti, YI (W/m <sup>2</sup> )	4720
Ortam Sıcaklığı T <sub>o</sub> (°C)	21,5
Suyun Depoya Giriş Sıcaklığı, T <sub>g</sub> (°C)	11,5
Suyun Depodan Çıkış Sıcaklığı, T <sub>ç</sub> (°C)	7,3
Çıkışa Bağlanan Direnç, R (Ω)	8,000
Elde Edilen Gerilim, U (V)	2,700
Üretilen Güç, P (W)	0,911
Sisteme Gelen Toplam Işınım Gücü, TI (W)	87,338
Sistemin Verimi, η (%)	1,043
Yoğunlaştırma Oranı, YO	8,474

#### 6.1.5. V. DENEY

4 Aralık 2008, 12:45'da yapılan deneyde TEC1-12706T125 modülden 4 adet kullanılmıştır. Bunlara 8 Ω direnç bağlanarak ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve ölçüm değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 6.5). Dışa bağlanan 8 Ω direnç üzerinden 2,020 V gerilim ölçülmüş ve 0,510 W güç hesaplanmıştır. Işınım şiddeti 506 W/m<sup>2</sup> iken odak noktasında 4626 W/m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Bu değerler doğrultusunda sistemin verimi % 0,643 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6.5 IV. Deney için yapılan ölçümler ve sonuçlar.

Modül Adı:	TEC1-12706T125
Modül Sayısı:	4
Işınım Şiddeti, $I_S$ (W/m <sup>2</sup> )	506
Yoğunlaştırılmış Işınım Şiddeti, $YI$ (W/m <sup>2</sup> )	4626
Ortam Sıcaklığı $T_o$ (°C)	21,5
Suyun Depoya Giriş Sıcaklığı, $T_g$ (°C)	11,5
Suyun Depodan Çıkış Sıcaklığı, $T_ç$ (°C)	7,3
Çıkışa Bağlanan Direnç, $R$ ( $\Omega$ )	8,0
Elde Edilen Gerilim, $U$ (V)	2,020
Üretilen Güç, $P$ (W)	0,510
Sisteme Gelen Toplam Işınım Gücü, $TI$ (W)	79,341
Sistemin Verimi, $\eta$ (%)	0,643
Yoğunlaştırma Oranı, $YO$	9,142

## BÖLÜM 7

### 7.1. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan sistem, havanın çok açık olmadığı yani ışınım şiddetinin düşük olduğu günde yapılan ölçümlerde elde edilen değerlere göre % 1,043 verimle çalışmaktadır. Bu güneş ışınımının yüksek olduğu günlerde sistemin daha verimli çalışacağı anlamına gelmektedir. Güneş ışınımı takip edilerek yapılan ölçümlerde görüldü ki, ışınım şiddeti ile bağlantılı olarak elde edilen gerilim artmaktadır. Doğal dolaşım vasıtasıyla sistem çalıştırıldığında elde edilen güç düşük olurken, şebeke suyu dolaştırılarak sistem çalıştırıldığında güç artmaktadır. Üç adet TEC1-03150T125 modül ile 4756 W/m<sup>2</sup> yoğunlaşmış ışınımında 1 Ω direnç yükünde 0,247 V - 0,061 W elektrik elde ederken, bir adet TEC1-12706T125 aynı ışınım altında açık devrede 1,560 V gerilim ölçülmüştür. Sistem verimi ise %0,080 civarında olmaktadır. Yine 4720 W/m<sup>2</sup> ışınım şiddetinde TEC1-12706T125 modül ile 8 Ω dirençte %1,043 oranında verim elde edilmiştir.

Sistemimiz istediğimiz ölçüm değerlerini vermekle birlikte elde edilen sonuçların daha uzun zamana (yıl boyunca ya da gün boyunca) yayılması için sisteme bir adet güneş takip mekanizması yerleştirilmesi önerilmektedir. Böylelikle çok küçük bir enerji tüketerek gün ve yıl boyunca tüm aynalar güneşi takip etmiş olurlar. Sistem verimi tüm yıl boyunca en iyi değerine ulaşır.

Güneşi odakladığımız sıcak yüzeyimiz yüzeydeki ısı kayıplarını en küçük seviyeye indirmek için kapalı bir cam kap içine alınır ve vakumlanırsa, yüzeyimizi istenilen sıcaklığa daha çabuk çıkaracağımız ve bu sıcaklıkta daha uzun süre kalabileceğimiz için sistemi kullanma süremiz ve verimimiz artar.



Sistemde 5 x 5 cm düzlemsel aynalardan 98 adet kullanılmıştır. Daha büyük boyutlarda düzlemsel aynalar kullanılarak, daha büyük alanda deney düzeneği hazırlanabilir. Böylelikle yoğunlaştırma oranı artacağı için elde edilen sıcaklık ve dolayısıyla elde edilecek gerilim de artacaktır.

Sistemde kullanılan doğal dolaşımın istenilen verimde çalışmasını sağlamak için boru kalınlıklarında iyileştirme yapılabilir. Yine TE modülleri dizayn ederken su çıkış hattı üste su dönüş hattı alta alınarak dizayn edilebilir. Böylelikle depoya giden sıcak su üstten dönen soğutulan su ise alttan girerek dolaşım hızlanır. Dolaşımın artması ise soğuk tarafın daha fazla soğumasını sağlayarak elde edilen sıcaklık farkını ve dolayısıyla gerilimin artmasını sağlar.

## KAYNAKLAR

Anonim, “Güneş enerjisi”, Aygaz AŞ., 1-4, (19..)

Chen, L., Li, J., Sun, F. and Wu, C., “Performance optimization of a two-stage semiconductor thermoelectric-generator”, *Applied energy*, 82 (2005) 300-312, 301, (2005)

Chen, X., Lin, B. and Chen, J., “The parametric optimum design of a new combined system of semiconductor thermoelectric devices”, *Applied energy*, 83 (2006) 681-686, 2-3, (2006)

Eakburanawat, E. and Boonyaroonate, I., “Development of a thermoelectric battery-charger with microcontroller-based maximum power point tracking technique”, *Applied energy*, 83 (2006) 687-704, 689, (2005)

EİE Elektrik İşleri Etüt İdaresi, “Yoğunlaştırıcı sistemler”, [www.eie.gov.tr/turkce.gunes.yogunlastiricilar](http://www.eie.gov.tr/turkce.gunes.yogunlastiricilar), (20..)

Güven, Ş. Y., Üçgül, İ. ve Şenol, R. “Güneş enerjisi ısı uygulamaları ve güneş kulelerinin incelenmesi”, *Mühendis ve makine*, 533, 1-3, 15, (2004)

Huimao cooling equipment, “Standart common termoelectric cooling module”, <http://www.huimao.com/series1.html>, (20..)

Kılıç A. ve Öztürk A., “Güneş enerjisi”, 1-4, (1983).

Khattab, N. M. and Shenawy, E. T. el, “Optimal operation of thermoelectric cooler driven by solar thermoelectric generator”, *Energy conversion and management*, 47 (2006) 407-426, 408, 2005

Külünk, H. ve Eyice, S., “Yeni enerji kaynakları”, 2-5, (1983).

Lertsatitthanakorn, C., “Electrical performance analysis and economic evaluation of combined biomass cook stove thermoelectric (BITE) generator”, *Bioresearch technology*, 5, (2006)

Maneevan, S., Hirunlabh, J., Khedari, J., Zengmati, B. and Teekasap, S., “Heat gain reduction by means of thermoelectric roof solar collector”, *Solar energy*, 78 (2005) 495-503, 502, (2004)

Oda, Y. and Yoshida, H., “Theoretical analysis on thermoelectric power generation with rectangular-fin elements and its applicability in micro systems”, *Heat transfer—Asian research*, 35(3), 226-243, (2006)

Pırasacı, T. ve Sivrioğlu M., “Yüksek konsantrasyonlu, sabit, üç yansıtıcı güneş kollektörü”, *Mühendis ve makine*, 46 (549), 35 (20..)

Riffat, S.B. and Qiu, G., “Comperative İnvestigation of Thermoelectric Air-Conditioners Versus Vapour Compression and Absorption Air-Conditioners”, *Applied Thermal Engineering*, 24, 1979-1993, 2004.

Thomas, J. P., Quidwai, M. A. and Kellogg, J. C., “Energy scavenging for small-scale unmaned systems”, *Journal of power*, 159 1494-1509, 7, (2006)

Uyarel, Y. ve Öz, E. S., “Güneş enerjisi ve uygulamaları”, 1-4, (1987).

TMMOB Makina Mühendisleri Odası, “Güneş enerjisi” [www.mmo.org.tr](http://www.mmo.org.tr). Muhendismakina.Arsiv.2004.Haziran.makale\_gunes\_dosyalar, (2004)

Tsuyoshi, A. and Matsuura, K., “Trial manufacture of a thermoelectric generator powered by hightemperature heat transfer medium oil”, *Electrical engineering in Japan*, vol.141 No.1, 43, (2002)

Vorobiev, Y. And González-Hernández, J., “Thermal-photovoltaic solar hybrid system for efficient solar energy conversion”, *Solar energy*, 80 (2006) 170-176, 174, (2005)

Xi, H., Luo, L. and Fraisse, G., “Development and applications of solar-based thermoelectric Technologies”, *Renewable and sustainable energy reviews*, 3, (2005)

**EK AÇIKLAMALAR**  
**TE MODÜLLERE AİT VERİLER TABLOSU**

Tablo 1.1 Elektrik üretimi için kullanılan TE modüller.

Model Numarası	Çift Sayısı	I <sub>max</sub> (A)	U <sub>max</sub> (V)	Q <sub>Cmax</sub>	ΔT <sub>max</sub>	Boyutlar (mm)			Ω	(g)
				ΔT =0 (W)	Q <sub>c</sub> =0 (°C)	Th=27 °C				
				L	M	H				
TEC1-03130T125	31	30	3,5	64,5	63	35	35	5,0	0,09	36
TEC1-03140T125		40		85,5	61	35	35	4,5	0,07	33
TEC1-03150T125		50		106,9	--	35	35	4,2	0,05	31
TEC1-03160T125		60		64,2	--	35	35	4,0	0,04	30
TEC1-03180T125		80		85,5	--	35	35	3,8	0,03	29
TEC1-03140T125	31	40	3,5	85,5	63	40	40	5,0	0,07	37
TEC1-03150T125		50		106,9	61	40	40	4,5	0,05	34
TEC1-03160T125		60		128,3	--	40	40	4,2	0,04	32
TEC1-03180T125		80		171,1	--	40	40	4,0	0,03	31
TEC1-031100T125		100		213,9	--	40	40	3,8	0,03	30

Tablo 1.2 Standart yaygın TE soğutma modülleri.

Model	Çift Sayısı	$U_{max}$	$I_{max}$	$\Delta T_{max}$	$Q_{max}$	L×W×H (mm)	R( $\Omega$ )
TEC1-12703T125	127	15,20	3	67	29,70	40×40×5,4	4.260
TEC1-12704T125			4	67	40,10	40×40×4,6	3.120
TEC1-12705T125			5	67	52,10	40×40×4,0	2.340
TEC1-12706T125			6	67	61,00	40×40×3,9	2.040
TEC1-12707T125			7	65	72,20	40×40×3,6	1.700
TEC1-12708T125			8	65	80,30	40×40×3,5	1.560
TEC1-12709T125			9	62	89,20	40×40×3,4	1.420
TEC1-12710T125			10	62	105,80	40×40×3,2	1.130
TEC1-12712T125			12	62	123,80	40×40×3,1	0,99
TEC1-12715T125			15	62	148,60	40×40×3,0	0,85

## **ÖZGEÇMİŞ**

Serbulent GÜR, 19/15/1982’de Aksaray ili Güzelyurt ilçesi Akyamaç köyünde doğdu. İlköğrenimini K.Mehmet Baysal ilköğretim okulunda, ortaöğrenimini Aksaray Anadolu Teknik, Teknik ve Endüstri Meslek lisesi Elektronik bölümünde tamamladı. 2000-2004 yıllarında Süleyman Demirel üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliği programında okudu. 2006 yılında Karabük üniversitesi Fen Bilimleri enstitüsü Makine Eğitimi bölümü yüksek lisans programına başladı ve halen devam etmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Taşpazar mahallesi Hürriyet apartmanı

Kat: 4 No: 30

AKSARAY

Telefon: 0382. 213 66 16

E-posta: serbulentgur@hotmail.com