



**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**GÜNEŞ ENERJİSİ VE ATIK ISI KULLANILARAK
TERMOELEKTRİK MODÜL İLE DENEYSEL
ELEKTRİK ÜRETİMİ**

HURŞİT EMRE DÖŞKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ANTAKYA/HATAY
EKİM-2010**

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİSİ VE ATIK ISI KULLANILARAK
TERMOELEKTRİK MODÜL İLE DENEYSEL
ELEKTRİK ÜRETİMİ

HURŞİT EMRE DÖŞKAYA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Abdullah KEÇECİLER danışmanlığında hazırlanan bu tez
26/10/2010 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr. Abdullah KEÇECİLER
Başkan

Yrd.Doç.Dr. Cuma KARAKUŞ
Üye

Yrd.Doç.Dr. Ersin ÖZDEMİR
Üye

Bu tez Enstitümüz Makine Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Necat AĞCA
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER	Sayfa
ÖZET.....	II
ABSTRACT.....	III
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Termoelektriğin Tarihçesi.....	2
1.2. Termoelektrik Soğutma Teorisi.....	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1. Materyal.....	8
3.1.1. Termoelektrik Modüller.....	8
3.1.2. Termoelektrik Soğutucuların Çalışma Prensibi.....	10
3.1.3. Soğutucularda Kullanılan Malzemeler.....	11
3.1.4. Soğutucuların Avantajları ve Dezavantajları.....	15
3.1.5. Soğutucu yapısı ve Uygulama Örnekleri.....	16
3.2. Yöntem.....	21
3.2.1. Hava akışkanlı Termoelektrik Üretim.....	22
3.2.2. Su akışkanlı Termoelektrik Üretim.....	24
3.2.3. Güç Kaynağı.....	27
3.2.4. Kontrol.....	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	30
4.1. Araştırma Bulguları.....	30
4.1.1. Akışan olarak havanın kullanıldığı kısım.....	30
4.1.2. Akışan olarak suyun kullanıldığı kısım.....	33
4.2. Tartışma.....	40
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	41
KAYNAKLAR.....	42
TEŞEKKÜR.....	44
ÖZGEÇMİŞ.....	45

ÖZET

Termoelektrik soğutma; iki farklı metal telin uçları birleşmesiyle oluşan sisteme elektriksel akım verildiğinde telin uçlarında sıcaklık farkı oluşması olayıdır. Bu sistemlerde yarıiletken (semi kondüktör) malzemeler kullanılır. Soğuk uç tarafından absorbe edilen ısı Termokupul' dan geçen elektrik akımını yardımıyla sıcak tarafa pompalanır. Bu sistemlerde, yüzeyler arası 100 °C sıcaklık farkı oluşturabilmektedir. Termoelektrik sistemler birçok ısıtma ve soğutma uygulamaları için kullanılabilir.

Bu çalışmada Termoelektrik modülün yüzeyleri arasında sıcaklık farkı oluşturularak, gerilim elde edilmiştir. Elde edilen gerilim ve sıcaklık farkı arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu incelemelerde modül yüzeyi arasındaki ısı geçişini engellemek, soğuk yüzeyi daha fazla soğutmak, modül boyutlarını büyütme gibi işlemlerle üretilen gerilimin arttığı görülmüştür.

Sistemin yaygınlaştırılması ve termoelektrik modüllerin geliştirilmesi ile doğal çevrenin ve diğer kaynakların(güneş- jeotermal vs.) ısılarından faydalanılabilir.

Enerji ihtiyacının artarak devam ettiği günümüzde, termoelektrik üretim yeni bir enerji kaynağı konumundadır.

ABSTRACT

Thermoelectric refrigeration is to be of the temperature difference when a current is passed through the junction of two dissimilar materials. Semiconductor material are used in the thermoelectric refrigeration. Heat absorbed at the cold junction is pumped to the hot junction by passing through of electric current from thermocouple. This systems can carry out 100°C temperature difference between plates. Thermoelectric systems can be used in the applications of heating and cooling.

In this study, cerating the temperature difference between the thermoelectric module surfaces, voltage was obtained. Analysed the relevance between the temperature difference which is created and the obtained voltage.

In this invstigations, to prevent the heat transfer between the module surfaces, make the cold surface further cool, to enlarge the size of module and such as transactions were fonud to increase the produced voltage.

With dissemination of the system, development of thermoelectric modules, the waste heat in natural environment and the other source (Sun, Geothermal) can be useful.

Recently energy necessary is increasing, so thermoelectric production can be that a new energy source.

SİMGELER VE KISATMALAR DİZİNİ

A	Kesit alanı (m ²)
G	Şekil faktörü (Alan/Uzunluk, cm)
I	İletken üzerinden geçen akım şiddeti (Amper)
N	Termoelektrik çift sayısı
R	Termo elemanın Elektrik direnci (Ω)
T _c	Termoelektrik Soğutucunun soğuk yüzeyinin sıcaklığı (°C)
T _h	Termoelektrik Soğutucunun sıcak yüzeyinin sıcaklığı (°C)
ΔT	İletkenin uçları arasındaki sıcaklık farkı (°C)
Q _p	Peltier ısısı (Watt)
Q _c	Aktarılan Isı
V	Devrede oluşan gerilim (Volt)
W	Elektrik Enerjisi (Watt)
Z	Materyal Faktörü
α	Seebeck katsayısı (Volt/°K)
Π	Peltier sabiti (Volt)
k	Isı iletim katsayısı (Watt/m ² °C)
ρ	Elektriksel Direnç (Ω cm)
t	Thomson katsayısı (V/°K)
Bi ₂ Te ₃	Bizmut Tellür
PbTe	Altait
SiGe	Silisyum Germanyum Alaşımı
BiSb	Bizmut Antimon
CFC	Kloroflorokarbon
COP	Soğutma ve ısıtma performans katsayısı
NEMA	ABD elektrikli cihaz üreticileri birliği
STK	Soğutma Tesir Katsayısı

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Peltier modülün Karakteristik değerleri.....	14
Çizelge 3.2. Termoelektrik soğutmanın kullanım alanları ve uygulamaları.....	16
Çizelge 3.3. TEC1-120706 model Termoelektrik modülün özellikleri.....	22
Çizelge 3.4. Kullanılan Termoelektrik modüllerin özellikleri.....	24
Çizelge 4.1. Güneş ısısında modüllerin sıcak yüzey değerleri.....	32
Çizelge 4.2. Modülün soğuk yüzeyinin zaman - sıcaklık değişimi.....	32
Çizelge 4.3. Hava akışkanlı sistemde elde edilen gerilim.....	33
Çizelge 4.4. Sistemde elde edilen parametreler.....	34
Çizelge 4.5. Şebeke sulu sistemde sıcak yüzey değerleri.....	35
Çizelge 4.6. Şebeke sulu sistemde soğuk yüzey değerleri.....	35
Çizelge 4.7. Şebeke sulu sistemde elde edilen gerilim.....	36
Çizelge 4.8. Sistemde sıcak yüzey değerleri (TEC1-12706).....	37
Çizelge 4.9. Sistemde soğuk yüzey değerleri (TEC1-12706).....	37
Çizelge 4.10. Sistemde elde edilen gerilim (TEC1-12706).....	38
Çizelge 4.11. Sistemde sıcak yüzey değerleri (TEC1-12714T150).....	39
Çizelge 4.12. Sistemde soğuk yüzey değerleri (TEC1-12714T150).....	39
Çizelge 4.13. Sistemde elde edilen gerilim (TEC1-12714T150).....	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1.	Termoelektrik Modülün genel görünümü..... 1
Şekil 1.2.	Termoelektrik soğutucunun görünüşü..... 2
Şekil 1.3.	Seebeck Deneyi ve Termoelektrik Çifti (TC)..... 3
Şekil 1.4.	Peltier Deneyi ve Termoelektrik Çifti..... 4
Şekil 3.1.	N ve P yarı iletken çiftinden oluşan termoelektrik soğutma modülü..... 8
Şekil 3.2.	Bir Termoelektrik modülün elektron akışı..... 9
Şekil 3.3.	Termoelektrik Modül Isı Akışı..... 9
Şekil 3.4.	Yarı-iletken Malzemelerin Sıcaklığa Bağlı Verimleri..... 11
Şekil 3.5.	N-tipi Termoelektrik Elemanın akış yönleri..... 12
Şekil 3.6.	P-tipi Termoelektrik Elemanın akış yönleri..... 12
Şekil 3.7.	Yalnız N-tipi Termoelektrik Elemandan Oluşan Sıra..... 13
Şekil 3.8.	N ve P tipi Termoelektrik Elemanların dizilişiyle Oluşan Sıra..... 13
Şekil 3.9.	17 Elemanlı Bir Modülün İç Yapısı..... 14
Şekil 3.10.	Termoelektrik Soğutucu Üzerindeki Sıcaklık Dağılımı..... 17
Şekil 3.11.	“Havadan-Havaya” Soğutucu Bağlantısı..... 17
Şekil 3.12.	27W Soğutma Gücünde “Havadan-Havaya” Soğutucu..... 18
Şekil 3.13.	“Sudan-Havaya” Soğutucu Bağlantısı..... 18
Şekil 3.14.	61W Soğutma Gücünde “Sudan-Havaya” Soğutucu..... 18
Şekil 3.15.	31W Soğutma Gücünde “Soğuk Plakalı” Soğutucu..... 19
Şekil 3.16.	Termoelektrik CPU Soğutucusu ve DC Besleme Ünitesi..... 19
Şekil 3.17.	50W Soğutma gücünde bir buz sondası..... 20
Şekil 3.18.	Üç Katlı Modül..... 20
Şekil 3.19.	Sistemin genel görünüşü..... 21
Şekil 3.20.	Sistemde Modüllerin görünüşü..... 22
Şekil 3.21.	Güneşin ısıttığı yüzeyin görünüşü..... 23
Şekil 3.22.	Soğutma sağlanan arka kısım..... 23
Şekil 3.23.	Kalıbın kesit görünüşü..... 24
Şekil 3.24.	Kalıbın üstten görünüşü..... 25
Şekil 3.25.	Kaynatıldıktan sonra kalıpların genel görünüşü..... 25
Şekil 3.26.	Soğuk su haznesindeki akvaryum motoru (Dalgıç motor)..... 26

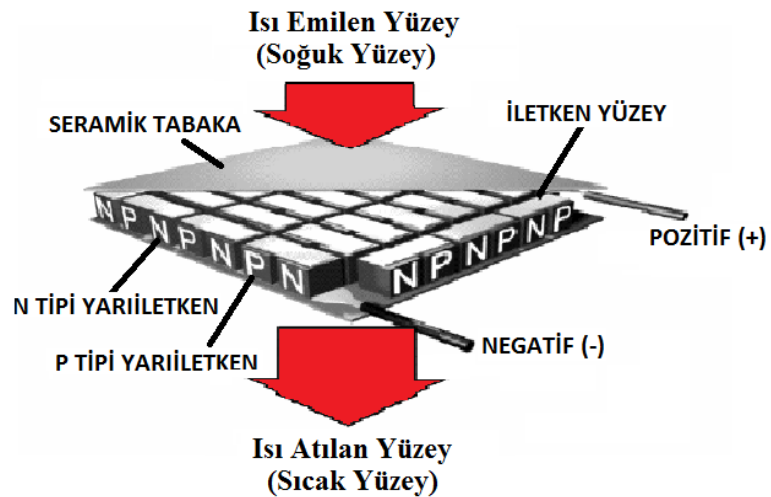
VII

Şekil 3.27.	Sirkülasyon pompası görünüşü.....	26
Şekil 3.28.	Isıtıcı.....	27
Şekil 3.29.	Güç sisteminin genel görünüşü.....	27
Şekil 3.30.	Trafonun görüntüsü.....	28
Şekil 3.31.	Diyotun genel görünüşü.....	28
Şekil 3.32.	Kondansatör.....	29
Şekil 3.33.	Termometre, Ampermetre ve Voltmetreler.....	30
Şekil 4.1.	Sıcaklık ve Gerilim.....	31

1. GİRİŞ

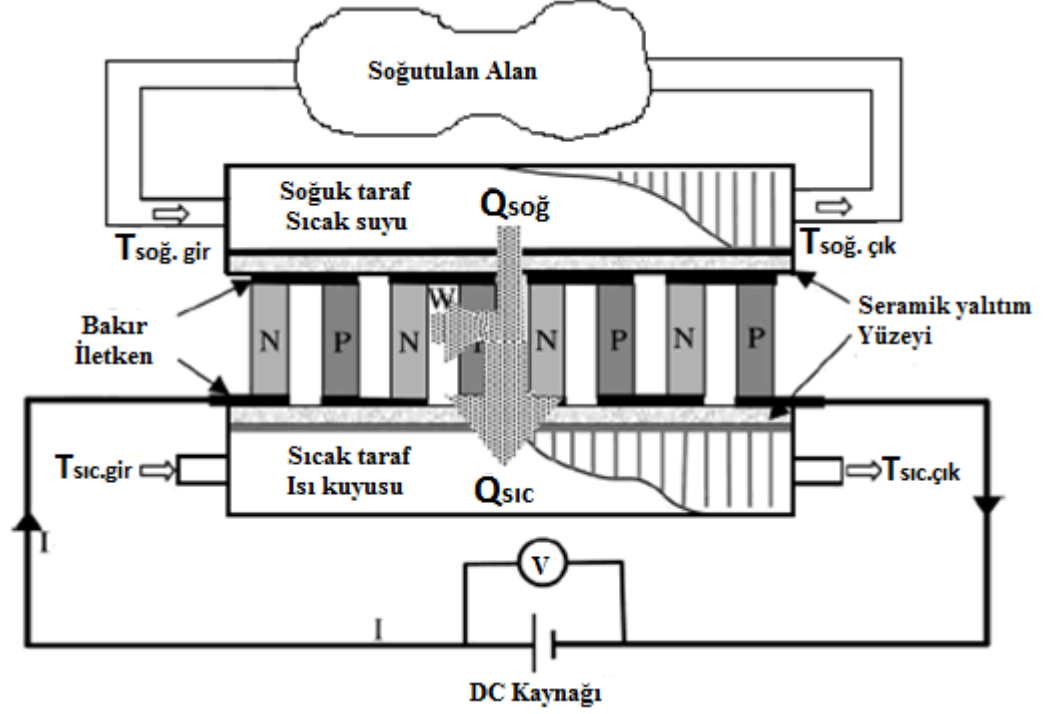
1974 yılında yaşanan enerji krizi nedeniyle pek çok ülke enerji politikalarını değiştirmişlerdir. Bu politikalarda artık yenilenebilir, ekonomik ve kullanılabilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. Bu politikalar doğrultusunda çalışmalar başlamış ve önemli bütçeler enerji kaynakları için kullanılmıştır. Soğutma sistemleri de bu çalışmalar çerçevesinde gelişme göstermiş ve halen göstermektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan soğutma sistemi buhar sıkıştırımlı kompresörlü sistemlerdir. Fakat kullanılan bu sistemde mekanik olarak hareket eden parça olması ve boyutlarının büyük olmasından dolayı küçük, hafif, mekanik parça içermeyen soğutuculara ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle termoelektrik modüllü soğutucular buhar sıkıştırımlı sistemlerin uygulanamadığı, küçük hacimli uygulamalarda yer almaya başlamıştır. Termoelektrik soğutma sistemleri kapasiteleri sınırlı ve verimleri düşüktür. Bu nedenle kullanım alanı sınırlı fakat teknolojinin gelişmesi ile verimleri artmakta böylelikle kullanım alanları genişlemektedir.

Termoelektrik, elektrik enerjisi ve ısı enerjisinin birbirine dönüşümüdür. Bir termoelektrik modül çok sayıda N ve P tipi yarıiletken malzemeden meydana gelir. Bu termo elementler elektriksel olarak seri, termal olarak paralel bağlanarak değişik boyut ve kapasitelerde farklı amaç için kullanılabilir termoelektrik modül (Peltier) elde edilir. Termoelektrik modüller sadece soğutma veya ısıtma değil bazen elektrik üretiminde de kullanılabilirler. Bunun için yapılması tek şey yüzeyler arasında yeterli sıcaklık farkı oluşturmaktır. Böylece Seebeck etkisinden dolayı peltier DC güç kaynağı görevi görür.



Şekil 1.1. Termoelektrik Modülün genel görünümü

Termoelektrik modüller mevcut güneş pillerine nazaran daha yüksek akım ve daha kullanılabilir gerilim üretirler. Yüzeylerden ısının hızlı atılması modülün performansını, ömrünü ve ısıtma gücünü artırmakta ayrıca yanmasını da önlemektedir. Termoelektrik modülün ısı transferini farklı yöntemlerle hızlandırarak performansını artırmak mümkündür.



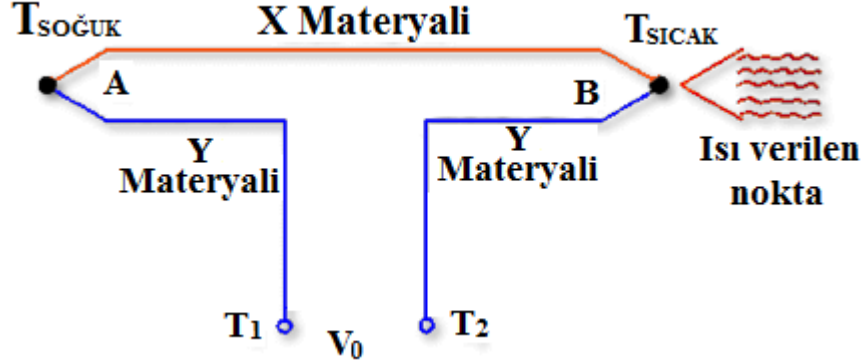
Şekil 1.2 Termoelektrik soğutucunun görünüşü

Bu çalışmada, termoelektrik soğutuculardan elektrik üretimi ve performansının araştırılması ile termoelektrik modülün yüzeylerinden ısı atılma yöntemlerinden bir kaçından bahsedilmiştir.

1.1 Termoelektriğin tarihçesi

Termoelektrik etki ilk olarak 1821 yılında Alman fizikçi Thomas Seebeck tarafından keşfedilmiştir. Seebeck, iki farklı metal iletkenin oluşan bir devrede, iletkenlerin birleşme noktaları (junction) farklı sıcaklıklarda tutulduğu zaman belirli bir gerilim oluştuğunu gözlemlemiştir. Gerilimin yönü, ısı akışının yönüne bağlıdır; yani hangi noktanın daha sıcak olduğuna göre değişmektedir.

Gerçi Seebeck kendi gözlemlerine bilimsel bir açıklama getirememiştir ama onun bu deneyi, bugün yaygın olarak kullanılan termoelektrik çiftlerinin (thermocouple) doğuşuna altyapı hazırlamıştır.



Şekil 1.3. Seebeck Deneyi ve Termoelektrik Çifti (TC)

Seebeck deneyinde X ve Y malzemeleri, A ve B noktalarından birleştirilir. A noktası referans sıcaklıkta iken (genellikle oda sıcaklığı) B noktasına yüksek sıcaklık uygulanır. Bunun sonucunda T_1 ve T_2 terminali arasında, sıcaklık farkı ile orantılı bir gerilim oluşur:

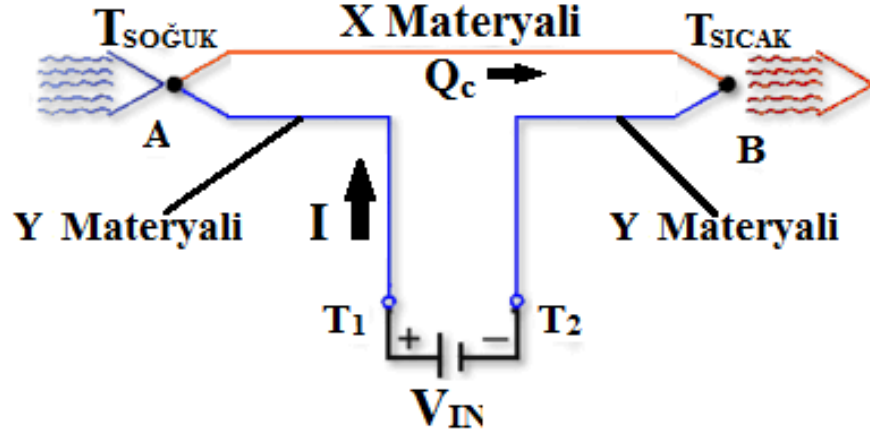
$$V_o = (T_h - T_c) \cdot a_{xy} \quad (1.1)$$

a_{xy} , malzemeye bağımlı bir katsayı olup birimi $V/^\circ K$ ' dir. Termal verimi oldukça düşük olan termoelektrik çiftlerin çıkış gerilimleri de genellikle mV seviyesinde kalmaktadır.

Benzer bir deney, 13 yıl sonra Fransa'da saatçilik yapan ve boş zamanlarında fizik ile uğraşan Jean Peltier tarafından gerçekleştirilmiştir.

Seebeck' in deneyini tersinden uygulayan Peltier, iki farklı metali birleştirerek elektrik akımı uygulamış ve bu birleşme noktasında metallerden birinin ısındığını, diğersinin ise soğuduğunu gözlemlemiştir.

Isının akış yönü, elektrik akımının yönüne bağlı olup, gerilim ters çevrildiğinde, öncelikle ısınan metal bu sefer soğumakta ve soğuyan metal de ısınmaktadır. Termoelektrik etkinin çift yönlü (reversible) olduğunu ortaya koyan Peltier deneyi termoelektrik soğutuculara (TEC) öncülük etmiştir.



Şekil 1.4. Peltier Deneyi ve Termoelektrik Çifti

Peltier deneyinde X ve Y malzemeleri, yine A ve B noktalarından birleştirilir. T_1 ve T_2 terminali arasında V_{IN} gerilimi uygulandığında akan I akımı, Q_c miktarındaki bir ısının A noktasından alınarak B noktasına verilmesine neden olur. Aktarılan ısı şu formülle hesaplanır:

$$Q_c = I \cdot b_{xy} \quad (1.2)$$

b_{xy} , malzemenin cinsi, modülün geometrisi ve sıcaklığa bağımlı bir çarpan olup birimi V tur. Günümüz teknolojisi ile 1~100W ısı aktarma gücüne sahip modüller üretilmektedir.

20 yıl kadar sonra William Thomson (Lord Kelvin) Seebeck ve Peltier' in buluşlarını birleştirerek teorik dayanaklarını açıklamıştır.

Ancak termoelektrik alanında pratiğe yönelik uğraşlar ilk olarak 1930'larda Rus bilimciler tarafından başlatılmıştır. Termoelektrik modüllerin piyasaya çıkması ise 1960'ları bulmuştur.

1.2 Termoelektrik soğutma teorisi

Termoelektrik soğutma temelde termoelektrik etkilerin en önemlilerinden biri olan Peltier etkisine dayanır.

Peltier etkisi, iki farklı metal elemandan oluşan bir devreye doğru akım verildiğinde, akımın yönüne göre, aksi uçlarda sıcaklıkta artmanın veya azalmanın meydana gelmesidir. Bu olayda ilginç olan, devrede uçlar arasında bir sıcaklık farkı oluşması ve dolayısıyla uçlarda bir ısınma veya soğumanın meydana gelmesidir.

Isıl eleman çiftlerinin (Thermocouple) temelini oluşturan ve 1821 yılında keşfedilen Seebeck etkisinin tersi olan Peltier etkisi, Fransız bilim adamı Charles Athanese Peltier tarafından 1834 yılında keşfedilmiştir. 1950 yılından sonra yarıiletken teknolojisinde gelişmelerin hızlanması ile Peltier etkisi değişik uygulamalarda kendine kullanım alanı bulmuştur (Çengel ve Boles, 1996).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan bir çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren mikro denetleyici kontrollü termoelektrik jeneratör yapılmış ve sistem test edilmiştir.(Dişlitaş, 2003)

Yapılan bir çalışmada gerçek ve çalışan bir modülün verim değerini ölçmek için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemin temelini çalışan modülün emk değerinin ölçülmesi oluşturmaktadır. Yeni yöntem kullanılarak (verim)Z parametresini kolay ve doğru hesaplamak için bir denklem çıkarılmıştır. Bu denklemi temel alarak mikro denetleyicili, LCD göstergeli, bilgisayar bağlantılı, taşınabilir, pratik ve güvenilir bir test sistemi gerçekleştirilmiştir. Buna göre iki ölçüm sistemi ile ölçülen gerilim değerleri arasındaki farkların ortalama değeri 0,01V'u sıcaklık değeri ise 0,5 0C'yi geçmediği tespit edilmiştir.(Ahiska, 2004)

Yapılan bir çalışmada bir sobanın yüzeyine yerleştirilen Termoelektrik jeneratörden elektrik enerjisi elde edilmiştir. Sıcak kaynak olarak soba, soğuk kaynak olarak ise oda havası sıcaklığının kullanıldığı çalışmada elde edilen güç yaklaşık 4 W' tır. (Nuwayhid, 2005)

Yapılan bir çalışmada ısı enerjisini direkt elektrik enerjisine dönüştüren ve bataryayı şarj eden bir sistem yapılmıştır. Çalışmada Termoelektrik eleman olarak TEP1-1264-1.5 model termoelektrik modül kullanılmıştır. Mikro kontrolörle maksimum güç noktası saptanmış ve 7.99 W güç elde edilmiştir. (Eakburanawat, 2006)

Diğer bir çalışmada, Termoelektrik modüller ve iki katlı (kaskat) yapılar araştırılmıştır. Kaskat bağlantılı sistemde sıcak taraftaki modül daha büyük kapasiteli olmaktadır. Bundan dolayı büyük sıcaklık farkları elde edilebilmekte; daha yüksek verim sağlanmaktadır. Sıcaklık farkı 56,5 °C' den küçük değerlerde tek modülün verimi daha yüksek, sıcaklık farkı 56,5 °C' den büyük olduğunda kaskat bağlı modülün verimi daha büyük çıkmıştır. (Atik, 2006)

Yapılan bir çalışmada güneş enerjisinden yararlanarak Termoelektrik jeneratörden elektrik elde edilmesi ve bu elektrikle Termoelektrik soğutma teorik olarak hesaplanmıştır. 30 kuzey enlemindeki bir bölgenin için bütün yıl ve farklı termoelektrik eleman sayıları için soğutma gücü hesaplanmıştır.(Khattab, 2006)

Bir çalışmada, termoelektrik Tıp Kiti cihazının iç sıcaklığının kontrol edilmesine yönelik analog ve dijital kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Laboratuvar şartlarında analog ve dijital kontrol sistemlerinin uygulama sonuçları karşılaştırılarak, dijital kontrol sisteminin hem soğutmada hem de ısıtmada daha fazla enerji tasarrufu sağladığı görülmüştür.(Fidan, 2008)

Yapılan bir çalışmada güneş enerjisini yoğunlaştırarak termoelektrik jeneratörlerle elektrik üretimi yapılmıştır.(Gür, 2009)

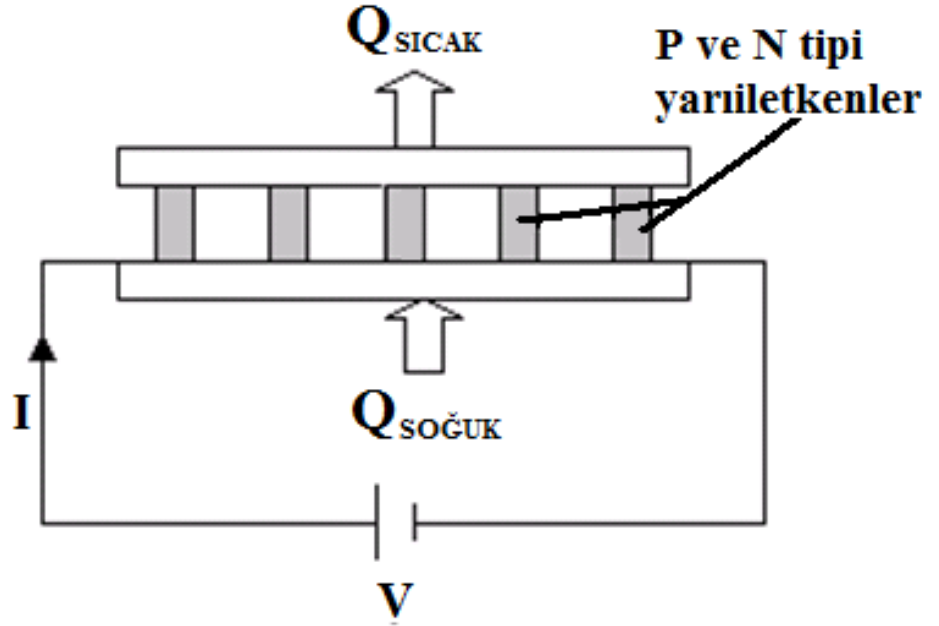
Jeotermal kaynaklar ile termoelektrik jeneratörün çalışması konulu çalışmada sıcaklık değerleri termoelektrik jeneratörün çalışması için elverişli olduğu anlaşılmıştır. Sıcak su girişi 70 °C için gerilim 6 V, üretilen elektriksel güç 2.5 W olarak bulunmuş, sistem ayrıca LED'li aydınlatma sistemini çalıştırabilmiştir. Su sıcaklığı ile üretilen gerilim doğrusal olarak; güç ise parabolik olarak artmaktadır. Jeotermal enerjinin sabit sıcaklığı sayesinde istenilen güçte Termoelektrik jeneratör tasarımı yapmak mümkündür. Modül sayısı artırılarak; farklı ebatlarda tasarlanarak farklı ihtiyaçlara cevap vermesi mümkündür. Termoelektrik jeneratörlerin benzer şekilde motorlardaki atık ısı, soba ve kazan yüzeylerinin ısısı, güneş enerjisi vb. ile çalışması mümkündür.(Atik, 2009)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

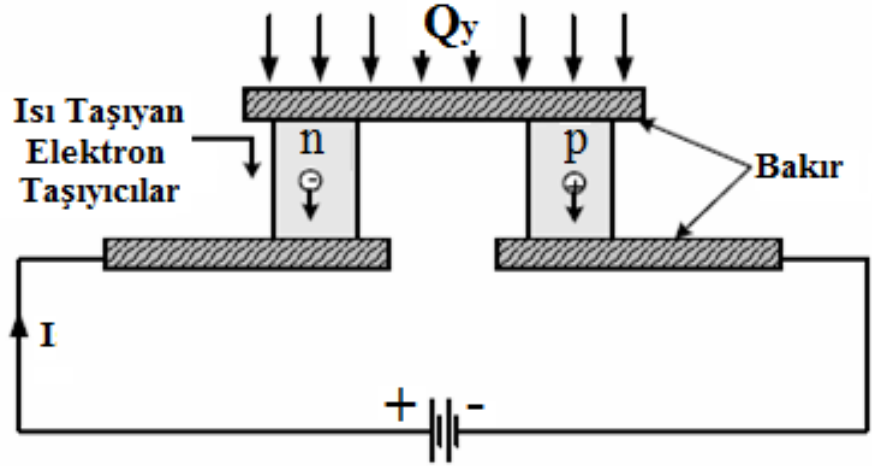
3.1.1 Termoelektrik Modüller

Termoelektrik soğutma, N ve P tipi yarı iletken metal çiftlerinden oluşmuş bir veya daha çok modülden bir doğru akımın geçmesi ile elde edilir. Şekil 3.1’de bir N ve P yarı iletken çiftinden meydana gelmiş bir termoelektrik soğutma modülü gösterilmiştir. P ve N tipi termo elemanlar elektriksel olarak seri, ısıl olarak paralel şekilde seramikler arasına bağlanırlar. Akımın yönüne bağlı olarak ısıtma ve soğutma elde edilebilir.



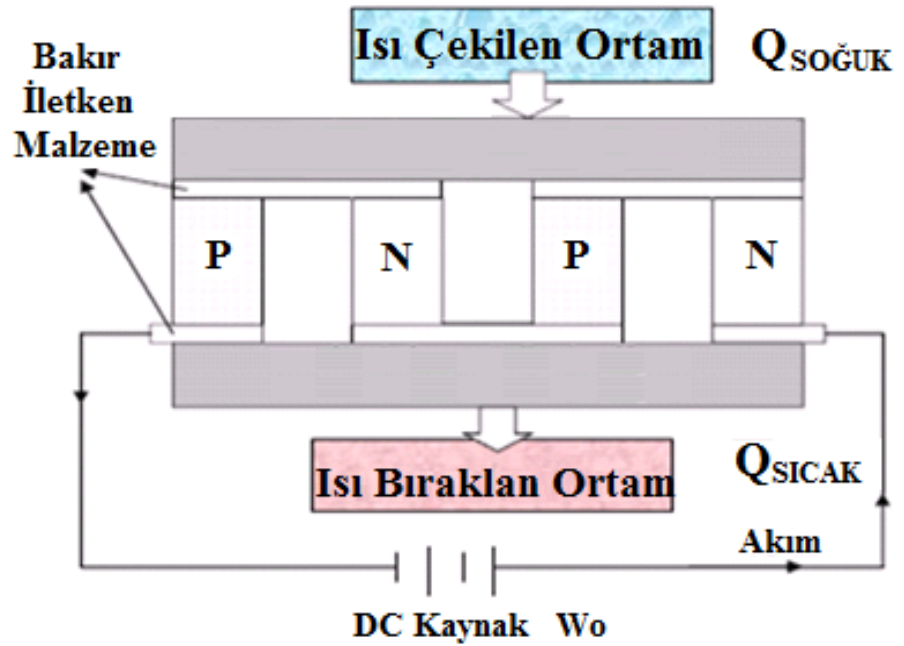
Şekil 3.1 N ve P yarı iletken çiftinden oluşan termoelektrik soğutma modülü

Soğutma durumunda, doğru akım N tipi yarıiletkenden P tipine geçmektedir. Akım, düşük enerji seviyesindeki P tipi yarıiletken malzemeden 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.



Şekil 3.2. Bir Termoelektrik modülün elektron akışı

Bir yüzeyi P tipi yarıiletken malzemeden, diğer yüzeyi ise N tipi yarıiletken malzemeden oluşan bir yarıiletken sistemdir. Elektriksel olarak seri bağlı, ısıl olarak paralel bağlıdır. Yüzeylerde kullanılan seramik ısıl olarak iletken elektriksel olarak yalıtkan olduğu için tercih sebebidir. Termoelektrik modül düşük soğutma-ısıtma verimliliğine rağmen sessiz çalışma olanağı sunduğu için birçok uygulamada tercih edilmektedir.



Şekil 3.3 Termoelektrik Modül Isı Akışı

Örneğin son zamanlarda yaygınlaşan araç tipi buzdolapları ve bilgisayar işlemcisi soğutucuları termoelektrik modülün en yaygın örnekleridir.

3.1.2. Termoelektrik soğutucuların çalışma prensibi

Termoelektrik modülde geçerli olan etkiler ve bağlantı şu şekildedir:

İki farklı metalden oluşan kapalı bir devrede birleşme noktaları farklı sıcaklıklarda bulunursa, bu yüzeyler arasında Jeul etkisi, Feuer etkisi, Peltier etkisi ve Seebeck etkisi oluşur. (Riffat , 2004)

Seebeck etkisi; Farklı iki malzemeden oluşan bir devrede, iki birleşme farklı sıcaklıklarda olduğunda, malzeme uçlarında ölçülen gerilimin sıcaklık farkıyla orantılı olduğunu ifade eder.

$$V = \alpha \Delta T \quad (3.1)$$

Peltier etkisi, termo elemanda soğuk ve sıcak yüzeyde ortaya çıkan ısının devreden geçen akımla orantılı olduğunu gösterir.

$$\pi = \alpha T \quad (3.2)$$

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

$$Q_t = t \Delta T I \quad (3.3)$$

Jeul etkisi, devreden geçen akım sonucu ortaya çıkan ısı enerjisidir. Bu etki her iki yüzeye eşit olarak (yarı yarıya) paylaşılmaktadır. Akım (gerilim) değeriyle parabolik olarak artmaktadır.

$$Q_j = I^2 R \quad (3.4)$$

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

$$Q = k A \Delta T \quad (3.5)$$

Bütün bu etkiler bir arada yazılırsa; N adet çiftten oluşan bir Termoelektrik modülde soğuk yüzeyden emilen ısı miktarı aşağıdaki eşitliklerle bulunur.

$$Q_c = 2N(\alpha I T_c - I^2 \rho / 2G + k \Delta T G) \quad (3.6)$$

Sıcak yüzeyden atılan ısı miktarı:

$$Q_h = 2N (\alpha I T_h + I^2 \rho / 2G + k \Delta T G) \quad (3.7)$$

Devredeki gerilim:

$$V = 2N(I \rho / G + \alpha \Delta T) \quad (3.8)$$

Optimum verimin elde edildiği akım:

$$I_{opt} = k \Delta T G (1 + 1 + Zt) / (\alpha t) \quad (3.9)$$

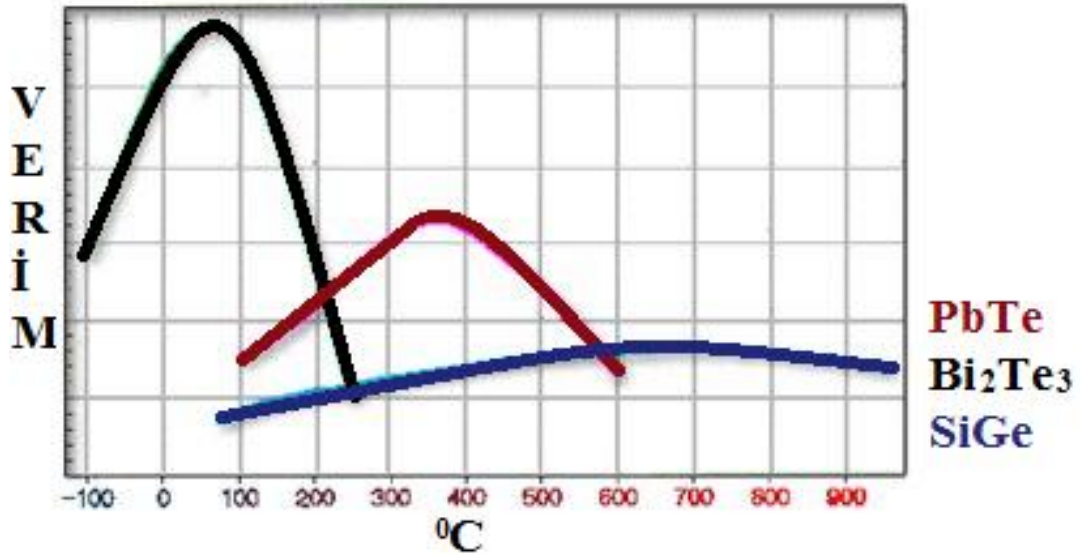
Termoelektrik modülün verimi, Soğutma Tesir Katsayısı (STK) olarak da adlandırılmaktadır. Modülün soğutma gücünün, modülün harcadığı elektriksel güce bölümüdür.

$$STK = Q_c / (VI) \quad (3.10)$$

eşitliğiyle bulunur.

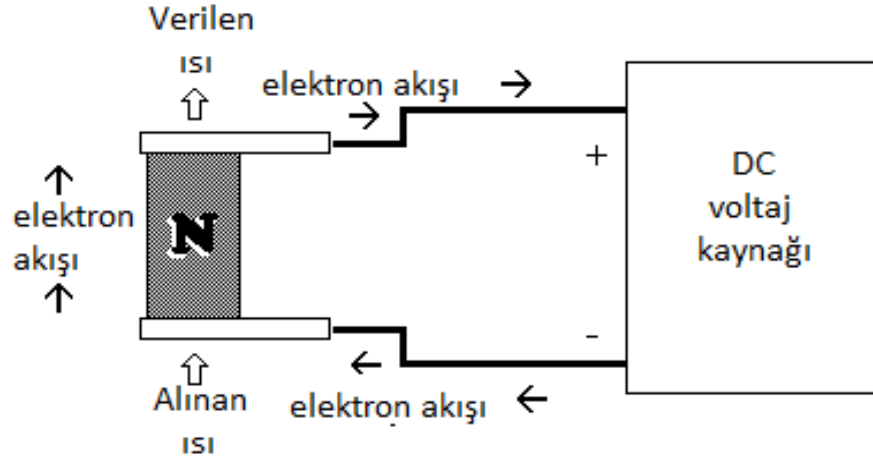
3.1.3. Termoelektrik soğutucularda kullanılan malzemeler

Tüm termoelektrik soğutma sistemlerinin temel yapı taşı, bir DC gerilim kaynağından beslenen termoelektrik elemandır. Bu eleman, yüksek katkılı bir yarı-iletken malzemenin, sıcak ve soğuk yüzeyleri oluşturan iki plaka arasında preslenmesinden meydana gelir. Yarı iletken malzeme olarak en çok Bizmut-Tellürit (Bi_2Te_3) kullanılmakla birlikte, bazı özel uygulamalarda Kurşun-Tellürit (PbTe), Silisyum-Germanyum (SiGe) ya da Bizmut-Antimon (BiSb) alaşımlarından da faydalanılmaktadır. Bizmut-Tellürit, yüksek termoelektrik verimi ve uygun sıcaklık aralığı nedeniyle tercih edilmektedir.



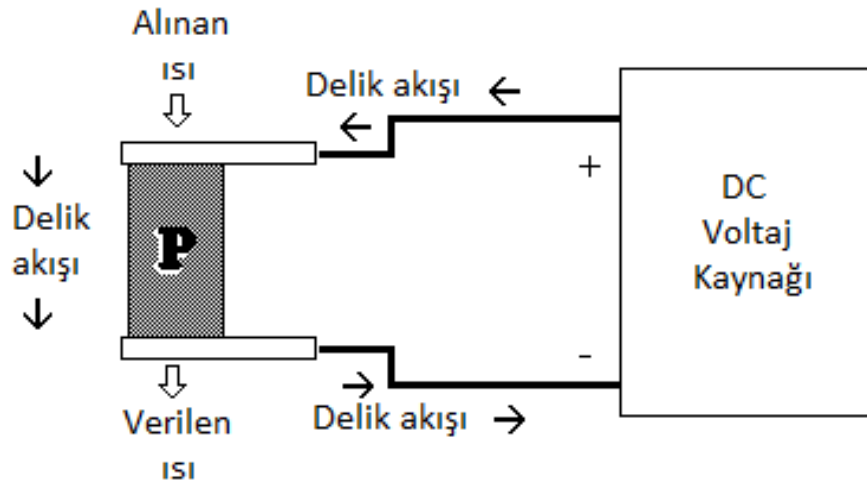
Şekil 3.4. Yarı-iletken Malzemelerin Sıcaklığa Bağlı Verimleri

N-katkılı malzemenin özelliği çok miktarda serbest elektron içermesidir. Bu elektronlar uygulanan gerilimin etkisiyle bir plakadan diğerine akarken, plakanın ısını da taşırlar. Bu nedenle ısı akımı, elektron akımıyla aynı yöndedir.



Şekil 3.5 N-tipi Termoelektrik Elemanın akış yönleri

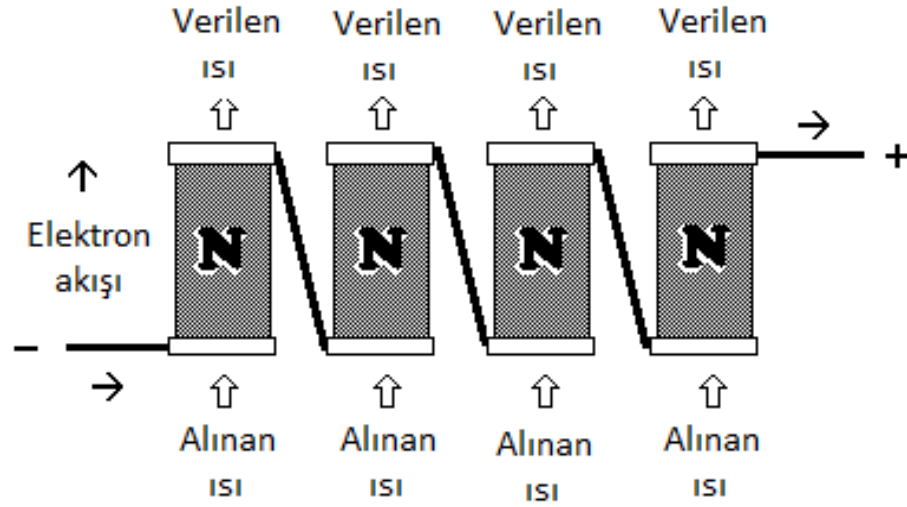
P-katkılı malzemeyle üretilen elemanlarda ise elektrik akımı serbest “delikler” tarafından taşınmaktadır. Isı akımı da “delik” hareketiyle aynı yönde gerçekleşmektedir. Dikkat edilecek olursa, aynı yönde uygulanan gerilim altında P ve N-katkılı malzemeler ısıyı zıt yönde iletmektedir.



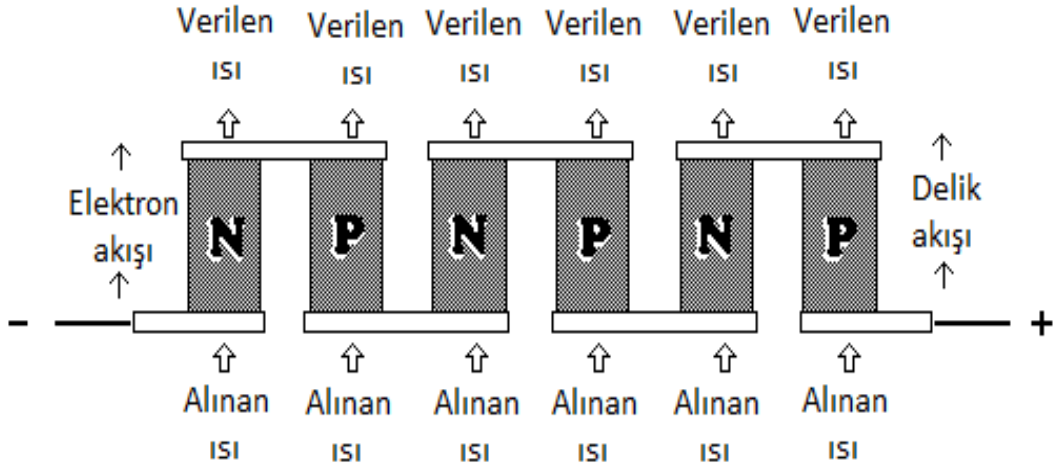
Şekil 3.6 P-tipi Termoelektrik Elemanın akış yönleri

Termoelektrik elemanların bir araya getirilmesi ile termoelektrik modüller elde edilir. Elemanlar, ısı akımı hep aynı yönde kalacak şekilde birbirlerine seri olarak bağlanır.

Aynı tip katkılı malzemenin kullanılması bağlantı zorluğuna neden olacağı için N- ve P-katkılı malzemeler ardışık olarak kullanılır. Bu durumda elektrik akış yönü zikzak çizerken, ısı akış yönü değişmez.

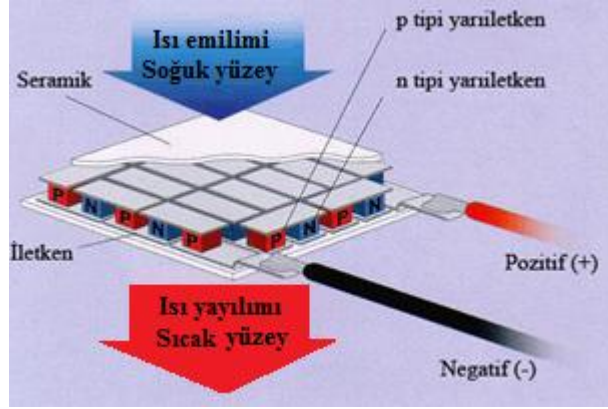


Şekil 3.7. Yalnız N-tipi Termoelektrik Elemandan Oluşan Sıra



Şekil 3.8. N ve P tipi Termoelektrik Elemanların dizilişiyile Oluşan Sıra

17 elemanlı bir modül, Şekil 3.9'da görülmektedir. Elemanlar ısıl olarak paralel bağlandıklarından bir modülün soğutma gücü, her bir elemanın soğutma gücünün toplamı olacaktır. Yanal plaka olarak metal kaplı seramik kullanılması, hem ısıl iletkenliği ve elektriksel izolasyonu, hem de montaj için gerekli yüksek mekanik mukavemeti sağlamaktadır.



Şekil 3.9. 17 Elemanlı Bir Modülün İç Yapısı

Modülün çalışması esnasında sıcak yüzey genişip soğuk yüzey büzüldüğünden, modül üzerinde termal kökenli bir mekanik gerilim meydana gelmektedir. Kırılgan yapıya sahip yarı-iletken malzemeye zarar verebilecek bu gerilim, modül boyutlarıyla doğru orantılı olduğundan, çok büyük modüllerde bozulma oranı oldukça yüksek çıkmaktadır. Bu sebeple pratikte modül boyutu yaklaşık 50x50 mm. ile sınırlı tutulmaktadır. Bu ebatta bir modül, yüzden fazla eleman içerebilmekte ve 100W gücünde soğutma yapabilmektedir. Daha büyük soğutma gücüne ihtiyaç duyulduğunda birden fazla modül, ısıl açıdan birbirine paralel bağlanmaktadır.

Termoelektrik Modül Tipi: TMG-450-0.8-1.0		
Çalışma Özellikleri	V_a (Açık Devre Voltajı - Volt)	21.0
	V_y (Yük Altında Çıkış Voltajı - Volt)	12.0
	R_i (110 ⁰ C' deki Modül İç Direnci - Ohm)	21.5
	R_y (Yük Altındaki Direnç - Ohm)	28.0
	W_y (Yük Altındaki Maksimum Güç - Watt)	5.0
	Λ (110 ⁰ C' deki Modülün Termal İletkenliği – Watt/ ⁰ C)	1.45
Boyutlar	Sıcak Yüzey (mm)	54.4 x 54.4
	Soğuk Yüzey (mm)	54.4 x 57.0
	Yükseklik (mm)	3.4

Çizelge 3.1. Peltier modülün Karakteristik değerleri

3.1.4. Termoelektrik soğutucuların avantajları ve dezavantajları

Termoelektrik soğutucuların diğer soğutma sistemlerine göre üstünlükleri şöyle sıralanabilir:

- Hareketli herhangi bir parçası yoktur. Dolayısıyla az bakıma ihtiyaç duyar.
- Uzun ömürlüdürler. Ömür testlerinde sürekli rejimde 100 000 saat çalışabildikleri görülmüştür.
- Termoelektrik soğutucu. CFC' ler gibi herhangi bir soğutucu akışkan içermez. Dolayısıyla çevre ve doğa dostudurlar.
- Termoelektrik soğutucu, ısı pompası olarak tam tersinirdir. Isının yönü DC akımın yönü değiştirilerek kolayca değiştirilebilir.
- ± 0.1 °C sıcaklık aralığında çok hassas sıcaklık kontrolü yapılabilir.
- Termoelektrik soğutucular, pozisyona bağımlı cihazlar değildir. Dikey veya yatay çalışabilirler. Yer çekimsiz ortamda da çalışabilirler.
- Çok hassas, sıkı ve küçük ortamlarda da çalışabilirler.

Termoelektrik soğutucular çeşitli dezavantajlara da sahiptirler:

- Soğutma ve ısıtma performans katsayıları (COP) çok düşüktür. 0.3 ile 0.7 arasındadır. Oysa klasik soğutma makinelerinde bu değer 2 ile 4 arasındadır. Termoelektrikli mini buzdolabının COP' sinin absorpsiyonlu mini buzdolabına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Buhar sıkıştırırmalı, absorpsiyonlu ve termoelektrikli üç farklı mini buzdolabı için yapılan karşılaştırmalı çalışmada(Bansal, 2000), buhar sıkıştırırmalı tipte olanın maliyet ve işletme açısından daha uygun olduğu fakat diğerlerine göre daha gürültülü olduğu tespit edilmiştir.

3.1.5. Termoelektrik soğutucuların kullanım alanları

Termoelektrik soğutucular yukarıda belirtilen avantajlarından dolayı, tıbbi cihazlardan günlük hayatta kullandığımız birçok cihaza kadar birçok uygulamada yer bulmuştur. Çizelge 3.2. 'de termoelektrik soğutma ürünlerinin kullanım alanları ve uygulamaları verilmiştir.

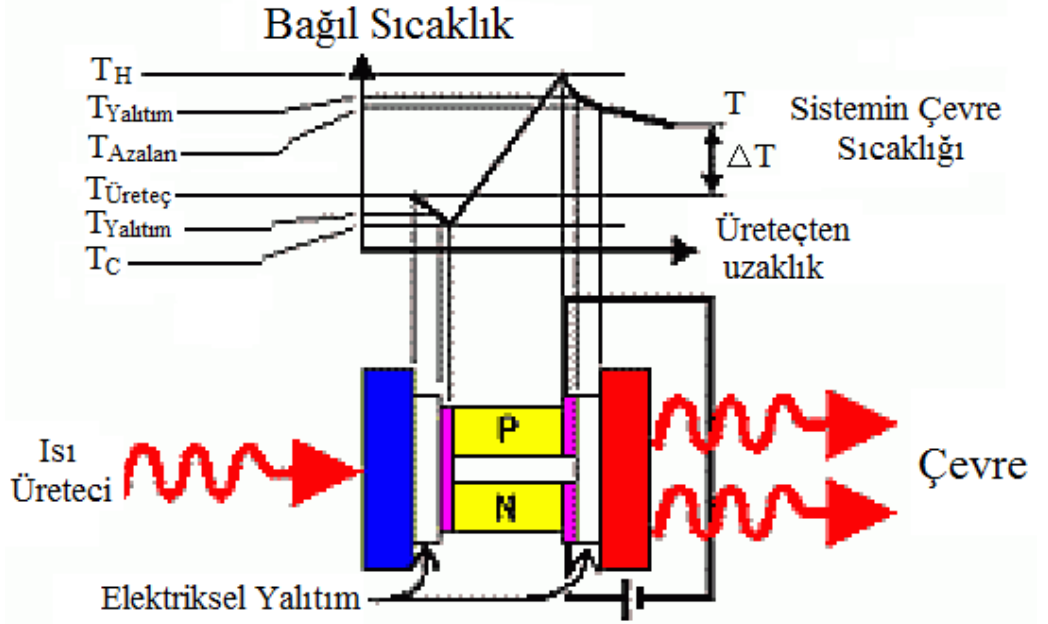
Askeri ve Uzay araştırmalarında	Elektronik soğutma, soğutulan elbise, taşınabilir soğutucu, kızılötesi sensörlerin soğutulması, lazer diyotların soğutulması, telsiz istasyonları için kabin soğutma, uzay teleskoplarında
Bireysel	Dinlenme taşıt soğutucuları, mobil ev soğutucuları, araba soğutucuları, taşınabilir piknik soğutucuları, içecek ve içecek kutuları soğutucusu, motosiklet kask soğutucusu, taşınabilir insülin soğutucu
Laboratuvar ve Bilimsel Cihazlar	Kızılötesi sensörlerin soğutulması, lazer diyotların soğutulması, CCD soğutucu, entegre devrelerin soğutulması, vidicon tüpü soğutucusu, laboratuvar soğuk plaka, karıştırıcı soğutucu, soğuk oda, donma noktası referans banyosu, mikrotome soğutması, elektroforesis hücre soğutucu
Endüstriyel Sıcaklık Kontrol Uygulamaları	NEMA (ABD elektrikli cihaz üreticileri birliği) ortamları, kritik elemanları sert evre şartlarından korunması, PC mikroişlemcileri, mikroişlemcilerin ve bilgisayarların nümerik kontrollerinde ve robotiklerde, yazıcı ve fotokopilerde mürekkep sıcaklığının dengelenmesinde, CCD kameralarda
Restoran Cihazları	Krema ve tereyağı dağıtıcıları
Diğer Uygulamalar	İlaç soğutucuları(Taşınabilir veya sabit), otel odaları soğutucuları, gemi soğutucuları, karavan soğutucuları, DNA döngülerinde, tıbbi teşhis cihazlar, masaj ve tedavi amaçlı sıcak soğuk yataklarda.

Çizelge 3.2. Termoelektrik soğutmanın kullanım alanları ve uygulamaları

3.1.6. Soğutucu Yapısı ve Uygulama Örneklere

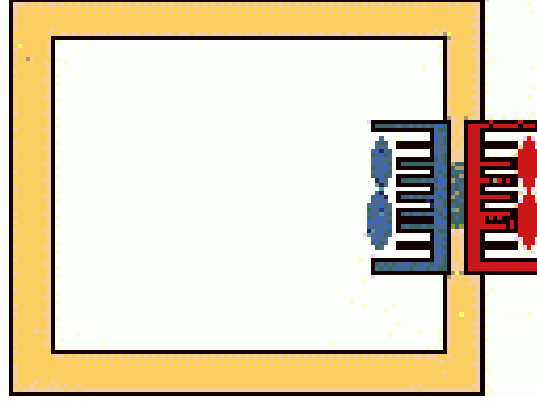
Termoelektrik prensibine dayalı bir soğutucunun pratik olarak gerçekleştirilebilmesi için, yapısını yukarıda açıkladığımız modüllerin, ısı transferi yapılacak yüzeylere termik ve mekanik olarak bağlanması gerekmektedir.

Başka bir deyişle, modülün soğuk yüzeyi soğutulacak nesne, sıcak yüzeyi ise ısıyı pasif olarak taşıyacak ortam ile (hava veya su) irtibatı sağlanır. Isıyı taşıyan bağlantı elemanlarının ısıl direnci nedeniyle her zaman, soğutulan cisim modülün soğuk yüzeyinden daha sıcak, pasif soğutmada kullanılan hava ya da su ise sıcak yüzeyden daha soğuk olacaktır. Başka bir deyişle soğuttuğumuz nesne ile ortam arasındaki sıcaklık farkı, modülün yüzeyleri arasında oluşturulan sıcaklık farkından daha düşük kalacaktır. Bu nedenle ısı aktarma elemanlarının mümkün olduğunca düşük ısıl dirence sahip bulunması arzulanır. Termoelektrik soğutma sistemi üzerindeki sıcaklık dağılımını gösteren Şekil 3.10. incelendiğinde bu durum daha iyi anlaşılabilir.



Şekil 3.10. Termoelektrik Soğutucu Üzerindeki Sıcaklık Dağılımı

En sık karşılaşılan uygulama tipi "havadan-havaya" iletimdir. Burada hem sıcak, hem de soğuk yüzey üzerinden ısının iletiminde kanatlı alüminyum profiller kullanılır. Güç elektroniğinden tanıdığımız bu profiller üzerine, ısıl direnci azaltmak için birer fan monte edilir. En çok buzdolabı uygulamalarında rastladığımız bu tip sistemler, buzdolabının bir duvarına açılacak bir deliğe monte edilir. Modül çevresinde, ısıl izolasyona yardımcı olan köpük malzeme kullanılır.

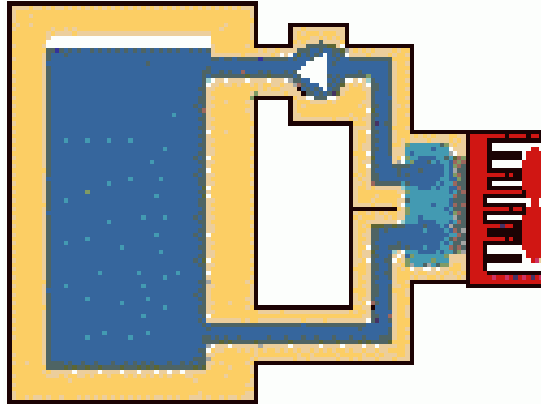


Şekil 3.11. “Havadan-Havaya” Soğutucu Bağlantısı



Şekil 3.12. 27W Soğutma Gücünde “Havadan-Havaya” Soğutucu

“Sudan-havaya” iletim ise, en çok içecek soğutucularında kullanılır. Soğutulacak sıvı, bir pompa yardımıyla sürekli soğuk yüzey üzerinden geçirilir. Bu sistem, tersten çalıştırıldığında ise “havadan-suya” soğutma sağlanabilir. Sıcak yüzeyinden musluk suyu geçirilmesiyle yüksek bir soğutma gücü elde edilebilir. Fan ve pompa gerekmeyen bu sistemin verimi de yüksektir.

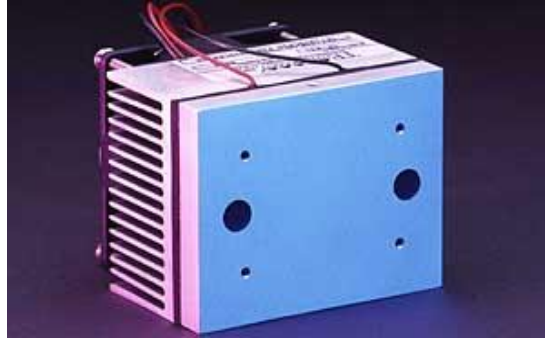


Şekil 3.13. “Sudan-Havaya” Soğutucu Bağlantısı



Şekil 3.14. 61W Soğutma Gücünde ‘Sudan-Havaya’ Soğutucu

Diğer bir iletim metodu ise ‘soğuk plaka’ uygulamasında görülür. Burada termoelektrik modülün soğuk yüzeyi, bir plaka aracılığıyla doğrudan soğutma elemanına (örneğin metal kazanlı bir soğuk içecek dolabına) bağlanır.



Şekil 3.15. 31W Soğutma Gücünde ‘Soğuk Plakalı’ Soğutucu

Soğuk plakalı soğutuculara iyi bir örnek, CPU soğutucularıdır. Özellikle yüksek frekansta çalıştırılan (over-clocked) mikroişlemcilerin soğutulmasında kullanılan bu tip termoelektrik sistemler, doğrudan entegre devre üzerine monte edilir.



Şekil 3.16. Termoelektrik CPU Soğutucusu ve DC Besleme Ünitesi

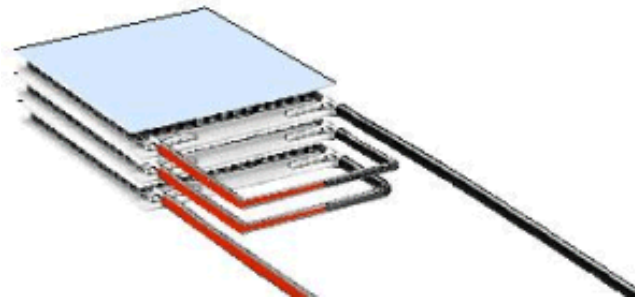
Buz sondası adı verilen bir akvaryum soğutucusu, Şekil 3.17.'de gösterilmiştir. Akvaryum duvarında açılacak 3cm. çapındaki bir deliğe vidalanan sonda, 20 litrelik bir akvaryumun sıcaklığını 8°C düşürebilmektedir. Bu tip soğutucular, özellikle cam, fiber veya plastik haznelerin soğutulması için uygundur.



Şekil 3.17. 50W Soğutma gücünde bir buz sondası

Termoelektrik soğutucuların yüzeyleri arasındaki azami $65-70^{\circ}\text{C}$ ' lik ısı farkının yeterli olmadığı uygulamalarda “çok-katlı” sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemlerde 2 veya 3 modül, birinin sıcak yüzeyi diğerinin soğuk yüzeyine değecek şekilde bağlanmaktadır. Modüllerin bu şekilde ısıl olarak seri bağlanmasıyla iki katlı modüllerde $85-90^{\circ}\text{C}$, üç katlılarda ise 110°C 'ye varan sıcaklık farkları oluşturulabilmektedir.

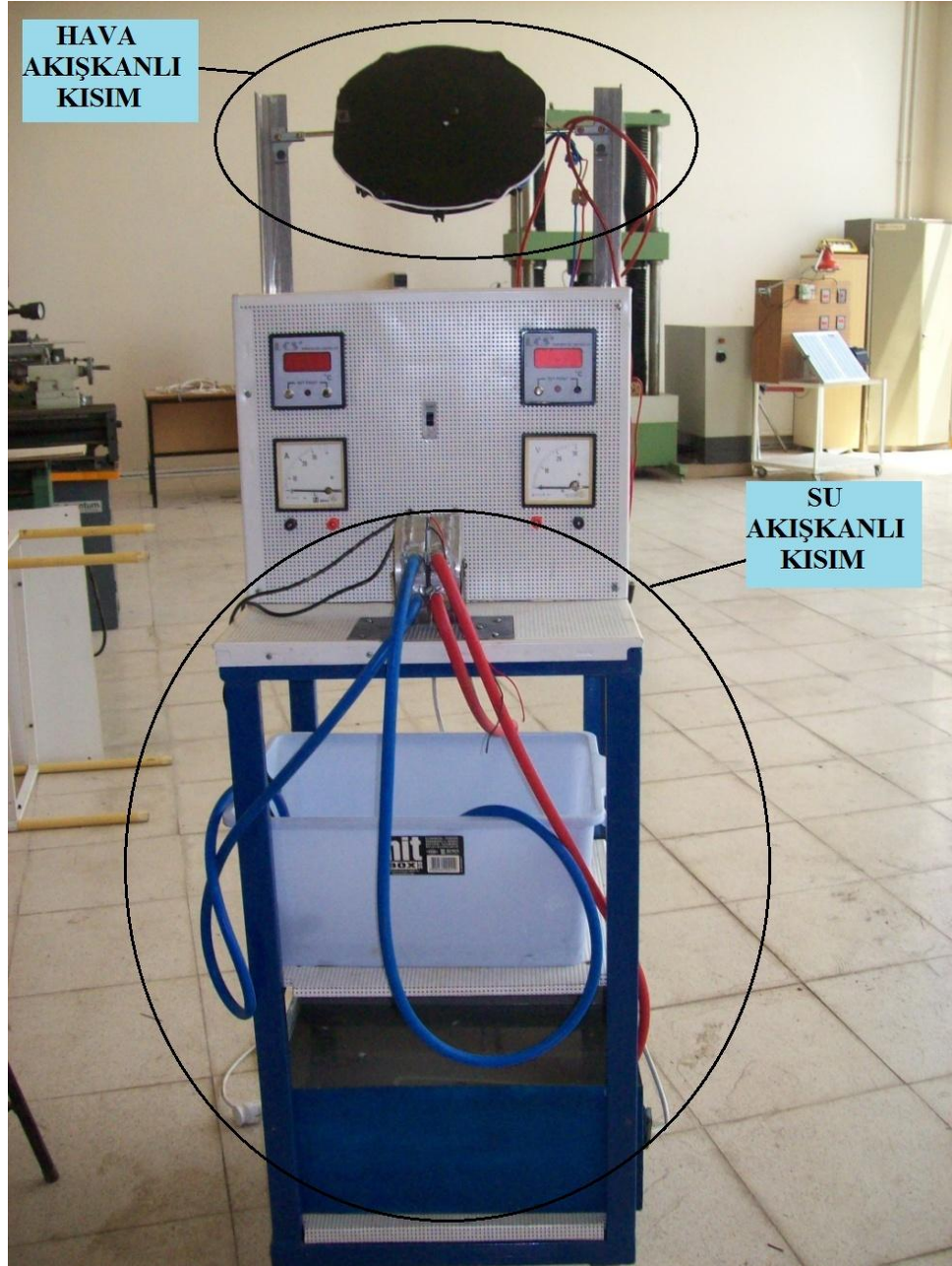
Çok katlı modüllerin verimi ne yazık ki çok düşüktür ve ancak 1W civarında bir soğutma gücüne erişebilmektedirler.



Şekil 3.18. Üç Katlı Modül

3.2. YÖNTEM

Termoelektrik modüllerden elektrik elde etmek için yapılan bu sistem hava ve su akışkanları kullanılarak elektrik üretilen 2 kısımdan oluşmaktadır.



Şekil 3.19. Sistemin genel görünüşü

İlk kısım olan hava akışkanlı kısımda belli düzen halinde seri bağlanan peltierler ortak ısı yüzeyi oluşturmak için sıcak yüzey tarafı, koyu renkli levhaya, soğuk yüzey tarafı ise fana bağlanmıştır.

Güneş ısısının koyu renkteki levhaya oradan da peltierlerin sıcak yüzeylerini ısıtması ve aynı zamanda fanın da soğuk yüzeylerde soğutma sağlaması sonucu sıcaklık farkından gerilim elde edilmeye çalışılmıştır.

Su akışkanlı sistemde ise 30 lt kapasiteli termostatlı ısıtma tankından alınan sıcak su, içerisinde su kanalları bulunan alüminyum kalıptan geçerek kalıpla temas halinde olan peltierin sıcak yüzeyini ısıtmaktadır. Soğuk yüzey için 30 lt kapasiteli içerisinde buz bulunan tanktan sirkülasyon pompası yardımı ile kalıba su gönderilerek peltierin soğuk yüzeyi soğutmaya çalışılmıştır.

Hava ve Su akışkanlı kısımlar aşağıda ayrıntılı şekilde ele alınmıştır.

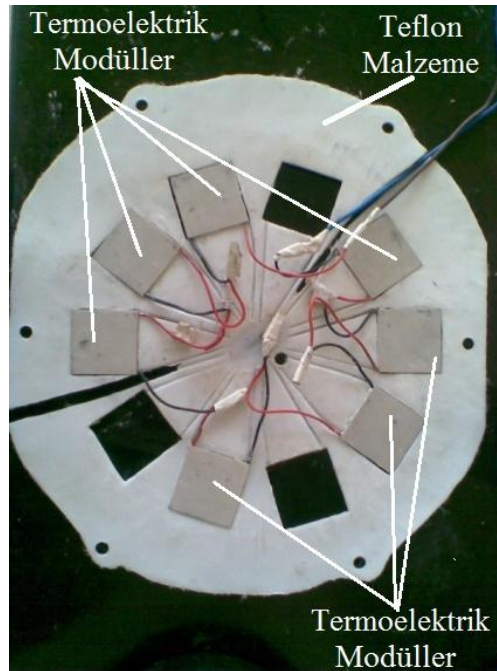
3.2.1. Hava akışkanlı termoelektrik üretim

Bu kısımda 7 adet 51.4Watt gücünde TEC1-12706 modelinde termoelektrik soğutucu kullanılmıştır. Soğutucunun genel özellikleri tabloda verilmiştir.

Model	V_{max} (V)	I_{max} (A)	Q_{max} (W)	Boyutlar (mm) AxBxCxD
TEC1-12706	15.4	6.00	51.4	40x40x40x3.8

Çizelge 3.3. TEC1-120706 model Termoelektrik modülün özellikleri

Sistemde kullanılan soğutucular dairesel ve şekildeki gibi bağlanmıştır.



Şekil 3.20. Sistemde Modüllerin görünüşü

Soğutucuların sıcak yüzeylerine alüminyum levha siyaha boyanarak daha çok ısı absorbe edilmesi amaçlanmış ve levha ile peltier arasında ısı geçişi sağlamak için RS marka termoelektrik krem kullanılmıştır.



Şekil 3.21. Güneşin ısıttığı yüzeyin görünüşü

Termoelektrik modüllerin soğuk yüzeyine ise M.E.A marka 80 Watt gücünde fan bağlanarak soğutulması amaçlanmıştır. Soğuk yüzey ile sıcak yüzey arasında ısı geçişini engellemek için alüminyum levhalar arasında içine peltierlerinde yerleştirildiği teflon malzeme kullanılmıştır.



Şekil 3.22. Soğutma sağlanan arka kısım

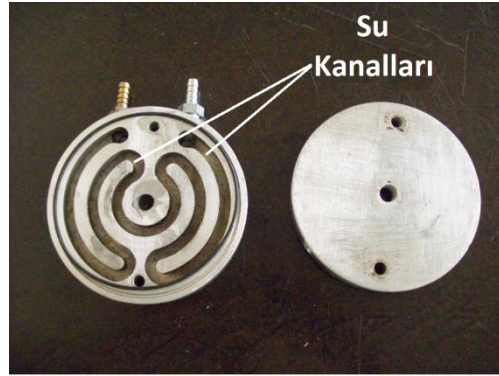
3.2.2. Su akışkanlı termoelektrik üretim

Sistemin su kullanılan bu kısmında ise 1 adet TEC1-12706 modelinde ve 1 adet TEC1-12714T150 modelinde olmak üzere 2 adet termoelektrik soğutucu kullanılmıştır. Soğutucuların özellikler tabloda verilmiştir.

Model	V_{max} (V)	I_{max} (A)	Q_{max} (W)	Boyutlar (mm) AxBxCxD
TEC1-12706	15.4	6.00	51.4	40x40x40x3.8
TEC1-12714T150	15.4	14.0	120.0	62x62x62x4.6

Çizelge 3.4. Kullanılan Termoelektrik modüllerin özellikleri

Termoelektrik soğutucuların yüzeylerine şekilde boyuna kesiti görülen alüminyum kalıplar kullanılmış, kalıpları birleştirdikten sonra şekil 2 deki görüldüğü üzere PT-100 marka termokupul takılmıştır.

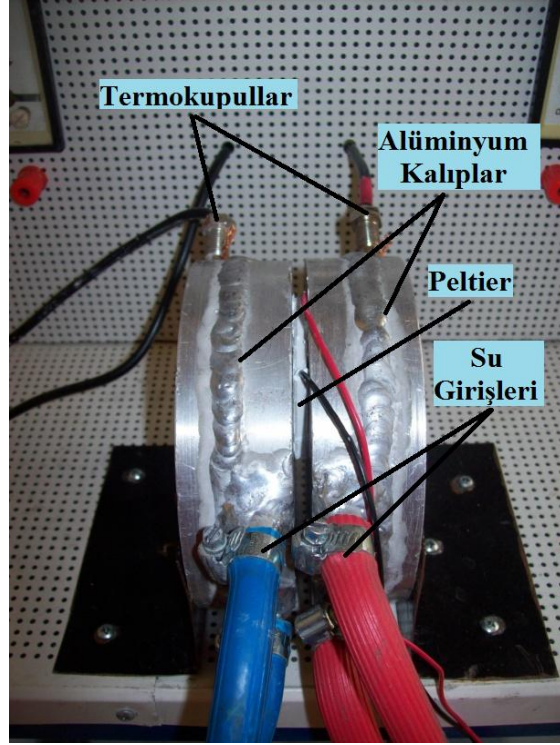


Şekil 3.23. Kalıbın kesit görünüşü



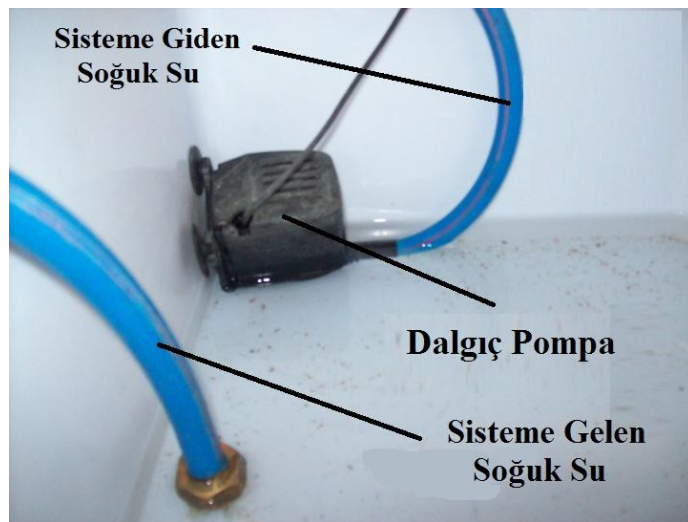
Şekil 3.24. Kalıbın üstten görünüşü

Ayrıca alüminyum kalıp ile termoelektrik soğutucu arasına ısı geçişi için ise termoelektrik krem kullanılmıştır.



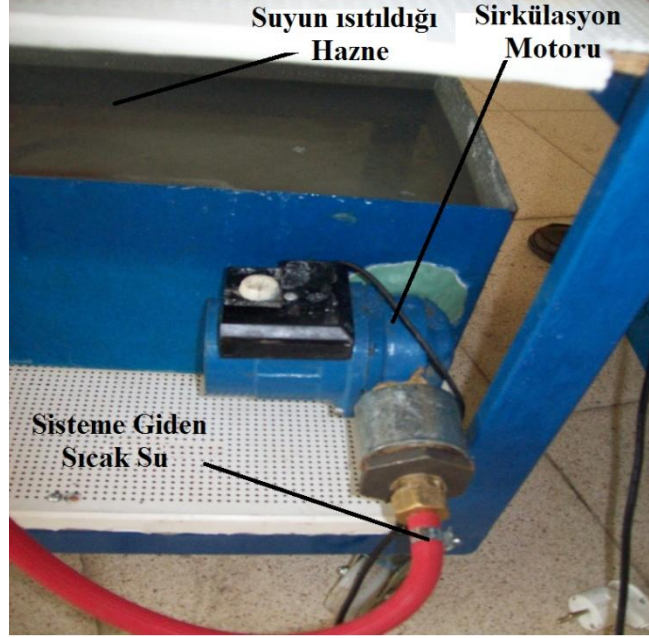
Şekil 3.25. Kaynatıldıktan sonra kalıpların genel görünüşü

Termoelektrik soğutucunun soğuk kısmına bağlı olan kalıba su HAQO marka 10 Watt gücünde 800 lt/h debisinde dalgıç motor sayesinde taşınmaktadır. Motorun bulunduğu su haznesi plastik ve 600x200x400 mm ölçülerindedir.



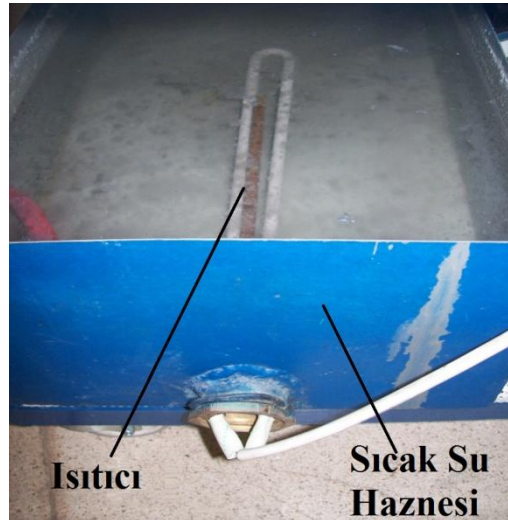
Şekil 3.26. Soğuk su haznesindeki Dalgıç Pompa

Termoelektrik soğutucunun sıcak kısmına ise Alarko marka 2250 d/d da 83 Watt gücünde dolaşım pompası ile sıcak su gönderilmektedir. Sirkülasyon pompası suyu 600x200x400 mm ölçülerindeki sıcak su tankından almaktadır. Motor çıkışı redüksiyon kullanılarak 1,5 inç ten 0,5 inç' e düşürülerek iletim için sağlanan basınca dayanıklı hortumlara bağlantı sağlanmıştır.



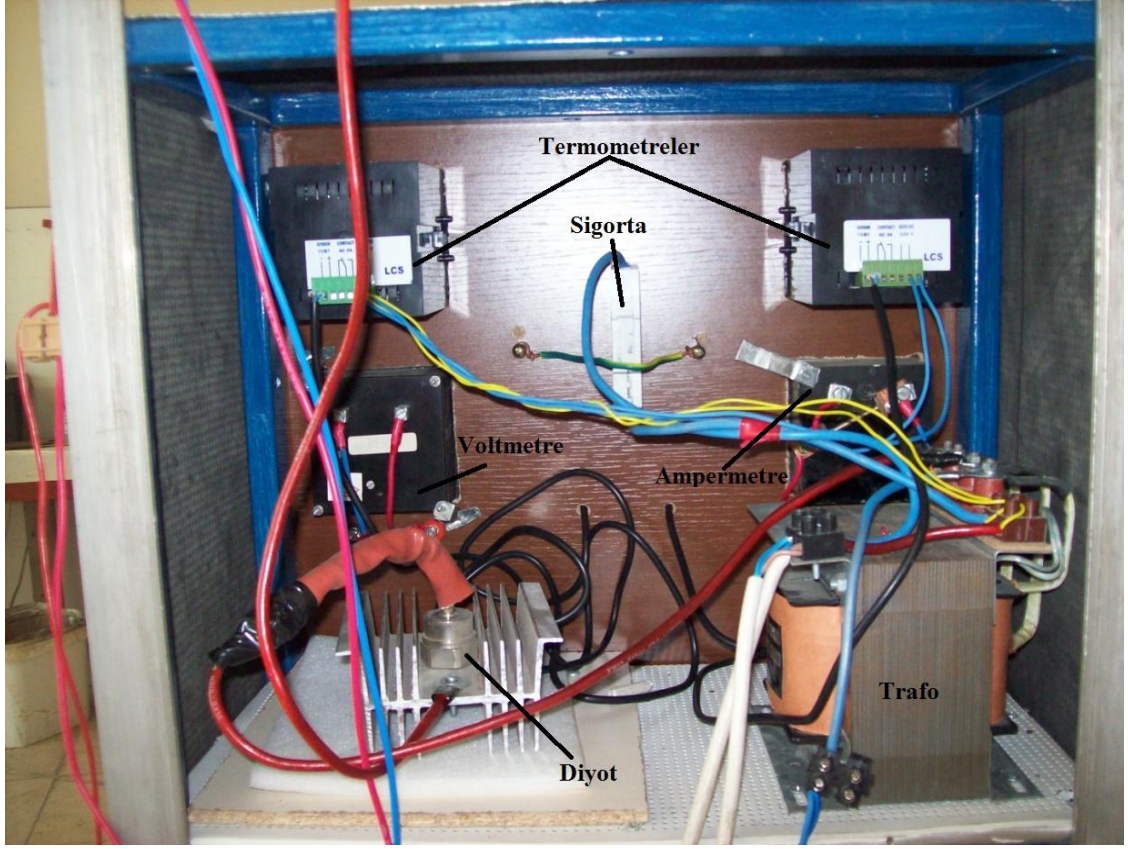
Şekil 3.27. Sirkülasyon pompası görünüşü

Sıcak su tankında 1 adet 1000 Watt gücünde thermowatt marka ısıtıcı kullanılarak su istenilen sıcaklığa getirilmektedir.



Şekil 3.28. Isıtıcı

3.2.3. Güç Kaynağı



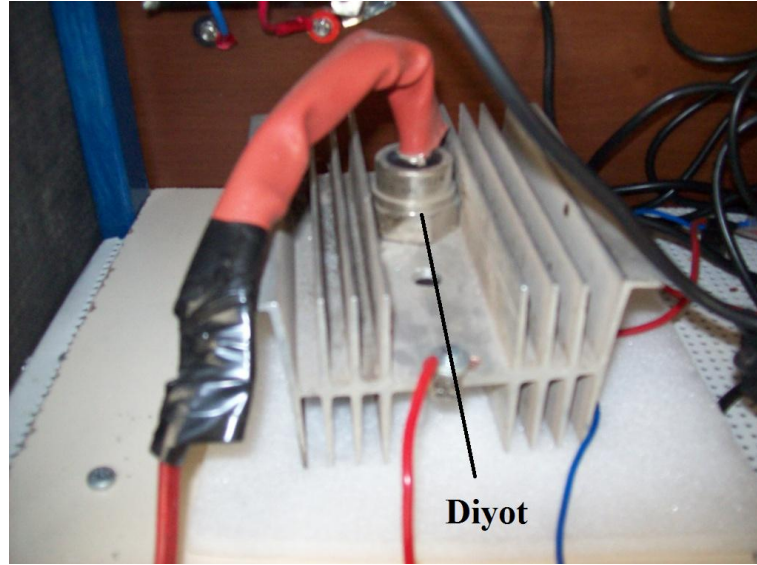
Şekil 3.29. Güç sisteminin genel görünüşü

Kullanılan trafo 1000W gücünde ve AC 220 V giren şebeke gerilimini 2 adet AC 15 V çıkışa dönüştürmektedir.



Şekil 3.30. Trafonun görüntüsü

Trafonun çıkışındaki AC voltaj, DC ile çalışan elektronik devreleri çalıştırmayacağı için DC ye dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Dönüştürme işlemi 1 adet 20 Ampere kadar dayanabilen diyot sayesinde sağlanmıştır.



Şekil 3.31. Diyotun genel görünüşü

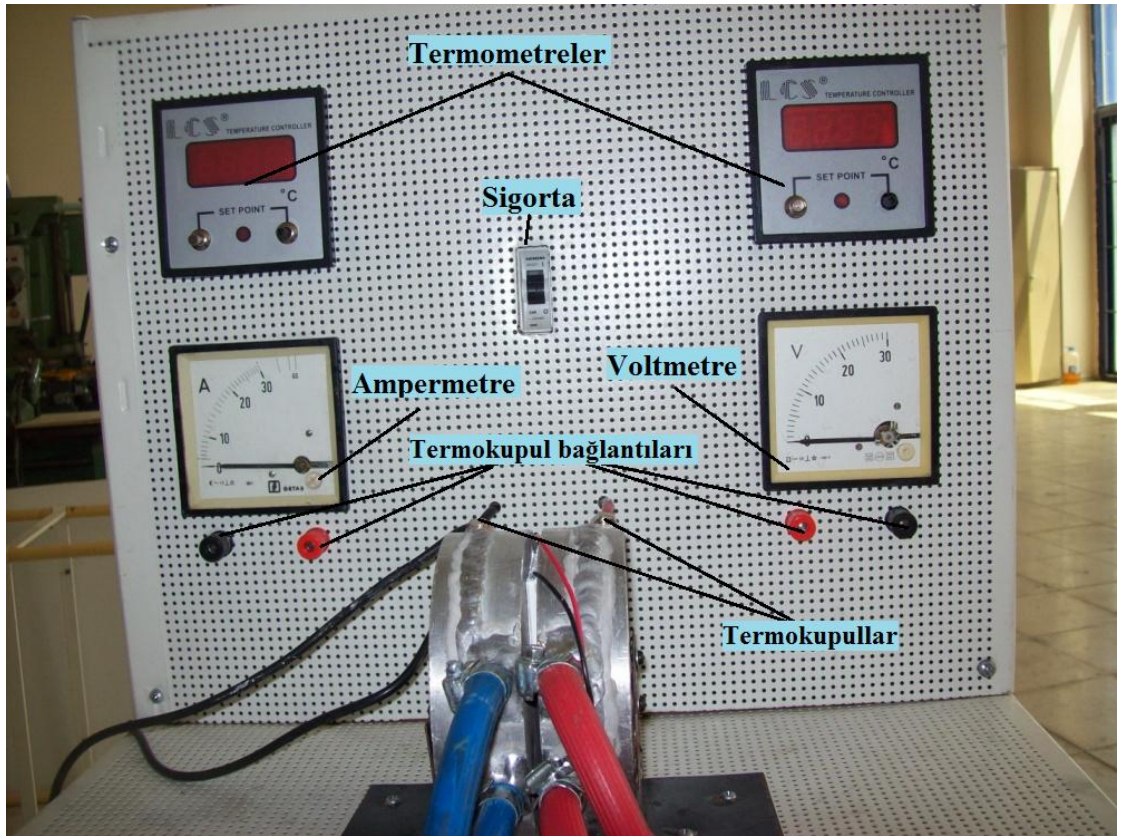
Daha sonra ise 4700 μ F kondansatör filtre ederek voltajı kullanılabilir duruma getirir.



Şekil 3.32. Kondansatör

3.2.4. Kontrol

Sistemin kontrolü için 220 V girişli 2 adet LCS marka dijital termometre kullanılmış bu termometreler trafo girişine paralel bağlanarak beslenme sağlanmıştır. Ayrıca 1 adet ECS marka analog 12 V girişli Voltmetre ve 1 adet ÖSTAŐ marka analog 12 V girişli Ampermetre ise kondansatörden sonra bağlanarak beslemeleri sağlanmıştır. Sistemde elde edilen sıcaklığı kontrol için kullanılan 2 adet PT 100 termokupul ise termometrelerin arkasındaki çıkışlara bağlanarak sisteme eklenmiştir.



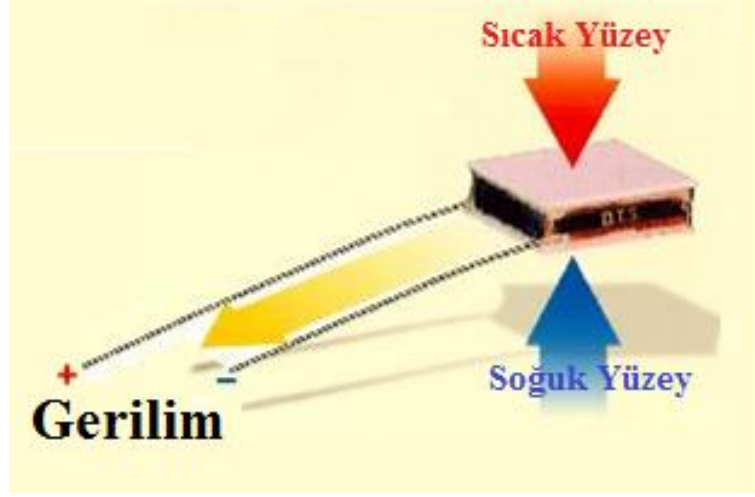
Şekil 3.33. Termometre, Ampermetre ve Voltmetreler

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. ARAŞTIRMA BULGULARI

Peltier elementin çalışma prensibi; İki farklı metalin farklı sıcaklıklara tabi tutulduğunda sıcaklık farkı ile doğru orantılı olarak bir potansiyel üretmesi ve bunun akım sürmeye yeterli olması prensibine dayanmaktadır.

Bu çalışmada öncelikle Peltier elementin yüzeyinde sıcaklık farkı oluşturmak için ilk kısımda hava akışkanı kullanılmış, ikinci kısımda ise su kullanılmıştır. Elde edilen sıcaklık farkı sonucu oluşan gerilimin sıcak ve soğuk yüzey arasındaki ilişki grafikler haline getirilmiştir.

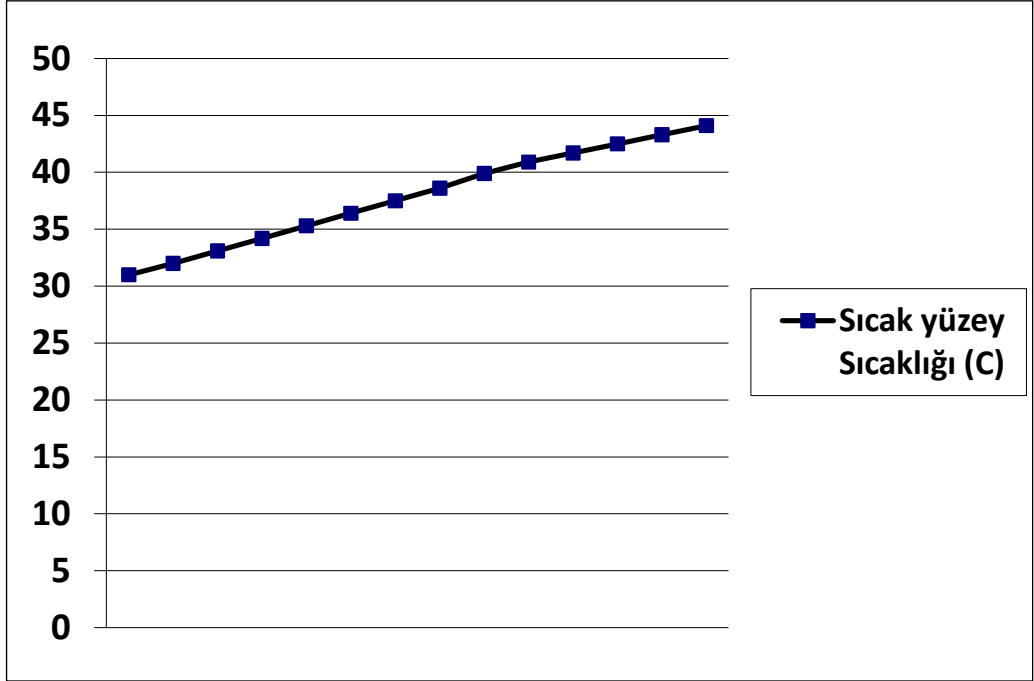


Şekil 4.1. Sıcaklık ve Gerilim

Peltier elementin yüzeylerinde oluşturulan sıcaklıklar sonucu elde edilen gerilim haricinde elemente herhangi bir enerji girişi olmamıştır. Ve çalışma 57 Watt gücünde 40x40x3.8 mm boyutlarında TEC1-12714T150 marka ve 100Watt gücünde 80x80x5.4mm boyutlarında TEC1-12706 marka 2 farklı peltier için aynı ortamda gerçekleştirilmiştir.

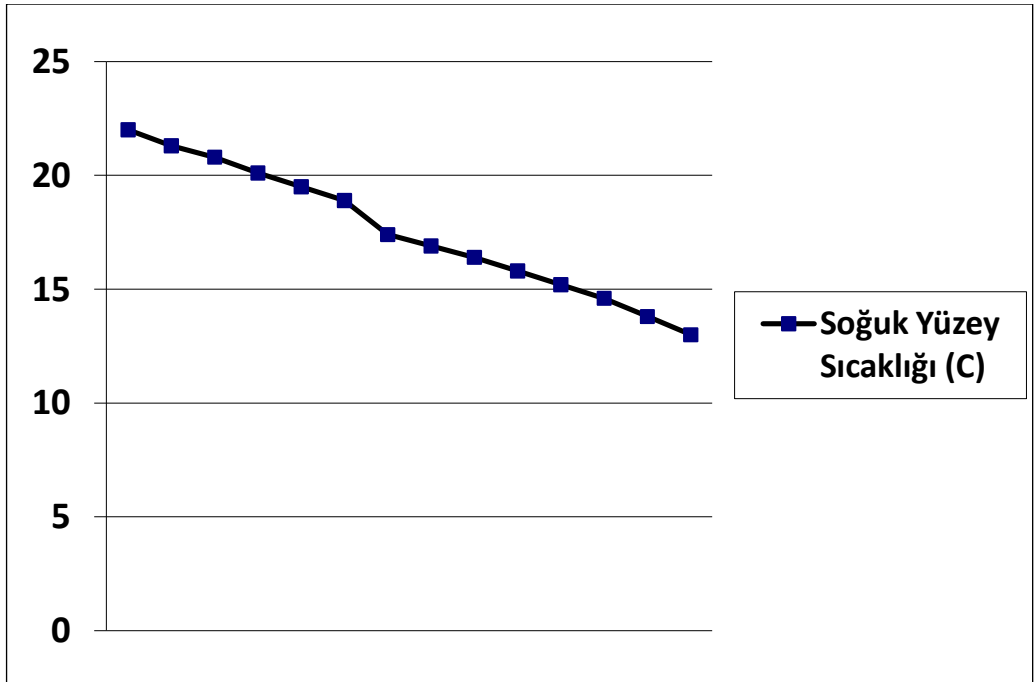
4.1.1. Akışan olarak havanın kullanıldığı kısım

Hava akışkanlı kısımda öncelikle sistemde güneş tarafından ısıtılması gereken kısım 90⁰ yakın açıyla güneşe çevrilmiş ve aynı anda fan açılarak gerilim ve sıcaklık değişimi gözlenerek grafikler oluşturulmuştur.



Çizelge 4.1. Güneş ısısında modüllerin sıcak yüzey değerleri

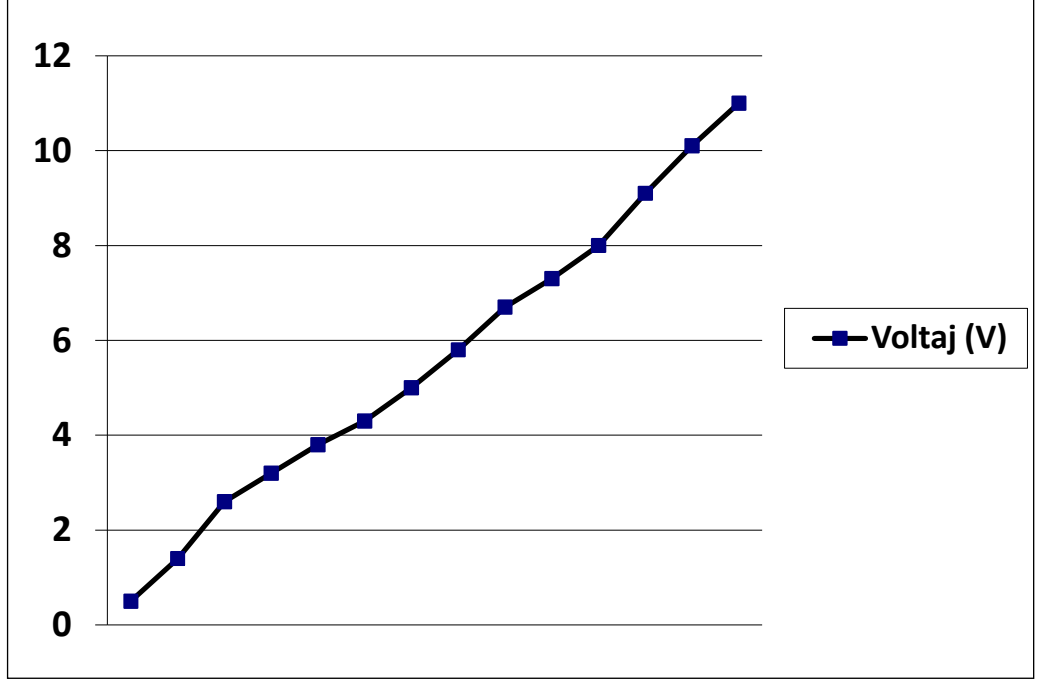
Çizelge 4.1.' den de anlaşılacağı gibi Modüller öncelikle ortam sıcaklığı olan 31 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktadırlar. Daha sonra sıcaklık artışı 44 $^{\circ}\text{C}$ ye kadar devam ettikten sonra sabit konuma gelmiştir.



Çizelge 4.2. Modülün soğuk yüzeyinin sıcaklık değişimi

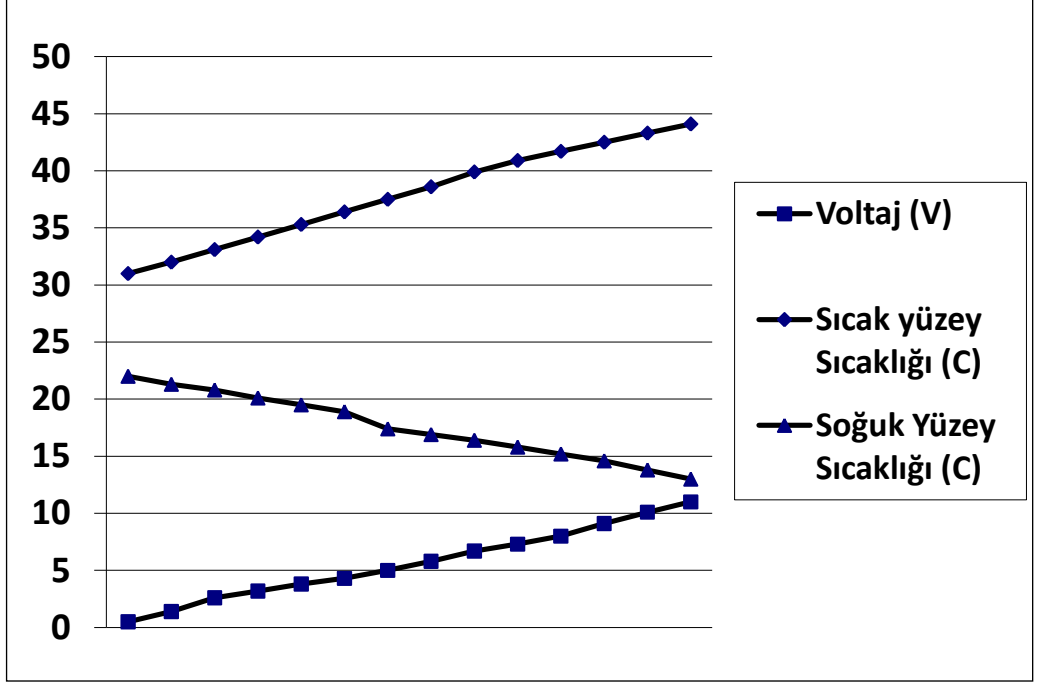
Soğutma esnasında sıcaklık değişimi Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir. Çizelgede de görüldüğü gibi fan açılmadan önce peltierlerin soğuk tarafı 22 °C sıcaklıkta iken fan açıldıktan sonra sıcaklık 13 °C'ye kadar düşmüş ve sabit duruma gelmiştir.

Sistem çalıştırıldığından itibaren sıcaklık farkı bulunduğundan dolayı Voltmetre de çok düşük miktarda da olsa okunan voltaj, Sistem stabil duruma geldiğinde 11 V değerine ulaşmıştır.



Çizelge 4.3.Hava akışkanlı sistemde elde edilen gerilim

Grafiklerden de anlaşılacağı gibi sıcak yüzeylerin ısıtılması veya soğuk yüzeylerin soğutulması işleminde başlangıçta sıcaklık değişim hızı yüksektir, daha sonra sıcaklığının değişim hızı yavaşlamakta belli bir süre sonra ise değişim olmamaktadır. Termoelektrik soğutucularda gerilim sıcaklık farkı ile doğru orantılı olduğu için aynen sıcaklık değişimi gibi Voltaj da sıcaklık farkının maksimum olduğu noktada maksimum minimum olduğu noktada minimumdur.



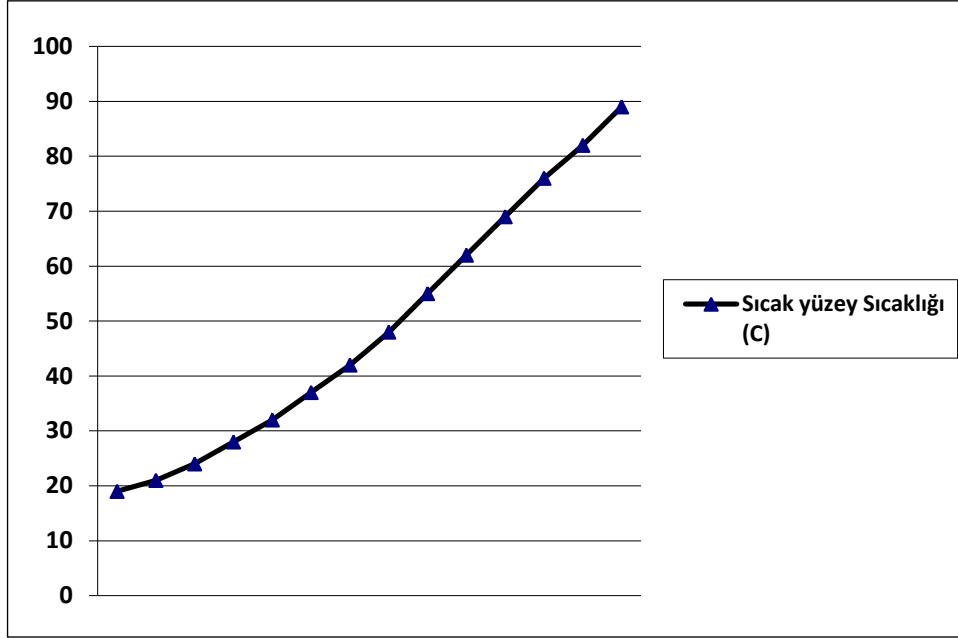
Çizelge 4.4.Sistemde elde edilen parametreler

4.1.2. Akışan olarak suyun kullanıldığı kısım

Sistemin su kullanılan bu kısmında ise 1 adet TEC1-12714T150 modelinde ve 1 adet TEC1-12706 modelinde olmak üzere 2 adet termoelektrik modül kullanılmıştır, ilk olarak TEC1-12706 model modül sisteme bağlanmıştır.

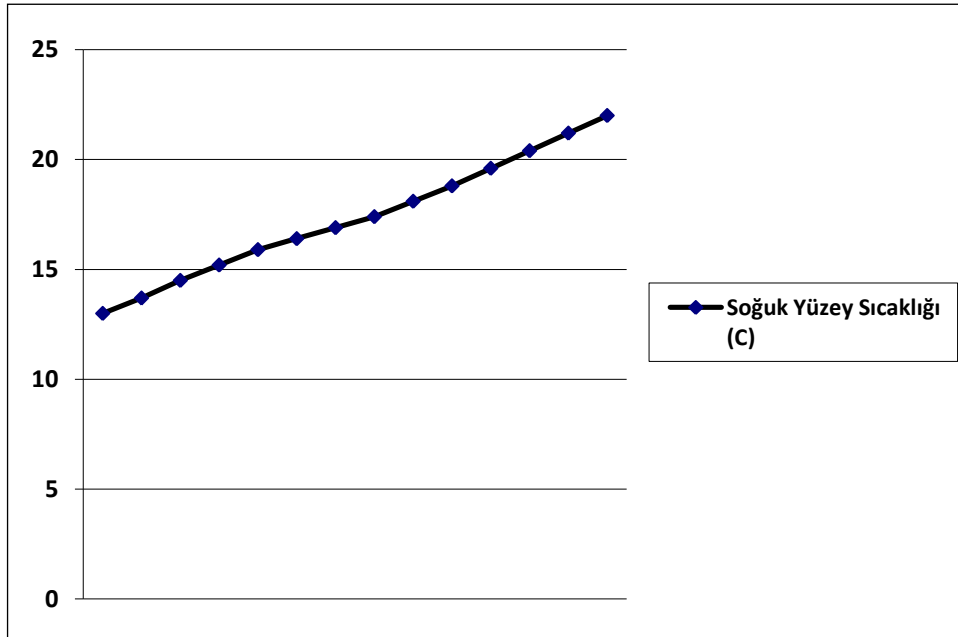
Akışkan olarak suyun kullanıldığı kısımda sıcak yüzeylerin ısıtılmasını sağlamak için ısıtıcı ve sıcak suyu dolaştıran sirkülasyon motoru çalıştırılmış, aynı zamanda soğuk yüzeyi soğutmak için ise çeşme suyu bağlanarak oluşan gerilim ve sıcaklık farkı grafiklere aktarılmıştır.

Daha sonra sıcaklık farkını artırmak için çeşme suyu bağlı olan ve termoelektrik modülün soğuk yüzeyini soğutan kısımdaki çeşme suyu bağlantısı sökülmüştür. Buraya daha önce hazırlanmış buzlu su tankındaki su dağıtıcı pompa bağlanmıştır. Bağlandıktan sonra pompa çalıştırılarak buzlu suyun sistemde dolaşması sağlanmıştır. Böylece soğuk yüzeyi daha fazla soğutarak tekrar sıcaklık farkı ve gerilim değerleri elde edilmiş grafiklere aktarılmıştır.



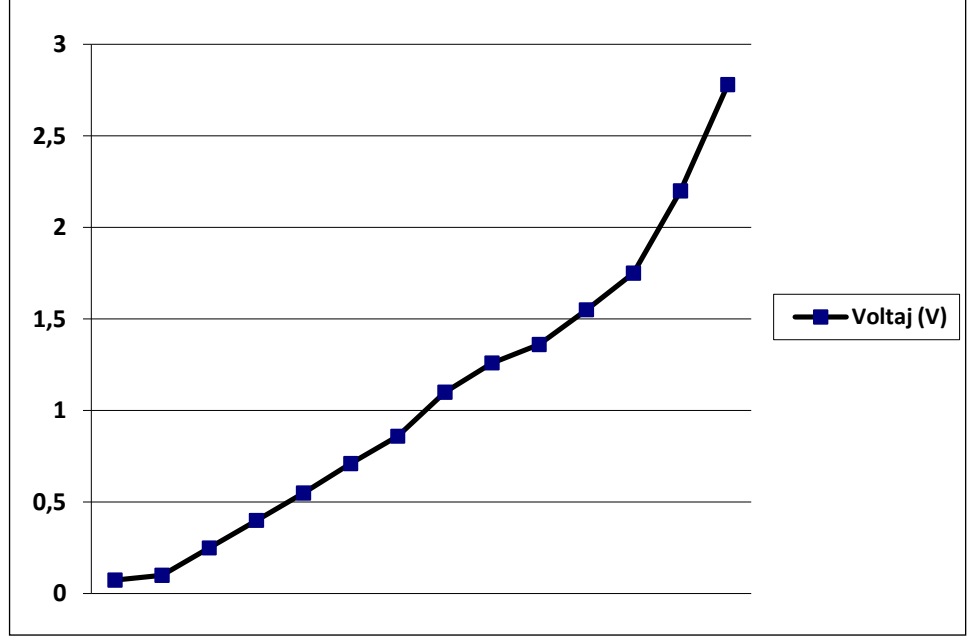
Çizelge 4.5. Şebeke sulu sistemde sıcak yüzey değerleri

Su akışkanlı kısımda ilk olarak Modüllerin yüzeyleri ortam sıcaklığı olan 19°C de iken ısıtıcı çalıştırılıp, sirkülasyon motoru sayesinde dolaşım sağlandığında sıcaklık artmaya başlamış ve artış hızı giderek düşmüştür. Artış 89°C kadar çıkmış ve bu sıcaklıkta sabit kalmıştır.



Çizelge 4.6. Şebeke sulu sistemde soğuk yüzey değerleri

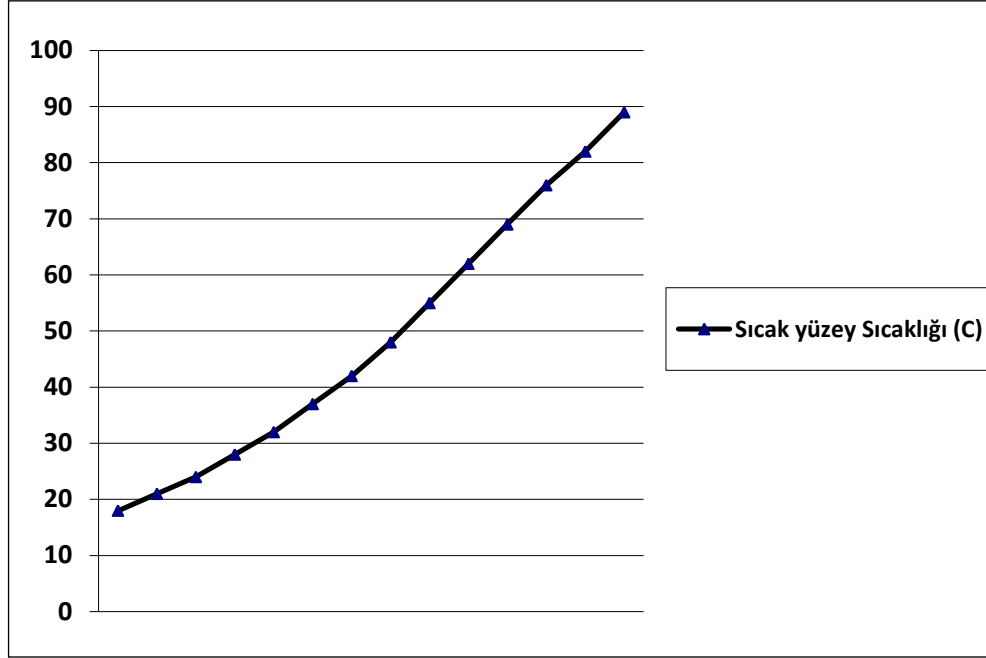
Soğuk yüzeyi soğutan çeşme suyu sistemde dolaşmadan önce 13 °C sıcaklığında iken ısıtıcı çalıştırılarak sisteme bağlandığında, soğutmayı sağlaması gereken şebeke suyu sıcaklığı 22 °C kadar çıkmıştır. Bu artış yüzeyler arası ısı geçişi olduğu ve çeşme suyunun soğutmada yeterli olmadığı sonucunu ortaya çıkarmıştır. Sistemde bu değerlere göre elde edilen gerilim grafik haline getirilmiştir.



Çizelge 4.7. Şebeke sulu sistemde elde edilen gerilim

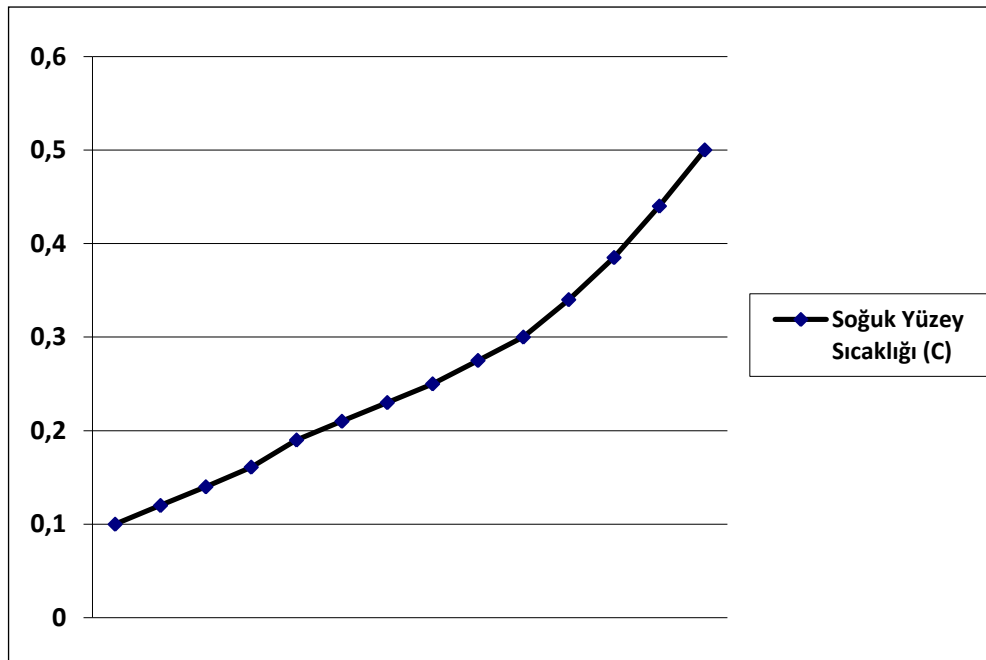
Isıtıcı çalıştırılması, çeşme suyu açılıp sistemde sıcak ve soğuk suyun dolaşması sonucu sıcaklık farkı elde edilmiştir. Sıcaklık farkı sonucu oluşan Gerilim başlangıç olarak çok düşük fakat sıcaklık farkı artışına bağlı olarak gerilim de artış göstermiştir. Sistem çalıştırıldığı ilk anda oluşan gerilim 0.074 V (volt) değerindedir. Fakat sıcaklık farkındaki artış ile gerilim değeri 2.78 V (volt) değerine ulaşmıştır.

Daha fazla gerilim elde etmek için sistemde ısınan çeşme suyu yerine buzlu su bağlanarak elde edilen değerler grafiklere aktarılmıştır.



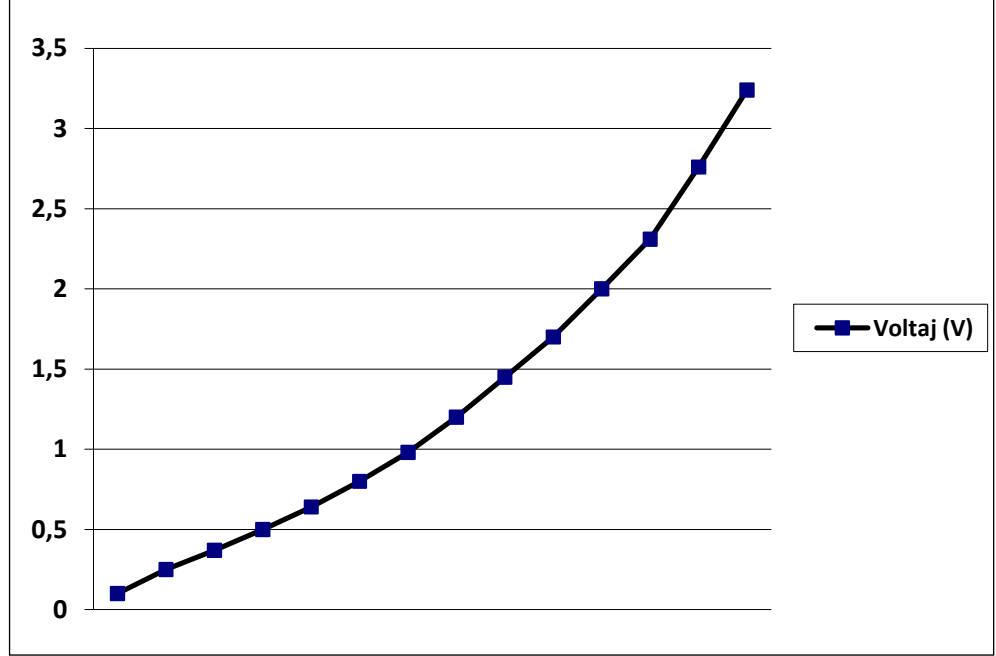
Çizelge 4.8. Sistemde sıcak yüzey değerleri (TEC1-12706)

Sisteme buzlu su bağlanması esnasında sıcak su fazla soğumamış ve ilk sıcaklık olarak 18 °C olarak bulunmuştur. Daha sonra sıcaklık artışı maksimum değer olan 89 °C tekrar oluşmuş ve burada sabit kalmıştır.



Çizelge 4.9. Sistemde soğuk yüzey değerleri (TEC1-12706)

Sisteme buzlu su ilavesi sonucu tekrar alınan soğuk yüzey sıcaklık değerleri, çeşme suyuna göre çok daha düşük ve sabit durumdadır. Ölçülen ilk sıcaklık değeri 0.1°C ve sisteme dolaşımı sonucu oluşan ısı geçişleri ile ulaşılan soğuk yüzey maksimum sıcaklık 0.5°C dir. Oluşan bu sıcaklık farkı sonucunda gerilim değerleri de grafiğe aktarılmıştır.

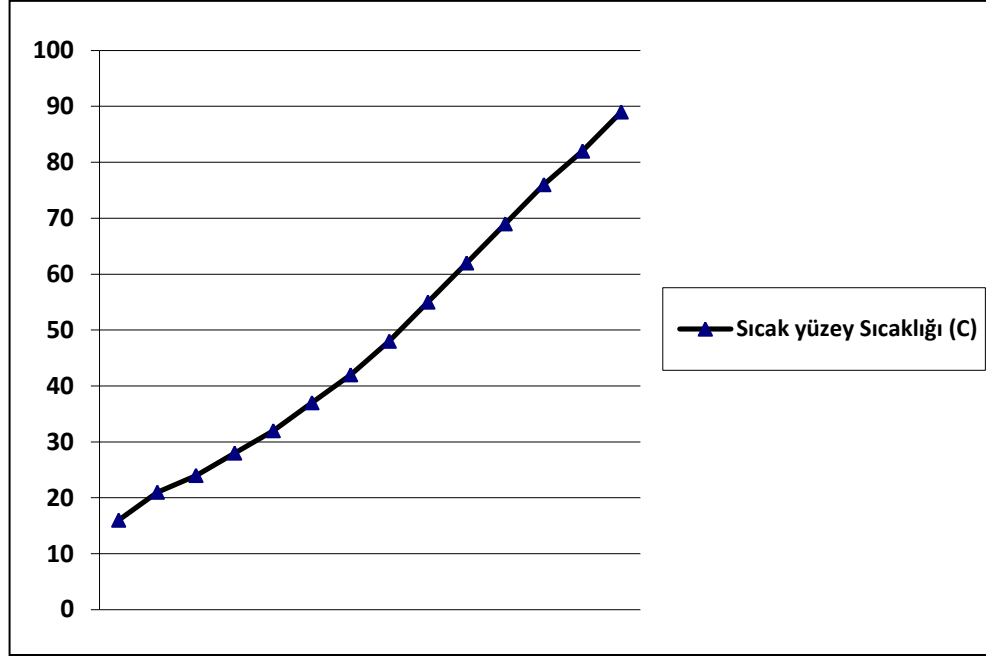


Çizelge 4.10. Sistemde elde edilen gerilim (TEC1-12706)

Sisteme buzlu su ilavesi sonrası gerilim ölçerken ilk olarak alınan küçük değer 0.1 V (Volt),maksimum gerilim değeri ise 3.24 V (Volt) olarak bulunmuştur.

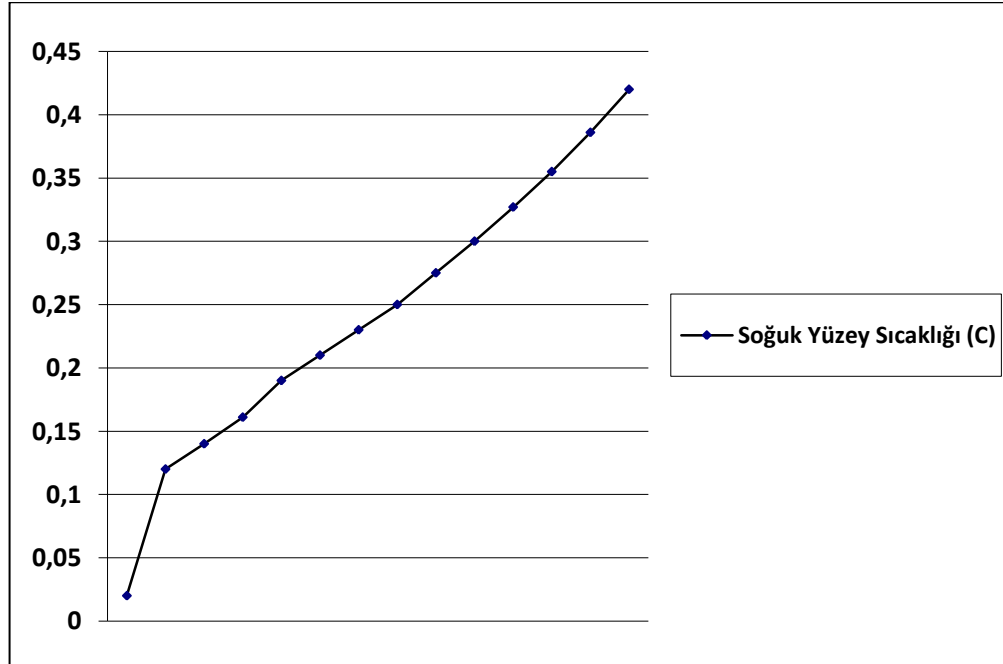
Aynı işlemler ikinci modül olan TEC1-12714T150 marka peltier için uygulanmış, elde edile sıcaklık değişimi ve gerilim grafikleri oluşturulmuştur.

Sisteme TEC1-12714T150 marka Termoelektrik Modül bağlandıktan sonra sıcak ve soğuk yüzeylerdeki sıcaklık değişimi ve gerilimin daha iyi gözlenmesi için sistemdeki sıcak ve buzlu su boşaltılarak tekrar doldurulmuştur. Sistem tekrar çalıştırıldığında elde edilen sıcaklık değişimi ve gerilim grafiklere aktarılmıştır.



Çizelge 4.11. Sistemde sıcak yüzey değerleri (TEC1-12714T150)

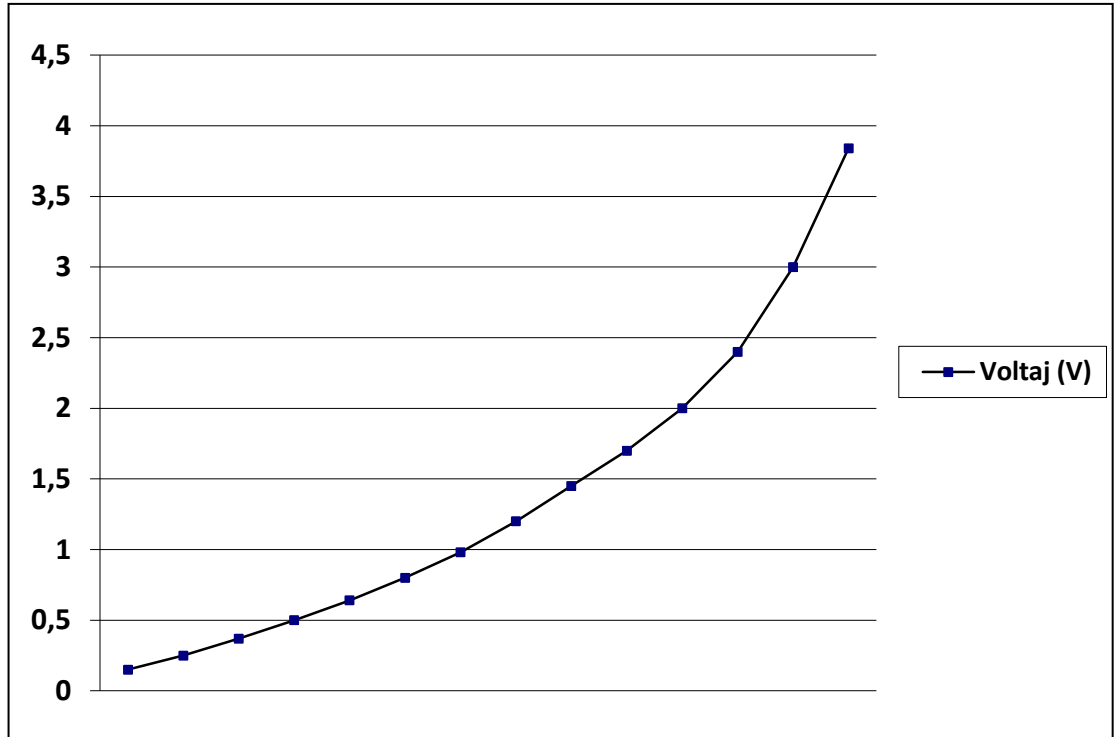
Sistemi oluşturup sıcaklıklar ölçüldüğünde modüllerin sıcak yüzeylerinde ölçülen ilk değer olan, ortam sıcaklığı 16°C olarak tespit edilmiştir. Isıtıcı çalıştırıldığında ortam sıcaklığı düşük olduğundan, su maksimum değer olan 89°C ' a diğer ölçümlere göre daha uzun sürede çıkmıştır.



Çizelge 4.12. Sistemde soğuk yüzey değerleri (TEC1-12714T150)

Soğuk yüzeyleri soğutmak için sistemde dolaştırılan buzlu su sisteme verilmeden önce 0.02 °C sıcaklıkta olup, sistemde dolaşmaya başladığında sıcaklık 0.42 °C' ye kadar çıkararak sabit kalmıştır.

Yüzeyler arası oluşan bu sıcaklık farkı sonucu elde edilen gerilim değişimleri de gözlenerek grafiklere aktarılmıştır.



Çizelge 4.13.Sistemde elde edilen gerilim (TEC1-12714T150)

Gerilim ölçümü esnasında, ilk olarak bulunan küçük değer 0.15 V(Volt) olarak bulunmuş olup, artış maksimum değer olan 3.84 V (Volt)'a kadar sürdükten sonra sabit kalmıştır.

4.2. TARTIŞMA

Her enerji üretim ve iletim yöntemlerinin çevreye etkisi vardır. Genel enerji üretiminin, hava, iklim, su, toprak ve hayata verdiği zararlar yanında radyasyon oranını da yükseltmektedir. Yenilenebilir teknolojiler, ciddi boyutlardaki çevresel ve sosyal problemlere güvenli çözümünü fosil ve nükleer yakıtlarla sunmaktadır.

Termoelektrik enerji teknolojileri diğer enerji kaynaklarıyla kıyaslandıklarında çok fazla çevresel avantajlara sahiptirler. Bunlar içerisinde en önemlileri hava emisyonu ve atık ürün olmamasıdır. Yani termoelektrik üretim kusursuz derecede temiz ve güvenilir bir enerji kaynağıdır.

Termoelektrik Enerji teknolojileri kullanımı; enerji tedarikinde çeşitlilik ve güvenilirliği kazandırması, yeni iş olanakları sağlaması, enerji piyasasında yeniden yapılanmayı desteklemesi, ithal yakıt bağımlılığını azaltması, uzak ve izole yerlerde yaşayan kırsal toplulukların elektrik ihtiyacının karşılanması gibi önemli sosyo-ekonomik sorunlara çözüm olabilir.

Diğer yandan şu gerçektir ki; Termoelektrik Enerji Teknolojileri kurulumu da dahil olmak üzere hiçbir insan yapımı proje gibi çevreye etkisiz olamaz. Muhtemel etkiler projenin boyutuna, doğasına ve coğrafi özelliğine bağlıdır. Ancak olumsuz etkiler çok küçük boyuttadır ve mevcut en iyi azaltma teknolojileri ile minimize edilebilir.

Bu çalışmada, olumsuz etkilerin başında olan yüzeyler arası ısı geçişini engellemek için, deney düzeneğinde modül yüzeyleri arasına ısı geçirgenliği düşük olan teflon malzeme kullanılmış ve ısı geçişi engellenmiştir. Olumsuz etkilerin bir diğeri olan, ısı kaybını engellemek için ise yüzeylere ısı veren sistem kapalı hale getirilmiştir.

Büyük çaplı Termoelektrik enerji sistemleri kurulurken dikkat edilmesi gereken hususların başında alan kullanımı gelmektedir. Sistemin kurulacağı alanın doğal bitki örtüsü ve yaşam alanına zarar vermeden alanla bütünleşik bir yerleşim oluşturulmalıdır. Ayrıca bir kaza anında derhal müdahale edebilecek ekip ve eleman da şarttır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Termoelektrik soğutma sistemleri, termoelektrik malzeme ve elektriksel güç kullanılarak bir ortamdaki ısı enerjisini başka bir ortama pompalayarak ısı transfer eder. Bu sebeple termoelektrik sistemleri, bazı soğutma ve ısıtma uygulamalarında alternatif çözümler olabilmektedir. Sistemlerin 1 cm² gibi küçük boyutlarda modellenenebilmesi, rejime kısa sürede girmesi ve hassasiyetinin şartlara uygun seviyede olması (Laboratuar cihazlarında $\pm 0,01$ °C) çevreye zararlı sayılan soğutucu akışkanlara bağımlı olmamaları gibi avantajlarından dolayı, termoelektrik soğutucular hem endüstriyel hem de ticari amaçlı olarak birçok alanda alternatif çözüm olarak kullanılabilir.

Termoelektrik soğutucular hareketli parçaları olmadığından buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemlerine göre sessiz ve titreşimsiz çalışırlar. Buhar sıkıştırırmalı ve absorpsiyonlu soğutma sistemlerine göre daha basit ve hafiftirler, her türlü pozisyonda çalışılabilirler ve otomasyon sistemleri basittir.

Alınan ölçüm değerlerine göre, yapılan çalışma da olumlu sonuçlara ulaşılmıştır. Böylece ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinde kullanışlı ve verimli bir sistem olacağı ortaya çıkmıştır. Sistemin büyük boyutlarda dizaynı ve yüksek sıcaklıklarda ki kaynaklara uygulanması, verimi artıracaktır. Atık ısının bol bulunduğu jeotermal kaynaklarda ve fabrikalarda kullanımıyla, yüksek miktarda enerji tasarrufu sağlanabilecektir.

Yüzeyler arası ısı geçişinin azaltılması, sıcak yüzeyin ısı kaybının düşürülmesi, güneş takip sistemi eklenmesi, soğuk yüzeyin daha iyi soğutulması gibi yapılacak bazı iyileştirmelerle bu verim daha da artırılabilir. Böylece Termoelektrik enerji üretim sistemleri önümüzdeki yıllarda önemli bir alternatif enerji kaynağı olarak karşımıza çıkaracaktır.

KAYNAKLAR

1. Riffat, S.B., Ma, X. **Thermoelectrics: a review of present and potential applications**. Applied Thermal Engineering, 2003
2. Chung, M., Miskovsky, N.M., Cutler, P.H. , Kumar, N. , Patel, V. **Theoretical analysis of a field emission enhanced semiconductor thermoelectric cooler**. Solid-State Electronics, 2003
3. Kılıç, M. Yiğit, A. **Isı Transferi**, 2. Baskı, Alfa Basım yayım Dağıtım Ltd. Őti. 2004, İstanbul
4. Godfrey, S. **An introduction to thermoelectric coolers**. Electronics Cooling. <http://www.electronics-cooling.com>, 1996
5. Bansal, P. K., Martin, A. **Comparative study of vapour compression, thermoelectric and absorption refrigerators**. International Journal of Energy Research, 2000
6. Gür, S. Atik., K. **Yoğunlaştırıcı Güneş Kollektörleri Ve Termoelektrik Jeneratörler Kullanarak Elektrik Üretimi**, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 2009, Karabük
7. Dişlitaş, S., Ahiska, R. **Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Jeotermal Enerjisini Doğrudan Elektrik Enerjisine Dönüştüren Mikro Denetleyici Kontrollü Termoelektrik Jeneratör**, International Advented Tecnologies Sempozyum, August, 2003, Ankara
8. Chein, R., Huang, G. **Thermoelectric cooler application in electronic cooling**. Applied Thermal Engineering, 2004
9. Yang, R., Chen, G., Kumar, A. R., Snyder, G. J., Fleurial, J. P. **Transient cooling of thermoelectric coolers and its applications for microdevices**. Energy Conversion and Management, 2005
10. Huang, B.J., Chin C. J., Duang, C.L. **A design method of thermoelectric cooler**. International Journal of Refrigeration, 2000
11. Xuan, X.C. **Investigation of thermal contact effect on thermoelectric coolers**. Energy Conversion and Management, 2003
12. Khattab, “**Optimal operation of thermoelectric cooler driven by solar thermoelectric generator**”, Energy Conversion and Management, 47, 2006

13. Nuwayhid, R.Y., Hamade, R., “**Desing and Testing of a Locally Made Loop-Type Thermosyonic Heat Sink for Stove-top Thermoelectric Generators**”, Renewable Energy, 30,1101-1116, 2005
14. Eakburanawat, J., Boonyaroonate, I, “**Development of a thermoelectric batterycharger with microcontroller- based maximum power point tracking technique**”, Applied Energy, 83, 687–704, 2006
15. Chen, K, Lin, G. T. **Optimization of multiple-module thermoelectric coolers using artificial-intelligence techniques.** International Journal of Energy Research, 2002
16. Çengel, Y.A., Boles, M.A. **Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik.** Çeviren: Taner Derbentli, McGraw Hill-Literatür Yayıncılık, 1996, İstanbul
17. <http://www.melcor.com>
18. 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, İstanbul

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana yol gösteren, bu çalışmanın tasarlanıp yürütülmesinde ve çalışmalarımın her aşamasında değerli bilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Abdullah KEÇECİLER' e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında değerli görüş, katkı ve bilgilerini esirgemeyen Yüksek Mühendis Sinem ŞİRİN' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarımında yardımlarını esirgemeyen Makine Müh. Nihal ÖZSOY ve Yüksek Lisans Öğrencileri İsmail BERBER ve Halil CEBECİ' ye teşekkürlerimi belirtmek isterim.

Çalışmadaki analizler aşamasında yardımlarını sunan Makine Mühendisliği Öğrencileri Arda DEDE, Ali AKDAĞ, Serdar ÖZKARA ve Oğuz ÖZDEMİR' e teşekkürlerimi belirtmek isterim.

Tez çalışmalarım sırasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen hayatımın her aşamasında bana destek olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Kars Sarıkamış'ta doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Sakarya Karasu' da tamamladım. 2004 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği lisans programına başladım.

Lisans öğrenimi bitirme projesi olarak "Tarım Makineleri" konulu çalışmayı tamamladım. 2008 yılında bu programdan mezun oldum. Aynı yıl Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimime başladım.