

**TERMOELEKTİRİK MODÜLLÜ LOKAL UYGULAMALI SOĞUK TEDAVİ CİHAZ  
TASARIMI, İMALATI VE DENEYSEL İNCELENMESİ**

**İlyas TÜFEKLİ**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makina Eğitimi Anabilim Dalında  
Bilim Uzmanlığı Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır.**

**KARABÜK**

**Haziran 2008**

**KABUL:**

İlyas TÜFEKLİ tarafından hazırlanan "TERMOELEKTİRİK MODÜLLÜ LOKAL UYGULAMALI SOĞUK TEDAVİ CİHAZ TASARIMI, İMALATI VE DENEYSEL İNCELENMESİ" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Anabilim Dalında Yüksek lisans Tezi olarak oybirliğiyle (veya oyçokluğuyla) kabul edilmiştir. 18 / 06 / 2008

Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan :Yrd. Doç. Dr. Sezayi YILMAZ (K. B. Ü. )

Üye :Yrd. Doç. Dr. Yavuz SUN (K. B. Ü. )

Üye :Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA (K. B. Ü. )



**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. .. / .. / 2008



Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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

İlyas TÜFEKLİ



## ÖZET

**Bilim Uzmanlığı Tezi**

### **TERMoeLEKTİRİK MODÜLLÜ LOKAL UYGULAMALI SOĞUK TEDAVİ CİHAZ TASARIMI, İMALATI VE DENEYSSEL İNCELENMESİ**

**İlyas TÜFEKLİ**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makina Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Sezayi YILMAZ**

**Haziran 2008, 76 sayfa**

Termoelektrik modüller tıbbi cihazlarda, klimalarda, soğutma dolaplarında, ölçüm cihazlarında vb. alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır Termoelektrik modüllerin uygulama alanları ve verim yükseltilmesi çalışmaları sürekli bir gelişim içerisinde. Bu çalışma da tıbbi alanda kullanılacak, termoelektrik modüllü bir soğuk tedavi cihazı tasarlanarak imal edilmiş ve deneysel olarak incelenmiştir.

Deneyler ortam ( $25^{\circ}\text{C}$ ) ve vücut yüzey ( $35,5^{\circ}\text{C}$ ) sıcaklıklarında gerçekleştirilmiştir. Termoelektrik modüle 4 Volt, 5 Volt, 6 Volt ve 7 Volt uygulanarak yapılan deneylerde yüzey sıcaklıkları sırasıyla ortalama  $3,95^{\circ}\text{C}$ ,  $3^{\circ}\text{C}$ ,  $2,57^{\circ}\text{C}$  ve  $7,12^{\circ}\text{C}$ 'dir.

**Anahtar Sözcükler:** (termoelektrik modül, soğuk tedavi)

**Bilim Kodu:** 626.11.01



## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **DESIGN, PRODUCTION AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A LOCAL TREATMENT DEVICE WITH THERMOELECTRIC MODULE**

**İlyas TÜFEKLİ**

**Karabuk University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Machine Education**

**Thesis Advisor: Asst. Prof. Dr. Sezayi YILMAZ**

**June 2008, 76 pages**

Thermoelectric modules are widely used in medical devices, air conditioners, cool boxes, measurement devices etc. There are many studies to develop efficiencies of thermoelectric modules and to widen their area of use. A cold treatment device with thermoelectric module, which can be used in medical treatment applications, was designed and produced in this study, and then investigated experimentally.

Experiments were conducted at ambient (25°C), and body (35,5°C) temperatures. In the experiments, thermoelectric module was fed by 4, 5, 6, and 7 V DC and the average surface temperatures were determined as 3,95°C, 3,0°C, 2,57°C, and 7,12°C Respectively.

**Key Words:** (Thermoelectric Module, Cold Treatment)

**Science Code:** 626.11.01





## TEŞEKKÜR

Öncelikle; tez konumun seçiminde ve araştırmalarım süresince; hiçbir fedakarlıktan kaçınmayarak, yakın ilgi, teşvik ve yardımlarını her zaman yanımda hissettiğim, yapıcı tenkitleri ile çalışmalarımı yönlendiren tez danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Sezayi YILMAZ'a en içten minnet ve şükranlarımı sunarım. Deneysel çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Kemal ATİK'e, Öğr. Gör. Engin ÖZBAŐ'a, Öğr. Gör. Emrah DENİZ'e, Öğr. Gör. Hüseyin DEMİREL'e ve büyük sabır göstererek tezin dizgi aşamasında bana yardımcı olan arkadaşlarım Ramazan KURT, Yaser MUTLU ve Tolga KELEŐ'e sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bunca yıldır yaptığım her şeyde bana destek olan aileme verdikleri destek için sonsuz teşekkürler.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	V
ABSTRACT .....	VII
TEŞEKKÜR.....	IX
İÇİNDEKİLER .....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XVII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XIX
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XXI
BÖLÜM 1 GİRİŞ .....	1
1.1 ÇALIŞMANIN ÖNEMİ.....	2
1.2 ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI .....	3
1.3 KONU İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	4
BÖLÜM 2 SOĞUK TEDAVİ.....	11
2.1 SOĞUK TEDAVİ UYGULAMALARI.....	11
2.1.1 Soğuk Paketler (cold-pack).....	12
2.1.2 Buzlu Su Banyoları (immersiyon yöntemi) .....	12
2.1.3 Buzlu Havlular .....	12
2.1.4 Buz Torbası .....	12
2.1.5 Buz Masajı .....	12
2.1.6 Soğutucu Spreyler (Buharlaştırma Yöntemleri).....	13
2.1.7 Kombine Soğutma Kompresyon Sistemleri (Cryo/Cuff, termal örtüler) .....	13
2.2 KOMPLİKASYONLAR.....	14
2.2.1 Aşırı Duyarlılık Reaksiyonları .....	14
2.2.2 Donma .....	14
2.2.3 Yüzeysel Sinir Hasarı .....	14

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 3 SOĞUTMA .....	15
3.1 SOĞUTMA SİSTEMLERİ .....	15
3.1.1 Geleneksel Soğutma Sistemleri.....	15
3.1.2 Alternatif Soğutma Sistemleri.....	15
3.2 TERMOELEKTRİK SOĞUTMA SİSTEMİ .....	16
3.4 TERMOELEKTRİK ETKİLER .....	16
3.4.1 Peltier Etkisi .....	18
3.4.2 Thomson Etkisi .....	19
3.4.3 Joule Etkisi.....	20
3.5 TERMOELEKTRİK MODÜL .....	20
3.6 TERMOELEKTRİK MODÜLLERİN KULLANIM ALANLARI .....	22
3.6.1 Termoelektrik Modüllerin Ölçüm Alanında Kullanımları .....	22
3.6.1.1 Termoelektrik Modüllerin Mikrofilm Kalorimetrede Kullanımı.....	22
3.6.1.2 Termoelektrik Modüllerin Donma Noktası Termometresinde Kullanımı.....	22
3.6.1.3 Termoelektrik Modüllerin Siyah Gövdelerde Radyasyon Standardı İçin Kullanımı.....	22
3.6.1.4 Termoelektrik Modüllerin Fototüp (photomultiplier) gövdesinde Kullanımı ....	22
3.6.1.5 Termoelektrik Modüllerin Yakıtların Nemini Alan Ünite Kullanılması.....	23
3.6.1.6 Termoelektrik Modüllerin Donma Noktası Referans Odasında Kullanımı.....	23
3.6.1.7 Termoelektrik Modüllerin Yağ (Petrol) Bulanıklık Test Cihazında Kullanımı .	24
3.6.1.8 Termoelektrik Modüllerin Kırılma Ölçer (refractometer) Olarak Kullanımı ....	24
3.6.2 Termoelektrik Modüllerin Biyo-Teknoloji Alanında Kullanımı .....	24
3.6.2.1 Termoelektrik Modüllerin Biyoaktivite Monitörlü Kalorimetrede Kullanımı ...	24
3.6.2.2 Termoelektrik Modüllerin DNA Düzen Reaktöründe Kullanılması.....	24
3.6.2.3 Termoelektrik Modüllerin Spektrometre Hücre Termo Programcısı Olarak Kullanımı.....	24
3.6.2.4 Termoelektrik Modüllerin Programlanabilir Termal Kontrolörde Kullanımı ....	25
3.6.2.5 Termoelektrik Modüllerin Tıp Kiti Soğutucu Olarak Kullanımı.....	25
3.6.2.6 Termoelektrik Modüllerin Fotosentez Analizerde Kullanımı .....	26
3.6.2.7 Termoelektrik Modüllerin Osmometrede Kullanımı .....	26

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

### Sayfa

3.6.2.8 Termoelektrik Modüllerin Biyoaktif Analizer İçin Termoprogramcısı Olarak Kullanımı.....	26
3.6.3 Termoelektrik Modülün Medikal Alanda Kullanımı .....	26
3.6.3.1 Termoelektrik Modüllerin Sıcak Soğuk Stimülatöründe Kullanımı .....	26
3.6.3.2 Termoelektrik Modüllerin Cryo-Cerrahi Destroyerde Kullanımı.....	26
3.6.3.3 Termoelektrik Modüllerin Mikroskop Safhası Soğutucusunda Kullanımı .....	27
3.6.3.4 Termoelektrik Modüllerin Mikrotome Safhası Soğutucusu Olarak Kullanımı ..	27
3.6.3.5 Termoelektrik Modüllerin Portatif Mini Soğutma Kutusu (İnsilün)'da Kullanımı .....	27
3.6.3.6 Termoelektrik Modüllerin Diş Dolgusu İçin Soğuk Plaka Olarak Kullanımı ....	27
3.6.3.7 Termoelektrik Modüllerin Soğuk Sıcak Tedavi Battaniyesinde Kullanımı .....	27
3.6.4 Termoelektrik Modülün Endüstriyel Alanda Kullanımı .....	28
3.6.4.1 Yarı İletken Cihaz Üretimi İçin Dopant Soğutucu.....	28
3.6.4.2 Termoelektrik Modül ile Semikondüktör Cihaz Üretimi İçin Silisyum Katman Soğutma Plakası .....	28
3.6.4.3 Termoelektrik Modüllerin Semikondüktör Cihaz Üretimi İçin Kimyasal Sirkülasyon Sisteminde Kullanımı .....	28
3.6.5 Termoelektrik Modülün Genel Kullanımı .....	28
3.6.5.1 Termoelektrik Modüllerin Vakum Pompası Akış Düzenleyicisi Olarak Kullanımı.....	28
3.6.5.2 Termoelektrik Modüllerin Daldırma soğutucusu Olarak Kullanımı.....	29
3.6.5.3 Termoelektrik Modüllerin Soğuk plakada Kullanımı .....	29
3.6.5.4 Termoelektrik Modüllerin Sıvı sirkülasyon Cihazında Kullanımı .....	29
3.6.5.5 Termoelektrik Modüllerin Havalandırma Kullanımı .....	29
3.6.5.6 Termoelektrik Modüllerin Taşınabilir Soğutucusu (piknik kutusu)'da Kullanımı .....	29
3.6.5.7 Termoelektrik Modüllü Meşrubat Soğutucusu .....	30
3.6.5.8 Termoelektrik Modüllü Hava Aracı İçme Suyu Soğutucusu .....	30
3.6.5.9 Otomobiller İçin Termoelektrik Modüllü Mini Soğutucu (Buzdolabı).....	31
3.6.6 Büyük Ölçekli Termoelektrik Soğutma Uygulamaları.....	31

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

### Sayfa

3.6.6.1 ASEA'nın Yapmış Olduğu Termoelektrik Soğutma Sistemi.....	31
3.6.6.2 Termoelektrik Modülün Hava Endüstrisi -Demiryolu Uygulaması.....	31
3.6.7 Orta Ölçekli Termoelektrik Soğutma Uygulamaları .....	32
3.6.7.1 Amerikan Radyo Şirketi (RCA)'nin Termoelektrik Soğutma Uygulaması .....	32
3.6.7.2 Carrier Şirketinin Termoelektrik Soğutma Uygulaması.....	32
3.6.7.3 TECA Firmasının Termoelektrik Soğutma Uygulaması.....	32
3.6.7.4 Midwest Araştırma Enstitüsünün Termoelektrik Soğutma Çalışması.....	33
<b>BÖLÜM 4 ARAŞTIRMA YERİNİN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 DENEY SİSTEMİNİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ.....</b>	<b>35</b>
4.1.1 Termoelektrik Modül Soğutma Parçası.....	35
4.1.2 Termoelektrik modüllerden oluşan soğutma kısmı .....	36
4.1.3 Termoelektrik Modül.....	36
4.1.4 Güç kaynağı .....	38
4.1.5 Güç kontrol devresi .....	39
4.1.6 Su Dolaşım Pompası.....	40
4.1.7 Dolaşım Suyu Soğutucusu (ısı eşanjörü, kondanser) .....	40
4.1.8 Su Deposu .....	41
4.1.9 Su Soğutma Sistemi Fanı.....	41
4.1.10 Ana Gövde .....	41
<b>4.2 DENEYDE KULLANILAN ÖLÇÜM CİHAZLARININ ÖZELLİKLERİ.....</b>	<b>42</b>
4.2.1 Avometre ( akım, gerilim ve direnç ölçer ) .....	42
4.2.2 Sıcaklıkların Ölçülmesi .....	43
<b>4.3 SOĞUK TEDAVİ (COLD TERAPİ) CİHAZININ ÇALIŞTIRILMASI.....</b>	<b>43</b>
4.3.1 Soğutma Bölümü.....	45
4.3.2 Su Soğutma Bölümü.....	45
<b>4.4 DENEYLERDE UYGULANACAK ÖLÇME KRİTERLERİ.....</b>	<b>46</b>
<b>BÖLÜM 5 DENEYLERİN YAPILIŞI VE DEĞERLENDİRİLMESİ .....</b>	<b>49</b>
<b>5.1 DENEYLERİN YAPILIŞI VE SONUÇLARI .....</b>	<b>49</b>

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
5.1.1 Deney Sonuçları .....	49
BÖLÜM 6 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
KAYNAKLAR .....	71
ÖZGEÇMİŞ .....	75





## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
1.1	Termoelektrik soğutma deneyi (zaman-kabin sıcaklığı).....	5
1.2	Termoelektrik çatı tipi güneş kollektörü.....	9
3.1	Termoelektrik modülün yapısı .....	16
3.2	Farklı metallerden oluşan bir devrede akım oluşumu.....	17
3.3	Farklı metallerden oluşan bir devrede gerilim oluşumu. ....	18
3.4	Termoelektrik modülün yapısı .....	21
3.5	Donma noktası tespit cihazı .....	23
3.6	Tıp kiti soğutucu. ....	25
3.7	Meşrubat soğutucusu .....	30
3.8	Hava aracı içme suyu soğutucusu.....	31
3.9	TECA Americancool R 4000 seri ünitesi.....	33
4.1	Soğutucu parça ve modül.....	36
4.2	Modül Bağlantı şekli.....	36
4.3	Tec1-12706'ya ait teknik veriler .....	38
4.4	Güç Kaynağı.....	39
4.5	Güç kontrol devresi.....	39
4.6	Isı eşanjörü ve fan.....	41
4.7	Ana gövde .....	42
4.8	Soğuk tedavi cihazı uygulaması .....	44
4.9	Su soğutma ve depolama bölümü .....	46
4.10	Termoelektrik soğuk tedavi cihazında ölçüm yapılan noktalar.....	47
5.1	4 Volt sistem vücuda temassız .....	52
5.2	4 volt sistem vücuda temaslı. ....	53
5.3	5 volt sistem vücuda temassız .....	56
5.4	5 volt sistem vücuda temaslı .....	57
5.5	6 volt sistem vücuda temassız .....	60

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
5.6	6 volt sistem vücuda teması .....	61
5.7	7 volt sistem vücuda temassız .....	64
5.8	7 volt sistem vücuda teması .....	65
5.9	Farklı gerilimlerdeki T1 sıcaklıkları arasındaki ilişki.....	67

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
4.1	Modül performans şartları görülmektedir .....	37
4.2	Avometrenin Ölçüm limitleri .....	43
4.3	Termokupl çeşitleri ve özellikleri.....	43
5.1	4 Volt geriliminde ve sistem vücuda temassızken elde edilen sonuçlar .....	50
5.2	4 Volt geriliminde ve sistem vücuda temaslı iken elde edilen sonuçlar. ....	51
5.3	5 Volt geriliminde ve sistem vücuda temassızken elde edilen sonuçlar.....	54
5.4	5 Volt geriliminde ve sistem vücuda temaslı iken elde edilen sonuçlar. ....	55
5.5	6 Volt geriliminde ve sistem vücuda temassız ken elde edilen sonuçlar .....	58
5.6	6 Volt geriliminde ve sistem vücuda temaslı iken elde edilen sonuçlar .....	59
5.7	7 Volt geriliminde ve sistem vücuda temassızken elde edilen sonuçlar .....	62
5.8	7 Volt geriliminde ve sistem vücuda temaslı iken elde edilen sonuçlar .....	63
5.9	Modüller vücuda temaslı halde iken elde edilen veriler .....	66



## **SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ**

- $\alpha_{AB}$  :Seebeck katsayısı (A ve B yarıiletkenleri için)( V/°C )
- $Q_p$  :Peltier ısısı, (W)
- $\Pi_{AB}$  :Peltier sabiti,(A ve B materyalleri için) (V)
- I :Doğru akım, (A)
- $Q_p$  :Peltier ısısı (W)
- $Q_T$  :Thomson ısısı ( W)
- $Q_j$  :Joule ısısı (W)
- $T_h$  :Modülün ısınan yüzey sıcaklığı (°C)
- DeltaT :Modül yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı (°C)
- $Q_c$  :Modülün soğutma gücü(W)
- V(v) :Modülün gerilim değeri (volt)
- $T_1$  :Modül yüzey sıcaklığı (°C)
- $T_2$  :Depodaki su sıcaklığı (°C)
- $T_3$  :Modülden su çıkış sıcaklığı (°C)
- $T_4$  :Kondenser (Isı Eşanjörü)' den su çıkış sıcaklığı (°C)

## **KISALTMALAR**

- CFC :Kloroflor karbon
- HCFC :Hidroklorofloro karbon
- COP :Soğutma tesir katsayısı
- WHO :Dünya sağlık örgütü



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

İnsanoğlu yüzyıllardan bu yana ısıtma ve soğutma sistemlerine ihtiyaç duydular. İnsanoğlunun ihtiyaçları önceleri yaşamlarını idame ettirmekten ibaretti. Daha sonra gıdaların pişirilmesi ve saklanması yönünde ihtiyaçları doğdu ve daha sonraları ihtiyaçları giderek arttı.

Soğutma ihtiyacı en sonunda sağlık alanına da girdi. “Kan, aşı ve birçok ilacın bozulmaması için belli bir sıcaklık aralığında tutulması gerekmektedir.” (Fidan 2000). İnsanlar yaşamları boyunca birçok hastalıklar, kazalar ve yaralanmalarla karşı karşıya kaldılar. Özellikle kazalar sonucunda ilk müdahalelerin yapılması hayat kurtarıcı etkisi büyük önem kazandı. Şüphesiz ki ilkyardım sayesinde insanların acı duyma süreleri kısaltılmaktadır. Bu nedenle ilkyardım ve ilkyarımda kullanılan tıbbi cihazlar, soğuk uygulamalar önem kazanmıştır.

Bilindiği üzere soğutma sistemlerinden en çok buhar sıkıştırımalı soğutma sistemleri kullanılmaktadır. Buhar sıkıştırımalı soğutma sistemi kompresör, yoğunlaştırıcı, buharlaştırıcı ve genleşme vanasından oluşmaktadır. Buhar sıkıştırımalı soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan gaz olarak kloroflor karbon (CFC) ve hidroklorofloro karbon ( HCFC) gazları yaygın olarak kullanılmaktadır.

Soğutma sistemlerinde kullanılan CFC ve HCFC kökenli soğutucu gazların ozon tabakasına büyük ölçüde zarar verdikleri bilinmektedir. Ülkemizin de içinde bulunduğu, 150 ülke Montrel protokolü ile CFC kökenli maddelerin hemen kaldırılması, HCFC kökenli maddelerin ise kullanımının kısıtlanarak belirli bir tarihte kullanımına son verilmelidir. Kaldırılan soğutucu akışkan yerine kullanılacak alternatif soğutucu akışkanlar tespit edilerek kabul edilmiştir.

Mevcut akışkanların kaldırılması, yenilerinin belirlenmesi şüphesiz önemli bir gelişmedir. Bu önemli gelişmenin yanında yeni akışkanların sistemlere uyumluluğu, sistemlerin

performanslarındaki düşmeler daha farklı sorunları doğurmuştur. Bu sorunların, yanı sıra alternatif soğutma sistemleri konusunda da çalışmalar hız kazanmıştır.

Üzerinde çalışma yapılan soğutma sistemlerden biride termoelektrik soğutma sistemleridir. Hem ısı hem de elektriksel etkilerin bir arada bulunduğu devreye “termoelektrik devre”, bu devre ile çalışan sistemlere de “termoelektrik sistem” adı verilir (Kırmacı 2002).

## 1.1 ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

Soğğun tedavi edici etkisi bir çok kişi tarafından bilinmekte ve kullanılmaktadır. Soğğun tedavi edici özelliğini kimi zaman bilerek kimi zaman ise bilmeyerek bizlerde kullanılmaktadır. Unutulmamalıdır ki soğğun tedavi edici etkisi çok eskilerden beri kullanılmaktadır. Soğuk tedavinin en önemli özelliklerinden bir tanesi şüphesiz ki ilaç kullanılmamasıdır. En basit uygulama olarak ateş düşürme işleminde kullanılan alin üzerine ıslak mendil konulması, yanıklarda ise buzlu torba uygulamaları, ortopedik vakalarda (sporcu sakatlanmalarında) soğutucu sprej uygulanması bunlardan bazılarıdır. Elbette bunlar birer çözümdür. En önemli olan nokta ise yaralı veya hasta kişinin acı hissini azaltmaktır. Bu uygulamalar genellikle ilk yardım amaçlı yapıldığı için çok uzun bir uygulama gerektirmemektedir. Hasta veya yaralı kişilerin hastaneye veya klinik bir ortama varıncaya kadar kişiyi rahatlatmak açısından önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada diğerk soğuk tedavi uygulamalarına bir alternatif olarak soğuk tedavi (cold terapi) cihazı tasarlanmıştır. Bu cihaz tasarımında termoelektrik modül kullanılmıştır. Unutulmamalıdır ki 1974 yılında yaşanan enerji krizi nedeniyle birçok ülke enerji politikalarında değişiklikler yapmışlardır. Bu değişiklikler enerji tasarrufunu artırma, yeni enerji kaynakları bulma, (alternatif enerji kaynakları) mevcut sistemlerin performansını artırma vs değişikliklere gidilmiştir. Bu sistemde alternatif bir soğutma sistemidir. Soğutma sistemlerinde de aynı şekilde çalışmalar başlatıldı. Bilindiği gibi dünyada en çok kullanılan soğutma sistemi hala buhar sıkıştırmalı soğutma sistemleridir. Buhar sıkıştırmalı soğutma sistemlerine alternatif olarak geliştirilen sistemlerden biri de termoelektrik soğutma sistemidir. Termoelektrik soğutma sistemleri belirli bir kapasite üzerinden çalışmaktadırlar. Termoelektrik soğutma sistemlerinde de verim sorunları bulunmaktadır. Termoelektrik sistemlerin verimlerini artırma çalışmaları hala gündemde ve devam etmektedir.



## 1.2 ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Bu çalışmada termoelektrik modüllü soğuk tedavi (cold terapi) cihazının tasarımı, imalatı ve deneysel incelenmesi üzerinde durulmuştur. Termoelektrik soğutma sistemlerinin ana parçalarından bir tanesi bilindiği üzere termoelektrik modüldür. Termoelektrik modüller ısının bir yüzeyden alınması ve diğer yüzeyinden atılması prensibine göre çalışmakta olan alternatif bir ısı pompasıdır. Termoelektrik modüller bu ısı transferini yaparken sadece elektrik akımına ve gerilime ihtiyaç duyarlar. Hareketli parçalarının olmaması sebebiyle çok sessiz çalışırlar.

Termoelektrik modüllerin sıcak ve soğuk yüzeyleri arasında belirli bir sıcaklık farkının korunması gereklidir. Bu sıcaklık farkına bağlı olarak modüllerin çektiği güçler değişim göstermektedir. Sıcaklık farkının büyümesi ve sabit tutulması modülün performansını da arttırmaktadır. Soğutma amaçlı tasarlanan bir termoelektrikli sistemde,soğuk yüzeyin sıcaklık basamağının düşürülmesi ve sabit tutulması büyük oranda modüle uygulanan gerilime ve sıcak yüzeyin sıcaklığına dolayısı ile bu yüzeydeki ısı transferine bağlıdır. Termoelektrik modüllerin sıcak yüzey soğutmasında genellikle hava akımlı cebri soğutma uygulanmaktadır. Büyük kapasiteli termoelektrik soğutma sistemlerinde etkin ve kararlı bir soğutma sağlanmalarından dolayı son zamanlarda su çekmeli uygulamalarda yaygınlaşmıştır. Su çekmeli soğutma uygulamalarının en büyük dezavantajı ek bir su depo,su pompası ve ısı eşanjörüne gereksinim duymalarıdır.

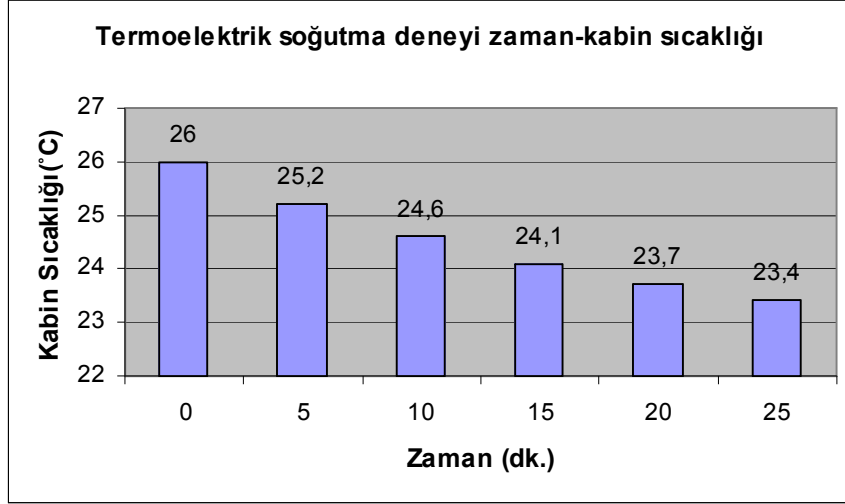
Tasarlanan soğuk terapi cihazı komplike bir cihaz olup, ana elemanlar olarak kontrol ve soğutma sisteminden oluşmaktadır. Cihazda temel tasarım kriteri olarak soğuk yüzeyin buz sıcaklığında (0°C) olması hedeflenmiştir. Ayrı ayrı kontrol edilen termoelektrik elemanlarda tasarlanan elektronik kontrol sistemi ile her bir elemanda farklı sıcaklıklar elde edilecektir. İstenildiğinde ise termoelektrik modül uçlarına giden akımın yönü değiştirilerek cihaz soğutma modundan ısıtma moduna geçebilecektir. Soğuğun veya sıcaklığın insan vücuduna tatbikini kolaylaştırmak için su boruları ve enerji kabloları bir bütün haline getirilmiş ve modüller esnek bir plaka üzerine yerleştirilerek bandajlama yöntemi ile vücuda teması sağlanmıştır.

### 1.3 KONU İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çakır (2006) “ Güneş Piliyle Elde Edilen Elektrik Enerjisinin Termoelektrik Soğutmada Kullanılması ” isimli Yüksek Lisans Tez çalışmasında, elektrik enerjisinin bulunmadığı yerlerde soğutma yapabilmek için enerji ihtiyacını güneş pilinden karşılayan termoelektrik soğutucu tasarlanmıştır. Yapılan uygulamada termoelektrik soğutma sisteminin enerjisi doğrudan güneş pilinden alınmaktadır. Deney esnasında güneş pilinin hareketli ayakları yardımıyla gerilim sabit tutulmuştur. Termoelektrik soğutucunun COP değerinin güneş pilinden gelen akım ve kabin dış sıcaklığına göre değişim gösterdiği görülmüştür. Ortam sıcaklığı 17,30°C iken kabin içi 4,90°C ye kadar düşürülmüştür. Yani iç-dış sıcaklık farkı  $\Delta T=12,40^{\circ}\text{C}$  elde edilmiştir. Mahal sıcaklığı daha yüksek olduğunda iç sıcaklıkta artacaktır. Deney sonuçlarında en yüksek COP değeri 0,9 modül içi sıcaklık değeriyle modül dış sıcaklık değeri farkının 23°C, gerilimin 2,23 A olduğu zamanda elde edilmiştir.

Ciylan (2005) “Termoelektrik Modüller İçin Mikrodenetleyici Kontrollü Yeni Bir Test Sisteminin Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi” isimli doktora çalışmasında termoelektrik modüllerin, basit, güvenilir ve evrensel manada, dinamik parametrelerinin belirlenmesine yönelik mikrodenetleyici kontrollü bir test sistemi gerçekleştirilmiş ve denenmiştir. Bu amaçla, öncelikle mevcut matematiksel analiz modeli basitleştirilerek, minimum sayıda parametreye en doğru sonuçların elde edilmesine imkan sağlayacak şekilde değiştirilmiştir. Sonuçta modülün dinamik parametrelerini çok daha doğru ölçebilen ve bunu sadece modülün ısınan yüzey sıcaklığı, modül çalışma gerilimi ve akımı ile modülün termoemk değerlerine dayalı olarak çıkartmaya yarayan yeni bir model elde edilmiştir. Bu modele dayanarak tasarlanan test sisteminin güvenilir olduğu bir dizi deneyle test edilmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Uçar ve Bardakçı (2005) “Termoelektrik Soğutma” isimli lisans tez çalışmasında termoelektrik soğutma sistemi ile soğutma sistemi kurulmuş ve çalıştırılmıştır. Çalışma sonunda deney ve hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan deneyde termoelektrik soğutma sistemi hava-hava soğutmalı olarak uygulaması yapılmıştır. Uygulama 6V sabit gerilim altında yapılmış ve TEC1–12708 modeli modül kullanılmıştır. Deney sonucunda 0.125 m<sup>3</sup>’ lük hacim sıcaklığını şekil 1.1’de verildiği gibi değişiklik göstermiştir.



Şekil 1.1 Termoelektrik soğutma deneyi (zaman-kabin sıcaklığı).

Işık (2002) “Mikro Denetleyicili, Sıcaklık kontrollü AMGK Sistemi” isimli çalışmasında elektronik ve termoelektrik sistemlerin sıcaklık kontrolünü ve güvenilir çalışmasını sağlayacak bir besleme ve kontrol sistemi geliştirmiştir. Geliştirilen bu sistem ile AMGK’nın çıkış gerilimi, sıcaklığa bağlı olarak, oransal şekilde değiştirilebilmektedir.

İmadoğlu (2003) Köpükten yapılmış kutunun tabanına alüminyum levha yerleştirilerek, kutunun alt tarafından uygun büyüklükte bir parça kesmiş ve peltier bu kısma yerleştirilerek kenarları silikonla kapatmıştır. Peltier’in sıcak yüzeyine alüminyum levha ve 12 V’la çalışan bir fan monte etmiştir. Yapılan dolabın içine her türlü yiyecek ve içeceği koyup termostatı ayarlayarak istenilen miktarda soğutmuştur.

Dikmen (2002) “Termoelektrik Soğutucuların Çalışma kriterlerine Etki Eden Faktörlerin Ve Endüstrideki kullanım Alanların Tespiti” isimli Yüksek Lisans Tez Çalışmasında, Termoelektrik devrede meydana gelen olaylara ve termoelektrik sisteme etki eden kriterlere yer verilmiştir. Termoelektrik sistemi, termodinamik açıdan incelenmiş ve termoelektrik soğutucuların endüstrideki kullanım alanları belirlenmiştir. Ayrıca iki tip termoelektrik soğutucu ile soğutucuların performans değerlerini tespiti için deney yapılmıştır. Deneyde hava-hava soğutmalı sistemde 24 Volt 57 Watt gücünde modül ve sıvı hava soğutmalı sistemde ise 24 Volt 67 Wattlık modüller kullanılmıştır. Soğutucuları kullanmak üzere 50 litrelik yalıtımlı bir dolap yapılmıştır. Soğutulan hacim 20 mm kalınlığında stropor ve 3mm kalınlığında PVC ile kaplanmıştır. Deneyler sonucunda hava- hava soğutmalı sistemin COP değeri en iyi soğutma olduğu anda hesaplanmış ve COP değeri 0.37 bulunmuştur. Sıvı-hava

soğutmalı sistemde ise 67 Wattlık modül kullanılmış ve COP değeri 0.40 olarak hesaplanmıştır.

Kırmacı (2002) “Termoelektrik Soğutma Etkisinin Soğutmada Kullanılması” isimli Yüksek Lisans Tez çalışmasında, 40mm x 40mm x 4mm ölçülerinde bir termoelektrik modül, boyutları 50mm x 60mm x 50mm olan yalıtılmış bir dikdörtgen prizma kutu monte edilmiş ve içerisine konan suyun sıcaklığı düşülerek, akım ve gerilim arasındaki ilişki incelenmiştir. Deneyde kullanılan 150 cm<sup>3</sup> lük hacim 1 mm kalınlığında galvanizli saç ile kaplanmış ve iç kısmı 5 mm kalınlığında stroporla kaplanmıştır. Deney sırasında hacim içerisine 125 g su konulmuş ve sistem fanlı ve fansız olarak çalıştırılmıştır. Deneyler sonucunda fansız deneylerde COP’ en düşük ve en yüksek değerleri COPmin : 0.088, COPmax : 0.22’dir. Fanlı sistemde ise COPmin : 0.094, COPmax : 0.358 olarak bulunmuştur.

Salimi (2001) “Termoelektrik Sistemlerin Analiz Programı” isimli Yüksek Lisans Tez çalışmasında, delphi 5.0 programı (tsap) yazılmıştır. Tsap programı kullanılarak termoelektrik soğutucular ve termoelektrik jeneratörler gibi sistemlerin kapsamlı bilgisayar analizi yapılmıştır.

Fidan (2000) “Mikrodenetleyici Kontrollü Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kiti Cihazı Tasarımı Ve Uygulaması” isimli Yüksek Lisans Tez çalışmasının dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından belirlenmiş olan standarda göre kanın depolanması için gerekli ısı ortamı 2°C ile 10°C arasında belirlenmiş ortam koşullarını sağlayan mikroişlemci kontrollü taşınabilir termoelektrik tıp kiti cihazı tasarlanmıştır.

Tay et al (2006) “Fotorejist İşlem İçin Pişirme Lambasının Termoelektrik Düzene Bağlı Olarak Tasarımı” İsimli çalışmalarında, mikrolitagrafide fotorezist (ışığa duyarlı) işlemi için, parçanın hacimsel ve yüzeysel sıcaklık düzenliliğinin ön plana çıkartıldığı bir entegre pişirme/soğutma modülünün tasarımı bu makalede sunulmaktadır. Sistem, ısıtmanın bir çok yayımlı ısıtma bölümünün, gerçek zamanlı dinamik ve hacimsel olarak parça sıcaklığının kontrol edilmesini sağlamak üzere bir dizi termoelektrik elemanla ilişkilendirilerek hazırlanmıştır. Pişirme ve soğutma bölümlerinin birleştirilmesi neticesinde, ısıtma bölümünden soğutma bölümüne olan geçişte kaybedilen ısı kontrolü engellenmiştir. Önerilen yaklaşımın olabilirliği detaylı model ve simülasyonlar aracılığıyla “first principle heat transfer analysis” kullanılarak ortaya konmuştur.

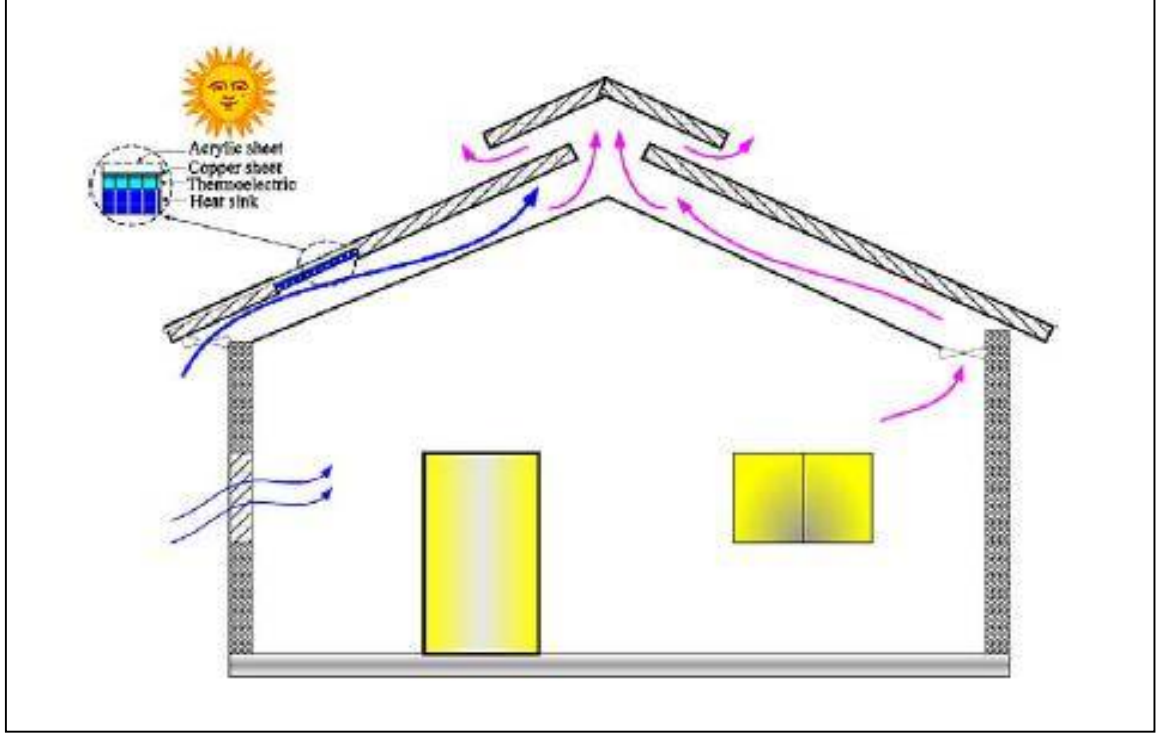
Lertsatitthanakorn (2006) “ Kombine Biyokütle Fırını Termoelektrik Jeneratörü (BİTE)’ nün Elektriksel Performans Analizi ve Ekonomik Değerlendirilmesi” İsimli çalışmasında biyokütle pişirme fırınının gelişmekte olan ülkelerdeki kullanımı oldukça yaygın olmakla birlikte, fırınlar yeterince verimli değildir. Pişirme fırınının daha kullanışlı olmasını sağlamak adına, fırın duvarlarından yayılan atık ısıyı değerlendiren bir termoelektrik jeneratör sisteminin bizmut-tellür tabanlı maddelerden yapılmış ticari termoelektrik modüllerin fırına eklenmesinin olabilirliği araştırıldı. Sistem (biyokütle pişirme fırını termoelektrik jeneratörü BİTE), ticari bir termoelektrik modül (Taihnaxing model TEP1-1264-3.4), bir metal saç duvar ve termoelektrik modülün soğuk tarafını oluşturmak üzere dörtgen kanatlı bir soğutucudan oluşmaktadır. Deneysel bir düzenek hazırlanarak çeşitli sıcaklık aralıklarında sistemin dönüşüm etkinliği değerlendirilmiştir. Deneysel düzen, elektriksel güç çıkışının ve dönüşüm verimliliğinin, termoelektrik modülün sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkına bağlı olduğunu göstermiştir. Yaklaşık 150°C’ lik bir sıcaklık farkında modülün elektriksel çıkışı 2,4 Watt’a ulaşmıştır. %3,2’lik bir dönüşüm verimliliği küçük bir Flamanlı ampülü yakmak veya bir radyoyu çalıştırmak için yeterli olmuştur. Teorik bir model, düşük sıcaklık aralıklarında güç çıkışını tahminde kullanılmıştır. Ekonomik bir analiz, aynı gücün piller tarafından karşılanması durumunda geri dönüş periyodunun çok kısa olacağını göstermiştir. Bu nedenle, burada formüle edilen, jeneratör tasarımı evlerde kullanılabilir. Sistem, birincil güç kaynaklarıyla rekabet etmek üzere tasarlanmamıştır. Fakat acil durumlarda veya yedek güç kaynağı olarak kullanılmaya müsaittir.

Ciylan and Yılmaz (2006) Yaptıkları çalışmada termoelektrik modülün dinamik parametrelerini hesaplamayı amaçlayan universal mikroışlemcili test sistemi dizayn edilmiş ve bu sistemle testler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı mevcut formül dizisinin daha basit formuna göre test sistemi dizayn edilmiştir. Minimum giriş değişkeni ile daha kesin sonuç bulunabilmektedir. Sonuç olarak termoelektrik modülün dinamik parametreleri universal olarak ölçülebilen ve yalnızca sıcak yüzey sıcaklığını, modül çalışma gerilimini, modülün akımını ve termoemk değerlerini kullanan bir test sistemi üretilmiştir. Aynı zamanda gerçekleştirilen yeni test sistemi, performansının değerlendirilebilmesi için standart termoelektrik modülün (melcor cp 1,4-127-102) ölçümünde kullanılmıştır.

Hansen (2003) “Termoelektrik Soğutuculu 61 Hücreli Si-kaymalı Modülün Termal Performansı” Bu çalışmada bir 61 hücreli silikon kaymalı detektör modülün statik termal

davranışı incelenmiştir. 3 boyutlu simülasyonlarla modül içindeki sıcak akış üzerindeki katı maddelerin termal iletkenlik etkisi tartışılmıştır. Grafit kullanımı, katı parçaların içinde 1°C'nin altında homojen olmayan bir çalışmaya neden olur ve yeterli düşük sensör sıcaklık seviyesine gelir. Tek taraflı termoelektrik soğutucu ve modül üzerine monte edilmiş soğutuculu deneylerde sensörün ve elektronik devrenin sıcaklığı modülün doğrusal güç tüketimine bağımlı olarak kasa sıcaklığındadır. Sensör ve elektronik devre arasındaki termal kuplaj eşitlikler sensör ve elektronik güç tüketimi, soğutma gücü ve ısıtma iletimi altındaki atmosfer sıcaklığı üzerindeki çalışma sıcaklıklarına bağımlılığını tamamen açıklamaktadır. Simülasyon eğrileri ölçülen karakteristikleri iyi kalitede göstermektedir. Güç tüketim seviyesi 1,25W, atmosfer sıcaklığı 22°C ve hava akımı  $\geq 18\text{cm/s}$  olan sensör 13°C ve 9°C sıcaklık altında ve soğutma gücü 2,8-7 Watt arasında çalıştırılabilir. soğutma fanı ve soğutma gücü olmadan sensör sıcaklığı 35°C'nin altındadır.

Maneewan et al. (2003) “Termoelektrik çatı tipi güneş kolektörünün üretim gücü” Bu makalenin amacı laboratuvar düzeyinde yeni bir çatı tasarım kavramının, “termoelektrik çatı tipi güneş kolektörü ( Te-RSC)” ‘nin güneş enerjisinin güç üretiminde kullanılmasını araştırmaktadır. Te-RSC, şeffaf akrilik bir plakadan, hava boşluğundan, bakır bir plakadan, termoelektrik modüllerden ve bir dörtgen kanatlı soğutuculardan oluşmaktadır. Gelen güneş ışığı bakır plakayı ısıtmakta ve böylece TE modül üzerinde bir sıcaklık farkı oluşturulmakta ve bir doğru akım elde edilmektedir. Bu üretilen akım TE modülleri soğutan bir fanın işletilmesi için kullanılmaktadır. TE-RSC'nin yüzey alanı  $0,0525\text{m}^2$ 'dir. Ve 10 adet termoelektrik soğutucu modül (tianjin-lantian model TEC1-12708) kullanılmıştır. Araştırmalar, değişken güneş ışınması altında, (simülasyon için gücü 400 ile  $1000\text{W/m}^2$  arasında değişen bir halojen ampül kullanılmıştır) yapılmıştır. Araştırma sonucunda, bu yeni çatı tasarımının, 30°C ile 35°C arasında değişen bir ortam sıcaklığı ve  $800\text{W/m}^2$  gücündeki bir güneş ışınması altında 1,2 watt civarında bir güç ürettiği görülmüştür. Buna karşı gelen fan havasının hızı 1,7 m/s civarındadır. Bu nedenle önerilen TE-RSC kavramı kırsal alanda güç üretimi, çatı ısını azaltma ve dâhili ortam havalandırılması gibi çeşitli amaçlar için ilginç ve yeni bir alternatif oluşturmaktadır. Sistem şekil 1.2'te görülmektedir.



Şekil 1.2. Termoelektrik çatı tipi güneş kollektörü

Nuwayhid et al. (2004) Yaptıkları çalışmada bir termoelektrik jeneratörü, ev tipi odun sobasının yanına uygun olarak yerleştirilmiş. Jeneratör, makul maliyette önemli güç vermek için tasarlanan bir veya daha fazla termoelektrik modül kullanarak çalıştırıldı. Termoelektrik jeneratör, doğal konveksiyon ve hava soğutmalı idi. Deneye yanma oranı ve sıcaklığı kontrol edilen bir odun sobası ile başlandı. Devre gerilimleri uzun süre gözlemlendi. Yüklenen güç ile eşleşen maksimum bir modülden elde edilen güç 4,2 watttır.





## BÖLÜM 2

### SOĞUK TEDAVİ

Bir çok yaralanmalar sakatlanmalar veya ateşli hastalıklar sırasında, vücudun o bölgesinin ısısının lokal soğutma yapılarak atılması gerekmektedir. Bu noktada ilaç kullanılmadan sadece su, buz veya buzlu su yardımı ile yapılan ilk yardım amaçlı uygulamalara soğuk tedavi adı verilmektedir. Soğukun vücut ısısını düşürmenin yanı sıra ortopedik hasarlar (sporcu sakatlanmaları ve kazalar) sonucunda, lokal olarak vücudunun o bölgesinde şişmeler meydana gelmekte ve acı hissi duyulmaktadır. Lokal soğuk uygulamalar ile acı ve yanma hissi ilkyardım amaçlı olarak azaltılmaktadır.

#### 2.1 SOĞUK TEDAVİ UYGULAMALARI

Çok farklı soğuk tedavi uygulama yöntemleri bulunmaktadır. Bazıları üretilmekte olan sistemler, bazıları ise evlerimizde de sıkça kullandığımız yöntemlerdir. Elbette her birinin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. İdeal bir tedavi sisteminde ise aranan özellikler şunlardır;

1. Donmaya neden olmayacak ısıda olmalı
2. Soğutucu etkisi uzun sürmeli
3. Esnek, bükülebilir ve kolay şekil alabilir olmalı
4. Yumuşak bir yüzeyi olmalı
5. Kolay şekil alabilir olmalı
6. Kolay kullanılabilir ve kullanıma hazır olmalı
7. Uygulama basit ve pratik olmalı (On 2006).

Burada belirtilenlerden anlaşılacak kullanılacak cihaz yada sistem sadece lokal soğutma uygulamalarına özel olarak yapılmalıdır. Bu noktada mevcut olarak kullanılan soğuk tedavi uygulama yöntemleri şöyle sınıflandırılabilir.

### **2.1.1 Soğuk Paketler (cold-pack)**

Silika jel paketler kliniklerde en yaygın kullanılan yöntemlerdir. Yumuşak, lastik bir zarf içinde su emdirilmiş özel silika jeli, ısısı -12,2-9,40°C arasında muhafaza edilen özel tanklarda muhafaza edilmektedir. Değişik ebatlarda olanları vardır. Homojen bir soğutma elde edilmesi ve soğuk paketin ilk temasında duyulan aşırı soğukluk nedeniyle ten ile soğuk paket arasına havlu konulmalıdır. Soğutulduğu zaman yumuşaklığını kaybetmediği için vücut kıvrımlarına iyi uyum sağlar Jelin düşük iletkenliği nedeniyle nispeten uzunca bir süre soğukluğunu kaybetmeden uygulanabilir. Soğutularak tekrar kullanılabilir.

### **2.1.2 Buzlu Su Banyoları (immersiyon yöntemi)**

10-18°C' lik su ve buz karışımı ile doldurulan bir kaba tedavi edilecek bölgenin daldırılması ile uygulanır. El ve ayaklar için idealdir.

### **2.1.3 Buzlu Havlular**

Kırılmış buz ve suyla dolu kabın içine bir havlu batırılıp sıkılır. Kırılmış buzlar havluya yapışır. Havlunun soğukluğunu muhafaza edebilmesi için 5 dakikada bir işlemin yenilenmesi gerekir.

### **2.1.4 Buz Torbası**

Parçalanmış, kırılmış buz parçaları bir bez veya plastik torba içinde tedavi edilecek bölgeye uygulanır. Vücut konturlarına daha iyi uyum sağlayabilmesi için torba içine bir miktar soğuk su ilave edilebilir. Yalıtkan rol oynamaması için torbanın içinde hava bulunmamasına özen gösterilmelidir. Önce ıslak bir bandajın bir kısmı tedavi edilecek bölgeye uygulandıktan sonra, geri kalanı paketin üzerine sarılarak stabilizasyon sağlanabilir.

### **2.1.5 Buz Masajı**

Buzun yavaş, dairesel hareketlerle tedavi edilecek bölgeye doğrudan uygulanmasıdır. Kısa zamanda anestezi sağlanır. Tedavi süresi diğer uygulamalara göre daha kısadır. Donmaya

neden olabileceği için uygulama sırasında deri rengi gözlenmeli, mavileşme olursa tedavi sonlandırılmalıdır.

### **2.1.6 Soğutucu Spreyler (Buharlaştırma Yöntemleri)**

Klori-metan ve flori-metan gibi kimyasal maddelerin hızla buharlaşması yoluyla etki ederler. Kısa sürede deri ısını 0°C' ye düşürürler. Çok kısa sürede analjezi sağlamakla birlikte etkileri kısa süreli ve yüzeyseldir. Yaklaşık 1 metre kadar uzaklıktan, 30° açıyla, dairevi hareketlerle uygulanması önerilmektedir. Uygulamanın yapıldığı kas, uygulama öncesi ve sırasında gergin pozisyonda tutulmalıdır. Uzun süre aynı noktaya uygulama yapılması donmaya, soğuk yanıklarına ve nekrozlara yol açabileceğinden 6 dakikadan uzun süreli uygulamalardan kaçınılmalıdır.

### **2.1.7 Kombine Soğutma Kompresyon Sistemleri (Cryo/Cuff, termal örtüler)**

Devamlı soğutma ve kompresyon uygulanmasına imkan veren, göreceli olarak pahalı sistemlerdir. Postoperatif ağrı ve şişlik kontrolünde kombine soğutma kompresyon sistemlerinin uzun süreli kullanımının konvansiyonel soğuk uygulamalarına göre daha üstün olduğu çok sayıda çalışmada gösterilmiştir (Hochberg 2001, Barber et al. 2000).

Bu yöntemlere alternatif olarak coldterapi (soğuk tedavi) cihazı geliştirilmiştir. Cihaz yalnızca bu tür yaralanmalarda kullanılmak üzere geliştirildiği için hiçbir dezavantajı bulunmamaktadır.

Soğuk uygulamalar sırasında dikkat edilmesi gereken noktalarda bulunmaktadır. Soğuk uygulamanın süresi, soğutma gücü ve soğutulan yüzeyin sıcaklığı önem kazanmaktadır. Soğutulan yüzey sıcaklığının aşırı derecede düşürülmesi istenmeyen sonuçlara (soğuk yanıklarına) yol açmaktadır. Soğuk tedavi nadirde olsa komplikasyonlar meydana gelmektedir. Bu komplikasyonlar şunlardır.

## **2.2 KOMPLİKASYONLAR**

### **2.2.1 Aşırı Duyarlılık Reaksiyonları**

Bazı kişilerde tipik alerji semptomları görülebilir.

### **2.2.2 Donma**

Soğuk uygulamalarla ilgili bildirilen donma vakaları genellikle yüzeysel dokulardaki hasarla giden ve spontan iyileşme gösteren vakalardır. 40 dakikadan uzun süreli uygulamada derin dokuları içeren tam kat lezyonlu bir vaka da bildirilmiştir. (Graham and Stevenson 2000). Donmaların önlenmesi için hastanın ve sağlık personelinin eğitimi önem taşır. Uygulama süresi 45 dakikadan uzun olmamalı, soğutucu madde ile derinin direkt temasından kaçınılmalı, deri altı yağ dokusu ve kas kalınlığının az olduğu bölgelerde uygulama süresi daha kısa tutulmalıdır.

### **2.2.3 Yüzeysel Sinir Hasarı**

Uzun süreli uygulamalarda, yüzeysel sinirler üzerine yapılan uygulamalarda ve deri altı yağ dokusu kalınlığının az olduğu bölgelere yapılan uygulamalarda sinir hasarı riski vardır (Covington and Bassett 1993).

## **BÖLÜM 3**

### **SOĞUTMA**

Bir maddenin veya bir ortamın sıcaklığını, onu çevreleyen hacim sıcaklığının altına indirmek ve orada tutmak üzere ısısının alınması işlemine “soğutma” denir(anon.). Soğutma için kullanılan, ekipmanların bütünleştirilmesi ile meydana gelen sisteme ise soğutma sistemi denir. Soğutma, bir madde veya ortamdan ısının alınıp başka bir madde veya ortama taşınması işlemidir.

Soğutma sistemleri farklı şekillerde çalışmaktadırlar. Her ne kadar farklı olsalar da genel amaç soğutma işini yapmaktır. Soğutma sistemleri şu şekillerde sınıflandırılabilirler.

#### **3.1 SOĞUTMA SİSTEMLERİ**

##### **3.1.1 Geleneksel Soğutma Sistemleri**

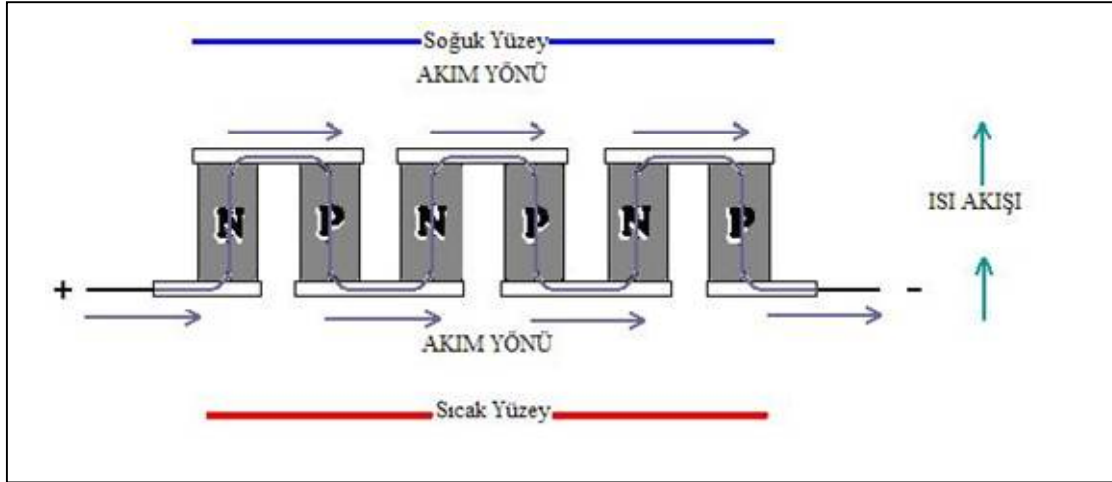
- 1-Buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemleri
- 2-Absorbsiyonlu soğutma sistemi
- 3-Sterling soğutma sistemleri
- 4-Buhar – Jet soğutma sistemleri
- 5-Hava soğutma sistemi (Uçar ve Bardakçı 2005).

##### **3.1.2 Alternatif Soğutma Sistemleri**

- 1-Vorteks tüpü ile soğutma sistemi
- 2-Paramagnetik soğutma sistemi
- 3-Termo Aküstik soğutma sistemi
- 4-Termoelektrikli soğutma sistemi
- 5-Soğutma çipi ile soğutma sistemi (Uçar ve Bardakçı 2005).

### 3.2 TERMOELEKTRİK SOĞUTMA SİSTEMİ

Termoelektrik soğutma; iki farklı metalin uçlarının birleşmesinden oluşan sisteme elektriksel akım verildiğinde telin uçlarında sıcaklık farkı oluşması olayıdır. Bu sistemlerde yarıiletken (semikondüktör) malzemeler kullanılır. Termoelektrik soğutma sistemi hareketli parçası olmadığı için herhangi bir yağlama problemide olmamaktadır. Ayrıca hareketli bir parçası olmaması sebebiyle sessiz çalışmaktadır. Termoelektrik soğutma sisteminde termoelektrik modül kullanılmaktadır. Termoelektrik soğutucular elektriksel olarak seri, ısıl olarak paralel düzenlenmiş çok sayıda termokupldan oluşmaktadır. Termoelektrik soğutucu modüllerin genellikle N ve P tip yarıiletken malzeme çiftlerinden eşit sayıda konulmasıyla üretilmektedir. Termoelektrik yapısında elektrik akımı her N ve P tip malzemelerin alt ve üst tabakaları boyunca hareket eder. Uygulanan elektrik akımı sonucunda hareket eden elektronlar bir yüzeyde ısınma diğer yüzeyde soğuma oluşturmaktadır (Kırmacı ve Usta 2003). Şekil 3.1.'de termoelektrik modül yapısı görülmektedir.

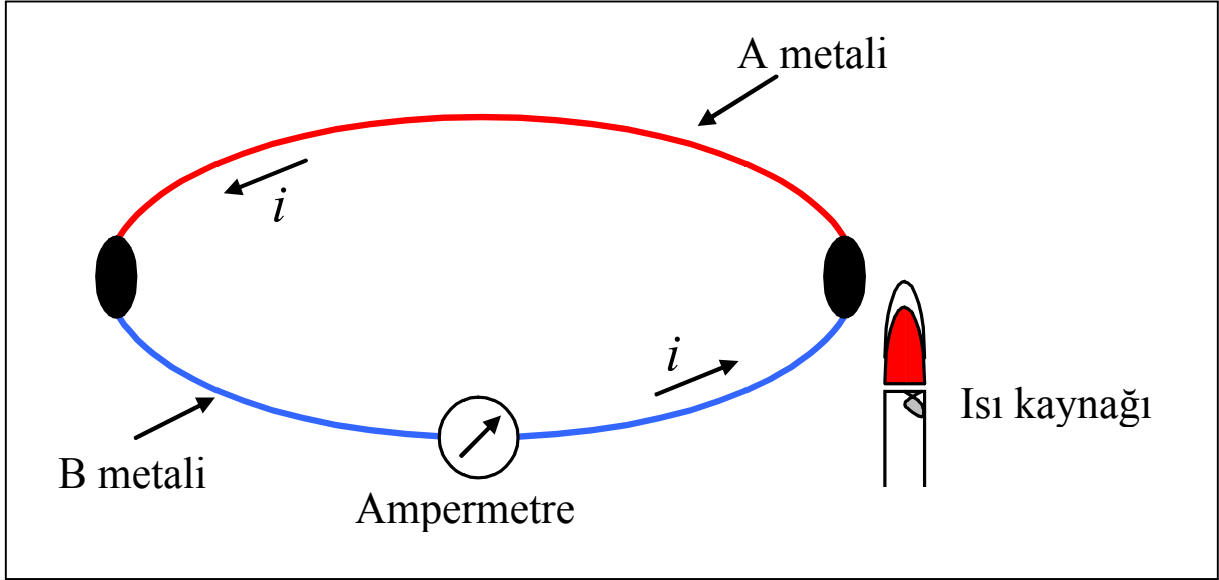


Şekil 3.1. Termoelektrik modülün yapısı (Uçar ve Bardakçı 2005).

### 3.4 TERMOELEKTRİK ETKİLER

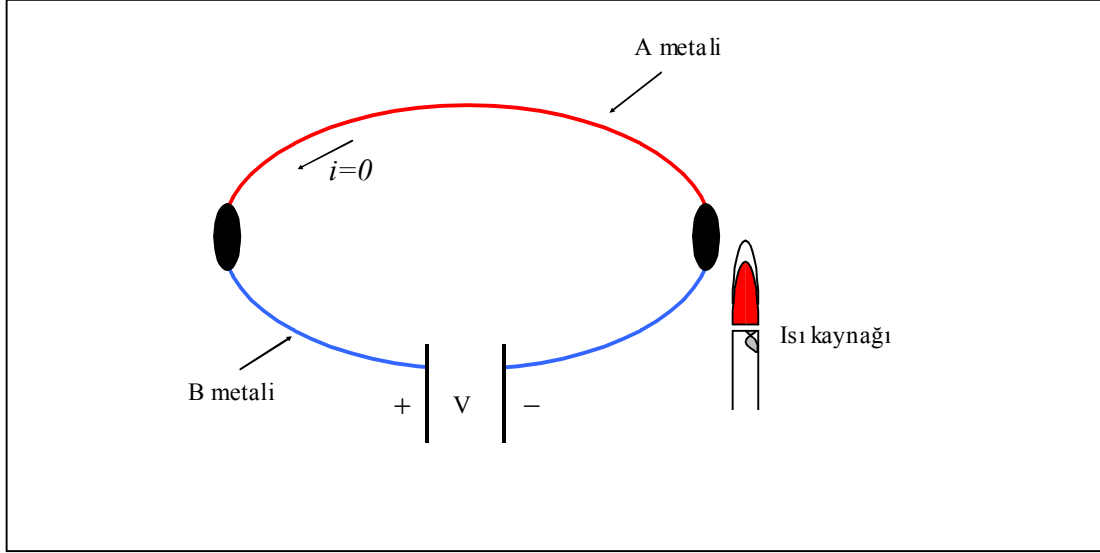
Elektriksel ve ısıl etkilerin bir arada bulunduğu, yarıiletkenlerden oluşan devreye termoelektrik devre adı verilir. Bu devre ile çalışan sisteme de termoelektrik sistem adı verilir. Isı enerjisinin elektrik enerjisine, elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüşümlerinin temelini oluşturan termoelektrik etkiler, 150 yıldan daha fazla zamandır bilinmektedir. Farklı

metallerden yapılmış iki tel, uçlarından birleştirilmesiyle kapalı bir devre sistemi oluşur. Bu devreden elektrik akımı geçmez, fakat uçlardan biri ısıtıldığı zaman, devreden Şekil 3.2.'de gösterildiği gibi bir elektrik akımı geçtiği, 1823'te Thomas Seebeck tarafından keşfedilmiştir. Yaptığı deneyler sonucunda devreye bağlı gerilim ölçen (voltmetre) cihazın ibresinin hareket ettiğini görmüştür. Bu olaya Seebeck etkisi adı verilmiştir (Dikmen 2003).



Şekil 3.2. Farklı metallere oluşturulan bir devrede akım oluşumu (Dikmen 2003).

Bu kapalı devreden de anlaşıldığı gibi ısı kaynağı sayesinde güç üretilebilmektedir. Fakat bu etki tespit edildiğinde, hala buharlı güç üretme üniteleri kullanılmakta idi. Bu yüzden Seebeck'in yaptığı araştırmalar hızlı bir gelişme göstermemiştir. Enerji krizlerinin artması, dolayısıyla alternatif enerji kaynaklarına yönelmeler sayesinde, bu konu üzerindeki çalışmalar artmıştır. Seebeck etkisinin iki önemli uygulama alanı vardır. Bunlar sıcaklık ölçümleri ve güç üretimidir. Şekil 3.3.'de güç üretimine ait bir kapalı devre sistemi görülmektedir. Seebeck etkisinin tespit edilmesi ve enerjideki problemler sonucunda bu konu üzerinde çalışmalar yapılmış. Peltier, Thomsom ve Joule etkileri belirlenmiştir.



Şekil 3.3. Farklı metallerden oluşan bir devrede gerilim oluşumu (Dikmen 2003).

Seebeck, keşfinden bir eşitlik türetmiş ve Seebeck katsayısını ( $\alpha$ ) bulmuştur.

E : Devreden ölçülen gerilim ( volt )

$$\Delta T : T_H - T_C \text{ Yarıiletken malzemelerin yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı ( } ^\circ\text{C} \text{ )} \quad 3.1$$

$$\alpha_{AB} = \alpha_A - \alpha_B \text{ Seebeck katsayısı veya termo emk ( } V/^\circ\text{C} \text{ )} \quad 3.2$$

$$E = \alpha_{AB} \cdot \Delta T \quad 3.3$$

Seebeck Katsayısı kullanılan yarıiletkenlere bağlı olarak değişir.

### 3.4.1 Peltier Etkisi

Fransız fizikçi Jean Charles Athanasa Peltier, 1834 yılında Seebeck etkisinin tam tersi bir durumun farkına vardı. Birleştirilen iki farklı yarıiletken malzemedan oluşturulan devre üzerinden doğru akım geçirildiğinde, birleşme noktalarının birinden ısı emilirken diğer birleşim noktasından ısı açığa çıktını keşfetmiştir. Açığa çıkan ısı ve devrede dolaşan akım arasındaki şu bağıntıyı kurmuştur.

$Q_p$  : Peltier ısısı, W



$\Pi_{AB}$  : A ve B materyalleri için Peltier sabiti, V

I : Doğru akım, A

$$Q_p = \Pi_{AB} \cdot I \quad 3.4$$

### 3.4.2 Thomson Etkisi

İskoç bilim adamı, William Thomson 1856 yılında Seebeck katsayısı ( $\alpha$ ) ile Peltier katsayısı ( $\Pi$ ) arasındaki bağıntıyı keşfetmiştir.

$$\alpha = \frac{\Pi}{T \cdot (^{\circ}K)} \quad 3.5$$

Bu eşitliğe ek olarak, Thomson kendi adını taşıyacak yeni bir hipotez öne sürmüştür. Bu hipotez, 1867 yılında Leru tarafından ispatlanmıştır. Akım taşıyan bir iletkenin herhangi iki noktası arasında bir sıcaklık farkı varsa akım yönüne göre iletkende Joule ısısına ek olarak Thomson ısı ( $Q_T$ ) açığa çıkmaktadır. Birim zamanda ortaya çıkan Thomson ısı, akım şiddeti ve sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır.

$$Q_T = I \cdot \alpha_T \cdot \Delta T = \alpha_T \cdot (T_2 - T_1) \quad 3.6$$

İki metalden oluşan bir devre için Thomson emk'ları arasındaki ilişki Eşitlik 3.6 ile ifade edilmiştir.

$$\alpha_T = (\alpha_{TA} - \alpha_{TB}) \frac{T_2 - T_1}{T_2} \quad 3.7$$

$\alpha_T$ : Thomson olayında meydana gelen termoemk.

$\alpha_{TA}$  ve  $\alpha_{TB}$  farklı maddelerden oluşan devreyi ifade etmektedir.

### 3.4.3 Joule Etkisi

James Prescott Joule' elektrik enerjisinin ısı enerjisine etki eden ve kendi adı ile isimlendirilen kanununa göre, akım taşıyan bir iletken, direnci ve taşınan akımın karesiyle orantılı olarak ısını arttırır.

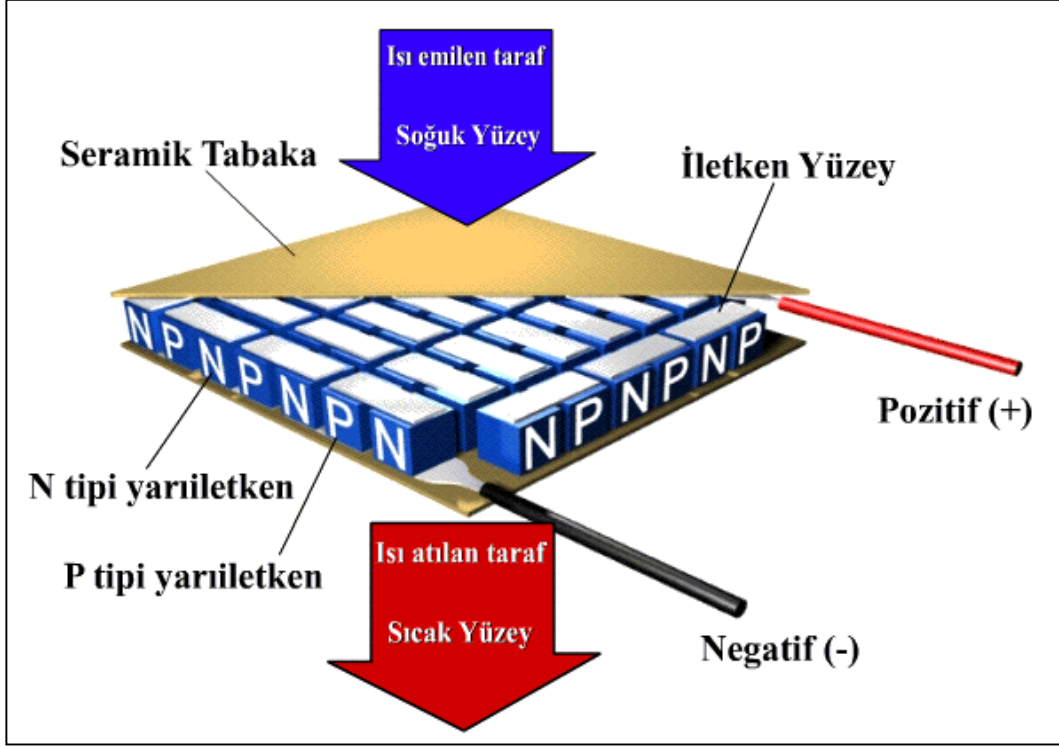
Bir elektrik devresinde birim zamanda ortaya çıkan joule ısı miktarı (watt olarak) 3.8'de ifade edilmiştir.

$$Q_j = I^2 \cdot R \quad 3.8$$

Burada  $Q_j$ , devreden geçen I akımının etkisi ile ortaya çıkan toplam Joule ısı yükünü, I devreden geçen akım miktarını, R ise devrenin elektrik akımına gösterdiği direnci ifade etmektedir (Ökten 2007).

### 3.5 TERMOELEKTRİK MODÜL

Her hangi bir termoelektrik devre veya sistemin temelinde, termoelementlerden oluşan termoelektrik modül bulunmaktadır. Termoelektrik modül bir çok termoelementin elektriksel olarak seri bağlanması şeklinde elde edilmektedir. Termoelektrik modüller hareketli parçaları bulunmayan birer ısı pompasıdır. Termoelektrik modüller sessiz çalışmaları, ömürlerinin uzun olması ve güvenilir olması sebebiyle tercih edilmektedirler. Şekil 3.4'da Bir termoelektrik modülün yapısı görülmektedir.



Şekil 3.4 Termoelektrik modülün yapısı

Termoelektrik soğutucular, bazen termoelektrik modül veya “Peltier soğutucusu” olarak ta adlandırılır. Termoelektrik soğutucular, küçük birer ısı pompası gibi çalışan yarı iletkenlerdir. Bir doğru akım kaynağından sağlanan küçük bir gerilim sayesinde ısı, modülün bir yüzeyinden diğer yüzeyine hareket eder. Bu sayede modülün bir yüzeyi ısınırken diğer yüzeyi soğumaya başlar. Güç kaynağının uçlarını değiştirilmesiyle soğumakta olan yüzey ısınmaya, ısınan yüzey ise soğumaya başlar. Bir termoelektrik modül istenildiği yere göre, soğutucu veya ısıtıcı olarak kullanılabilir (Gao and Rowe 2005).

Modülün soğuk kısmı azami sıcaklık farkına ulaştığında, ısı pompalaması kesilir ve ısı pompası özelliğini kaybeder. Bu yüzden  $-5^{\circ}\text{C}$  ile  $-15^{\circ}\text{C}$  arasında kullanımı en verimlidir. Bu aralıkta yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı en yüksek seviyeye çıkar. Termoelektrik soğutucular, evlerimizde kullandığımız soğutucularla aynı prensiple çalışırlar. Ama bazı farklılıklar vardır. Genel olarak kullanılan sistemlerdeki, soğutucu akışkanın yerini, termoelektrik modüllerdeki yarıiletkenler alır.

## **3.6 TERMOELEKTRİK MODÜLLERİN KULLANIM ALANLARI**

### **3.6.1 Termoelektrik Modüllerin Ölçüm Alanında Kullanımları**

#### **3.6.1.1 Termoelektrik Modüllerin Mikrofilm Kalorimetrede Kullanımı**

Boylerdeki oluşan çatlakları tespit eder. Bunu Peltier modülün izotermal kontrollüyle  $\pm 1\%$  doğrulukta yapmaktadır. 100  $\mu\text{W}$  ile 200 mW güç aralığında, dalga boyu 0,4  $\mu\text{m}$  ile 1,8  $\mu\text{m}$  arasında olan ışınların gücünü ölçmek için kullanılabilen Peltier kontrollü siyah gövdeli (NiP-kaplama) bir cihazdır (Çakır 2006).

#### **3.6.1.2 Termoelektrik Modüllerin Donma Noktası Termometresinde Kullanımı**

Bu cihaz, hidrokarbon karışımlarının donma ve erime noktalarının tespiti için kullanılır. Test edilecek numune, donma noktasını belirlemek için  $-60^\circ\text{C}$ 'ye kadar soğutulur ve erime noktasını belirlemek için numune tekrar oda sıcaklığına döndürülür. Soğutma ve ısıtma, iki adet üç basamaklı Peltier modülüyle sağlanır. En üsteki basamak 71 kupla (semikondüktörün boyu 3 mm), orta basamak 71 kupla (semikondüktörün boyu 6 mm), en alttaki basamakta ise 127 kupla (semikondüktörün boyu 6 mm) sahip Peltier modül kullanılır. Peltier modüllerin sıcak tarafını  $20^\circ\text{C}$  altında tutmak için su ve buz karışımı kullanılır (Mathiprakasam and Fiscus 1986).

#### **3.6.1.3 Termoelektrik Modüllerin Siyah Gövdelerde Radyasyon Standardı İçin Kullanımı**

50×50 mm ve yansımaları  $>0,98$  olan siyah yüzeyli bir plaka, Peltier modül tarafından sıcaklığı  $-20^\circ\text{C}$  ile  $70^\circ\text{C}$  arasında kontrol edilir. Siyah gövdeli yüzeyin radyasyonunu istenen sıcaklıkta sabitlenmesini sağlar (Çakır 2006).

#### **3.6.1.4 Termoelektrik Modüllerin Fototüp (photomultiplier) gövdesinde Kullanımı**

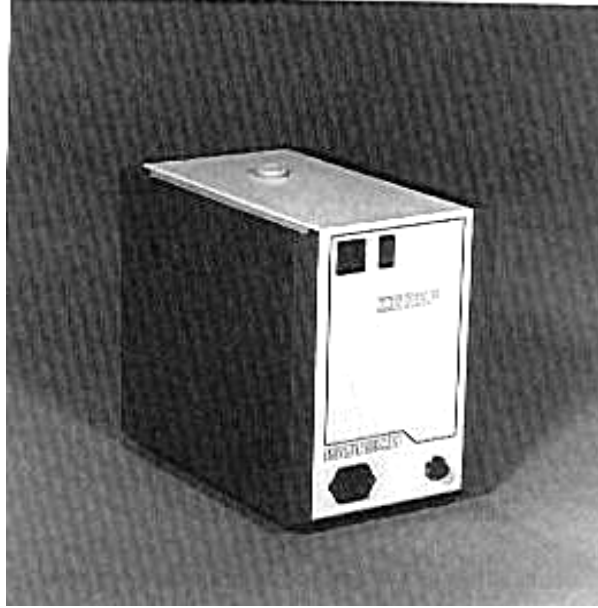
Fototüpün gövdesi, sesi az olan ve düşük karanlık ortamda çalışan ve stabiliteyi bozmayan Peltier modülle soğutma yapılır. Bu fototüplü ölçüm cihazlarında hassasiyet bakımından gelişme sağlamıştır.

### 3.6.1.5 Termoelektrik Modüllerin Yakıtların Nemini Alan Ünite Kullanılması

Yakıtların enfraruj analize cihazında analiz ederken yakıt içindeki su (nem) yanlış sonuçlar verebilir ve detektöre zarar verebilir. Peltier modül tarafından  $1,5^{\circ}\text{C}$  ile  $3^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  arasında sıcaklıkta yakıt soğutulur. Yakıtın içinde bulunan nem soğukluğun etkisiyle su haline gelir dışarı atılır (Çakır 2006).

### 3.6.1.6 Termoelektrik Modüllerin Donma Noktası Referans Odasında Kullanımı

Bu odanın bir tarafı kapatılmış, diğer tarafı da esnek metal bir körük takılmış bakır bir silindirden oluşan bir cihazdır. Saf suyun soğutma noktasının tespiti için cihazın odası tamamen saf su ile hava doldurulur ve Peltier modül tarafından üç noktadan soğutulmuştur. Sızdırmadan, su/buz veya su/hava/buz karışımını üç noktadan kontrol ederek  $0,01^{\circ}\text{C}$  sapmayla otomatik kontrol edilerek suyun donma noktasını değerini gösterir. Bu cihaz şekil 3.5.'de görünmektedir. (Dikmen 2003)



Şekil 3.5. Donma noktası tespit cihazı (Dikmen 2003).

### **3.6.1.7 Termoelektrik Modüllerin Yağ (Petrol) Bulanıklık Test Cihazında Kullanımı**

Test edilen yağ (petrol), bulanıklık noktasını belirlemek için -34°C'ye kadar soğutulur. Soğutma iki adet iki basamaklı Peltier modülle sağlanır. Bu Peltier modülün üsteki basamak 127 kupla (eleman uzunluğu 2,54 mm), alttaki basamakta 127 kupla (eleman uzunluğu 1,14 mm) sahiptir (Dikmen 2003).

### **3.6.1.8 Termoelektrik Modüllerin Kırılma Ölçer (refractometer) Olarak Kullanımı**

Peltier modülleri kullanan refractometre için bir pompa ile dolaşan su çevredeki devreden sıcaklığı kontrol eder. Peltier modül tarafından soğutulan su, refractometerin sıcaklığını kontrol etmek için harici kontrollü bir pompayla refractometerin etrafında sirküle ettirilir.

## **3.6.2 Termoelektrik Modüllerin Biyo-Teknoloji Alanında Kullanımı**

### **3.6.2.1 Termoelektrik Modüllerin Biyoaktivite Monitörlü Kalorimetrede Kullanımı**

Yaşayan organizmalardaki biyolojik olaylarla ilgili olan 25 ile 300 MV/ml'ye kadar çok küçük sıcaklık etkisinin direkt ve sürekli izlenmesi Peltier modüllerin izotermal kontrolü ile gerçekleşmektedir.

### **3.6.2.2 Termoelektrik Modüllerin DNA Düzen Reaktöründe Kullanılması**

DNA reaktörü, Peltier modüllerinde şartlandırılmış pompayla sirkülasyon eden su 37°C'lik sabit bir ısıda çalışması sağlanmış olur (Çakır 2006).

### **3.6.2.3 Termoelektrik Modüllerin Spektrometre Hücre Termo Programcısı Olarak Kullanımı**

Nükleik asit ve protein çalışmalarındaki DNA termal denatürasyon ve renatürasyon uygulamaları için spektrometrenin hücre tutucularının sıcaklığı Peltier soğutma ünitesiyle kontrol edilir. Bu olay 0 ile 99,9 ± 0,1°C sıcaklık aralığında spektrometre hücre içindeki numune için programlanmış ısıtma ve soğutma sağlar olabilir. Hücreler arasındaki sıcaklık

uyuşması 40°C’de  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ ’den daha iyi, 99°C  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ’den daha iyidir ve soğutma oranı dakika başına maksimum 10°C’dir (Dikmen, 2003).

#### 3.6.2.4 Termoelektrik Modüllerin Programlanabilir Termal Kontrolörde Kullanımı

Peltier soğutma üniteleri, 0–100°C arasında saniyede 1°C’ye kadar soğutma oranları ile ve  $\pm 5^\circ\text{C}$  kesinlik ile test tüpünü tutan bloğa ve o bloktan ani ısı transferi sağlarlar. Bu, DNA, RNA ve diğer numuneler için kesin ve uygun programlanabilir termal kontrolördür. Sıcaklık kontrol sistemiyle, 100 kadar kullanıcısı tanımlanmış programları depolayabilen 2 kilobaytlık kalıcı hafızaya sahiptir (Dikmen 2003).

#### 3.6.2.5 Termoelektrik Modüllerin Tıp Kiti Soğutucu Olarak Kullanımı

Kan, aş1 ve birçok ilacın bozulmaması için belli bir sıcaklık koşullarında tutulması gerekmektedir. Bu koşullar Peltier soğutucu modüllerle sağlanmaktadır. Şekil 3.6’te tıp kiti soğutucu görülmektedir (Uçar ve Bardakçı 2005).



Şekil 3.6. Tıp kiti soğutucu (Uçar ve Bardakçı 2005).

### **3.6.2.6 Termoelektrik Modüllerin Fotosentez Analizerde Kullanımı**

Fotosentez analizerde oluşan sıcaklık, küçük bir Peltier modülüyle kontrol altında tutulur.

### **3.6.2.7 Termoelektrik Modüllerin Osmometrede Kullanımı**

Bir solüsyon donma noktası tespit eder. Bu cihazda iki basamaklı Peltier modül ile 100 ml'lik sıvı  $-11^{\circ}\text{C}$  sıcaklığına indirmektedir. Peltier modülün üst basamağı 32 kupl, alt basamağı da 128 kupla sahiptir. Modül büyüklüğü  $2,8 \times 2,8 \times 2$  mm'dir (Dikmen 2003).

### **3.6.2.8 Termoelektrik Modüllerin Biyoaktif Analizer İçin Termoprogramcısı Olarak Kullanımı**

Biyoaktif analizer kalorimetre için çevresinin sıcaklığı Peltier modülleri kullanarak pompayla devreden su ile  $25 \pm 0,01^{\circ}\text{C}$ 'de kontrol altında tutulur (Çakır 2006).

## **3.6.3 Termoelektrik Modülün Medikal Alanda Kullanımı**

### **3.6.3.1 Termoelektrik Modüllerin Sıcak Soğuk Stimülatöründe Kullanımı**

Kalem-tipli bir sondanın ucundaki Peltier soğutma ısıtma ünitesi, belirlenmiş bir çevrimde sıcaklık veya soğukluk sağlar. Bu durum verilen zaman periyodu için bazen sıcak veya soğuk arasında değişerek bazen de ya sıcak ya da soğuk elde etme şeklinde meydana gelir. Aynı zamanda bir hastanın soğuğa ya da sığağa olan duyarlılığını teşhis etmek için de kullanılır.

### **3.6.3.2 Termoelektrik Modüllerin Cryo-Cerrahi Destroyerde Kullanımı**

Cryo cerrahi destroyer, bir organizmadan atılan patolojik dokunun dondurulmasına dayanan bir çeşit cryo-terapidir. Cihaz bir kontrol düzeneği ve yönetici cryo-sondadan oluşmaktadır. Cryo-sondanın sıcaklığı  $-50^{\circ}\text{C}$  ya da  $-70^{\circ}\text{C}$ 'dir. Bu durum için iki basamaklı su soğutmalı Peltier modülü kullanılır (Dikmen 2003).



### **3.6.3.3 Termoelektrik Modüllerin Mikroskop Safhası Soğutucusunda Kullanımı**

Peltier soğutmalı mikroskop safhası, bir mikroskop üzerine monte edilmiş numune için  $-20^{\circ}\text{C}$  ile  $60^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  arasında ısı kontrolü yapar (Dikmen 2003).

### **3.6.3.4 Termoelektrik Modüllerin Mikrotome Safhası Soğutucusu Olarak Kullanımı**

Bir örnek doku Peltier soğutma safhası kullanılarak dondurulup, bir mikroskop için kolaylıkla kesilir ve ince numunelere kolaylıkla ayrılabilir. Bu safha her türlü Mikrotome adapte edilebilir. Dokunun sıcaklığı, Peltier modülünün akımı kontrol edilerek istendiği zaman azaltılabilir veya artırılabilir. Akım ayarı kullanarak, donmuş plakaların hızlı bir şekilde ısıtmak için kullanılır. Böylece örnek doku hızlı bir şekilde yerinden alınıp taşınabilir (Çakır 2006).

### **3.6.3.5 Termoelektrik Modüllerin Portatif Mini Soğutma Kutusu (İnsilün)'da Kullanımı**

İnsilün, portatif Peltier soğutma kutusu ile  $5^{\circ}\text{C}$  ve  $15^{\circ}\text{C}$  arasındaki sıcaklıkta saklanır. Kutu kendi güç kaynağına sahiptir ve iç haznesi  $30\text{ cm}^3$ 'dür (Uçar ve Bardakçı 2005).

### **3.6.3.6 Termoelektrik Modüllerin Diş Dolgusu İçin Soğuk Plaka Olarak Kullanımı**

Diş dolgu malzemesinin sıcaklığı Peltier soğutulmuş plakanın üzerinde kontrol edilir. Plaka, diş dolgu malzemesi için katılaşma sürecini geciktirir (Dikmen 2003).

### **3.6.3.7 Termoelektrik Modüllerin Soğuk Sıcak Tedavi Battaniyesinde Kullanımı**

Peltier soğutma ünitesinin su gömleğinden su pompalanır ve battaniye içinden sirküle edilir. Cihaz, sıcak ve soğuk terapi için kapalı bir spiral sistemdir (Dikmen 2003).

### **3.6.4 Termoelektrik Modülün Endüstriyel Alanda Kullanımı**

#### **3.6.4.1 Yarı İletken Cihaz Üretimi İçin Dopant Soğutucu**

Peltier soğutma banyosu,  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  seçilmiş sıcaklıkta semikondüktör ve fiberoptik endüstrisine kimyasal dopant sağlayan fiskeye içindeki kimyasalın sıcaklığını regüle eder. Sonuç olarak semikondüktör cihazın veya optik fiberlerin difüzyon bariyerinin kalınlığını, doğru kalite kontrolünü sağlayarak muhafaza eder (Dikmen 2003).

#### **3.6.4.2 Termoelektrik Modül ile Semikondüktör Cihaz Üretimi İçin Silisyum Katman Soğutma Plakası**

Cihaz üretim işlemindeki yarı iletken katmanlar için düz veya temiz bir plaka Peltier soğutma ünitesiyle soğutulur ve kontrol edilir.  $150^{\circ}\text{C}$  fırın sıcaklığındaki katman, yaklaşık 35 saniye içinde  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar soğutulur (Dikmen 2003).

#### **3.6.4.3 Termoelektrik Modüllerin Semikondüktör Cihaz Üretimi İçin Kimyasal Sirkülasyon Sisteminde Kullanımı**

Bir sirkülator ve bir filtreden oluşan Peltier soğutma sistemi, silisyum katmanların yıkama ve asitle kesme prosesi için gerekli olan kesin sabit sıcaklığı oluşturur. Kimyasal solüsyonla temas halindeki malzemeler çalışma kimyasal solüsyonuna uyması için dikkatle seçilir (Çakır 2006).

### **3.6.5 Termoelektrik Modülün Genel Kullanımı**

#### **3.6.5.1 Termoelektrik Modüllerin Vakum Pompası Akış Düzenleyicisi Olarak Kullanımı**

Peltier soğutmalı akış düzenleyicisi, difüzyon pompalı yüksek vakum sistemlerinde kullanım için bir araya getirilmiştir ve diğer tekniklerin gereksinim duyduğu kompresör ve soğutma bobinleri ihtiyacını ortadan kaldırır. “V” şeklindeki kanatçıkların sıcaklığı  $-35^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar düşük olmalıdır (Dikmen 2003).

### **3.6.5.2 Termoelektrik Modüllerin Daldırma soğutucusu Olarak Kullanımı**

Peltier modüller ısı değiştirici metal bir kutunun içine konulurlar. Bu tip daldırma ısı pompası ile izole edilmiş küçük laboratuvar banyolarının sıcaklıklarının düşürülmesi sağlanır (Dikmen 2003).

### **3.6.5.3 Termoelektrik Modüllerin Soğuk plakada Kullanımı**

Soğuk plakalar, peltier soğutma ünitesinin en temel tipleridir. Büyüklük arttıa soğutma kapasitesi ve enerji ihtiyaı da artar. Bunlar bir çok tipte sıvı devir aletlerinde, havalandırma sistemlerinde ve özel amaçlarda kullanılabilirler (akır 2006).

### **3.6.5.4 Termoelektrik Modüllerin Sıvı sirkülasyon Cihazında Kullanımı**

Peltier soğutma sistemi, sıvıyı sirkülasyonun sıcaklığının otomatik olarak kontrolü için veya soğutma veya ısıtma için kolaylıkla çalıştırılırlar. Sıvı uygun ısı dağıtıcısına sahip Peltier modül ile bağlantılı olan sıvı eşanjöründen geçecek Şekilde pompalanır. Bu genel bir sıcaklık kontrollü sıvı sistemidir (akır 2006).

### **3.6.5.5 Termoelektrik Modüllerin Havalandırma Kullanımı**

Havaya ısı transfer eden kanatçık Peltier modül ile temas halindedir. Kanatçıklar arasından geçen hava bir üfleyici ile sirküle eder. Isı havaya yada sıvıya nakledilebilir (Uçar ve Bardakçı 2005).

### **3.6.5.6 Termoelektrik Modüllerin Taşınabilir Soğutucusu (piknik kutusu)'da Kullanımı**

Taşınabilir Peltier soğutma kutusu 12 V'luk bir pil veya pil Őarj cihazı ile çalışmak üzere dizayn edilmiştir. Bu bir karavanda, yatta veya kampta 12 V'luk otomobil akmaklığından alınan enerjiyle ya da AC adaptörü ile her yerde kullanılabilir (Yerakum 2005).

### 3.6.5.7 Termoelektrik Modüllü Meşrubat Soğutucusu

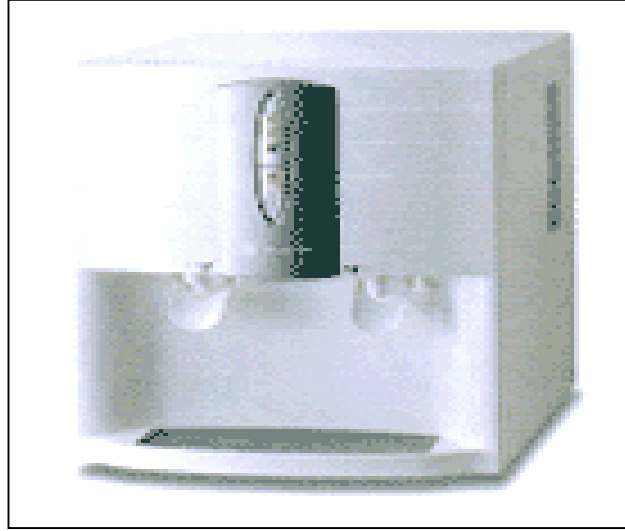
Tüketicilerin kullanması amacıyla küçük güçteki Peltier modüllerin montajıyla oluşturulan soğutucu tipleridir. Şekil 3.7.'te görülmektedir (Uçar ve Bardakçı 2005).



Şekil 3.7 Meşrubat soğutucusu (Uçar ve Bardakçı 2005).

### 3.6.5.8 Termoelektrik Modüllü Hava Aracı İçme Suyu Soğutucusu

Tüketicilerin kullanması amacıyla küçük güçteki Peltier modüllerin montajıyla oluşturulan soğutucu tipleridir. Şekil 3.8.'te hava aracı içme suyu soğutucusu görülmektedir (Uçar ve Bardakçı 2005).



Şekil 3.8. Hava aracı içme suyu soğutucusu (Uçar ve Bardakçı 2005).

### **3.6.5.9 Otomobiller İçin Termoelektrik Modüllü Mini Soğutucu (Buzdolabı)**

Tüketicilerin kullanması amacıyla küçük güçteki Peltier modüllerin montajıyla oluşturulan soğutucu tipleridir (Uçar ve Bardakçı 2005).

### **3.6.6 Büyük Ölçekli Termoelektrik Soğutma Uygulamaları**

#### **3.6.6.1 ASEA'nın Yapmış Olduğu Termoelektrik Soğutma Sistemi**

Havalandırmaya dair bir ünite prototipi ve yolcu taşıyan demiryolu araçları için ısıtıcı ASEA tarafından İsveç demiryolları için iki kişi tarafından tasarlanmıştır. Birisi Ridal diğeri de Lundquist'dir. Dizayn Widakowich tarafından iki temele dayandırılmıştır. Birincisi termoelektrik malzeme kullanan düzlemsel yapıyı anlatır, ikincisi ise basınç kontağı kullanan ve termoelektrik malzemeyi bakır kaplanmasıyla ile ilgilidir. Üniteler sökülmeden önce birkaç yıl çalıştırılmıştır (Mole et al. 1972).

#### **3.6.6.2 Termoelektrik Modülün Hava Endüstrisi -Demiryolu Uygulaması**

Hava endüstrisi, yolcu taşıyan demiryolu araçları için kompresörlü iklimlendirme sistemi üreticisiydi. 1973 de J.P. Buffet Fransız, yolcu taşıyan demiryolu araçlarının termoelektrikli iklimlendirme geliştirme programı sundu. Dizaynı Gaudel'in patentine dayanan sütun yapısıydı. Isı değıştiricileri Buffet'in patentine dayanır. Program 1977'de 20 kW'lık

havalandırma ünitesiyle donatılan bir otobüste uygulanmıştır. Bu otobüsün, 10 yıldan fazla termoelektrik iklimlendirme sistemi problem olmadan çalışmıştır (Vian et al. 2001).

### **3.6.7 Orta Ölçekli Termoelektrik Soğutma Uygulamaları**

#### **3.6.7.1 Amerikan Radyo Şirketi (RCA)'nin Termoelektrik Soğutma Uygulaması**

RCA termoelektrikte araştırmalar yapan ilk şirketlerden biridir. Bunlar birçok küçük kapasiteli termoelektrik modüller imal etmişlerdir. Termoelektrik modüle dayanan bir 3 kW'lık iklimlendirme sistemi U.S. deniz kuvvetleri için yapmışlardır (Dikmen 2003).

#### **3.6.7.2 Carrier Şirketinin Termoelektrik Soğutma Uygulaması**

Bu şirket, deniz uygulamaları için 3,5 kW'lık su soğutmalı iklimlendirme sistemi yapmışlardır. Bu sistem her biri dört termoelektrik modül içeren altı alt sistemden oluşur. Her bir termoelektrik modül  $13,7 \times 17,8$  cm'dir ve  $1,13$  cm<sup>2</sup> yer kaplayan ve 2,54 mm. yükseklikte 130 termoelektrik elemana sahiptir. Günümüzdeki ticari termoelektrik modüllerinden çok daha büyüktür.

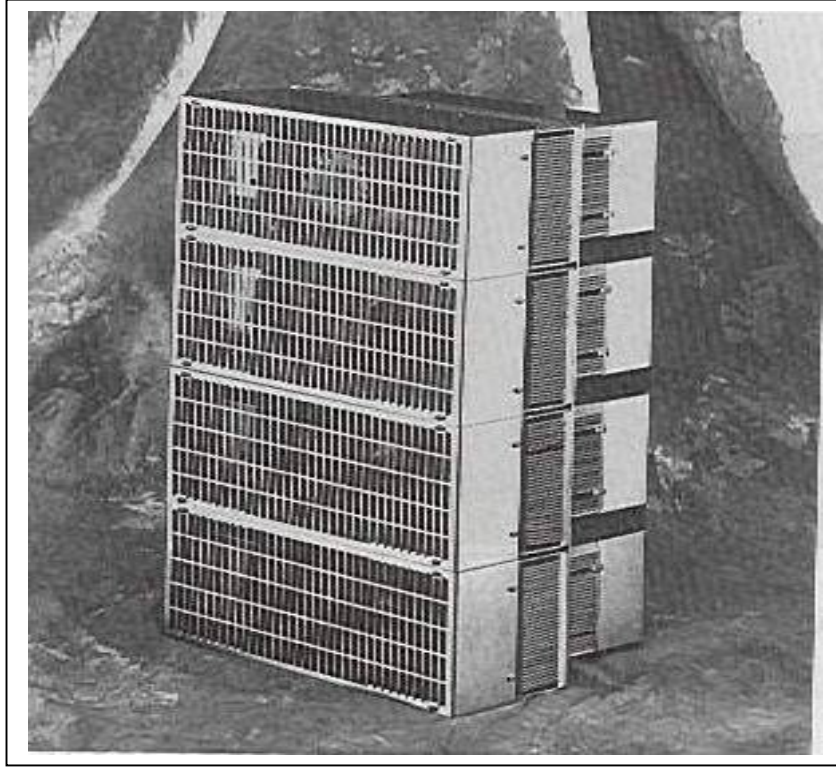
1960'ların ortalarında bu şirket bir termoelektrik iklimlendirme ve ısıtma sistemi yapmıştır. Sistem, su soğutmalı iklimlendirme sistemi 30 kadar modül içeriyordu. 1973'te sistem çalışmakta ve bu sistemin tek problem güç depoları ve kontrol sistemlerinin olmayışındı.

Termoelektrik modüller Carrier tarafından yapılmıştır. Bunlar  $12 \times 12$  ve 2,5 mm'lik kalınlıkta 64 elamanlıdır. Soğutma modunda maksimum elektrik akımı 80 A'dir. Carrier bu çalışmaları tamamladıktan sonra termoelektrikle ilgili çalışmalarına son verdi (Çakır 2006).

#### **3.6.7.3 TECA Firmasının Termoelektrik Soğutma Uygulaması**

Günümüzde Chicago kuruluşu olan TECA, çok modüllü soğutma sistemleri üreten tek şirkettir. Bu şirketin modeli: C4000 olan iklimlendirme sistem ürünü vardır. Bu sistem havadan-havaya bir modeldir. Soğutma ve ısıtma taraflardaki giren havanın sıcaklığı 60°C'ye eşit olunca 400 W'lık soğutma gücü elde etmektedir. Birbirine bağlı dört alt üniteden meydana gelir. Bütün hava devreleri birbirine paraleldir. Alt ünitesi yaklaşık  $15 \times 30 \times 24$

cm'dir ve soğutma mevcut ticari termoelektrik modellerin kullanılmasıyla sağlanır. Bir Americool R 4000 serisinin ünitesinin fotoğrafı şekil 3.9.'da gösterilmiştir (Dikmen 2003).



Şekil 3.9. TECA Americancool R 4000 seri ünitesi (Dikmen 2003).

#### **3.6.7.4 Midwest Araştırma Enstitüsünün Termoelektrik Soğutma Çalışması**

Kansas City Midwest araştırma enstitüsü, helikopter pilotları için mikroklima termoelektrik İklimlendirme sistemi geliştirmiştir. Sistem 1000 W'lık soğutma gücüne sahiptir. Her biri 254 termoelektrik elaman içeren 96 seramik ticari modülden oluşur. Yer araçları için bir sistem ve aynı zamanda sıvı bir mikro-iklim şartlandırma sistemi geliştirmişlerdir (Dikmen 2003).

Son zamanlarda büyük güce sahip birçok uygulama incelenmiş, geliştirilmiş ve günümüzde ticari amaç için üretilmiştir. Bunlar;

Park etmiş uçak; bir terminal girişinde park halinde bir uçağın iklimlendirilmesi için onlarca kilowatt soğutma yüküne ihtiyaç vardır. Çalışan sistemler havadan-havayadır.

Trenler; Şuanda yolcu taşıyan demiryolu araçlarının iklimlendirilmesi yapılmış hala sürücü kabini için iklimlendirme uygulamaları devam etmektedir. Soğutma gücü birkaç kilovattır bundan dolayı soğutma gücü ve elektrik güç tüketim daha azdır. Bu sebepten dolayı yakın zamanda demiryolu taşımacılığının iklimlendirilmesinde bu uygulamalar öne çıkacaktır.

Otomobiller; Termoelektrik soğutma otomobillerde özellikle elektrikli otomobillerde oldukça ilginç bir konuma sahiptir. Arabaların içindeki ısıyı düşürmekten ziyade konfor şartlarının sağlanması insanlar için daha önemlidir.

Deniz kuvvetleri; Deniz uygulamalarında direkt ve indirekt olarak geri çevrilebildiği için deniz suyu daha etkilidir. Suya ısı transfer etmek, havaya transfer etmekten daha verimli şekildedir. Büyük ölçekli sudan-suya soğutma uygulamaları mevcuttur. Geleneksel kompresörlü sistemlerinin yerini aldığı için avantajlı sistemdir. Başka bir uygulamada da direkt soğuk hava üreten merkezi olmayan termoelektrik iklimlendirme sistemidir. Başka bir gelişme alanı da deniz konteynırların soğutulması uygulamasıdır. Büyük iki kademeli modüllerin ticareti için soğuk odalar ve derin dondurucu odalar gibi daha büyük ısı farkı gerektiren uygulamalar artmıştır.

Konteynırlar; Konteynır üreten ya da kullanan şirketler tarafından termoelektrik soğutmaya yoğun ilgi vardır. Özellikle derin dondurma sıcaklığı gerektiği zaman termoelektrik sistemler, kompresörlü çevrimli sistemlerden çok daha pahalıdır. + 4°C de saklamayı sürdürebilen özel termoelektrik soğutma konteynırları gelecekte meydana çıkabilir (Uçar ve Bardakçı 2005).



## BÖLÜM 4

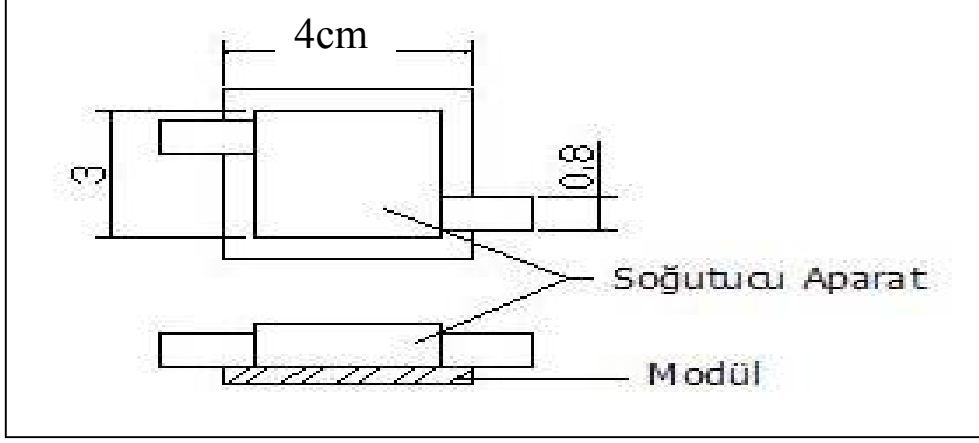
### ARAŞTIRMA YERİNİN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Deney sistemi termoelektrik soğutma sistemi olup, imalat ve montajı Karabük Üniversitesi Meslek Yüksekokulu İklimlendirme ve Soğutma Laboratuvarında yapılmıştır. Sistem tasarımı literatür çalışmaları tamamlanarak gerekli malzemeler temin edilmiş ve deney sistemi kurulmuştur. Sistemde termoelektrik modül, termoelektrik modül yüzeyi su dolaşımı sağlanarak soğutulmaktadır. Bu sayede sistemin performansının artırılacağı hedeflenmiştir. Gerekli laboratuvar, test ve ölçüm cihazları K.B.Ü Meslek Yüksek Okulu tarafından sağlanmış ve deneyler Şubat 2008’de İklimlendirme ve Soğutma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

#### 4.1 DENEY SİSTEMİNİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

##### 4.1.1 Termoelektrik Modül Soğutma Parçası

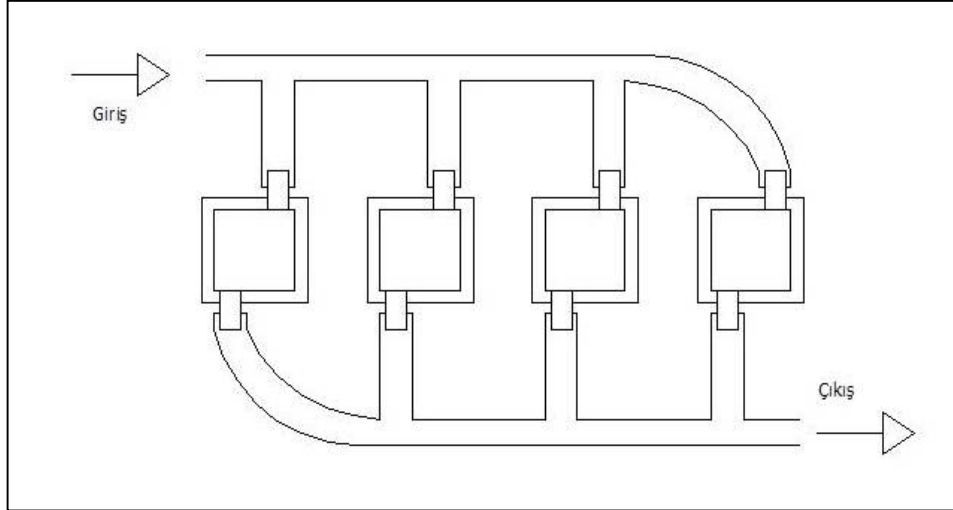
Termoelektrik modül bilindiği gibi bir ısı pompasıdır. Bu ısı pompasının verimini arttırmak için modül soğutma amaçlı kullanılıyorsa, modülün ısınan yüzeyinde meydana gelen ısının hızlı bir şekilde atılması gerekmektedir. Bu sayede daha düşük sıcaklıklar elde edilmektedir. Ancak modül ısıtma amaçlı kullanılacak ise soğuyan yüzeydeki sıcaklığın da düşürülmesi gerekmektedir. Soğutma parçası işlenebilirliği kolay olduğu için bakırdan imal edilmiştir. Soğutma veriminin artırılması için geliştirilen parça Şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil-4.1. Soğutucu parça ve modül

#### 4.1.2 Termoelektrik modüllerden oluşan soğutma kısmı

Termoelektrik modül soğutma parçalarının montajı tamamlandıktan sonra, 4 adet termoelektrik modülden oluşan devre şekil 4.2'deki gibi hortumlarla birbirine bağlanmıştır. Bağlantı sırasında eşit su dağılımı sağlamak amacıyla eşit yol uzunluklu dağıtım prensibinden faydalanılmıştır.



Şekil 4.2 Modül bağlantı şekli

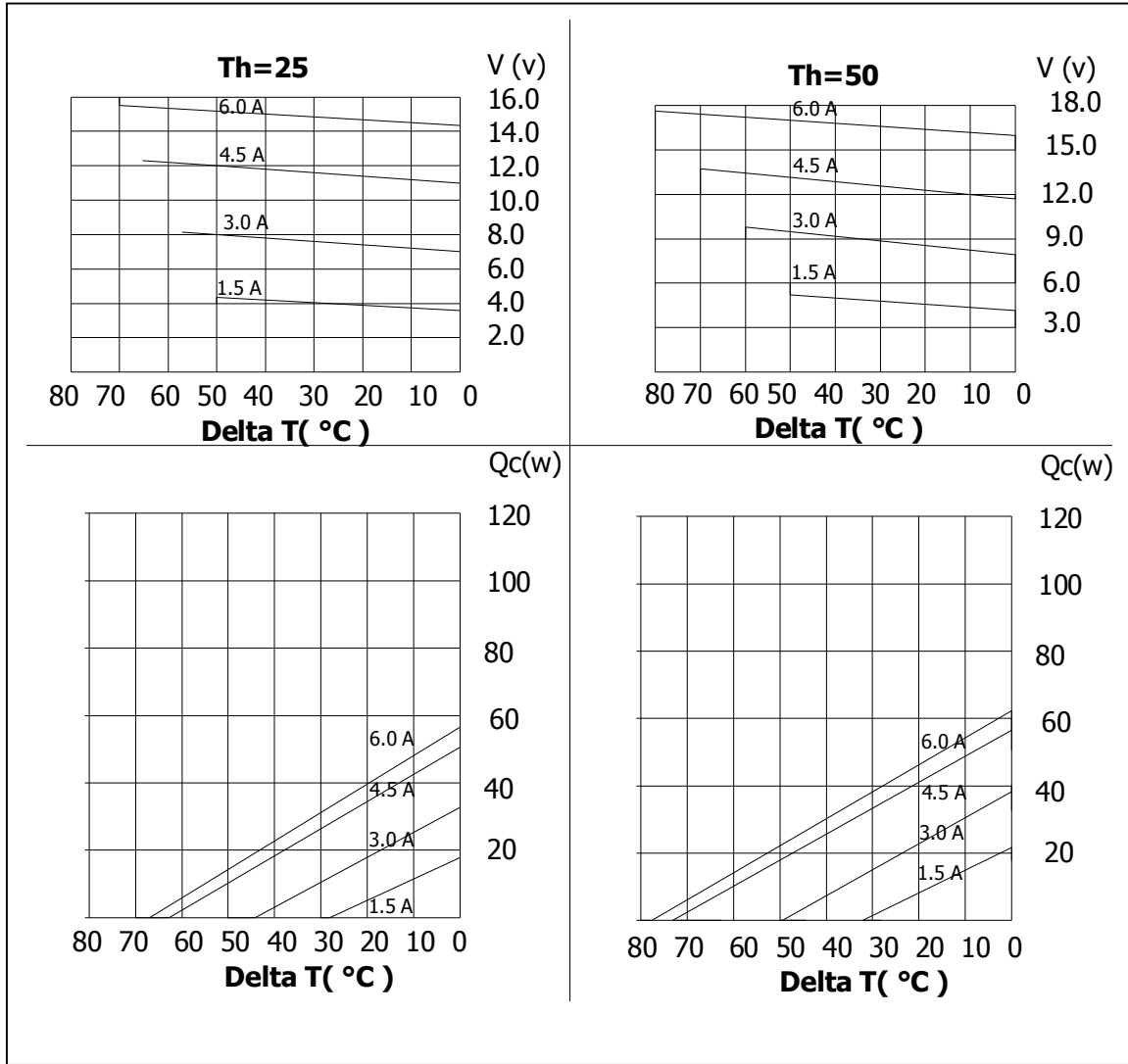
#### 4.1.3 Termoelektrik Modül

Bu deneyde 12 voltluk bir modül tercih edilmiştir. 12 voltluk modülün tercih edilme sebebi 12 volt gerilimin bir çok ortamda daha rahat temin edilmesi olmuştur. Deneylerimizde TEC1-

12706 modelinde modül kullanılmıştır. Modülümüzün özellikleri Çizelge 4.1 ve Şekil 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.1 Modül performans şartları görülmektedir (URL-1 2008).

Performans Şartları (Tec1-12706)		
Sıcak yüzey Sıcaklığı (°C)	25 (°C)	50 (°C)
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
Imax (apms)	6,4	6,4
Vmax (volts)	14,4	16,4
Modül direnci (ohms)	1,98	2,30



Şekil 4.3 Tec1-12706'ya ait teknik veriler.(URL-1 2008)

Th: Modülün ısınan yüzey sıcaklığı

Delta T: Modül yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı

Qc: Modülün soğutma gücü

V(v): Modülün gerilim değeri

#### 4.1.4 Güç kaynağı

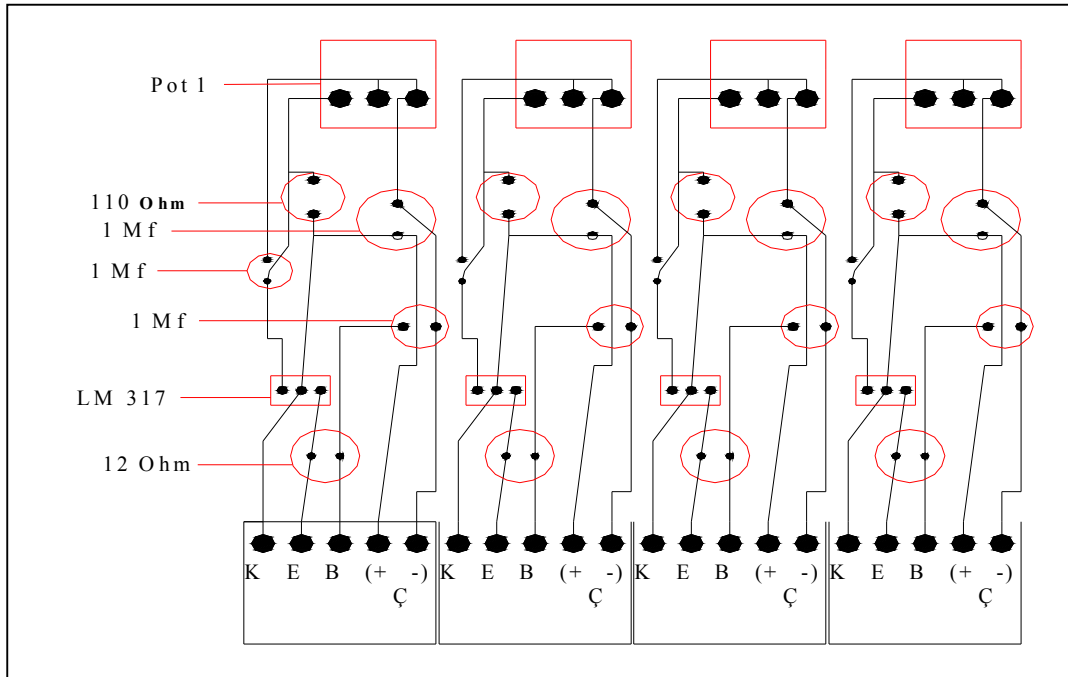
Deneyler sırasında 12 volt gerilim verebilen, 250 wattlık bir güç kaynağı kullanılmıştır. Güç kaynağına gerilim kontrol devresi olmadığı için, harici bir gerilim kontrol devresi imal edilmiş ve deneyler sırasında kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan güç kaynağı şekil 4.4'de görülmektedir.



Şekil 4.4 Güç Kaynağı

#### 4.1.5 Güç kontrol devresi

Güç kontrol devresi kullanılmasının sebebi belirtildiği gibi güç kaynağında gerilim kontrol sisteminin olmamasıdır. Bu devre, soğutma sistemi için özel olarak tasarlanmış ve bu sistemde kullanılmıştır. Kullanılan bu devre sayesinde, soğuk tedavi cihazında kullanılan modüller ayrı ayrı kontrol edilebilmekte ve farklı sıcaklıklara ayarlanabilmektedir. Şekil 4.5'te devre verilmiştir.



Şekil 4.5 Güç kontrol devresi.

#### **4.1.6 Su Dolaşım Pompası**

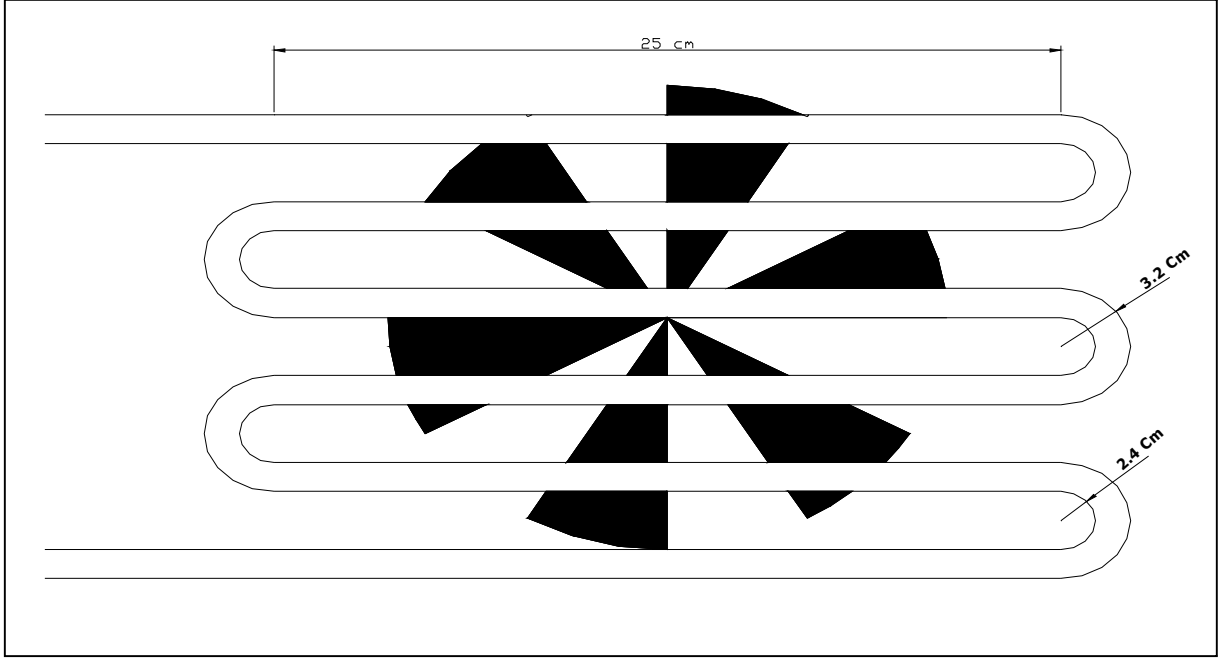
Su dolaşım pompası, termoelektrik modül yüzeyindeki meydana gelen ısı ile yüklenmiş olan suyu yoğunlaştırıcıya daha sonra su deposuna ve tekrar sisteme vermektedir. Bu dolaşım, sistem çalıştığı sürece devam etmektedir. Yoğunlaştırıcıdaki suyun ısısını atabilmesi içinde fan kullanılarak yoğunlaştırıcıya hava üflenmiştir. Pompa ve fan deneyler sırasında 7,5 volt gerilim altında çalıştırılmıştır. Pompa ve fan 7,5 volt gerilim altında 1.55 Amper akım çekmiştir. Ayrıca pompa 1 litre suyu, 2 dakikada soğutma sisteminde dolaştırabilmektedir.

#### **4.1.7 Dolaşım Suyu Soğutucusu (ısı eşanjörü, kondanser)**

Isı eşanjörü, bir akışkandan diğerine ısı transfer etmek için yapılmış bir alettir. Eşanjörde akışkanların birbirine değmemesi gereken durumda akışkanlar katı bir duvarla ayrılırlar ve bu şekilde akışkanlar asla karışmaz. Akışkanların direkt olarak temas ettiği tiplerde vardır.

Isı eşanjörleri yaygın olarak, soğutma, iklimlendirme (klimatize etme), ısıtma, güç üretimi ve kimyasal proseslerde kullanılır. Yaygın bir ısı eşanjörü örneği de otomobil radyatörüdür. Burada sıcak radyatörün bir yüzeyine temas eden motor soğutma suyu, diğer yüzeyine temas ederek geçen hava ile soğutulur(URL-2 2008).

Isı eşanjörü tasarlanan cihazda ısınan suyun sıcaklığını düşürmek için kullanılmıştır. Sistemde dolaşan su modüllerin yüzeyinden ısıyı almaktadır. Modüllerden alınan ısıyı eşanjör yardımıyla dışarıya atılmaktadır. Eşanjör 8mm çapında bakır borudan çapraz akım geçişli olarak imal edilmiştir. Eşanjör toplam 195 cm uzunluğunda ve 98,02 cm<sup>2</sup> yüzey alanına sahiptir. Eşanjör şekil 4.6'da görülmektedir. Deneyler sırasında eşanjöre dolaşım suyunun giriş ve çıkış sıcaklıkları izlenmiştir. Eşanjöre suyun giriş ve çıkış sıcaklıkları arasında 0,7°C fark olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.6 Isı eşanjörü ve fan

#### 4.1.8 Su Deposu

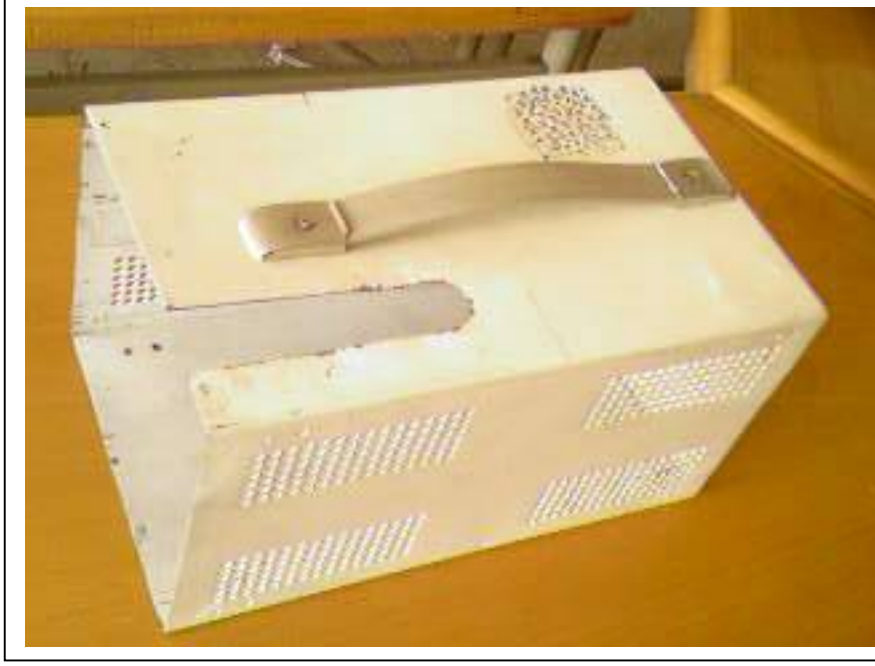
Termoelektrik soğuk tedavi cihazının çalıştırılması sırasında, termoelektrik modüllerin ısınan yüzeylerinin etkin bir şekilde soğutulması için su kullanılmaktadır. Termoelektrik soğuk tedavi cihazında, bu nedenle 1 litre kapasiteli polietilen su deposu kullanılmıştır.

#### 4.1.9 Su Soğutma Sistemi Fanı

Isınan suyun eşanjörde ısınıp daha kolay ve hızlı bir şekilde atabilmesi için eşanjöre 1 adet bilgisayar kasa fanı monte edilmiştir. Bu fan sayesinde eşanjör daha etkin bir soğutma yapabilmektedir. Su dolaşım pompası ve fanlar 7,5 volt geriliminde çalıştırılmış ve aynı güç kaynağından beslenmişlerdir. 7,5 volt gerilim altında 1,55 Amper akım çekmektedir.

#### 4.1.10 Ana Gövde

Soğuk tedavi cihazına ait olan parçaların bütünleştirilerek yerleştirildiği kısımdır. 1.5mm sac malzemeden imal edilmiştir. Ayrıca hava sirkülasyonu yapabilmesi için havalandırma delikleri açılmıştır. Boyutları 150x200x400mm'dir. Şekil 4.7'de ana gövdeye ait boş haldeki gövde görülmektedir.



Şekil 4.7 Ana gövde.

## 4.2 DENEYDE KULLANILAN ÖLÇÜM CİHAZLARININ ÖZELLİKLERİ

### 4.2.1 Avometre ( akım, gerilim ve direnç ölçer )

Deneyler sırasında 2 adet avometre (akım, volt, ohm ölçer ) aynı anda kullanılmıştır. Avometrelerden bir tanesi devreye seri olarak bağlanmıştır. Bu avometre sayesinde termoelektrik soğutma sisteminin akımı sürekli olarak ölçülmüştür. Kayıt cihazı ile dakikada bir ölçümler kaydedilmiştir. Diğer avometre ise termoelektrik soğutma devresine paralel bağlanarak termoelektrik soğutma sistemindeki gerilim sürekli olarak gözlenmiş ve gerilim değerleri kaydedilmiştir. Deneyler sırasında kullanılan avometrenin teknik özellikleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.



Çizelge 4.2 Avometrenin Ölçüm limitleri

Ölçüm Limitleri		
Gerilim	1000V DC	700V AC
Akım	20A AC	20A DC
Direnç	2000 MOhm	
Kapasitans	200 µF	
Endüktans	20 H	
Frekans	10 MHz	

#### 4.2.2 Sıcaklıkların Ölçülmesi

Termoeleman (termokupl) birbirinden farklı alaşımlara sahip iki metalin birer uçlarının kaynak edilmesi sonucu ortaya çıkan sıcaklık hissedicisidir. Kaynak edilen noktanın sıcaklığına bağlı olarak serbest uçlar arasında metal çiftinin özelliğine denk düşen milivoltlar düzeyinde gerilim oluşur. Bu özellikten yararlanılarak sıcaklık ölçümü gerçekleştirilir. Çizelge 4.3'te termokupllara ait özellikler verilmiştir. Deney sisteminde Pt100 tipi 4 adet termokupl kullanılmıştır. Bu termokupllarla algılanan değerler bilgisayara aktarılmıştır, ve her 30 saniyede kaydedilmiştir.

Çizelge 4.3 Termokupl çeşitleri ve özellikleri. (URL-3, 2008).

Fe – Const	(J Tipi)	-200	+800°C
NiCr – Ni	(K Tipi)	-200	+1200°C
Kromel – Alumel	(K Tipi)	0	+1200°C
Pt%10Rh –Pt	(S Tipi)	0	+1600°C
Pt%13Rh – Pt	(R Tipi)	0	+1700°C
Pt%30Rh – Pt%6Rh	(B Tipi)	0	+1800°C
Cu – Const	(T Tipi)	-200	+300°C
Pt100	(PT Tipi)	-200	+350°C

#### 4.3 SOĞUK TEDAVİ (COLD THERAPY) CİHAZININ ÇALIŞTIRILMASI

Soğuk tedavi cihazı genel olarak şu şekilde çalışmaktadır. Termoelektrik modüllere uygulanan gerilim neticesinde, termoelektrik modül yüzeylerinden biri ısınmakta diğeri ise soğumaktadır. Doğal olarak soğutulması istenen bölgeye modülün soğuyan yüzeyi ile bir soğutma uygulanacaktır. Termoelektrik modülün ısınan diğeri yüzeyinde ise soğutma devresi yardımıyla, su sirkülasyonu yapılmaktadır. Termoelektrik modüllerin yüzeyinden ısıyı alan

suyun sıcaklığı artmaktadır. Sıcaklığı artan su diğer bölüme su soğutma kısmına gönderilir. Burada su ısı eşanjörüne girip çıkar ve ısını ortama bırakır. Sıcaklığı düşürülen su cihaz içinde bulunan 1 litrelik su deposuna gönderilir. Su bu şekilde termoelektrik modüllerin ısınan yüzeylerindeki sıcaklığı düşürmektedir. Termoelektrik modülün ısınan yüzeyindeki sıcaklığın sabit tutulması termoelektrik modüllerin performansları üzerinde oldukça etkilidir.

Özet olarak modüller, insan teninden ısıyı çekmekte, sistemde dolaşan su ısıyı modülden uzaklaştırmakta ve su soğutma bölümünde, ısı eşanjörü ve fanlar yardımıyla soğutulmaktadır.

Soğuk tedavi cihazı genel olarak iki bölümden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi soğutmayı yapacak olan modüllerden oluşan soğutma bölümüdür. Diğer bölüm ise cihazın gereksinim duyduğu, su soğutmasının ve depolanmasının yapıldığı su soğutma bölümüdür. Soğuk tedavi cihazının uygulaması şekil 4.8'de gösterilmiştir.



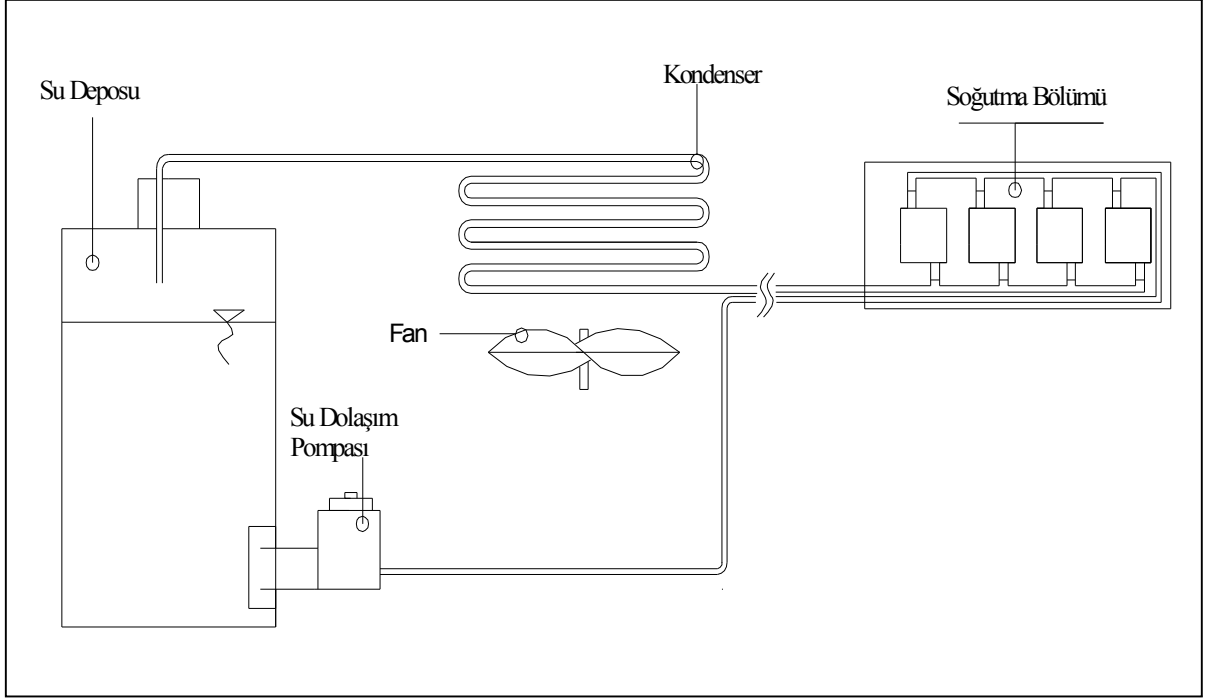
Şekil 4.8 Soğuk tedavi cihazı uygulaması

### **4.3.1 Soğutma Bölümü**

Soğutma bölümü 4 adet termoelektrik modülden oluşmaktadır. termoelektrik modülerin üzerine daha önce bahsedildiği gibi üretilen soğutucu parçalar monte edilmiştir. Daha sonra 4 modül esnek borular yardımıyla bir birlerine bağlanmışlardır. Bağlantılar sırasında termoelektrik modül soğutma suyunun eşit olarak dağılmasına dikkat edilmiştir. Bunu sağlamak için bağlantılar sırasında eşit yollu dağıtım ilkesine göre bağlantılar yapılmıştır. Eşit yollu (eşit kol uzunluklu) dağıtım her bir termoelektrik modüle giden esnek hortumların eşit uzunluklarda olduğu anlamına gelmektedir. Şekil 4.2’de Eşit yollu dağıtım görülmektedir. Modüllerin yüzeyleri eşit ısı dağıtımını yapmak amacıyla bakır sac ile birleştirilmiştir. Bu sayede insan tenine eşit ısı dağıtımını yapılmaktadır. Termoelektrik modüllerden oluşan kısım bu hale getirildikten sonra dışına deri malzemedeki kaplama yapılmıştır. Deri kaplamanın amacı, insan tenine uygulama yapılırken soğukluk hissinin yavaş bir şekilde hissedilmesini sağlamaktır. Böylece oluşabilecek komplikasyonlar asgari olacaktır.

### **4.3.2 Su Soğutma Bölümü**

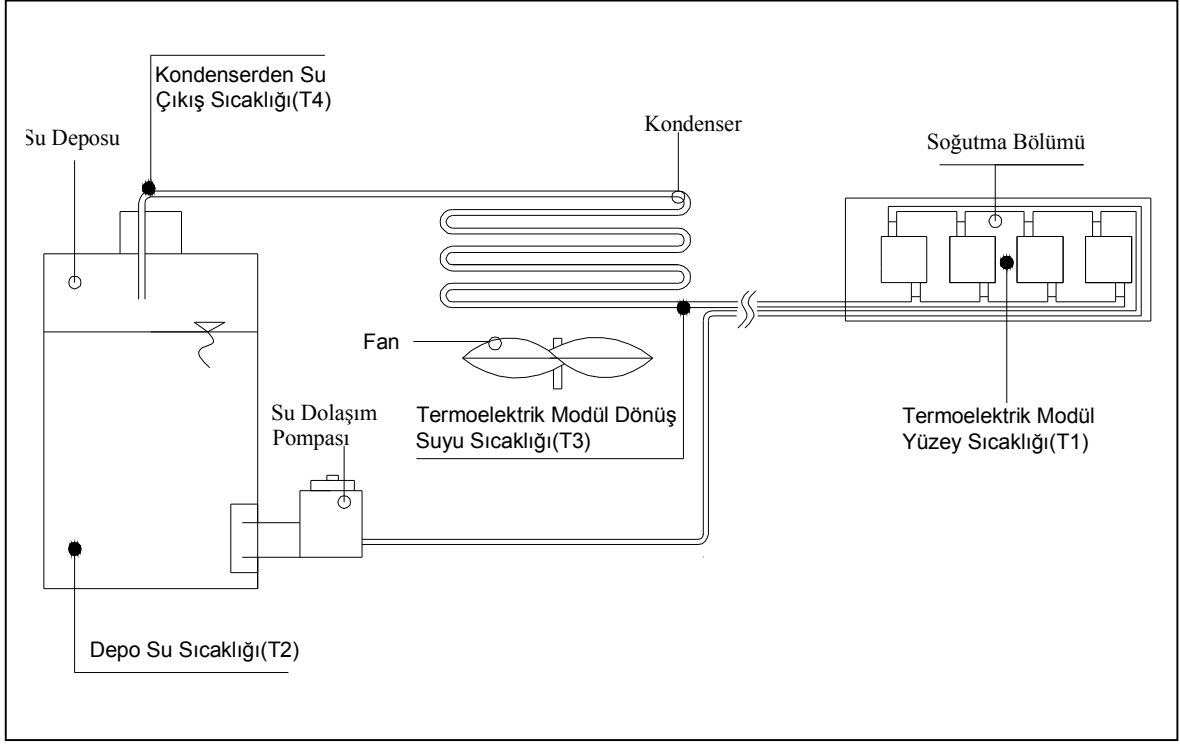
Bu bölümde modül yüzeyinden gelen sıcak suyun, soğutulması ve depolanması işi yapılmaktadır. Ayrıca bu bölüm termoelektrik soğuk tedavi cihazının ana parçasıdır. Burada su soğutma olayından başka cihazın gereksinimi olan gerilimi sağlayan güç devresi de bulunmaktadır. Su soğutma bölümü şekil 4.9 görülmektedir.



Şekil 4.9 Su soğutma ve depolama bölümü

#### 4.4 DENEYLERDE UYGULANACAK ÖLÇME KRİTERLERİ

Bu çalışmada deneysel metod kullanılmıştır. Deneyler 4, 5, 6 ve 7 Volt gerilimde gerçekleştirilmiştir. Soğuk uygulamalar sırasında insan teni gerilmektedir. Bu gerilmenin asıl sebebi damarların soğğun etkisiyle daralmasıdır. Bu nedenle deneylerde aşırı soğutmadan kaçınılmış ve 4 ile 7 volt arasında sınırlandırılmıştır. Deneyler sırasında dış ortam sıcaklıkları da sürekli olarak gözlenmiştir. Deneyler sistemin verimliliğini tespit etmek amaçlı yapıldığı için, birebir insan tenine uygulanmıştır. Ayrıca sistem vücuda temassızken de (modül yüzeyi ortama açık bırakılmış yükleme yapılamıştır) deneyler alınmıştır. Bu sonuçlar daha sonra şekiller yardımıyla mukayese edilecektir. Deney sırasında devreye bağlanan seri ampermetre ile de devrede dolaşan akım ölçülmekte ve kaydedilmektedir. Sistem aynı şekilde çalışırken voltmetre yardımıyla da devrenin gerilimi sürekli ölçülerek kaydedilmiştir. Deneyler sırasında, depodaki su sıcaklığı, modüllerin yüzeyinde dolaşan suyun çıkış sıcaklığı, yoğunlaştırıcıdan (kondenser) suyun çıkış sıcaklığı, termoelektrik modül yüzeyinin sıcaklığı ve ortam sıcaklığı ölçülerek kaydedilmiştir. Ölçüm yapılan noktalar Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Termoelektrik soğuk tedavi cihazında ölçüm yapılan noktalar



## BÖLÜM 5

### DENEYLERİN YAPILIŞI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

#### 5.1 DENEYLERİN YAPILIŞI VE SONUÇLARI

Deneyler, Şubat/2008 tarihinde Karabük Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme ve soğutma laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deneyler 10 dakika ile sınırlandırılmışlardır. Deneylerin sınırlandırılmasının nedeni insan teninin düşük sıcaklıklarda zarar görmesini engellemektir. Her deneyden sonra sistemde bulunan su değiştirilmiş ve böylece deney başlangıcındaki su sıcaklıkları eşit olması sağlanmıştır.

##### 5.1.1 Deney Sonuçları

Deneyler iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada sisteme hiçbir yükleme yapılmamış ve deneyler alınmıştır. Deneyin ikinci aşamasında ise sistemin direkt olarak insan tenini soğutması sağlanmış ve deneyler yapılmıştır. Buradaki amaç deneylerin bir biri ile mukayese edilmesidir. Ve sistemin uygulanabilirliğini kanıtlamaktır.

**4 Volt deneyi :** 4 volt deneyleri sırasında termoelektrik modüller 1,95 amper akıma ve 31.2 Watt'lık enerjiye gereksinim duymaktadır. Sistemde çalışan diğer kısımlar ise (dolaşım pompası ve fan) 7.5 Volt gerilim altında çalıştırılmış ve 1.55 amper akım çekmişlerdir. Dolaşım pompası ve fan ayrı bir güç kaynağı ile beslenmişlerdir. Dolaşım pompası ve fan'a tüm deneylerde aynı gerilim ve akım değerleri uygulanmıştır. 4 volt geriliminde ve sistem vücuda temassız çalışırken ve vücuda temassız halde iken elde edilen sonuçlar çizelge 5.1 ve çizelge 5.2' de verilmiştir.

Çizelge-5.1 4 volt geriliminde ve sistem vücuda temassızken elde edilen sonuçlar

4 Volt Sistem Vücuda temassız				
Zaman (t1,sn)	Modül Yüzey Sıcaklığı (T1,°C)	Depodaki Su Sıcaklığı (T2,°C)	Modülden Su Çıkış Sıcaklığı (T3,°C)	Kondenserden Su Çıkış Sıcaklığı (T4,°C)
0	21,8	21,8	21,8	21,8
30	12,7	21,8	22,1	21,8
60	1,9	22,3	22,8	22,1
90	0,7	22,5	22,8	22,3
120	0,4	22,5	23	22,3
150	0,7	22,8	23	22,5
180	0,2	23	23,2	22,8
210	0,7	23	23,5	22,8
240	0,4	23,2	23,5	23
270	0,2	23,2	23,7	23,2
300	0,7	23,5	23,7	23,2
330	0,7	23,5	24	23,5
360	0,4	23,7	24	23,5
390	0,9	23,7	24,2	23,7
420	0,9	24	24,2	23,7
450	1	24	24,4	24
480	1,1	24	24,4	24
510	1,2	24,2	24,4	24
540	1,4	24,2	24,7	24,2
570	1,6	24,4	24,7	24,2
600	1,6	24,4	24,9	24,4

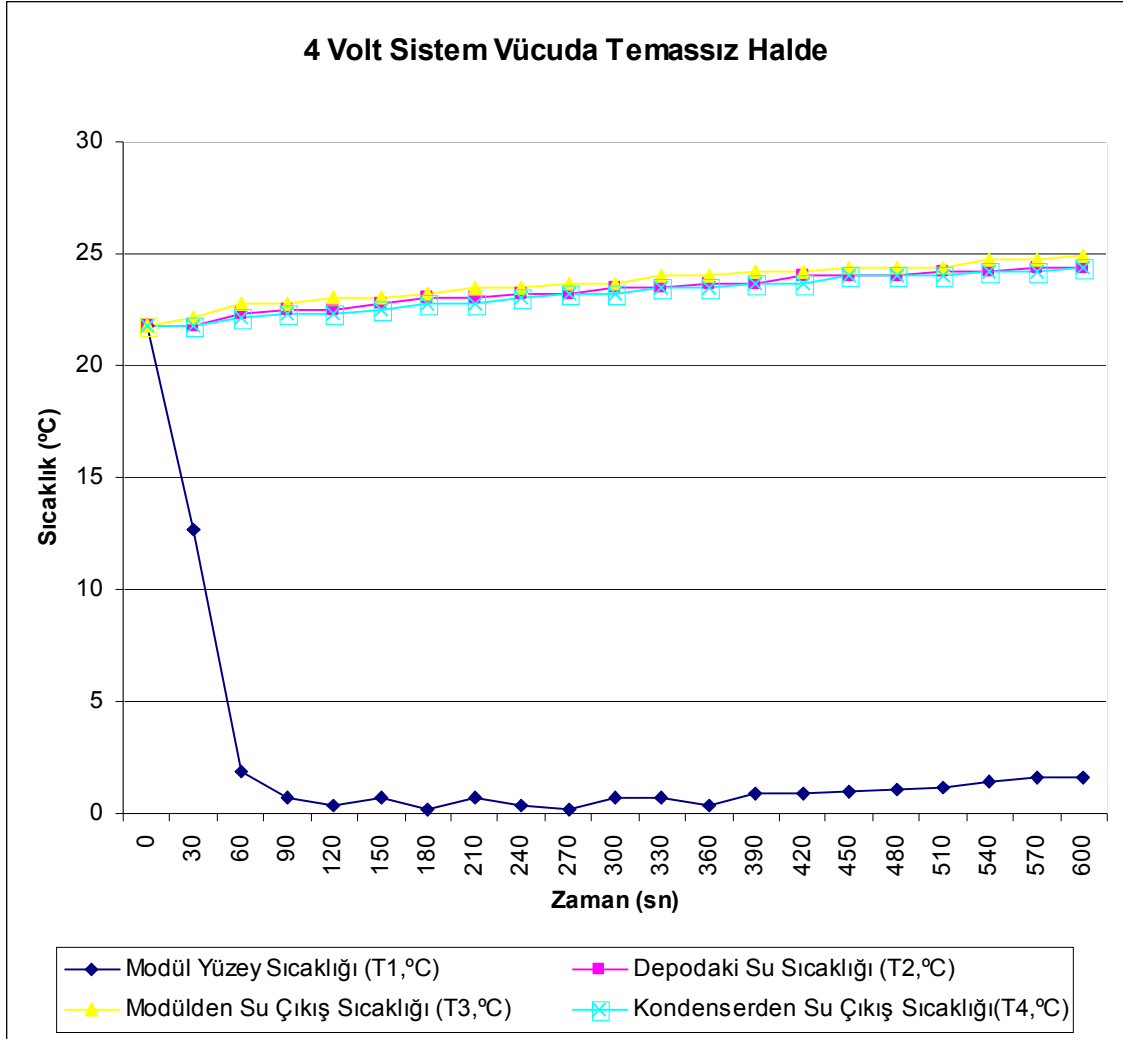


Çizelge 5.2 4 Voltta sistem vücuda temaslı halde.

4 Volt Sistem Vücuda temaslı				
Zaman (t1,sn)	Modül Yüzey Sıcaklığı (T1,°C)	Depodaki Su Sıcaklığı (T2,°C)	Modülden Su Çıkış Sıcaklığı (T3,°C)	Kondenserden Su Çıkış Sıcaklığı(T4,°C)
0	22,8	21,8	21,8	21,8
30	22,1	21,8	21,8	21,8
60	21,6	21,8	21,8	21,8
90	6,2	22,3	22,8	22,1
120	4,5	22,5	23	22,3
150	3,6	22,8	23,2	22,5
180	3,3	23	23,2	22,8
210	3,3	23,2	23,7	23
240	3,3	23,5	23,7	23,2
270	3,1	23,7	24	23,2
300	3,1	24	24,2	23,5
330	2,4	24	24,4	23,7
360	5	24	24,4	24
390	4,8	24,4	24,7	24,2
420	3,6	24,4	24,9	24,2
450	3,1	24,7	24,9	24,4
480	4,8	24,7	25,1	24,7
510	4,8	24,9	25,4	24,7
540	4,3	24,9	25,4	24,9
570	4	25,1	25,6	24,9
600	4	25,1	25,8	25,1

Deney sonuçlarına bakılacak olursa 4 volt gerilim altında ve sistem vücuda temassızken T1 (modül yüzeyinin) sıcaklığı en düşük 0,2°C'dir. 0,2°C'ye iki kez inmiştir. Fakat ikinci kez 0,2°C'ye indikten sonra yüzey sıcaklığı artmıştır. Bunun sebebi ise depodaki su sıcaklığına baktığımızda anlaşılmaktadır. Çünkü su sıcaklığı giderek artmıştır. Su sıcaklığındaki artış

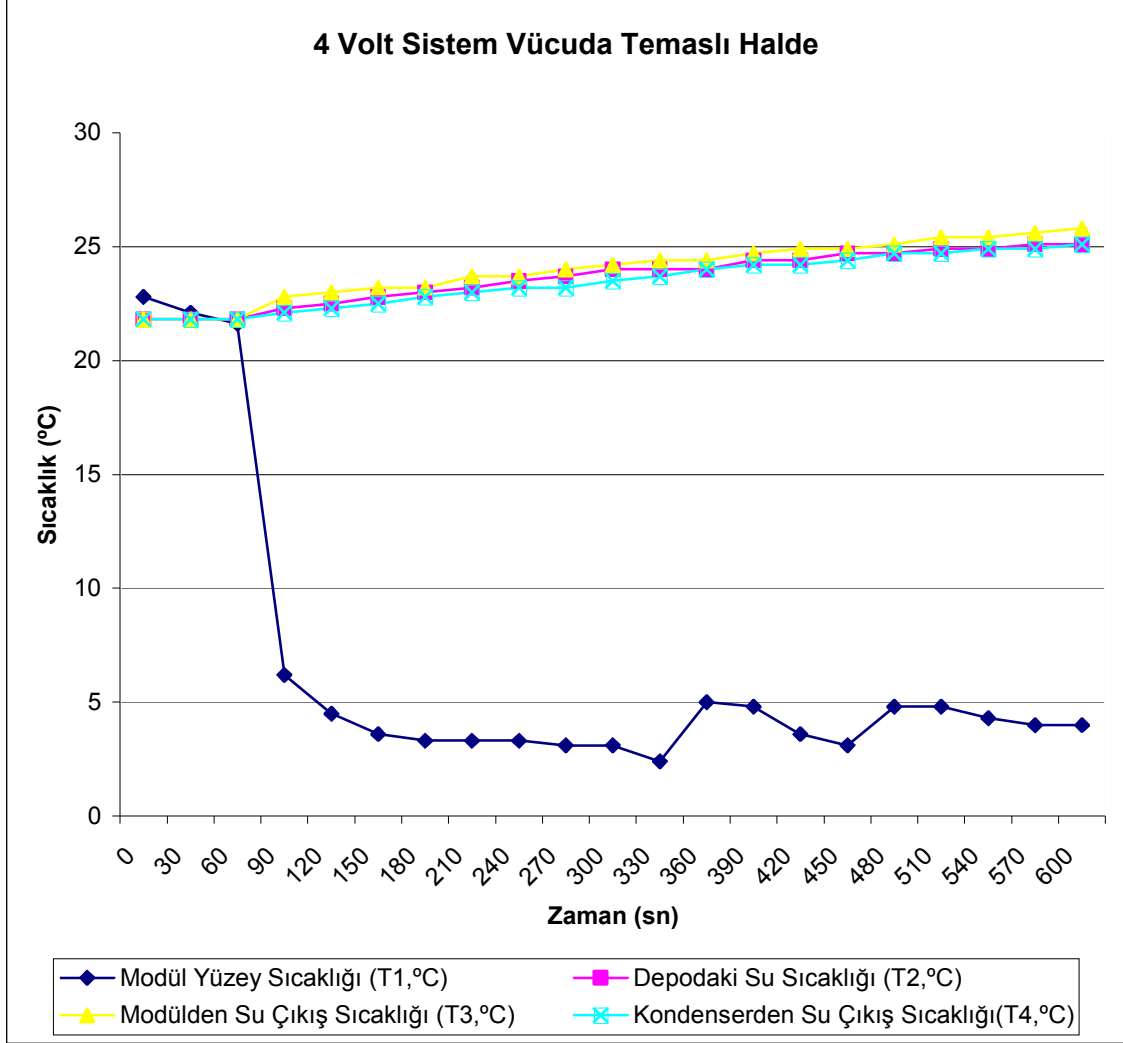
kondenser (yoğunlaştırıcı) ile düşürülmüş fakat yeterli olmamıştır. 4 volt gerilim altında sistem vücuda temassızken elde edilen sıcaklık değerleri şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 4 Volt geriliminde ve sistem vücuda temaslı iken elde edilen sonuçlar

Deneyin ikinci kısmında ise modüller insan tenine temas ettirilerek sistem çalıştırılmıştır. İnsanın dış ten sıcaklığı 25 °C’dir. (Kılıç ve Yiğit 2000) Modüller sıcaklığı 25°C olan insan teninin sıcaklığını 2,4°C’ye kadar düşürmüştür. Bu noktadan sonra T1 sıcaklığı artmaya başlamıştır. Deney sonuçlarına dikkatli bakıldığında, sistem vücuda temassız ve vücuda temaslı çalıştırılırken depodaki su sıcaklıklarının artışlarındaki farklılık göze çarpmaktadır. Burada görülüyor ki, sistem vücuda temaslı iken depodaki su sıcaklığı daha hızlı bir şekilde yükselmiştir. 4 volt geriliminde yüklenmiş sistemin deney sonuçları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

4 volt geriliminde ve sistem vücuda temaslı iken T1 sıcaklığı 2,4°C'ye kadar düşmüştür. Depoda bulunan suyun sıcaklığı (T2) ise 25,1°C'ye yükselmiştir. Bilindiği gibi sistem vücuda temassızken T2 sıcaklığı 24,4°C'ye kadar yükselmiştir. 4 volt gerilim altına uygulanan deneylerde birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. 4 volt geriliminde ve sistem vücuda temaslı iken alınan sonuçlardan oluşan Şekil 5.2 aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.2; 4 Volt sistem vücuda temaslı

**5 Volt deneyi :** 5 volt deneyleri sırasında termoelektrik modüller 2,44 amper akım çekmişlerdir. Sistemin harcamış olduğu güç 39,06 Wattır. 5 volt gerilim altında gerçekleştirilen, deneylere ait sonuçlardan Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'te verilmiştir.

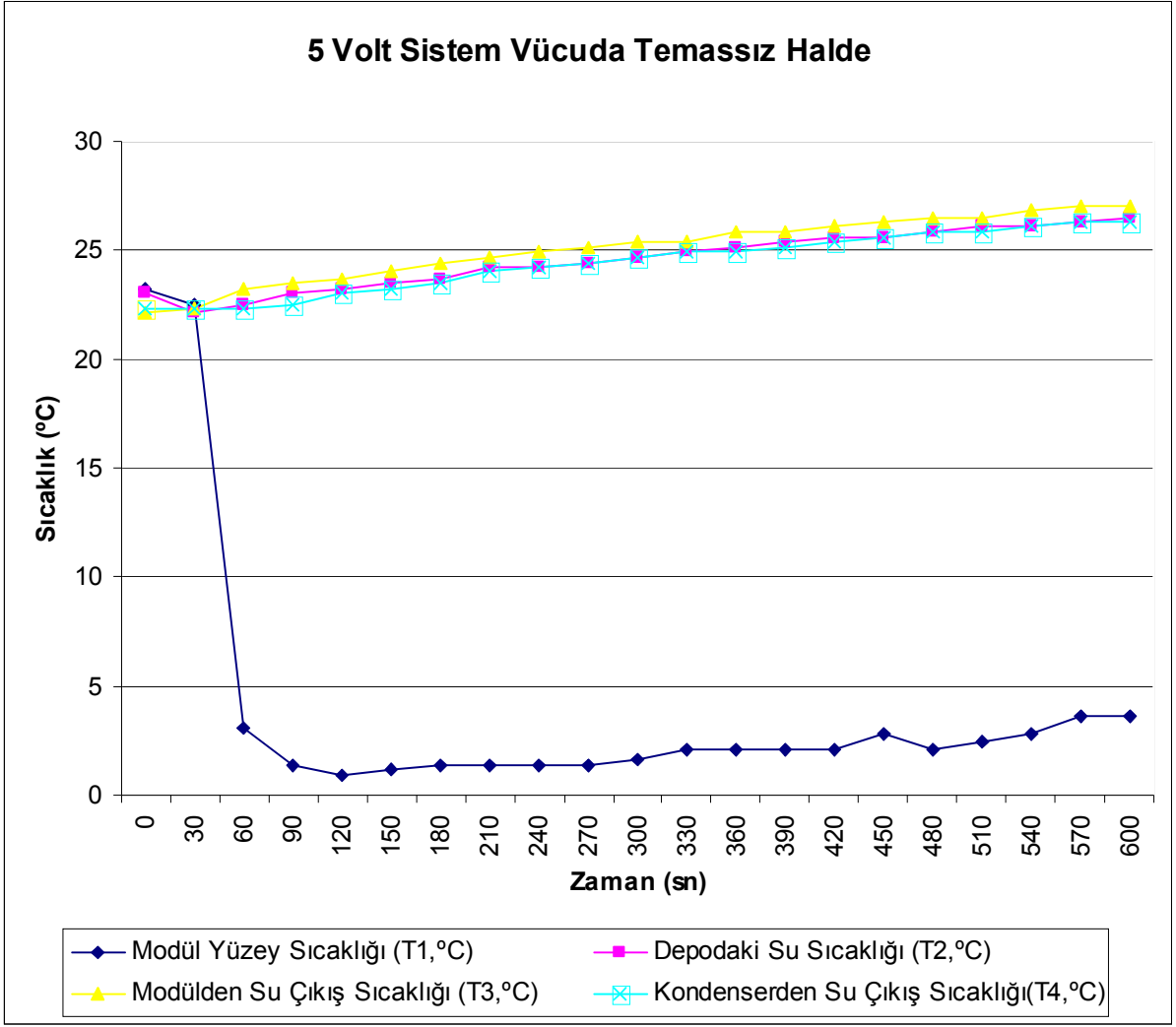
Çizelge 5.3 5 Volt geriliminde ve sistem vücuda temasız.

5 Volt Sistem Vücuda temasız				
Zaman (t1,sn)	Modül Yüzeý Sıcaklığı (T1,°C)	Depodaki Su Sıcaklığı (T2,°C)	Modülden Su Çıkış Sıcaklığı (T3,°C)	Kondenslerden Su Çıkış Sıcaklığı(T4,°C)
0	23,2	23	22,1	22,3
30	22,5	22,1	22,3	22,3
60	3,1	22,5	23,2	22,3
90	1,4	23	23,5	22,5
120	0,9	23,2	23,7	23
150	1,2	23,5	24	23,2
180	1,4	23,7	24,4	23,5
210	1,4	24,2	24,7	24
240	1,4	24,2	24,9	24,2
270	1,4	24,4	25,1	24,4
300	1,6	24,7	25,4	24,7
330	2,1	24,9	25,4	24,9
360	2,1	25,1	25,8	24,9
390	2,1	25,4	25,8	25,1
420	2,1	25,6	26,1	25,4
450	2,8	25,6	26,3	25,6
480	2,1	25,8	26,5	25,8
510	2,4	26,1	26,5	25,8
540	2,8	26,1	26,8	26,1
570	3,6	26,3	27	26,3
600	3,6	26,5	27	26,3

Çizelge 5.4 5 Volt geriliminde ve sistem vücuda temaslı halde

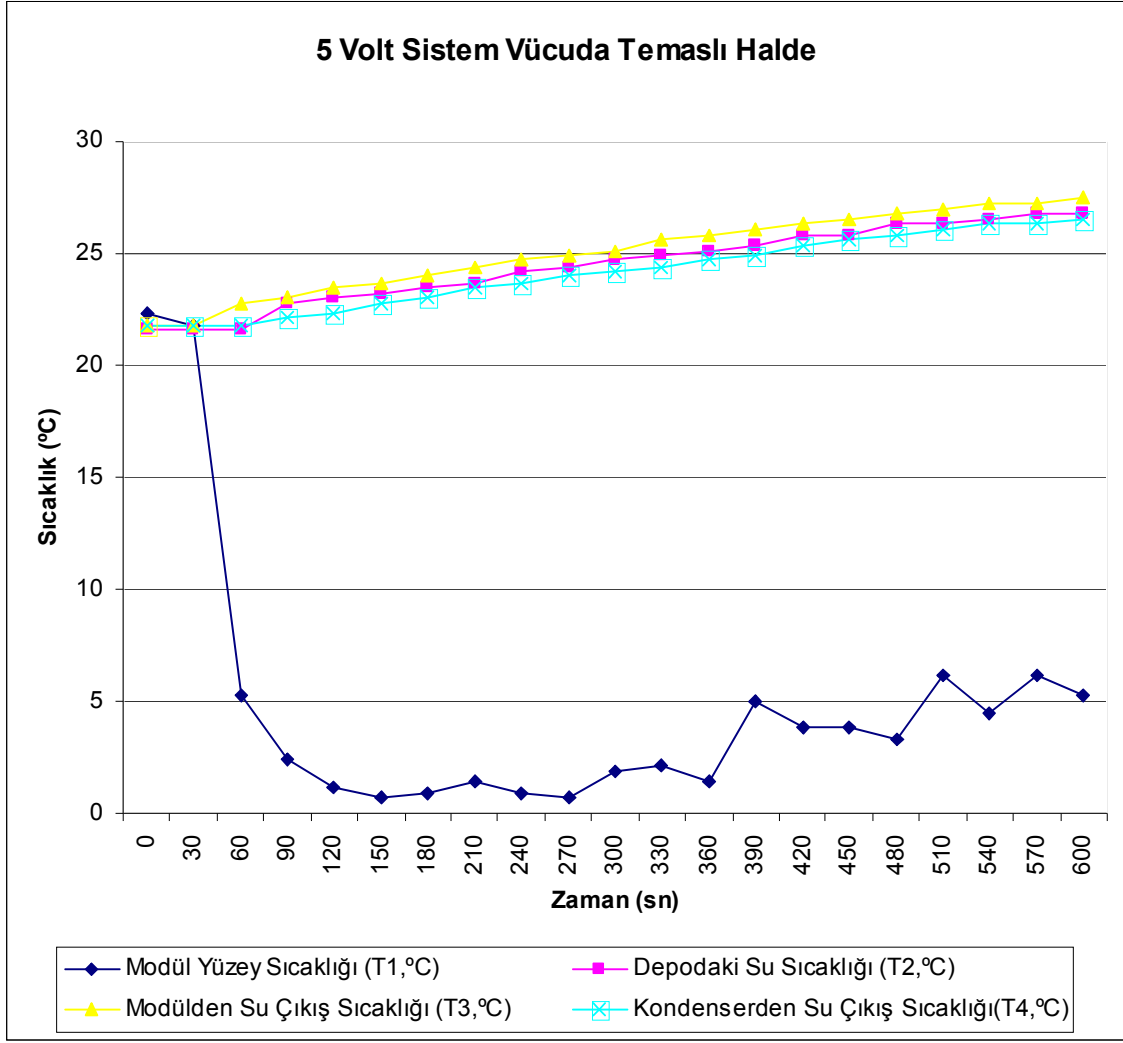
5 Volt Sistem Vücuda temaslı				
Zaman (t1,sn)	Modül Yüzeý Sıcaklığı (T1,°C)	Depodaki Su Sıcaklığı (T2,°C)	Modülden Su Çıkış Sıcaklığı (T3,°C)	Kondenslerden Su Çıkış Sıcaklığı(T4,°C)
0	22,3	21,6	21,8	21,8
30	21,8	21,6	21,8	21,8
60	5,3	21,6	22,8	21,8
90	2,4	22,8	23	22,1
120	1,2	23	23,5	22,3
150	0,7	23,2	23,7	22,8
180	0,9	23,5	24	23
210	1,4	23,7	24,4	23,5
240	0,9	24,2	24,7	23,7
270	0,7	24,4	24,9	24
300	1,9	24,7	25,1	24,2
330	2,1	24,9	25,6	24,4
360	1,4	25,1	25,8	24,7
390	5	25,4	26,1	24,9
420	3,8	25,8	26,3	25,4
450	3,8	25,8	26,5	25,6
480	3,3	26,3	26,8	25,8
510	6,2	26,3	27	26,1
540	4,5	26,5	27,2	26,3
570	6,2	26,8	27,2	26,3
600	5,3	26,8	27,5	26,5

5 volt geriliminde T1 sıcaklıkları sistem vücuda temassızken 0,9°C'ye , sistem vücuda temaslı iken ise 0,7°C'ye kadar düşmüştür. Depoda bulunan su sıcaklıkları ise 26,5°C ve 26,8°C dir. Görüldüğü gibi gerilim arttırıldıkça depodaki su sıcaklığı da artmaktadır. Su sıcaklığını düşürmek için sistemin donanım gereksinimi artmaktadır. 5 volt geriliminde yapılan deneyler sonucunda Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.3; 5 volt sistem vücuda temassız

5 volt deneyinde sistem vücuda halde iken, modül yüzey sıcaklığı 75. saniyeye kadar büyük bir ivme ile düşme göstermiş daha sonra sıcaklığın düşmesi azalmıştır. 120. saniyede T1 yüzey sıcaklığı en düşük seviyeye  $0,9^{\circ}\text{C}$ 'ye düşmüştür. Bu noktadan sonra depodaki su sıcaklığı (T2) yükselmeye başlamıştır. Depodaki su sıcaklığındaki artışın sebebi ısı eşanjörün (kondenser) de yeterli soğutmanın yapılamamasıdır. Deney sonunda T1,  $3,6^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar yükselmiştir.



Şekil 5.4 5 volt sistem vücuda temaslı

Sistem vücuda temaslı halde olduğunda ise T1, 150 ve 270. sn'lerde minimum  $0,7^{\circ}\text{C}$ 'ye inmiştir. Sistemde T1 ikinci defa en düşük seviyeyi gördükten sonra yükselme eğilimine girmiş ve deney sonunda  $5,3^{\circ}\text{C}$ 'ye olduğu gözlenmiştir. Vücuda temaslı ve temassız halde yapılan deneylere bakıldığında temaslı sistemlerde T2'nin daha yüksek seviyeye çıktığı gözlenmiştir.

**6 Volt deneyi :** 6 volt deneyleri sırasında termoelektrik modüller 2,75 amper akım çekmişlerdir. Sistemin harcadığı güç 44 Wattır. 6 volt gerilim altında gerçekleştirilen, deneylere ait sonuçlardan Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.5 6 Volt geriliminde ve sistem vücuda temassızken elde edilen sonuçlar

6 Volt Sistem Vücuda temassız				
Zaman (t1,sn)	Modül Yüzey Sıcaklığı (T1,°C)	Depodaki Su Sıcaklığı (T2,°C)	Modülden Su Çıkış Sıcaklığı (T3,°C)	Kondenserden Su Çıkış Sıcaklığı(T4,°C)
0	21,8	22,3	22,5	22,5
30	-0,3	23	23,7	22,5
60	-1,8	23,5	24	22,8
90	-1,8	24	24,4	23,2
120	-2	24,2	24,7	23,7
150	-2,3	24,4	24,9	24
180	-1,5	24,9	25,4	24,4
210	-1	25,1	25,6	24,7
240	-1,3	25,4	26,1	24,9
270	-1,3	25,6	26,1	25,1
300	-0,5	25,8	26,5	25,6
330	-0,5	26,1	26,8	25,8
360	-0,3	26,3	27	26,1
390	-0,3	26,5	27,2	26,3
420	0	26,8	27,5	26,5
450	-0,3	27	27,7	26,8
480	0,2	27	28	26,8
510	0,7	27,2	28	27
540	0,7	27,5	28,2	27,2
570	0,7	27,7	28,4	27,5
600	0,9	27,7	28,4	27,7

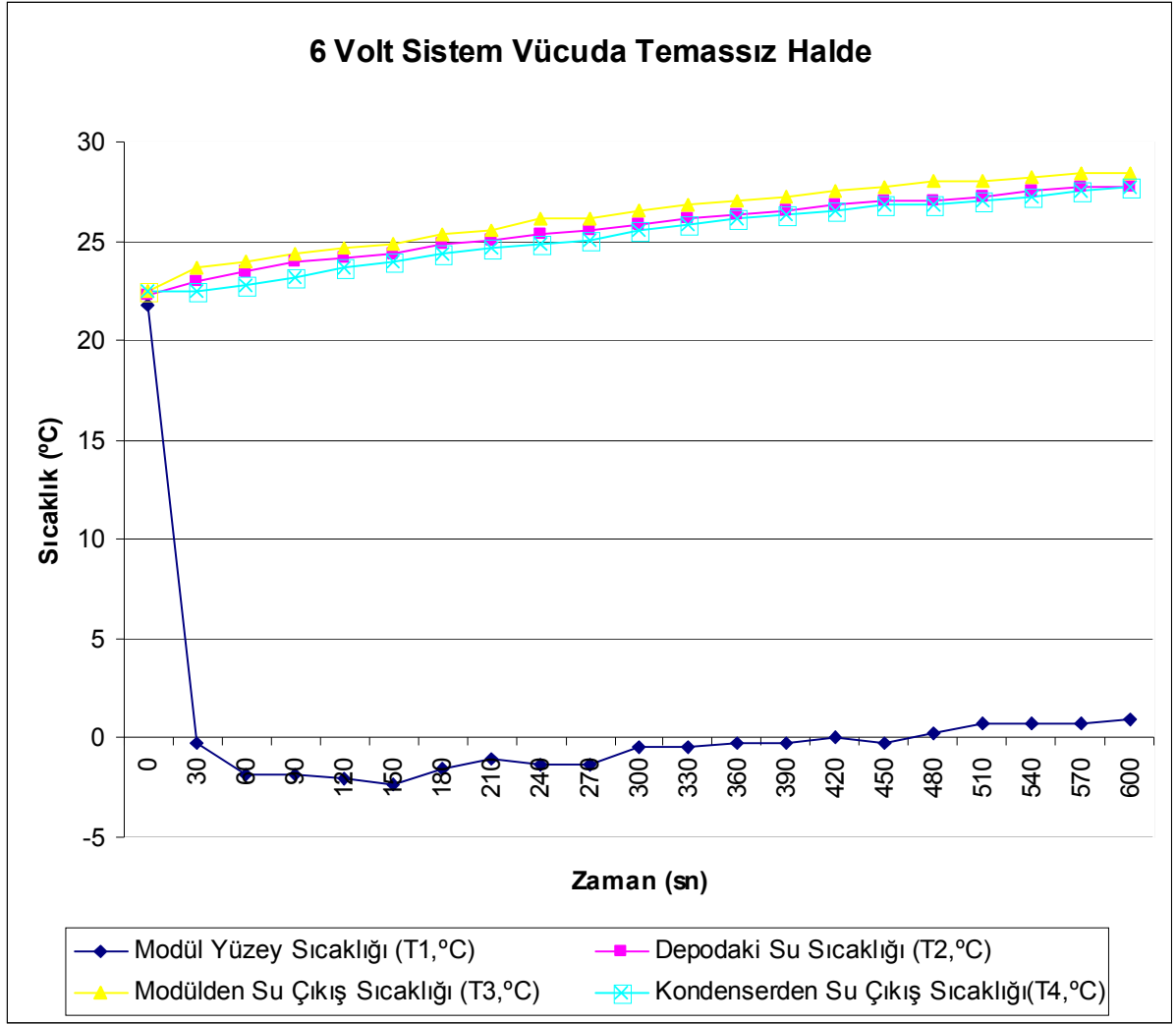


Çizelge 5.6 6 Volt geriliminde ve sistem vücuda temaslı iken elde edilen sonuçlar

6 Volt Sistem Vücuda temaslı				
Zaman (t1,sn)	Modül Yüzeý Sıcaklığı (T1,°C)	Depodaki Su Sıcaklığı (T2,°C)	Modülden Su Çıkış Sıcaklığı (T3,°C)	Kondenserden Su Çıkış Sıcaklığı(T4,°C)
0	22,3	23,5	23,7	24
30	11,5	23,5	24	23,7
60	6,7	24,7	25,1	24
90	3,3	24,9	25,6	24,4
120	1,2	25,1	25,8	24,7
150	1	25,6	26,1	25,1
180	0,4	25,8	26,5	25,4
210	-1	26,1	26,8	25,6
240	-1,5	26,5	27,2	26,1
270	-1	26,8	27,5	26,3
300	0,7	27	27,7	26,8
330	0,9	27,2	28	26,8
360	0,9	27,5	28,2	27,2
390	1,2	27,7	28,4	27,2
420	1,4	27,7	28,7	27,5
450	1,4	28,2	28,9	27,7
480	3,6	28,2	28,9	28
510	5,3	28,4	29,4	28,2
540	5,5	28,7	29,4	28,4
570	5,5	28,7	29,6	28,4
600	6,2	28,9	29,8	28,7

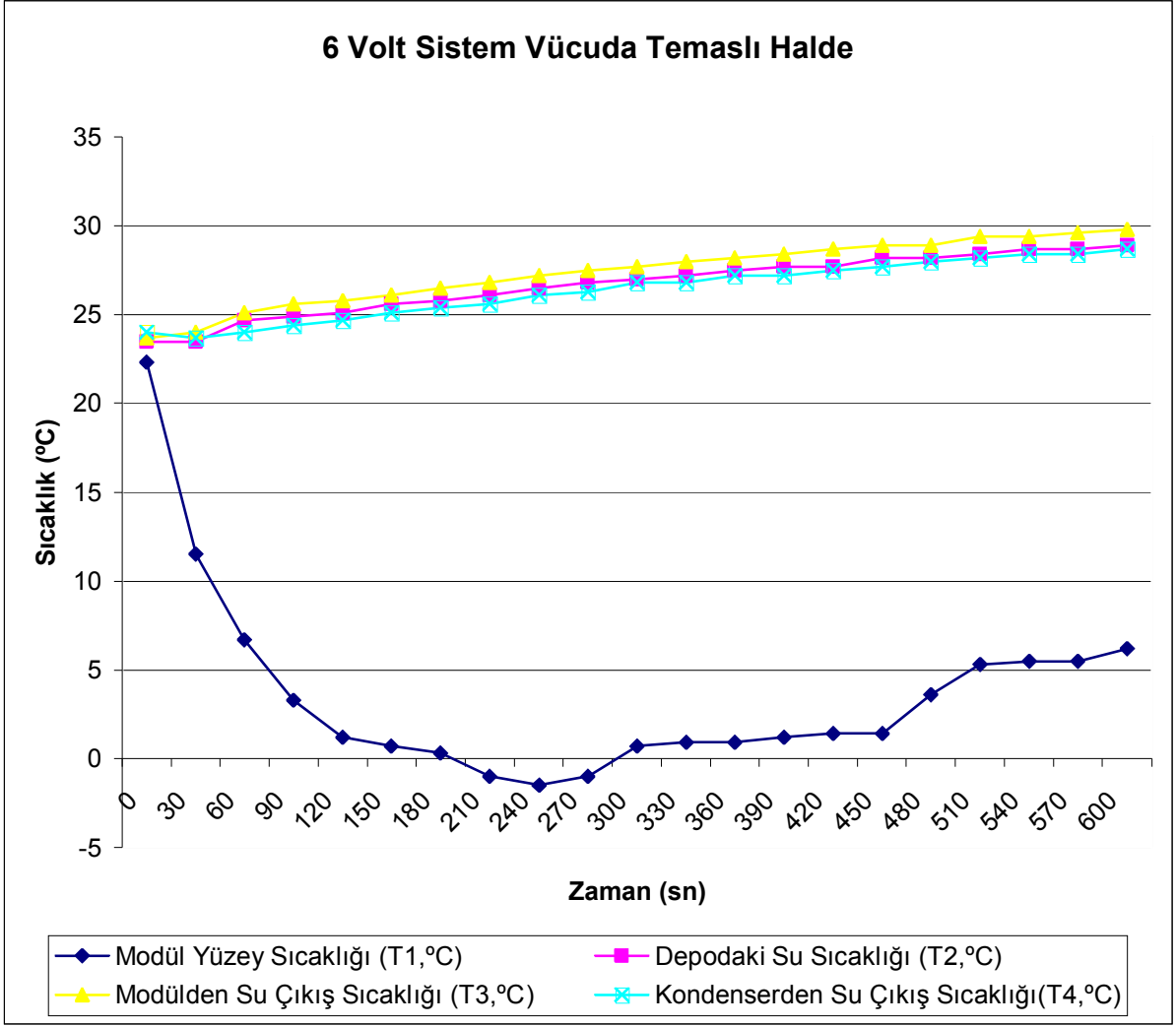
6 volt geriliminde T1 sıcaklıkları sistem vücuda temassızken -2,3°C'ye , sistem vücuda temaslı iken ise -1,5°C'ye kadar düşmüştür. Depoda bulunan su sıcaklıkları ise 27,7°C ve 28,9°C dir. Görüldüğü gibi gerilim arttırıldıkça depodaki su sıcaklığı da artmaktadır. Deneylerde gerilimin artırılması ile soğutma etkisi artmıştır. 5 volt deneyine göre daha

başarılı bir soğutma sağlanmıştır. Bu deneyler sonucunda Şekil 5.5 ve Şekil 5.6 elde edilmiştir.



Şekil 5.5 6 volt sistem vücuda temassız

6 volt geriliminde sistem vücuda temassız halde deneye başlandığında T1’de büyük bir düşüş gözlenmiştir. Deney sırasında T1 150. sn’de  $-2,3^{\circ}\text{C}$ ’de minimum seviyededir. Bu noktadan sonra T1 artış eğilimine girmiştir.



Şekil 5.6 6 volt sistem vücuda temaslı

Görüldüğü gibi sistem vücuda temaslı halde olduğu durumda 0°C'nin altına inilmiştir. Soğuk terapi cihazının uygulanması için 0°C'nin altındaki sıcaklıklar tercih edilmemektedir. 0°C'nin altındaki sıcaklık değerlerinde insan teninde donmalar oluşmaktadır. Buda istenmeyen bir durumdur. Sistem bu haliyle uygulanabilir ve kullanılabilir bir durumdadır. Cihaz modüle verilen akım ve gerilimleri kontrol edebildiği için istenilen sıcaklık değerlerinde çalıştırılabilir.

**7 Volt deneyi :** 7 volt deneyleri sırasında termoelektrik modüller 3,25 amper akım çekmişlerdir. Sistem bu haliyle 91 Watt enerji tüketmektedir. 7 volt gerilim altında gerçekleştirilen, deneylere ait sonuçlardan Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.7 7 Volt geriliminde ve sistem vücuda temassızken elde edilen sonuçlar

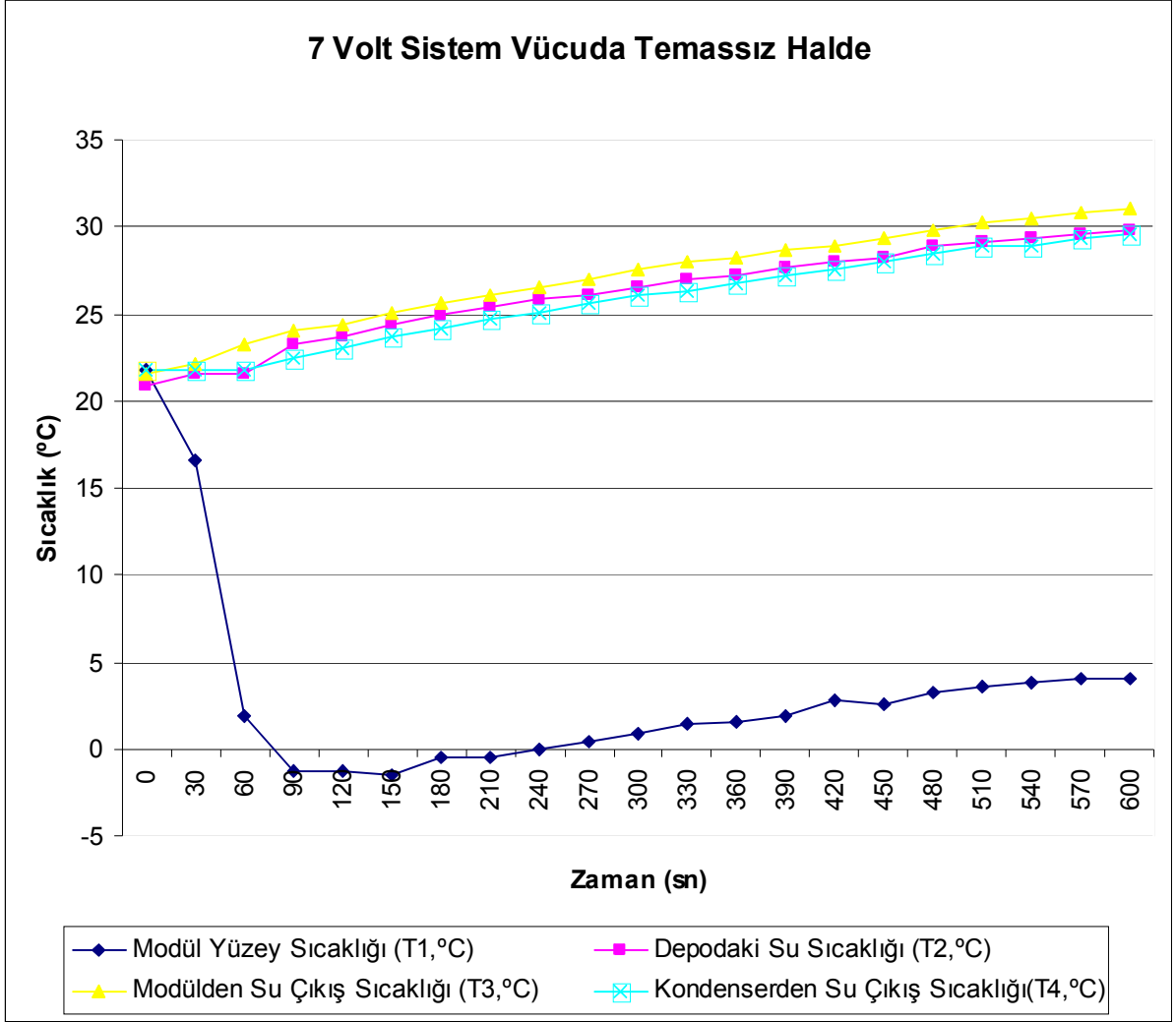
7 Volt Sistem Vücuda Temassız				
Zaman (t1,sn)	Modül Yüzey Sıcaklığı (T1,°C)	Depodaki Su Sıcaklığı (T2,°C)	Modülden Su Çıkış Sıcaklığı (T3,°C)	Kondenserden Su Çıkış Sıcaklığı(T4,°C)
0	21,8	20,9	21,6	21,8
30	16,6	21,6	22,1	21,8
60	1,9	21,6	23,2	21,8
90	-1,3	23,2	24	22,5
120	-1,3	23,7	24,4	23
150	-1,5	24,4	25,1	23,7
180	-0,5	24,9	25,6	24,2
210	-0,5	25,4	26,1	24,7
240	0	25,8	26,5	25,1
270	0,4	26,1	27	25,6
300	0,9	26,5	27,5	26,1
330	1,4	27	28	26,3
360	1,6	27,2	28,2	26,8
390	1,9	27,7	28,7	27,2
420	2,8	28	28,9	27,5
450	2,6	28,2	29,4	28
480	3,3	28,9	29,8	28,4
510	3,6	29,1	30,3	28,9
540	3,8	29,4	30,5	28,9
570	4	29,6	30,8	29,4
600	4	29,8	31	29,6

Çizelge 5.8 7 Volt geriliminde ve sistem vücuda teması iken elde edilen sonuçlar

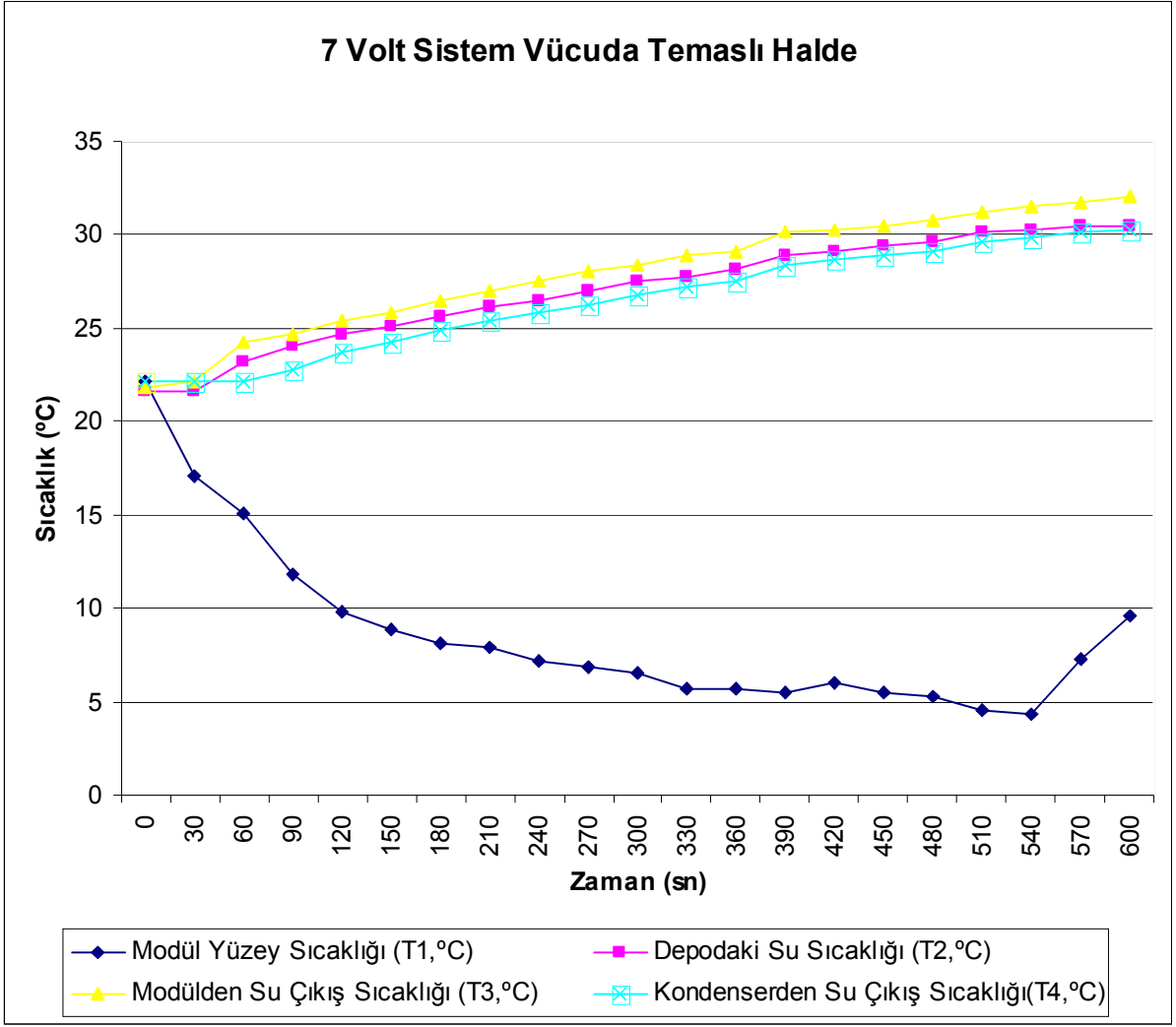
7 Volt Sistem Vücuda teması				
Zaman (t1,sn)	Modül Yüzey Sıcaklığı (T1,°C)	Depodaki Su Sıcaklığı (T2,°C)	Modülden Su Çıkış Sıcaklığı (T3,°C)	Kondenserden Su Çıkış Sıcaklığı(T4,°C)
0	22,1	21,6	21,8	22,1
30	17,1	21,6	22,1	22,1
60	15,1	23,2	24,2	22,1
90	11,8	24	24,7	22,8
120	9,8	24,7	25,4	23,7
150	8,9	25,1	25,8	24,2
180	8,1	25,6	26,5	24,9
210	7,9	26,1	27	25,4
240	7,2	26,5	27,5	25,8
270	6,9	27	28	26,3
300	6,5	27,5	28,4	26,8
330	5,7	27,7	28,9	27,2
360	5,7	28,2	29,1	27,5
390	5,5	28,9	30,1	28,4
420	6	29,1	30,3	28,7
450	5,5	29,4	30,5	28,9
480	5,3	29,6	30,8	29,1
510	4,5	30,1	31,2	29,6
540	4,3	30,3	31,5	29,8
570	7,3	30,5	31,7	30,1
600	9,6	30,5	32	30,3

7 volt geriliminde T1 sıcaklıkları beklenildiğinden daha yüksek çıkmıştır. Sistem vücuda temassızken T1 sıcaklığı -1,5°C'ye kadar düşmüştür. Sistem vücuda teması iken T1 sıcaklığı ancak 4,3°C'ye inmiştir. Depodaki su sıcaklığı ise çok hızlı bir artış göstermiştir. Sistem vücuda temassız çalıştırıldığında 29,8°C'ye yükselmiştir. Sistem vücuda teması çalıştırıldığında ise 30,5°C'ye yükselmiştir. Depo suyundaki hızlı artış nedeniyle modüllerin

performansı düşmüştür. Eğer depodaki su sıcaklığındaki artış her hangi bir şekilde önlenebilirse daha düşük yüzey sıcaklıkları elde edilecektir. Cihazın hayata geçirilmesi için elde ettiğimiz bu veriler yeterlidir. Elde edilen verilerden Şekil 5.7 ve Şekil 5.8 oluşturulmuştur.



Şekil 5.7 7 volt sistem vücuda temassız



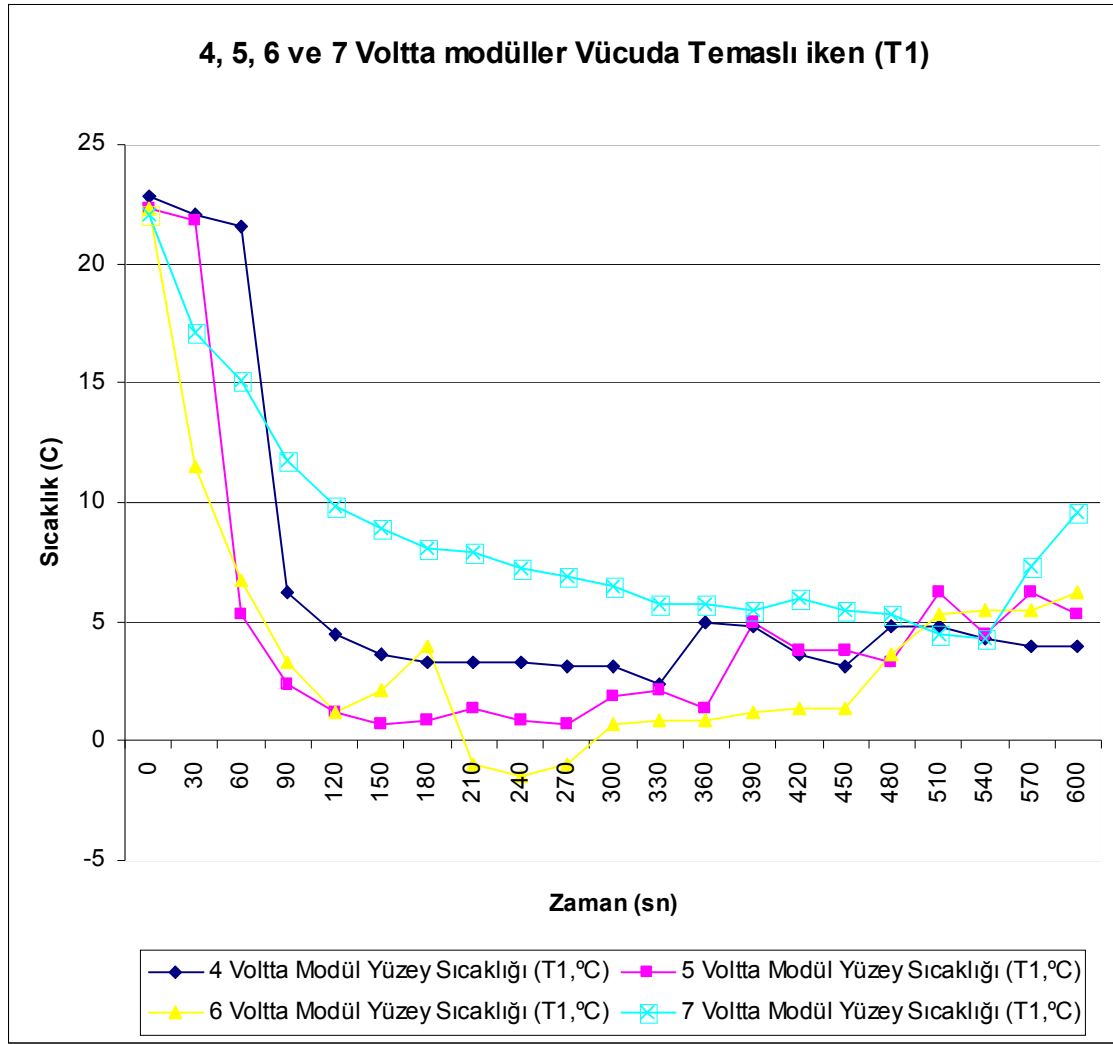
Şekil 5.8 7 volt sistem vücuda temaslı

Tüm deneyler tamamlandıktan sonra, modüller vücuda temaslı iken elde edilen sonuçlardan Çizelge 5.9 ve Şekil 5.9 elde edilmiştir.

Çizelge 5.9 Modüller vücuda temaslı halde iken elde edilen veriler

4,5,6, ve 7 Voltta modüller Vücuda Temaslı iken (T1)				
Zaman (t1,sn)	4 Voltta Modül Yüzey Sıcaklığı (T1,°C)	5 Voltta Modül Yüzey Sıcaklığı (T1,°C)	6 Voltta Modül Yüzey Sıcaklığı (T1,°C)	7 Voltta Modül Yüzey Sıcaklığı (T1,°C)
0	22,8	22,3	22,3	22,1
30	22,1	21,8	11,5	17,1
60	21,6	5,3	6,7	15,1
90	6,2	2,4	3,3	11,8
120	4,5	1,2	1,2	9,8
150	3,6	0,7	2,1	8,9
180	3,3	0,9	4	8,1
210	3,3	1,4	-1	7,9
240	3,3	0,9	-1,5	7,2
270	3,1	0,7	-1	6,9
300	3,1	1,9	0,7	6,5
330	2,4	2,1	0,9	5,7
360	5	1,4	0,9	5,7
390	4,8	5	1,2	5,5
420	3,6	3,8	1,4	6
450	3,1	3,8	1,4	5,5
480	4,8	3,3	3,6	5,3
510	4,8	6,2	5,3	4,5
540	4,3	4,5	5,5	4,3
570	4	6,2	5,5	7,3
600	4	5,3	6,2	9,6





Şekil 5.9 Farklı gerilimlerdeki T1 sıcaklıkları arasındaki ilişki

Görüldüğü gibi 6 voltta sistem gayet iyi çalışmakta ve istenilen soğutmayı sağlamaktadır. Bu nedenle 6 volt gerilimi soğuk terapi cihazı için yeterli olmaktadır.



## BÖLÜM 6

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Deneyler tamamlandıktan sonra, modüller vücuda temaslı iken yapılan deneyler karşılaştırılmıştır. 4volt, 5volt, 6volt ve 7volt gerilimlerinde elde edilen en düşük sıcaklıklar sırasıyla 2.4°C, 0.7°C, -1.5°C ve 4.3°C'dir. 6 volt deneyinde diğer deneylere göre çok daha iyi bir performans yakalanmıştır. İlk etapta gerilimin artışına bağlı olarak soğutma performansı ilk üç deneyde artmıştır. 6 volt deneyinden sonra gerilim 7 volta çıkartılmış fakat 7 volt geriliminde yüksek enerji tüketimine rağmen performansın düştüğü gözlenmiştir. Bunun sebebi şu şekilde açıklanabilir. Modüllere uygulanan gerilim arttırıldığında modüllerin ısınan yüzeylerini sıcaklıkları da daha büyük bir ivme ile artmaktadır. Deneyler sırasında depodaki su sıcaklıklarının azami değerleri sırasıyla 25.1°C, 26.8°C, 28.9°C ve 30.5°C'dir. özellikle 6 volt deneyinden sonra soğuk tedavi cihazında kullanılan ısı eşanjörünün veriminin düşük olduğu görülmüştür. Bu nedenle 6 volt deneyinden sonraki deneylerde verimler giderek düşecektir. Verim düşüklüğünü ortadan kaldırmak için daha iyi bir su soğutma sistemine ihtiyaç vardır.

Soğuk terapi cihazının insan tenine uygulandığı zaman, buzun verdiği hisse yakın bir his vermesi gerekmektedir. Buz bazen donmalara neden olmaktadır. Buzun dondurucu etkisini azaltmak için uygulama sırasında ten ile buz arasına ısı geçişini azaltmak için kumaş konulmaktadır. Soğuk terapi cihazında böyle bir durum söz konusu değildir. Cihaz farklı derecelerde soğutma yapabildiği için donma olayına rastlanmaz. Soğuk terapi cihazında modüller bir kumaş içerisine yerleştirilmiştir. Bu sayede düşük sıcaklıklarda ısı geçişi yavaşlatılmıştır. Ayrıca modüller ten'e doğrudan temas etmediği için düşük sıcaklıklarda çalıştırılsa dahi hiçbir zarar vermezler.

Soğuk terapi cihazı bu haliyle kullanılabilir durumdadır. Soğuk tedavi cihazının daha düşük sıcaklıklarda çalıştırılabilmesi için, öncelikle su soğutma sisteminde bulunan ısı eşanjörünün veriminin arttırılması gerekmektedir. Bu verim artışını elde etmek için ya daha büyük bir ısı

değiştiricisi ile değiştirmek, yada mevcut ısı eşanjörünün yüzey alanını artırmak gerekmektedir. Bu değişim yapılırsa 6 volt ve üzerindeki deneylerde de daha yüksek verimler elde edilebilir. Ayrıca termoelektrik modüller küçük birer ısı pompasıdır. Termoelektrik modüllerin bir diğer üstünlüğü de gerilim uygulanan uçları değiştirildiğinde, ısınan ve soğuyan yüzeyleri de doğrudan değişmektedir. Yani uçlar değiştirildiğinde ısınan yüzey soğumakta, soğuyan yüzey ise ısınmaktadır. Bu avantaj kullanılarak insan vücudunun istenilen bölgeleri sıcak tutulabilir. Ayrıca modüllerin bulunduğu bölüme titreşim sağlaması amacıyla bir motor yerleştirilirse masaj uygulamalarında da kullanılabilir. Modüllerin sıcaklık kontrolü için bir mikro denetleyici kullanıldığı takdirde sistemin güvenilirliği artacaktır.

## KAYNAKLAR

- Acar B.** (2005) Soğutma Çeşitleri ve Termoelektrik Soğutma Uygulamaları, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seminer Notları, Karabük
- Barber F A, McGuire D A and Click S** (1998): Continuous-flow cold therapy for outpatient anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 14: 130-135.
- Ciylan B** (2005) Termoelektrik Modüller İçin Mikrodenetleyici Kontrollü Yeni Bir Test Sisteminin Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi, Doktora Tezi (yayımlanmış), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Ve Bilgisayar Eğitimi, Ankara, 1 s.
- Ciylan B and Yılmaz S** (2006) Design of a thermoelectric module test system using a novel test method, *International Journal of Thermal Sciences*.
- Covington D B and Bassett F H** (1993) When cryotherapy injures. *Phys Sports Med*, 21: 78-93.
- Çakır H** (2006) Güneş Piliyle Elde Edilen Elektrik Enerjisinin Termoelektrik Soğutmada Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmış), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi, Zonguldak, 1,32s.
- Dikmen E** (2003) Termoelektrik Soğutucuların Çalışma kriterlerine Etki Eden Faktörlerin Ve Endüstrideki kullanım Alanların Tespiti, (yayımlanmış), Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 1, 43s.
- Fidan U** (2000) Mikrodenetleyici Kontrollü Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kiti Cihaz Tasarımı Ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmış), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Bilgisayar Eğitimi, Ankara, 1 s.
- Gao M and Rowe D M** (2005) Exporitemel Evalutaion of Prototeyp Thermoelectric Domestic Retrigeratos, *Applied Energy*, Spain. Pp.1-20
- Graham C A and Stevenson J** (2000) Frozen chips: an unusual cause of severe frostbite injury. *Br J Sports Med*, 34: 382-383.
- Hansen K** (2003) Thermal performance of a 61-cell Si-drift detector module with thermoelectric cooler, *Deuthes elektronen Synchrotron DESY*, D-22607 Hamburg, Germany
- Hochberg J** (2001) A randomized prospective study to assess the efficacy of two cold-therapy treatments following carpal tunnel release. *J Hand Ther*, 14: 208-215.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Işık H** (2002) Mikro Denetleyicili, Sıcaklık kontrollü AMGK Sistemi, Doktora Tezi (yayımlanmış), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Ve Bilgisayar Eğitimi, Ankara, 1 s.
- İmadoğlu A.C** (2003) Portatif buzdolabı projesi raporu Ankara 1-3s
- Kılıç M ve Yiğit A** (2000) *Isı Transferi*. 1. basım, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları: 29, Rota Ofset Matbaacılık ve Ambalaj Sanayi Aş.Nitelik Matbaacılık, Bursa, 367 s.
- Kırmacı V** (2002) Termoelektrik Soğutma Etkisinin Soğutmada Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmış), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi, Ankara, 1 s.
- Lertsatitthanakorn C** (2006) Electrical performance analysis and economic evaluation of combined biomass cook stove thermoelectric (BİTE) generator, *Bioresource Technology*,
- Maneewan S, Khedari J, Zeghmati B and Hirunlabh J** (2003) Investigation on generated power of thermoelectric roof solar collector, *Renewable Energy*, 29: 743-752
- Mathiprakasami K and Rowe D M** (1986) Development of Thermoelectric Freezing Point Apparatus, in proc., *6 th Conf.Thermoelectric Energy Conversion*, Arlington, 95, Texas.
- Mole C J, Foster D V and Feranchak R A** (1972) Thermoelectric Cooling Techonology, *IEEE Trans. Ind. Appl.*,1A-8,No.2, 108-125
- Nuwayhid R Y, Shihadeh A and Ghaddar N** (2004) Development and testing of a domestic woodstove thermoelectric generator with natural convection cooling, *Energy Conversion and Management* 46: 1631-1643
- On Y A** (2006) Ağrı Tedavisinde Soğuk Uygulamalar, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, İzmir
- Ökten E** (2007) Mikrodenetleyicili Sıcaklık ve Hız Kontrollü Termoelektrik Yarıiletken Üretim Sistemi, yüksek Lisans tezi (yayımlanmış) Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Bilgisayar Eğitimi, Ankara, 3 s
- Salimi M** (2001) Termoelektrik Sistemlerin Analiz Programı, Yüksek lisans Tezi (yayımlanmış), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Ve Bilgisayar Eğitimi, Ankara, 1 s
- Tay A, Chua H T and Wu X** (2006) A lamp thermoelectricity based integrated bake/chill system for photoresist processing, *Internentional Journal of Heat and Mass Transfer*, Volume 50, Issues 3-4, February 2007, Pages 580-594

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Uçar R. ve Bardakçı B.** (2005) Termoelektrik Soğutma, Lisans Tezi (yayımlanmış), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Makine Eğitimi Bölümü, Tesisat Anabilim Dalı, Zonguldak, 1-26 s.
- URL-1** (2008) <http://www.hebeiltd.com.cn/peltier.datasheet/TEC1-12706.pdf>, Tec1-12706' modülüne ait fabrika verileri, (07. Haziran 2008)
- URL-2** (2008) [http://tr.wikipedia.org/wiki/Isı\\_eşanjörü](http://tr.wikipedia.org/wiki/Isı_eşanjörü), Isı eşanjörünün tanımı, (06 Haziran 2008)
- URL-3** (2008) <http://www.armeelektronik.com/termokupl.html>, Termokupllara ait teknik veriler. (06 Haziran 2008)
- Usta H ve Kırmacı V** (2003) "Termoelektrik Etkiler ve Soğutma Etkinliğinin Uygulanması", Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Teknoloji Dergisi Makalesi*, Ankara, 5s
- Vian , J.G., Astrain, D., Dominguez, M.** (2001) Numerical Modelling and a Deasing of a Thermoelectitic Dehumidifier, Applied Thermal Engineering, 22 Madrid, pp 407-422.
- Yerakum** (2005) Güneş Piliyle Çalışan Termoelektrik Soğutma Cihazı, *Araştırma projesi*, Süleyan Demirel Üniversitesi, Isparta 6-7 s





## ÖZGEÇMİŞ

İlyas TÜFEKLİ\* 1981'de İskenderun'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini Belen'de tamamladı; Osmaniye Endüstri Meslek Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2001 yılında Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü Tesisat Öğretmenliği Programı'na girdi; 2005'de "iyi" derece ile mezun olduktan sonra 2005 yılında Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi ABD'da Yüksek Lisans eğitimine başladı. Halen Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi ABD' da eğitimini sürdürmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres: Tufanpaşa Mah. Ozan Sok  
No:34  
Kozan / ADANA  
Tel: 0 554 720 17 41  
E-posta: tufeklilyas@hotmail.com

---

\* Tezi hazırlayan öğrenci

