

PELT ER MODÜL LE TA IT KL MA TASARIMI

YÜKSEK L SANS TEZ

Murat M EK

DANI MAN

Doç. Dr. brahim MUTLU

MAK NE MÜHEND SL ANAB L M DALI

TEMMUZ, 2015

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PELTİLERİN MODÜLLETAİT KLİMA TASARIMI

Murat MEK

DANIŞMAN

Doç. Dr. brahim MUTLU

MAKİNE MÜHENDİSLİK ANABİLİM DALI

TEMMUZ, 2015

B L MSEL ET K B LD R M SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmamda;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, dilsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

09/07/2015

mza

Murat M EK

TEZ ONAY SAYFASI

Murat M EK tarafından hazırlanan “Peltier Modül ile ta it klima tasarımı” adlı tez çalı ması lisansüstü e itim ve ö retim yönetmeli inin ilgili maddeleri uyarınca 09/07/2015 tarihinde a a ıdaki jüri tarafından oy birli i ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisli i Anabilim Dalı’nda YÜKSEK L SANS TEZ** olarak kabul edilmi tir.

Danı man : Doç. Dr. brahim MUTLU

Ba kan : Doç. Dr. brahim MUTLU mza
Afyon Kocatepe Ü. Teknoloji Fakültesi,

Üye : Doç. Dr. Fatih AKSOY mza
Afyon Kocatepe Ü. Teknoloji Fakültesi,

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet Fevzi SAVA mza
Bilecik eyh Edebalı Ü. Güzel Sanatlar Ve Tasarım Fakültesi,

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmı tir.

.....
Prof. Dr. brahim EROL
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PELTİER MODÜLLE TAİT KLİMA TASARIMI

Murat MEK

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. brahim MUTLU

Bu tez çalışmasında peltier modülü kullanılarak araç içi havanın soğutulması hedeflenmiştir. Standart araç klimaları motor performansını düşürmektedir. Bu klimalar araç yakıt tüketimini arttırmaktadır. Bu olumsuzlukları yok etmek için termoelektrik modül kullanılmıştır. Termoelektrik modüller yarıiletken malzeme tabanlı yapılar olup, jeneratör ve soğutucu tipinde olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Her iki modül tipinde de n ve p tipi yarıiletken malzemeler kullanılır. Bir n-tipi ve bir p-tipi yarıiletken bir araya gelerek yarıiletken çifti oluştururlar. Bu çiftler seri olarak birbirine bağlanır ve termoelektrik modülü meydana getirirler.

Termoelektrik modül çözümleri tasarımlarda kullanılarak hava soğutma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Soğutma işlemi için 4 adet deney yapılmıştır. 6 adet peltier ile, 0,25 m³ hava 20 dakika içerisinde 28 °C'den 19,1 °C'ye düşürülmüştür. Peltier malzeme kullanılarak taıt klima tasarımının mümkün olduğu görülmektedir.

2015, x + 45 sayfa

Anahtar Kelimeler: Peltier, Soğutma Sistemleri, Taıt Klima, klimalendirme, Termoelektrik Modül

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE VEHICLE AIR CONDITION DESIGN WITH PELTIER MODULE

Murat M EK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Mechanical Engineering Department

Supervisor: Assoc. Prof. brahim MUTLU

In this study, it's carried out on the vehicle indoor air cooling by using peltier module. Standard vehicle air conditioners reduced to engine performance. Also, these air conditioners increased to fuel consumption. Thermoelectric modules used for avoid these disadvantages. Thermoelectric modules are the modules which were made of semi-conductor components and considered as two groups as generator and cooler. Each two modules consist of n and p type doped semi-conductor materials. Semiconductors are connected in serially to bring out the thermoelectric module.

Air cooling system tested by using thermoelectric modules. Its performance determinate with four the different test. 0.25 m³ air temperature reduced from 28 °C to 19.1°C in 20 minutes by using six air conditioners are possible by using peltier material.

2015, x + 45 pages

Key Words: Peltier Cooling Systems, Vehicle Air Conditioning, Air Conditioning, Thermoelectric Modules

TE EKKÜR

Bu ara tırmanın konusu, deneysel çalı maların yönlendirilmesi, sonuçların de erlendirilmesi ve yazımı a amasında yapımı oldu u büyük katkılarından ve maddi , manevi desteklerinden dolayı tez danı manım Sayın Doç. Dr. brahim MUTLU'ya , ara tırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Fatih AKSOY'a ve Yar. Doç. Dr. brahim YAVUZ'a, her konuda öneri ve ele tirileriyle yardımlarını gördü üm hocalarıma ve arkadaşlarıma ve Sayın Ömer Faruk DÜNDAR'a te ekkür ederim.

Bu ara tırma boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen e ime ve aileme te ekkür ederim.

Murat M EK
AFYONKARAH SAR, 2015

Ç NDEK LER D Z N

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TE EKKÜR	iii
Ç NDEK LER D Z N	iv
S MGELER ve KISALTMALAR D Z N	vi
EK LLER D Z N	vii
Ç ZELGELER D Z N	x
1. G R	1
2. L TERATÜR B LG LER	2
2.1 TA İT KL MA S STEM	5
2.1.1 Klima Sistemi ile İlgili Temel Bilgiler	5
2.1.2 Ta ıt Klimalarının Çalı ma Prensibi ve So utucu Akı kan.....	6
2.1.2.1 Standart Ta ıt Klimalarının Çalı ma Prensibi	6
2.1.2.2 Ta ıt Klima Sisteminde Kullanılan So utucu Akı kan	7
2.1.2.3 Ta ıt Klima Sistemlerinin Ta ıt Performansına Etkisi	8
2.2 Termoelektrik Olaylar	9
2.2.1 Seebeck Etkisi	9
2.2.2 Peltier Etkisi	10
2.2.3 Thomson Etkisi	11
2.2.4 Termoelektrik Modül	12
2.2.5 Termoelektrik So utma Kullanım Alanları	13
2.2.5.1 Elektronik Alanında Örnek Kullanımları	14
2.2.5.2 Elektro-Optik Alanında Örnek Kullanımları	14
2.2.5.3 Fizik Alanında Örnek Kullanımları	15
2.2.5.4 Kimya Alanında Örnek Kullanımları	15
3. MATERYAL VE METOT	16
3.1 Deneylerde Kullanılan Malzemeler	16
3.1.1 Peltier	16
3.1.2 Güç Kayna ı	18
3.1.3 So utucu Metaller	18
3.1.4 nfrared Termometre	19
3.1.5 Termal Macun	20
3.1.6 So utucu Fan	22

3.1.7 Bakır Borular	22
3.1.8 Plastik Kutu (Temsili Ta ıt Kabini).....	23
3.1.9 Strafor Köpük	24
3.2 Deney Düzenlen i ve Deneysel Çalı malar	25
3.2.1 Deney 1	25
3.2.2 Deney 2	28
3.2.3 Deney 3	30
3.2.4 Deney 4	32
4. BULGULAR	36
5. SONUÇ ve ÖNER LER	41
5.1 Sonuçlar.....	41
5.2 Öneriler.....	41
6. KAYNAKLAR.....	42
ÖZGEÇM	45

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	Derece
V	Volt
I	Amper
W	Watt
	Peltier Katsayısı
R	Direnç
T	Sıcaklık
Q	Isı
T	Sıcaklık Farkı
	Thomson Katsayısı
	Seebeck Katsayısı
COP	Verim Katsayısı
P	Güç

EK LLER D Z N

	Sayfa
ekil 2.1 So utma temel elemanları ve so utucu akı kanın durumu.....	6
ekil 2.2 R-12 Sıcaklık ve basınç e risi (Kurddan 2006).	7
ekil 2.3 Seebeck voltajının ölçümü (Rowe and Bhandari 1983).....	9
ekil 2.4 Peltier devresi (Usta ve Kırmacı 2002).....	11
ekil 2.5 Thomson olayı.....	12
ekil 2.6 Thomson olayını açıklayan devre (Çiçek ve Demirel 2011).	12
ekil 2.7 Termoelektrik modülün yapısı (Yavuz vd. 2006).....	13
ekil 2.8 TEC1 so utmalı CPU fanı (nt. Kyn. 2).	14
ekil 2.9 TEC1 so utmalı lazer diyot (nt. Kyn. 2).	14
ekil 3.1 Termoelektrik modül.....	16
ekil 3.2 TEC1-12706 iç görüntüsü.	17
ekil 3.3 TEC1-12706 iç yapısı.	17
ekil 3.4 Güç kayna ı.	18
ekil 3.5 Özel yapım alüminyum so utucu.....	19
ekil 3.6 nfrared termometre.	20
ekil 3.7 Termal macun uygulaması örne i.....	21
ekil 3.8 So utma fanı.	22
ekil 3.9 Bakır boruların görünümü.....	23
ekil 3.10 Plastik kutu görünümü.	24
ekil 3.11 Deney 1: So utma kabini ve so utma elemanlarının ba lanma eması.	25

ekil 3.12	Peltierlerin alt levha üzerindeki oyuklara yerleştirilmesi.....	26
ekil 3.13	Peltierlerin alt levha üzerindeki oyuklara yerleştirilmesi.....	27
ekil 3.14	Soğutma kabini ve soğutma elemanlarının bağlanması.	27
ekil 3.15	Peltierlerin 2' erli gruplar halinde güç kaynaklarına paralel bağlanması.	28
ekil 3.16	Peltierlerin üzerine yerleştirildiği bakır borular.	29
ekil 3.17	Deney 2: Soğutma kabini ve soğutma elemanlarının bağlanması.	29
ekil 3.18	Araç içi temsili kabinin yapımı.	30
ekil 3.19	Deney 3: Soğutma kabini ve soğutma elemanlarının bağlanması.	31
ekil 3.20	Soğutma kabininin yapımı.	31
ekil 3.21	Deney 4: Soğutma kabini elemanlarının bağlanması.	32
ekil 3.22	Soğutma kabini tasarımı amaçları.	32
ekil 3.23	Soğutma kabini tasarımı amaçları - Peltierlerin görünümü.	33
ekil 3.24	Soğutma kabini tasarımı amaçları - Soğutucu alüminyum.	33
ekil 3.25	Soğutma kabini tasarımı amaçları - Kabin içi folyo kaplanması.	34
ekil 3.26	Soğutma kabini tasarımı amaçları - Kabin kapakları.	34
ekil 3.27	Soğutma kabini tasarımı amaçları - Soğutma fanları.	35
ekil 3.28	Soğutma kabini deney düzeni.	35
ekil 4.1	Soğutma kabini sıcaklık değişimi.	37
ekil 4.2	Araç içi kabinin soğutma kabine montajı – Soğutma kabini içi.	37
ekil 4.3	Araç içi kabinin soğutma kabine montajı - Hava geçişi yolu ve fan.	38
ekil 4.4	Araç içi kabinin soğutma kabine montajı - İkili kabinin birlikte görünümü..	38
ekil 4.5	Araç içi kabini ve soğutma kabini deney düzeni.	39

ekil 4.6 Deney 4 ematik görünümü.	39
ekil 4.7 Soğutma kabini sıcaklık değişimi.	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Bazı maddelerin seebeck katsayıları (nt. Kyn.1).	10
Çizelge 3.1 Modül Performans artları (nt. Kyn. 3).	16
Çizelge 3.2 nfrared termometrenin özellikleri (nt. Kyn. 4).	20
Çizelge 3.3 Termal macunun teknik özellikleri (nt. Kyn. 5).	21
Çizelge 3.4 Bakırın fiziksel özellikleri.....	23
Çizelge 3.5 Strafor malzemenin teknik özellikleri (nt. Kyn. 6).	24
Çizelge 4.1 Dış ortam ve soğutma kabini zamana göre elde edilen sıcaklık değerleri. .	36
Çizelge 4.2 Dış ortam ve araç içi kabini deney sonuçları.	40

1. G R

Araç içi konforun sa lanabilmesi sürü güvenli i için önemli bir konudur. nsanın içinde bulundu u ortamın konforlu ve sa lıklı olabildi i için, ortam sıcaklı ının 25 °C civarında olması istenir.

Kabin içi sıcaklık de erleri e er ideal sıcaklı ın üstüne çıkarsa ya da altına inerse sürücüde rahavet, uyuklama halleri, refleks zayıflamaları meydana gelecektir. Ortaya çıkan bu haller sürü konforunu dü ürece i gibi kazalara neden olabilecektir. Özellikle sıcak iklime sahip bölgelerde klima kullanılmayan araçlarda oförün uyukladı ı ve kazalara sebebiyet verdi i basın haberlerinde sıklıkla kar ıla ılan bir durumdur.

nsan vücudunun sa lıklı ve verimli çalı ması ise vücut sıcaklı ının normal düzeyde tutulmasıyla sa lanır. nsanların vücut sıcaklı ını istenilen düzeyde tutması sadece buldukları kapalı ortamın ikliminin de i tirilmesiyle mümkündür. Bu sebeple, araç klimaları araç içi konfor ve sürü güvenli i için oldukça önem arz ederler.

Di er önemli bir konu araçlarda kullanılan klimaların yakıt ve motor gücü açısından sebep oldu u kayıplardır. Tahrik mekanizması motordan aldı ı güçle çalı an klima sistemlerinde klima sisteminin devreye girmesiyle yakıt ve güç kaybı ya anmaktadır. Bu kayıpların ortadan kaldırılabilmesi için motordan ba ımsız olarak çalı abilen bir klima sistemi ihtiyacı do mu tur. Yaptı ımız bu tez çalı masında termoelektrik modüllü klimanın tasarımı hedeflenmi ve bu maksatla deneyler gerçekle tirilmi tir.

Termoelektrik modüller so uyan ve ısınan yüzeylerden olu an malzemelerdir. Üzerinde biriken atıl ısı sabit tutulur veya dı arı atılabilirse so uyan yüzey daha fazla so uyacaktır. Ayrıca gaz bakımının olmaması ve herhangi bir mekanik aksam bulundurmuyacak olması tasarlanacak klimanın ba lıca avantajlarını içermektedir.

Ayrıca sistemin 12V DC gerilimle besleniyor olması, aküden beslenebilme ta it için kullanılabilir olma imkanı tanımı tır.

2. L TERATÜR B LG LER

Termoelektrik modüller kullanılarak yapılan çalışmalar incelendi inde bu çalışmaların bir kaç ekseninde de ikenlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışmalar modüllerin ısıtılmasında farklı sistemlerin kullanılması ekinde konumlanması ve elektrik üretiminin sağlanabilmesi hedeflenmiştir.

Egzoz borusunda oluşan atıl ısıyı kullanabilmek için egzoz susturucu üzerine monte edilmiş termoelektrik üretici VW Touran marka araç üzerinde denemi ve %5 oranında yakıt tasarrufu sağlandı ı görülmü tür (Trottmann and Weidenkaff 2010).

Termoelektrik sistemlerin enerji üretiminde kullanımı hızla artmaktadır. Termoelektrik enerji; soba ısısından yararlanarak, düşük güçlü aydınlatma ihtiyaçlarının karşılanmasında (Nuwayhid *et al.* 2003), doğal sıcak su kaynaklarının sıcaklığından faydalanarak düşük güçlü aydınlatma sisteminde (Kayabaşı 2009), araç egzoz sıcaklığından faydalanılarak %4 - %5 arasında yakıt ekonomisi sağlanmada kullanılmıştır (Thacher *et al.* 2006).

Yapılan bir tez çalışmasında termoelektrik modülün ısıtılması gereken yüzeyinde bir jeotermal enerji kullanımı, soğutulması gereken yüzeyi, ebeke suyu ile soğutulmu tür. Bu sıcaklık farkı ile elektrik enerjisi üretilmiş ve üretilen elektrik ile batarya şarj edilmiş ve ledli aydınlatma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada sekiz adet TEC1-12706T125 peltier kullanarak 10 °C sıcaklık farkında 5V gerilim elde edilmiştir (Kayabaşı 2009).

Termoelektrik modülün ısıtılmasında, gaz ile çalıştırılan su ısıtma sistemindeki ısıyı kullanarak pil şarj edilmiştir. Düşük şarj gerilimini yükseltip, yüksek gelen gerilimi düşürmede SEPIC dönüştürücü kullanılabilmesi ve istenen bir akü giri voltajının ayarlanabilmesi belirtilmiştir. Verimi arttırmak için çalışmada maksimum güç noktası izleme tekniği kullanılmış ve %34 şarj verimini arttırmıştır. Çalışma sonucunda 2,3W güç elde edilmiş ve 12V 20Ah' lik bir akü şarj edilmiştir (Vieira and Mota 2009).

Ba ka bir çalı mada aynalara lazer ışını yardımıyla güne ışını odaklama yapılarak ışınım şiddeti bir noktada yoğunlaştırılmı tır. Elde edilen bu sıcaklık ile termoelektrik modüllerin bir yüzeyi ısıtılırken, diğer yüzeyi ise su sirkülasyonu ile soğutulmu tur. Dört adet TEC1-12706T125 termoelektrik modülün seri olarak bağlandı ı sistemde yaklaşık 1W güç elde edilmi tir (Gür ve Atik 2009).

Peltier kullanılarak yapılan diğer çalı mada sobanın duvara dönük yüzünde meydana gelen yüksek sıcaklık, termoelektrik modüllerin ısıtılması gerekli yüzeyine konumlandırılmı , diğer yüzeyini ise duvara yerleştirilerek, elde edilen sıcaklık farkı ile elektrik enerjisi üretmek için çalı mı lardır. Düşük güçlü lambaları çalı tırmada kullanılabilece i belirtilmi ve bunun analizi yapılmı tır. TEP1-1264-3.4 kodlu Termoelektrik eleman kullanıldı ı bu çalı mada farklı dirençler için en fazla gücü elde etmeye çalı mı tır. 150 °C sıcaklık farkında 2,4 W güç ve % 3,2 verim elde etmi tir. (Lertsatitthanakorn 2006).

Termoelektrik enerji ile akü şarj edilmesi ile ilgili çalı mada maksimum güç noktası izleme tekni inden yararlanılmı tır. Maksimum güç noktası izlemek için Atmel 89C52 mikro denetleyici kullanılmı ve 7,99 W güç elde etmi tir. TEP1-1264-1-5 modül kullanılan çalı mada normal şarjdan %15 daha verimli bir şarj sonucuna varmı tır. (Eakburanawat and Boonyaroonate 2006). Elektrik kesintilerinde aydınlatma ihtiyacının karşılanması için soba üzeri termoelektrik üretici yardımıyla basit bir elektrik enerjisi kayna ı yapılabilece i kanaatine varılmı tır. (Nuwayhid *et al.* 2003).

Diğer bir çalı mada, Thomson etkisini göz önünde bulundurarak, tek katmanlı bir termoelektrik soğutucunun deneysel karakterizasyonunun sayısal çözümlemesini yapmı lardır. Sabit Seebeck katsayısı, 1. ve 2. dereceden Seebeck katsayısı olmak üzere, üç farklı yaklaşımla bir termoelektrik soğutucu için soğutma gücü, performans katsayısı ve sıcaklık da ılımı deneysel ve teorik olarak verilmi tir. Maksimum sıcaklık farkını gözlemek için sabit Seebeck yaklaşımının yeterli oldu u belirtilirken, maksimum COP'in $T=0K$ 'e gerçekte işi ve yüksek akımlarda ise 2. dereceden Seebeck yaklaşımının en iyi sonucu verdi i kanaatine varılmı tır (Du and Wen 2011).

Çok katmanlı termoelektrik modüllerin performans analizi adlı çalışmada, bu tip termoelektrik so utucuların, tek katmanlılara göre iki yüzeyi arasında daha büyük bir sıcaklık farkı yaratabilecekleri ve so utucu yüzeyler kullanıldı ı durumda, piramit yapılı termoelektrik so utucuların maksimum ısıl güç ve performans katsayısı verilerini incelemi lerdir. Yapılan sayısal analiz sonuçlarında, katman sayısı ile farklı akımlarda elde edilen so utma yükü ve COP ili kileri verilmi tir. Katman sayısı 8, akım 6(A) ve yüzey sıcaklıkları oranı 1.4 iken, maksimum so utma yükü 275 W/cm² olarak gerçekte mi , bu durumda COP ise 0.3 civarında elde edilmi tir. Ancak, aynı katman ve sıcaklık oranında maksimum COP akım 1.2A iken gözlemlenmi tir (Karimi *et al.* 2011).

Chein, R. ve Chen, Y., termoelektrik so utma ile içi su dolu bir tankın so utulmasını incelemi lerdir. Termoelektrik modülün sıcak yüzeyi üzerine, yüzeyinde kanallar olan çok ince parça yapılmı tir. Ölçümler sonucunda zamanla so utmanın arttı ı görülmü tür. Ölçümleri almak için sistem bilgisayar ortamına ba lanmı tir. Elde edilen ölçümler ile bilgisayardan alınan ölçümlerin birbirine yakın oldu u görülmü tür (Chein and Chen 2005).

Bilgisayar i lemcilerinin peltier modül sistemi ile so utması çalışması gerçekte tirilmi bu so utma metodunun hava ile so utma metoduna göre daha verimli oldu u görülmü tür. Ayrıca termoelektrik malzemenin maliyetinin dü üklü ü sistemi kullanılabilir hale getirmi tir (Tan 2013).

Ikeda, M. ve arkadaşları, termoelektrik so utma ile hava so utma sistemini birlikte kullanarak m ve dü ük güç tüketimi ile CPU so utmayı amaçlamı lardır. Sonuç olarak, 12 W güç harcayan, 40 dB“den daha az akustik fan gürültüsüne sahip olan kompakt ve sessiz bir so utma cihazı geli tirmi lerdir. Bu çalış ma ile bilgisayar i lemcilerinde, hava so utma sistemi termoelektrik so utucu ile birlikte kullanıldı ında fan gürültüsünün azaltılabilece i ve ısı emicinin so utma performansının artırılabilce i aç ı a çıkarılmı tir (Ikeda *et al.* 2006).

2.1 TA İT KL MA S STEM

2.1.1 Klima Sistemi ile İlgili Temel Bilgiler

Klima araç içi havanın sürücü ve yolculara rahatlık veren bir sıcaklıkta ve nem oranında olmasını sağlayan sistemin ismidir. Genel olarak ta it kliması a a ıdaki özelliklere sahiptir:

- * Kabin içi sıcaklı ın kontrolü
- * Hava sirkülasyon kontrolü
- * Kabin içi nem kontrolü
- * Kabin içi havasının temizlenmesi.

Kabin havasının sıcaklı ı yüksek oldu u zaman, havanın ısısı alınarak (hava so utularak) ve havanın içerisindeki rutubet miktarı fazla oldu u zaman havanın nemi alınarak (kurutularak) araçta bulunan sürücü ve yolculara büyük konfor sa lar. Günümüzde araç kullanan ve araçta yolculuk eden bizler i yerimizde ve evimizdeki konfor seviyesini araçta da ya amak isteriz. Klima donanımının görevi; saf, insana ho gelecek ekilde ısıtılmı ve nemi iyice alınmı kabin içi hava için sıhhi ve fizyolojik temel esasları sa layarak gerekli konfor seviyesini yaratmaktır. Bu sayede aracın içindekilere güvenir ve gerilimsiz sürü , seyahati mümkün kılan bir rahatlık ve konfor duygusu sa lanır.

Standart ta it klimalarının so utma verimini etkileyen nedenler unlardır:

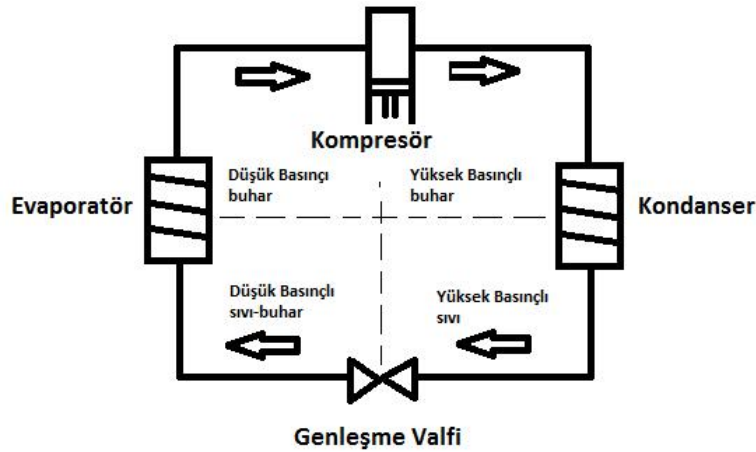
- * Havanın sıcaklı ı ve nemi
- * Otomobilin hızı ve motorun devri
- * Kabin içine güne in etkisi ile sıcaklık giri i (ön cam %35, arka cam %23, yan camlar %16, tabandan %19, tavandan %5, kapılardan %2)
- * Havalandırma sisteminden ısı giri i
- * Kapı filtrelerinden hava giri i (Ok 2008).

2.1.2 Ta ıt Klimalarının alı ma Prensibi ve So utucu Akı kan

2.1.2.1 Standart Ta ıt Klimalarının alı ma Prensibi

So utma, ısının ta ınması ve ba ka yere yerle tirilmesi olarak tanımlanabilir. Mekanik So utma Sistemi'nde 4 ana bile en vardır: Kompresör; piston ve benzeri metotlarla so utucu gazı sıkı tıran ve kondansere gönderen buhar sıkı tırma pompasıdır. Kondanser, sıkı tırılmı sıcak gazdan aldığı ısıyı dışarı veren ve bu yol ile sıvı hale yo u masına sebep olan ısı e anjörüdür. Sıvı haldeki so utucu akı kan daha sonra sınırlayıcı bölüme (genleme valfine) gelir. Bu aygıt, akı kanın küçük bir delikten geçmesini sağlayarak akı ı sınırlar ve basınç dü ümüne sebep olur. Böylece akı kanın basıncı dü tü ünde kaynama noktası dü er ve buharlaşması daha kolay olur.

Akı kan buharlaşma tı ında ise çevresinden ısı alarak ortamı so utmu olur. Bu olayın yani buharlaşmanın oldu u yerin adı da evaporatördür. Buradaki akı kan döngünün tamamlanabilmesi için tekrar kompresöre gider. So utucu akı kan ısıyı emmek ve ba ka bir yere transfer etmek üzere tekrar kullanılır (Kurddan 2006).



ekil 2.1 So utma temel elemanları ve so utucu akı kanın durumu.

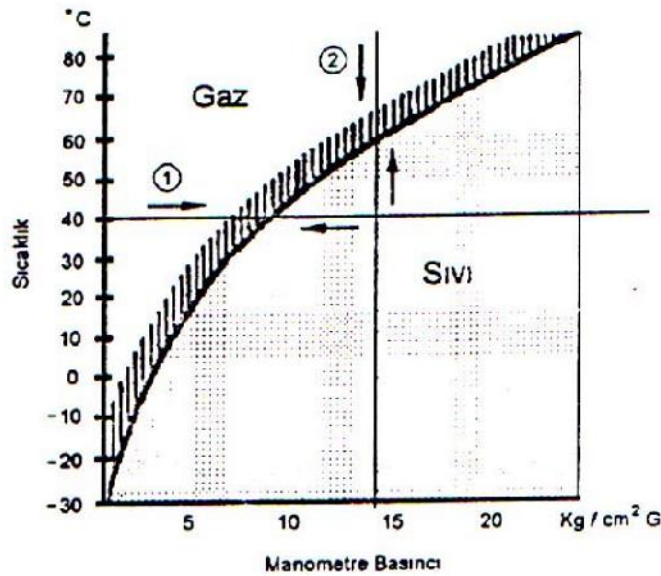
So utma sistemlerinde çok iyi ısı iletkenli ine sahip olan bakır ve alüminyum gibi materyaller kullanılır. Isı transfer yüzeyini artırmak ve böylece ısı transferini artırmayı sa lamak için kullanılan ba ka bir yoldur. Hava so utmalı kondanseler ve evaporatörler gibi so utma sistemi ısı transfer elemanları ço unlukla bakır boru ve

alüminyum kanatçıklar ile yapılır. Daha sonra fanlar yardımı ile havanın kanatçıkların içinden daha fazla miktarda geçmesi sağlanır.

2.1.2.2 Ta ıt Klima Sisteminde Kullanılan So utucu Akı kan

So utma gazı sistem içinde hareketli bir akı kan gibi davranan ve genileme ile buharlaşma sırasında, ısıyı emerek so utma etkisi oluşturmak için sistemde dola an bir malzemedir. Araç klimalarında kullanılan so utma gazlarından biri freon tiplerinden biri olan R-12'dir.

R-12'nin özelliklerini öyle özetleyebiliriz; atmosfer basıncı altında su 100 °C de kaynar. R-12 ise -29,8 °C de kaynar. Su 1 kg/cm² basınç altında 121 °C de kaynarken, R-12 ise 1 kg/cm² basınç altında -13 °C de kaynar. Eğer R-12 normal oda sıcaklığında ve atmosfer basıncı altında hava ile temas eder ve havaya bırakılırsa, ortam havasından ısıyı emecek ve ani olarak buharlaşma gaza dönüşecektir. Aynı zamanda R-12 basınç altında kendisinden ısı alınarak kolayca tekrar yo unlaştırılabilir.



ekil 2.2 R-12 Sıcaklık ve basınç e risi (Kurddan 2006).

ekil 2.2 R-12'nin belirli sıcaklık ve basınç de erleri altındaki karakteristik e risini görülmektedir. E rinin üstünde kalan bölgede R-12 gaz durumunda, e rinin altında kalan bölgede ise sıvı durumdadır. Gaz halindeki so utma gazı, sıcaklığı de i tirmeden

basıncı yükselterek veya basıncı de i tirmeden sıcaklı ı dü ü rerek, sıvı hale dönü türülebilir. Buna kar ılıklı sıvı haldeki so utma gazı, sıcaklı ı de i tirmeden basıncı dü ü rerek veya basıncı de i tirmeden sıcaklı ı artırarak gaz haline dönü türülebilir. Bu so utma gazı (R-12), klima için en emniyetli gazlardan biridir. Yancısı, patlayıcı, zehirleyici, paslandırıcı özellikleri yoktur, kokusuzdur, giyecek ve yiyeceklere zarar vermez (Kurddan 2006).

2.1.2.3 Ta ıt Klima Sistemlerinin Ta ıt Performansına Etkisi

2008 yılında yapılan bir çalı mada Selçuk Ok ta ıt klimalarının motor performansı üzerinde etkisini incelemi tir. Alınan sonuçlardan bazıları u ekildedir;

- 1- Klima sisteminin temel elemanlarının (kompresör, kurutucu, genle me valfi, evaporatör, kondenser) fonksiyon ve yapısı klima sisteminin verimli ve etkin çalı masında belirleyici etkisi vardır. Özellikle kompresör elemanı üstünde sürekli de i iklik yaparak sistemin verimini artırırken tüketti i gücü azaltıcı ürünler geli tirmektedirler (Ok 2008).

Kompresör kullanımını olmadan so utma i leminin gerçekte tirilebilmesi mümkün olursa bu elemanın ortaya çıkardığı bütün olumsuzlukların yok edilmesi mümkün olacaktır.

- 2- Klima sisteminin motor üstündeki etkisini belirleyebilmek için kompresör çe itli devirlerde tüketti i güç ve motorun aynı devirlerde (kasnak oranına göre) üretti i güç incelenmi tir. Yine klima sisteminin tüketti i gücü daha do ru hesaplayabilmek için fanların tüketti i güç hesaplanmı tir. Bu verilere göre tek bir grafik üstünde klima sisteminin güç tüketim e risi ve motorun güç üretim e risi çizilmi tir. Bu grafi e göre klima sisteminin dü ü k devirlerde güç tüketim oranının yüksek oldu u, 1800 motor devri ile 2400 motor devri arasında yaklaşık olarak araçta üretilen gücün %9 'u klima sistemi tarafından tüketildi i tespit edilmi tir . So utucu akı kan içermeyen bir klima tasarımının mümkün olması halinde söz konusu olan güç kaybı yok edilmi olacaktır (Ok 2008).

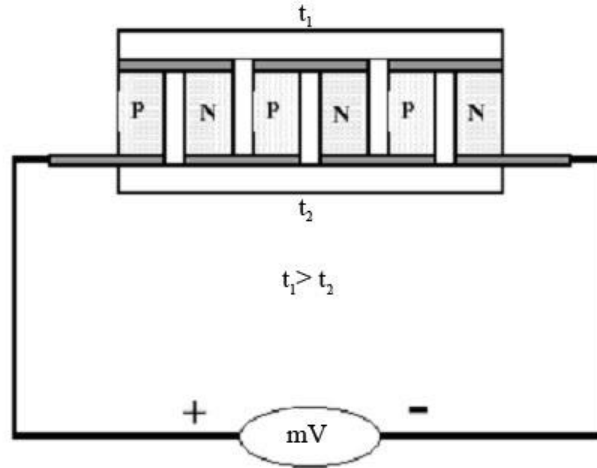
2.2 Termoelektrik Olaylar

Termoelektrik olaylar temelde üç ana başlık altında açıklanabilir. Bunlar; Seebeck, Peltier ve Thomson etkileridir (Derun 2005).

2.2.1 Seebeck Etkisi

1821 yılında Thomas Seebeck iki farklı iletkenden oluşan kapalı bir devrede, metallerin yüzey sıcaklıkları farklı olursa (T_1 ve T_2) devreden elektrik akımını aktırır ve devre uçları arasında bir potansiyel fark (ΔT) meydana gelir. (Rowe 1995).

Başka bir ifadeyle birbirinden farklı iki yarı iletken malzemenin, birbirine seri olarak birleştirilmesi ile oluşturulan devrede; bileşenlerin farklı sıcaklıklarda tutulmasıyla elektrik gerilimi oluşturulur. Bu gerilime “seebeck voltajı” denir. Şekil 2.3.’de görüldüğü gibi devreden ölçülen gerilim, malzemelerin yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır. t_1 sıcaklığının t_2 ’den yüksek olması halinde P tipi yarı iletken pozitif, N tipi yarı iletken negatif polarite olacaktır (Rowe and Bhandari 1983).



Şekil 2.3 Seebeck voltajının ölçümü (Rowe and Bhandari 1983).

iki farklı yarı iletken malzemenin oluşturulan devrede ölçülen voltaj denklem 2.1’de verilmiştir. Denklem 2.2’de yüzeyler arası sıcaklık farkı (ΔT) ve denklem 2.3’de devrenin seebeck katsayısı hesaplaması verilmiştir.

$$V = \alpha T \quad (2.1)$$

$$T = T_2 - T_1 \quad (2.2)$$

$$V = \alpha (T_2 - T_1) \quad (2.3)$$

Seebeck katsayısını ifade etmektedir. α_2 ve α_1 kullanılan yarı iletken malzemelerin Seebeck katsayılarıdır. Seebeck katsayıları her bir malzeme için özel bir değere sahiptir. Verimli bir termoelektrik etki yaratmak için Seebeck katsayısı mümkün oldukça büyük olmalıdır, α 'nın değeri devreyi oluşturan malzemelerin özelliklerine bağlıdır. Örneğin bakır konstantan'dan yapılan bir termokupl için $\alpha = 40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 'dir. Yani her 1°C sıcaklık farkı için $40 \mu\text{V}$ 'luk voltaj üretir. α 'nın değeri $100 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 'dan büyük olan yarı iletkenlere, termoelektrik yarı iletkenler denir. N tipi yarı iletken için α değeri negatif, P tipi yarı iletken için α değeri ise pozitifdir. Meydana gelen Seebeck etki yarı iletkenlerde jeneratör gibi, metallerde ise termokupl veya ısı sensörü gibi kullanılır (Rowe and Bhandari 1983). Bazı maddelere ait Seebeck katsayıları Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Bazı maddelerin Seebeck katsayıları (nt. Kyn.1).

Madde	Seebeck Katsayısı	Madde	Seebeck Katsayısı	Madde	Seebeck Katsayısı
Alüminyum	3,5	Altın	6,5	Germanyum	300
Antimon	47	Demir	19	Potasyum	-9
Bizmut	-72	Kur un	4	Selenyum	900
Kadmiyum	7,5	Civa	0,6	Silikon	440
Karbon	3	Nikrom	25	Sodyum	-2
Konstantan	-35	Platin	0	Tellür	500

2.2.2 Peltier Etkisi

Fransız bilim adamı Charles Athanese Peltier tarafından Seebeck etkisinin tersi bir etki olarak düzenlenen bu olay 1834 yılında kefedilmiştir. Peltier etkisi; iki farklı metal elemandan oluşturulmuş kapalı bir devreye doğru akım verildiğinde, akımın yönüne bağlı olarak metallerin birinin ısınırken diğerinin soğumasıdır. Elektrik akımının yönü

ters çevrildi inde önceden ısınan uç bu sefer so umakta, so uyan uç ise ısınmaktadır. Peltier etkisini ifade eden formüller a a ıda verilmi tir (Rowe and Bhandari 1983).

$$Q_j = I^2 \cdot R t \quad (2.4)$$

$$Q_p = \dots / t \quad (2.5)$$

Q_j : Devredeki joule ısısı

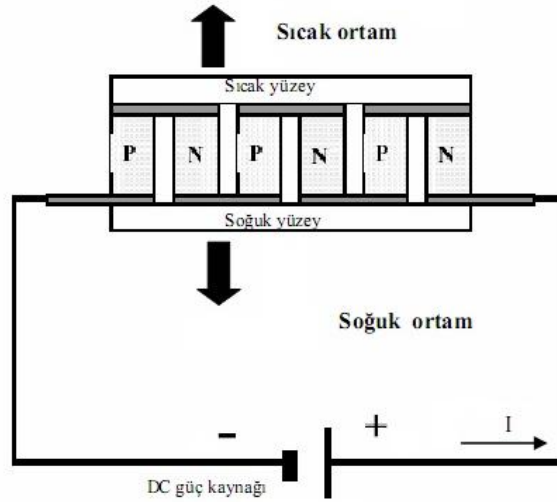
Q_p : Peltier ısısı,

I : letken üzerinden geçen akım iddeti (A)

R_t : letkenin direnci ()

: Peltier katsayısı

Peltier etkisinin görülebilece i elektronik devre eması ekil 2.4'de gösterilmi tir.

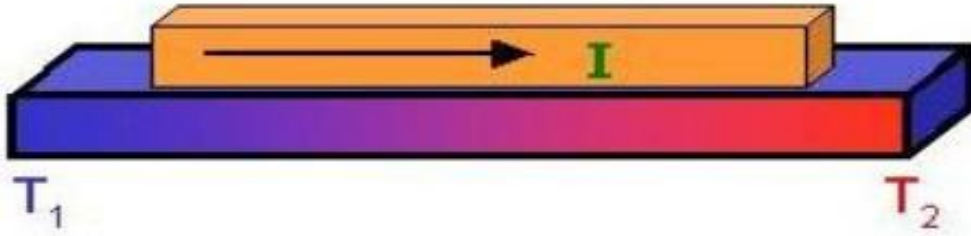


ekil 2.4 Peltier devresi (Usta ve Kırmacı 2002).

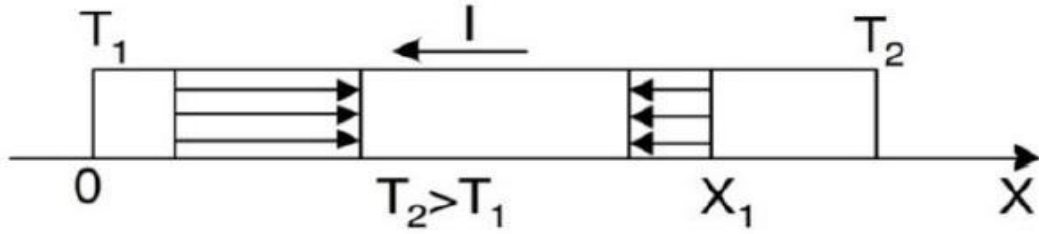
2.2.3 Thomson Etkisi

William Thomson, Seebeck ve Peltier'in çalı malarından faydalanarak, bulmu oldukları termoelektrik olaylarından farklı bir sonuç ortaya çıkarmı tir. Thomson etkisi, elektrik akımı ve sıcaklık farkı tek parçalı bir iletken malzemedden geçerken ısıyı so urması veya ısıyı yaymasıdır (Huang 2005). Thomson etkisinde; Akım ta ıyan bir

iletkenin uçları arasında bir sıcaklık farkı varsa akım yönüne göre iletkende Joule ısısına ek olarak Thomson ısısı (Q_T) açığa çıkmaktadır. Thomson etkisi ve bu etkiyi açıklayan devre sırasıyla ekil 2.5 ve ekil 2.6'da verilmiştir.



ekil 2.5 Thomson olayı.



ekil 2.6 Thomson olayını açıklayan devre (Çiçek ve Demirel 2011).

Birim zamanda ortaya çıkan Thomson ısısı, akım şiddeti (I) ve sıcaklık farkı (T) ile doğru orantılıdır (Çiçek ve Demirel 2011). Thomson ısısı hesaplamaları Denklem 2.5'te görülmektedir.

$$Q_T = \sigma_T \cdot T \cdot I = \sigma_T \cdot (T_1 - T_2) \cdot I \quad (2.5)$$

Q_T = Thomson ısısı (W)

T = iletkenlerin uçları arasındaki sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$)

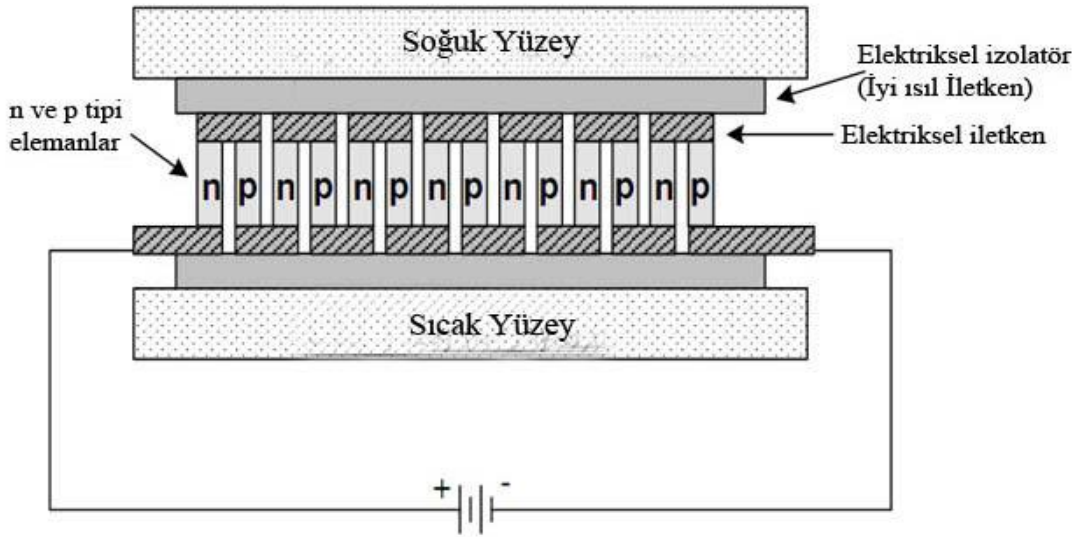
I = iletken üzerinden geçen akım şiddeti (A)

σ_T = Thomson katsayısı ($\text{V}/^{\circ}\text{C}$)

2.2.4 Termoelektrik Modül

Termoelektrik modüller, elektriksel olarak seri, termal olarak paralel bağlanarak çeşitli amaçlar için farklı güçlerde elde edilmektedir. Bu modüller, hareketli parça içermeyen

birer ısı pompasıdır. Termoelektrik modüller için; alan sınırlamasının olduğu, güvenilirliğin önemli olduğu ve zararlı soğutucu gazların kullanılmasının istenmediği ortamlarda tercih edildikleri söylenilebilir. Termoelektrik soğutucu, DC gerilimle çalışarak beraber akım yönünün değiştirilmesiyle soğutma veya ısıtma rejimine kolayca geçebilmektedir. Termoelektrik modülde soğutma, bir yüzeyindeki ısının diğer yüzeye taşınmasıyla gerçekleşmektedir (Yavuz vd. 2006).



ekil 2.7 Termoelektrik modülün yapısı (Yavuz vd. 2006).

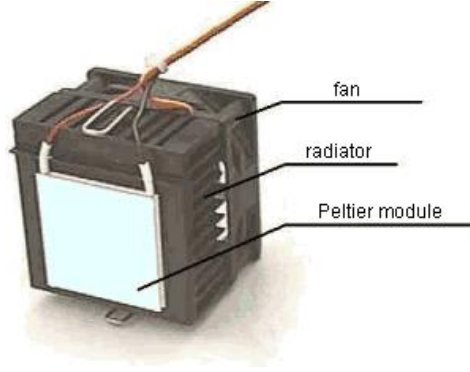
ekil 2.7’de görüldüğü gibi termoelektrik modülün yapısı elektriksel izolasyon yüzeyleri arasında P ve N yarı iletkenlerinin seri bağlantısı ile oluşturulmuştur. Elektronların hareket yönü - kutuptan + kutba şeklindedir. Hareket eden yüklerin yönüne göre elektrik akımının yönü belirlenmiştir. Bir maddede elektronların hareket yönünün tersi, elektrik akımının yönü olacaktır şekilde belirlenir. Bir diğer ifadeyle elektron boşluklarının (delikler) hareket yönü elektrik akımının da yönü olarak kabul edilmiştir.

2.2.5 Termoelektrik Soğutma Kullanım Alanları

Termoelektrik soğutucular günlük hayatta birçok alanda kullanılmaktadır gibi elektronik, fizik, kimya ve biyomedikal gibi alanlarda da kullanılmaktadır.

2.2.5.1 Elektronik Alanında Örnek Kullanımları

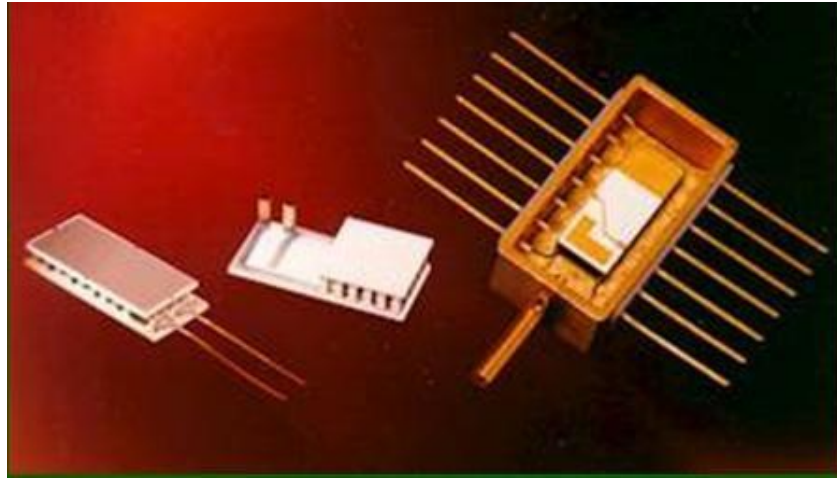
- Transistor, tristör ve benzeri güç elemanlarında
- Düşük gürültülü yükselteçler
- Mikro işlemci (CPU) soğutucusu
- Elektronik cihaz parçalarının farklı sıcaklık testleri için soğutma odasında



ekil 2.8 TEC1 soğutmalı CPU fanı (nt. Kyn. 2).

2.2.5.2 Elektro-Optik Alanında Örnek Kullanımları

- Lazerler
- Kızılötesi Dedektörler
- Foto-Yükselteçler



ekil 2.9 TEC1 soğutmalı lazer diyot (nt. Kyn. 2).

2.2.5.3 Fizik Alanında Örnek Kullanımları

- Nemli Havanın Kurutulması
- Kalorimetre
- Donma Noktası Referansı

2.2.5.4 Kimya Alanında Örnek Kullanımları

- Yarı iletken endüstrisi için su so utucular,
- Elektroforez hücresi so utma,
- Isı Bataryası (Termo-Pil).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Deneylerde Kullanılan Malzemeler

3.1.1 Peltier

Yapacağımız sistemde 12 voltluk modüller tercih edilmiştir. 12 voltluk modülün tercih edilme sebebi 12 volt gerilimin bir çok ortamda daha rahat temin edilmesi olmasıdır. Ayrıca bu akümüze çalıştırılabilme imkanı sağlayacaktır. Deneylerimizde TEC1-12706, 96 watt modül kullanılmıştır. Şekil 3.1’de TEC1- 12706 fiziksel görünümü görülmektedir.



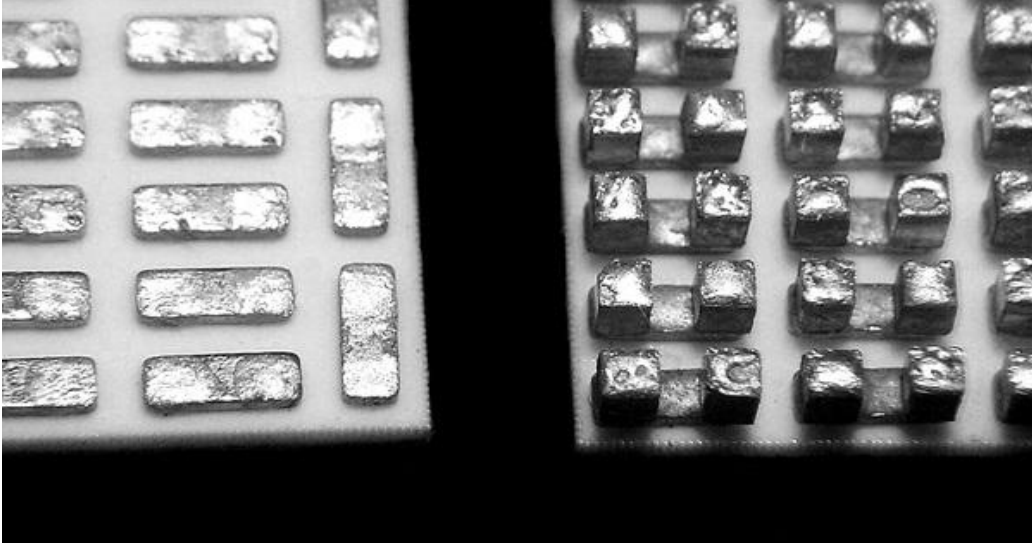
Şekil 3.1 Termoelektrik modül.

Çizelge 3.1’de deneylerde kullanılan modülümüz peltierin özellikleri görülmektedir.

Çizelge 3.1 Modül Performans Parametreleri (nt. Kyn. 3).

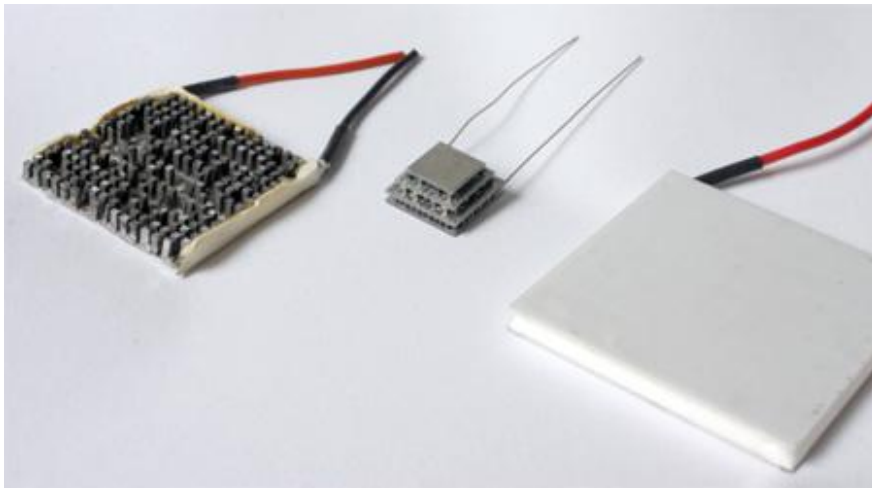
Performans Parametreleri (TEC1 - 12706)		
Sıcak yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	25	50
Q_{max} (Watt)	50	57
Delta T_{max} ($^{\circ}\text{C}$)	66	75
I_{max} (Amper)	6,4	6,4
V_{max} (Volt)	14,4	16,4
Modül Direnci (Ohm)	1,98	2,3

Performans artları çizelgesinden anlaşılabildiği gibi modüle 6,4A sabit akım uygulandığında voltaj değeri 14,4V ile 16,4V aralığında uygulanabilmektedir. 14,4V - 6,4A uygulandığında modülde iki yüzey arası sıcaklık farkı 66 °C iken 16,4V – 6,4A uygulandığında sıcaklık farkı 75 °C olmaktadır.



ekil 3.2 TEC1-12706 iç görüntüsü.

ekil 3.2’de bir peltierin içinde bulunan P ve N maddelerinin nasıl birleştirildiği görülmektedir.



ekil 3.3 TEC1-12706 iç yapısı.

ekil 3.3'de orta kısımda birbirine kaskad olarak ba lanmı peltier modüller görülmekte, sol tarafta peltierin iç görünü ü, sa tarafta ise peltierin fiziksel görünü ü gözlenilmektedir.

3.1.2 Güç Kayna ı

Peltier deneylerimizde so utma modül deneylerimizi yapabilmek için 220V giri , DC 30V 10A çıkı lı, voltaj ve amper ayarlı güç kayna ı kullanıldı. Deneylerimizde sistemin çekti i volt de eri kadar akım de erleri de önemli oldu u için özellikle akım ayarı da yapabilece imiz bir güç kayna ı seçilmi tir. Bu güç kayna ı kullanılarak yapılan testlerde birbirine seri ba lanmı 3 peltier için 12V 30A güç kayna ı kullanımın yeterli olaca ı tespit edilmi tir. Daha sonra peltierlerin çalı tırılmasında 12V 30A güç kayna ı kullanılmı tir. Kullanılan güç kayna ı resmi ekil 3.4'de gösterilmi tir.

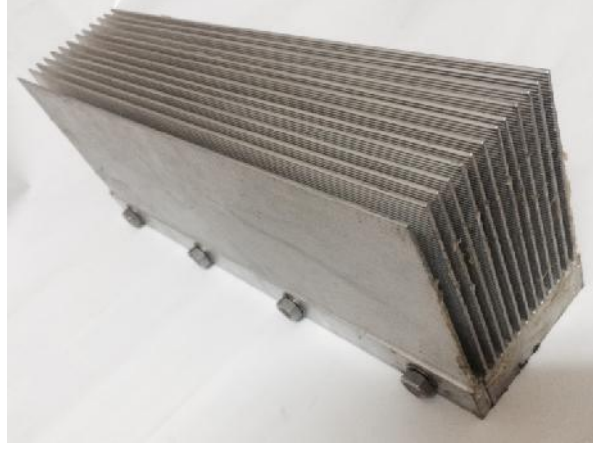


ekil 3.4 Güç kayna ı.

3.1.3 So utucu Metaller

Peltierin so uyan yüzeyin so uması o yüzeyde bulunan ısının di er yüzeye ta ınmasıyla gerçekleşmektedir. Dolayısı ile ısınan yüzey ne kadar so uk tutulabilirse so uyan yüzeyden alınan verim daha fazla olacaktır. Çünkü peltierler iki yüzey arasında sıcaklık farkını sabit tutarlar. Peltierlerin ısınan yüzeylerinin so utulması gerekir. E er bu

so utma i lemi yapılmazsa peltier içyapısı a ırı ısınmadan dolayı bozulmaktadır. Ayrıca ısınan yüzeyin so utulması gerçekte irse, so uyan yüzeyin so uma miktarı artmaktadır.



ekil 3.5 Özel yapım alüminyum so utucu.

Isınan yüzeyi ne kadar so utabilirsiniz peltier iki yüzey arasındaki sıcaklık farkını sabit tutaca ından so uyan taraf daha fazla so uyacaktır. Bu sebeple ısınan yüzeylerin so utulması için Alüminyum So utucu kullanılmı tır. Peltierlerin ısınan yüzeyleri bu so utucuların düz yüzeylerine termal macun kullanılarak öpü türülmü ve böylece ısı transferi daha iyi hale getirilerek peltier üzerindeki ısının dı arı atılması sa lanmı tır. So utucularda biriken ısı ön, arka ve üst yüzeye yerle tirilen fanlar vasıtasıyla dı arı atılmaktadır. Kullanılan so utucu metal ekil 3.5’de gösterilmi tir.

3.1.4 nfrared Termometre

nfrared termometre çalı mamızda metal so utucu yüzeylerinin ve peltier plakalarının sıcaklık ölçümünde kullanılmı tır. Temas etmeden sıcaklık bilgisini ölçebilme imkanı sa laması sebebiyle kızılötesi termometre kullanılmı tır. Kullanılan termometre ekil 3.6’da gösterilmi tir. Bu termometreyi kullanmamızın bir di er nedeni peltierlerin çalı ıp çalı mamasını test edebilmemizdir. Yarı iletken bir malzeme oldu u için hassas yapıya sahip olan peltierlerin bazen iç yapısında bozulmalar meydana gelir ve so uyan yüzde kısmi ısınmalar olu ur. Böyle bir ısınma sistemin çalı mamasına neden olaca ından sistemi montajlamadan öne infrared yardımı ile sıcaklık kontrolü yapılmaktadır.



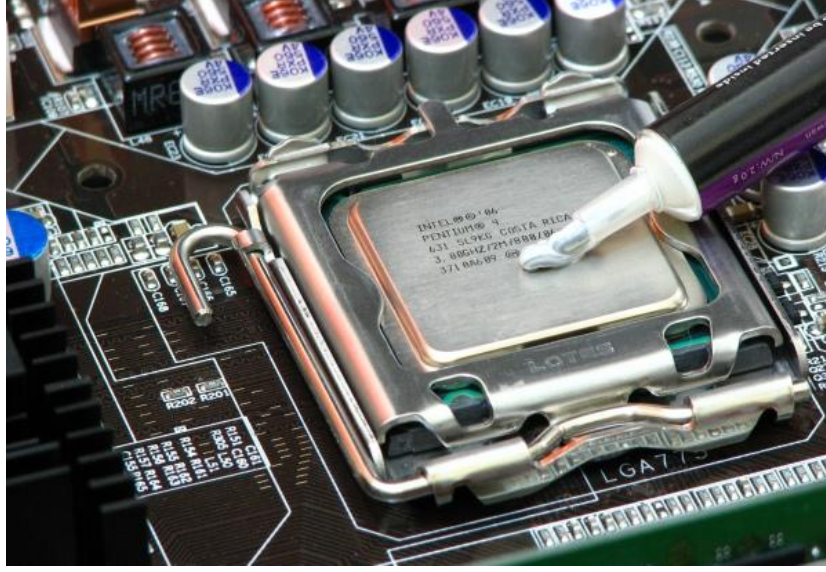
ekil 3.6 nfrared termometre.

Çizelge 3.2 nfrared termometrenin özellikleri (nt. Kyn. 4).

Özellik Adı	De eri
Ölçüm Aralı	-50 ... 500°C
Çözünürlük	0.1°C
Do ruluk	±2%
Birim	°C/°F
Görü Çapı	8:1
Lazer iletçi	Var
EMS	Ayar-Pil9V
Boyut	82 x 41.5 x 160mm

3.1.5 Termal Macun

Termal macun iki yüzey arasındaki ısı transferinin iyile tirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Peltierlerimizin yüzeylerine sürülen termal macunlar vasıtasıyla üzerindeki ısının so utucu metale saha sa lıklı ve hızlı geçi i sa lanmı tır. Termal macun daha ziyade bilim ürünlerinin so utulmasını hızlandırmak amacıyla kullanılmaktadır.



ekil 3.7 Termal macun uygulaması örne i.

Termal macun, havadan daha iyi ısıyı ileten bir madde oldu undan ısı yayıcı ile i lemci ve kuzey köprüsü gibi ısınan bilgisayar donanımları arasına sıklıkla uygulanan bir termal ara yüz materyalidir (Megap E itim Modülleri 2007). ekil 3.7’de i lemci üzerine sürülmü termal macun uygulaması görülmektedir.

Çizelge 3.3 Termal macunun teknik özellikleri (nt. Kyn. 5).

Özellik Adı	De eri
Ürün Kodu	AK-455
Viskozite	76K / cPs
Termal letkenlik	2.4W/mK
Çalı ma Isısı	-45°C ~ 240°C
A ırlık	1.5gr
Renk	Gri

Ayrıca termal macun kullanılarak yapılan deneylerde peltierin so utucu metalle öpü mesinin sa landı ı ve aralarında bo luk kalmayarak ısı iletkenli inin arttı ı görülmü tür.

3.1.6 So utucu Fan

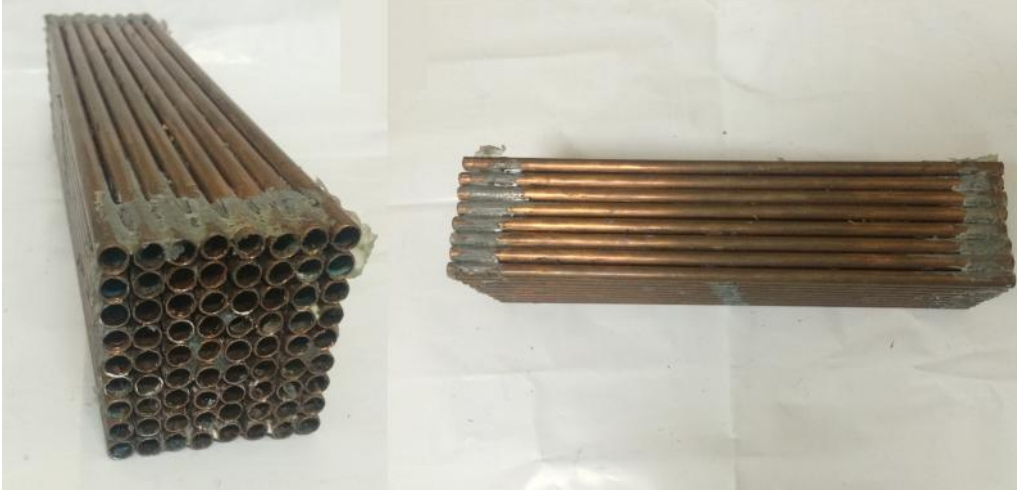
So utma ünitesinde, so utucu metal üzerindeki ısının atılmasında ve kabin içinde hava sirkülasyonunun sa lanmasında 12V fan kullanılmı tır. Kullanılan fanlar ekil 3.8.'te gösterilmi tir. Bu fanlar sessiz çalı ması ve dü ük güç tüketimi sebebiyle tercih edilmi tir. Ayrıca temsili ta ıt kabininin içinde bulunan havanın so utma kabini içinde çevrilmesi için bu fanlardan kullanılmı tır.



ekil 3.8 So utma fanı.

3.1.7 Bakır Borular

Yapılan ilk denemelerde ısı iletkenli inin yüksek olması sebebiyle bakır boruların kullanımı tercih edilmi tir. Birbirine lehimle tutturulan bakır borular ekil 3.9'da görölmektedir.



ekil 3.9 Bakır boruların görünümü.

Çizelge 3.4 Bakırın fiziksel özellikleri.

Özellik Adı	De eri
Maddenin hali	Katı
Yo unluk	8,96 g/cm ³
Sıvı haldeki yo unlu u	8,02 g/cm ³
Ergime noktası	1357,77°K -- 1084,62 °C
Kaynama noktası	2835°K -- 2562 °C
Ergime ısısı	13,26 kJ/mol
Buharla ma ısısı	300,4 kJ/mol
Isı kapasitesi	24,440 J/(mol·K)

3.1.8 Plastik Kutu (Temsili Ta ıt Kabini)

Araç içi hacmi temsil etmesi için ilk yapılan deneylerde plastik kutu kullanılmı tır. Ön ve arka yüzeyine hava giri çıkı mını sa lamak için boruların geçebilece i delikler açılmı tır. Kö eler ve kenarlar silikon yardımıyla birle tirilmi ve yalıtılmı tır.



ekil 3.10 Plastik kutu görünümü.

3.1.9 Strafor Köpük

EPS (Expanded Polistiren) - Sert Köpük petrolden elde edilen termoplastik bir yalıtım malzemesidir. Bünyesinde bulunan çok sayıdaki (1 m^3 EPS de 3-6 milyar) küçük kapalı gözenekli hücrelerinde durgun hava hapsolmu tur. Mükemmel ısı yalıtımını bu gözenekler sa lar. Malzemenin %98'i havadır. Bu nedenle çok hafif bir malzemedir. Genel olarak $10-30 \text{ kg/m}^3$ yo unluklarında üretilir. Dünyada mevcut en iyi ısı yalıtımını sa layan malzemelerden biri olan EPS, ayrıca öteki malzemelerden daha ekonomik olması ile de tercih edilmektedir.

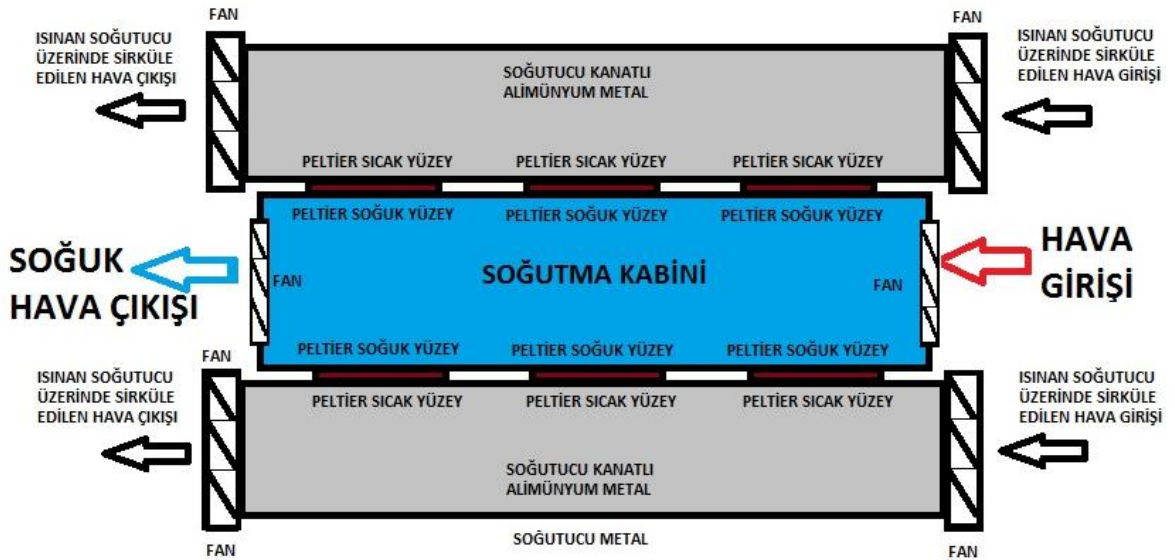
Çizelge 3.5 Strafor malzemenin teknik özellikleri (nt. Kyn. 6).

TS EN 13163 Uygunluk Tablosu		Birim	Sınıfı	lgili Standart
Isı letkenlik Grubu	040			TS EN 12667
Yo unluk*	10	kg/m^3		TS EN 1602
Isı letkenlik Katsayısı ()	0.039	W/mK		TS EN 12667
Su Buharı Geçirgenli i (μ)	20 – 40	kg/m^3		TS EN 12086
Kullanım Sıcaklı ı	-50 / +75	$^{\circ}\text{C}$		
Yangın Dayanımı	Zor alevlenir		E	EN 13501 – 1

3.2 Deney Düzene i ve Deneysel Çalı malar

3.2.1 Deney 1

Üç adet üst yüzeyde üç adet alt yüzeyde olmak üzere so utma kabini yüzeylerine toplam 6 adet peltier yerle tirilmi tir. Peltierlerin ısınan yüzeydeki sıcaklı ın so utularak verimin arttırılması ve yarı iletken malzemenin bozulmasını önlemek için so utucu metaller, peltierlerin ısınan yüzeylerine aralarında termal macun kullanılarak birle tirilmi tir. So utucu metaller üzerinde birikecek olan ısının atılması için metallerin ön ve arka yüzeylerine hava sirkülasyonunu sa layacak ekilde fanlar yerle tirilmi tir. Bu fanlar yardımıyla so utucu metal üzerinde hava akı ı sa lanarak metalin so uması sa lanmı tir. Metal üzerindeki ısı do rudan havaya aktarılır. Peltierlerin di er yüzleri so umaktadır. So uyan bu yüzleri So utma Kabinimizin içerisinde kalacak ekilde konumlandırılmı tir. Kabin içindeki hava peltierlerin vasıtasıyla so utulmaktadır. So uyan havanın temsili araç kabinimize aktarılması ve tekrar temsili araç kabin içindeki havanın so utma kabini aktarılabilmesi için so utma kabininin giri ve çıkı larına fan konumlandırılmı tir.



ekil 3.11 Deney 1: So utma kabini ve so utma elemanlarının ba lanma eması.

Denelerimizde peltierlerin çalı tırılması için gerekli olan elektrik enerjisi güç kayna ı vasıtasıyla sa lanmı tır. So utma kabinlerinde konumlandırılan peltierler 3 ayrı güç kayna ından beslenmektedirler. So utma kabini üst tarafına konumlandırılan 2 peltier 30V 10A güç kayna ına ba lanmı aynı ekilde alt kısımda konumlandırılmı 2 peltier di er bir 30V 10 A güç kayna ıyla beslenmi tır. Geriye kalan üst ve alt kısımdaki toplam 2 peltier ba ka bir 30V 10A güç kayna ı ile beslenmi tır. Bu ba lanıtı ekillerinin kullanılması gerekli olan voltaj ve amper de erlerinin dengeli da ıtılmasını sa lamak içindir. Deney seti ekil 3.11’de görölmektedir.



ekil 3.12 Peltierlerin alt levha üzerindeki oyuklara yerle tirilmesi.

Peltierler 3 adet alt taraftaki saç levha üzerine yerle tirilmi tır. Peltierlerin ısınan tarafı alt taraftaki alüminyum so utucuya termal macunla yapı tırılmı , so uyan kısmı ise kabin içinde bırakılmı tır. Aynı i lem üst saç içinde gerçekte tirilmi tır. Bu i lem ekil 3.13’te gösterilmi tır.



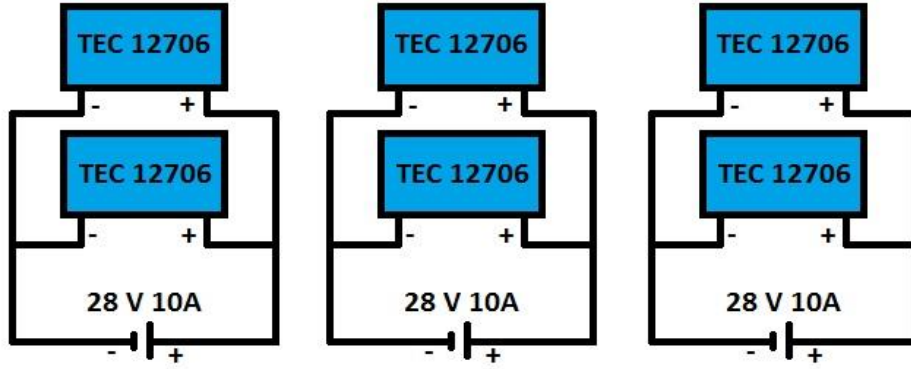
ekil 3.13 Peltierlerin alt levha üzerindeki oyuklara yerle tirilmesi.

Alt ve üst tarafın saçları iç içe geçirilerek ekil 3.14'te görülen sistem elde edilmektedir. So utma kabini montajı bittikten sonra peltierlerin elektrik ba lantıları yapılmı tır.



ekil 3.14 So utma kabini ve so utma elemanlarının ba lanması.

Peltierlerin 3 grupta toplanarak iki er iki er paralel ba lanmaları ve her iki peltierin di erlerinden ba ımsız olarak güç kayna ından beslenmesi ekil 3.15 te gösterilmi tir. Güç kaynaklarının voltaj de erleri 28V olarak ayarlanmı tır. Bu ba lantı ekliyle her bir peltier üzerinden ölçülen voltaj de eri 14V akım de eri ise 5A olarak görülmektedir. Yani bir peltier 14V 5A de erlere tabi tutulmu tur.



ekil 3.15 Peltierlerin 2' erli gruplar halinde güç kaynaklarına paralel ba lanması.

Her ne kadar peltierler 12V ekinde pazarlanarak piyasada satılsa da daha önce bahsetti imiz gibi 16V gerilime ve 6A akıma kadar çalı abilmektedir. Biz peltierlerin ısınan yüzeylerin so utulması i lemini güvenli ekinde sa ladı ımız için sistemimizde daha yüksek so uma verimi alabilmek için peltierlere 14V 5A uygulanmı tır.

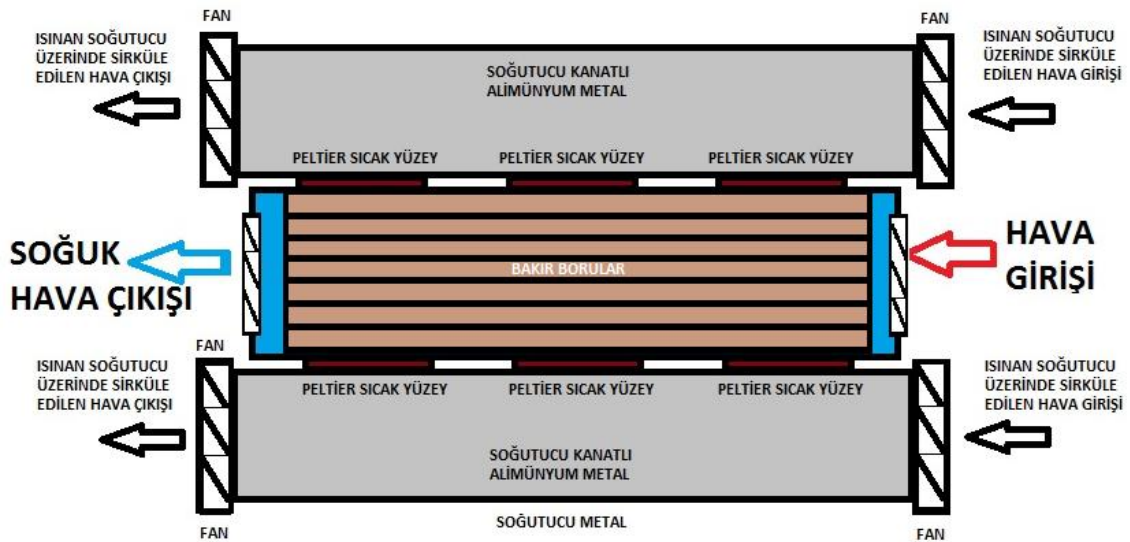
Yapılan bu deneyde verim alınamamı tır. Hava kabini içinde yarım saat çalı tı ında ancak 1°C ile 2 °C gibi so uma görülebilmı tır. Bunun sebebi yeterli ısı yalıtımının sa lanamaması ve kullanılan plastik kabın dı arıdaki havadan çok fazla etkilenmi olmasındır. Yani plastik eperler varla yok arası bir yalıtım yapabilmı bu yüzden verim alınamamı tır. Verimin olmayı ının di er bir sebebi ısınan metal so utucuların so uma kabini ısıtmasıdır.

3.2.2 Deney 2

Yapılan ikinci denemede so utma kabini verimini arttırmak için peltierler bakır boruların üzerine yerle tirilmı tır. Alt ve üst taraftaki so utucu bölümleri deney 1'de kullanıldı ı ekinde aynen kullanılmı tır. Yapılan bu deneyden de verim alınamamı ve so utma kabini yarım saat çalı tı ında ancak 1 °C bir dü ü göstermi tır. Verim alınamama sebebi so utucu metallerin ısısının so utma kabini ısıtması ve bakır borular ile peltier yüzeylerinin öpü memesi olarak tespit edilmi tır.



ekil 3.16 Peltierlerin üzerine yerleştirildiği bakır borular.



ekil 3.17 Deney 2: Soğutma kabini ve soğutma elemanlarının bağlanması.

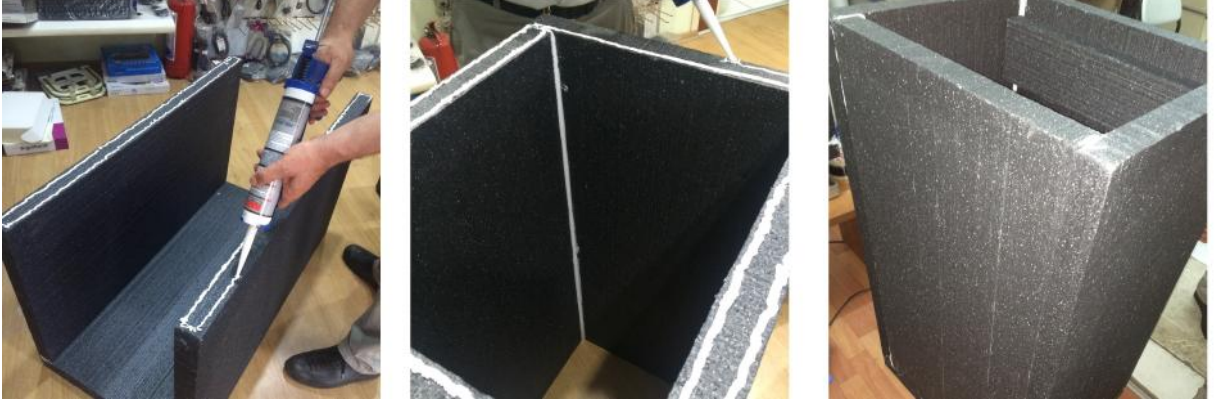
Bakır boruların yüzeyi oval olması sebebiyle peltier soğutma verimi düşüktür ve orta kısımdaki bakır borular soğutulamadığından havanın soğutulması için yeterli gerçeğe ulaşamaz. Soğutma verimini arttırmak için alüminyum metallere soğutulmasında su kullanılmı ancak yine verim alınmamıştır.

Yapılan bu deneysel çalışmalardaki bazı arızasızlık sebepleri şöyle sıralanmıştır.

- 1- Soğutma için kullanılan alüminyum metallerin ısısının soğutma kabini ısıtmasına sebep olması
- 2- Peltier yüzeyi soğukluğunun tam kullanılabilmesi için kullanılan metallerin yüzeylerinin düz olması gerektiği (Bakır borunun verim vermeme sebebi).
- 3- Kabin içi yalıtımın sağlanamaması.

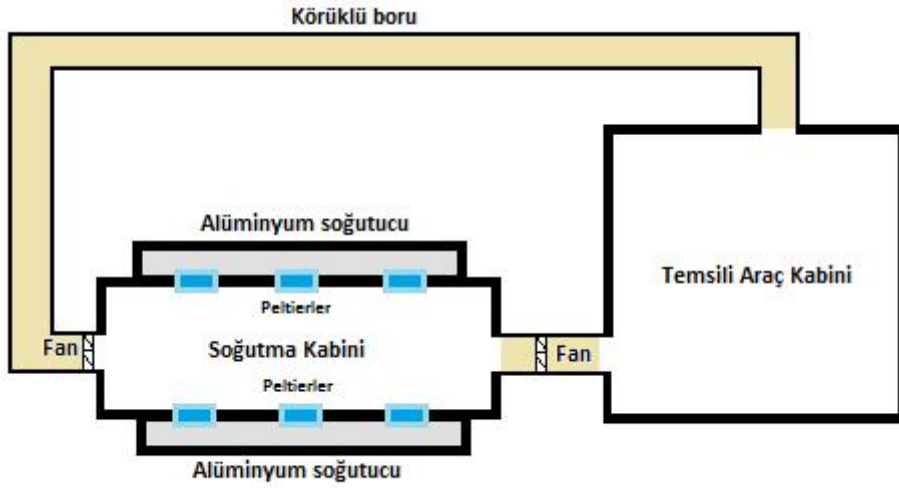
3.2.3 Deney 3

Yapılan bu deneyde öncelikle daha önceki bazı arızasızlık sebeplerini ortadan kaldırmak amaçlanmıştır. Soğutma kabini için metal sıcaklığından etkilenmemesi için araya yalıtım malzemesi konulmuştur. Peltier yüzeyinin havayla direk teması sağlanması için araya herhangi bir metal konulmamıştır. Kabin içi yalıtımın sağlanabilmesi için kabin köpük malzemeden tekrar yapılmıştır.



ekil 3.18 Araç içi temsili kabini yapımı.

Peltierlerin havayla direk teması için plastik kutudan küçük bir kabin daha yapılmıştır ve bu kabin yüzeylerine peltierler yerleştirilmiştir. Kabinin yalıtımı için çift katlı plastik malzeme kullanılmış ve montaj için sıcak silikon kullanılmıştır.



ekil 3.19 Deneý 3: Soğutma kabini ve soğutma elemanlarının bağlantı şeması.

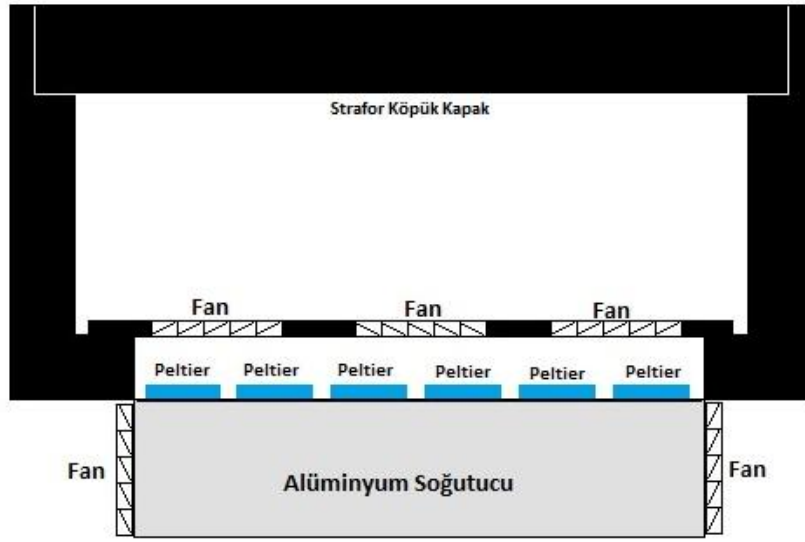


ekil 3.20 Soğutma kabininin yapımı.

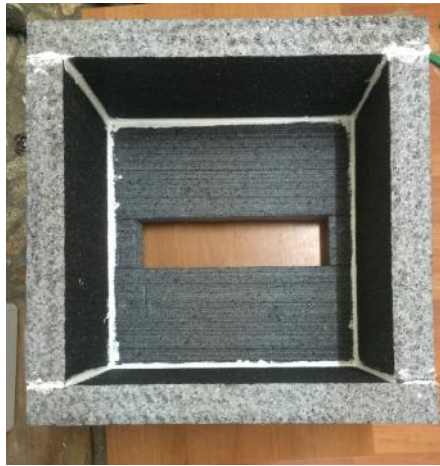
Bu deneý sonucunda verim alınamamı ve 45 dakika kadar çalıştırıldı ında havanın 2 °C kadar soğutuldu u görülmü tür. Verimin artırılması için peltier sayısı artırılarak 6 üstte 6 altta toplam 12 peltier kullanılmı ancak bunun havanın soğutulmasına bir fayda vermedi i gözlemlenmi tir. Bu durum bize göstermi tir ki hava soğutma kabinimiz çok iyi yalıtılmalıdır. Ayrıca peltier miktarının artırılmasının do rudan sıcaklık dü ü ünü etkileyemedi i saptanmı tir.

3.2.4 Deney 4

Yapılan deneylerde peltier sayısının artmasına rağmen havanın soğumasında bir de i iklik olmaması bizi peltier sayısını azaltma yönünde yönlendirmi tir. Ayrıca bu deneyde so utma kabiniimizin hacmi artırılmış ve köpük malzemedeki tekrar tasarlanmıştır. Üst kısımda kullanılan peltierler ve so utucu alüminyum iptal edilmiştir.



ekil 3.21 Deney 4: So utma kabini elemanlarının ba lanma eması.



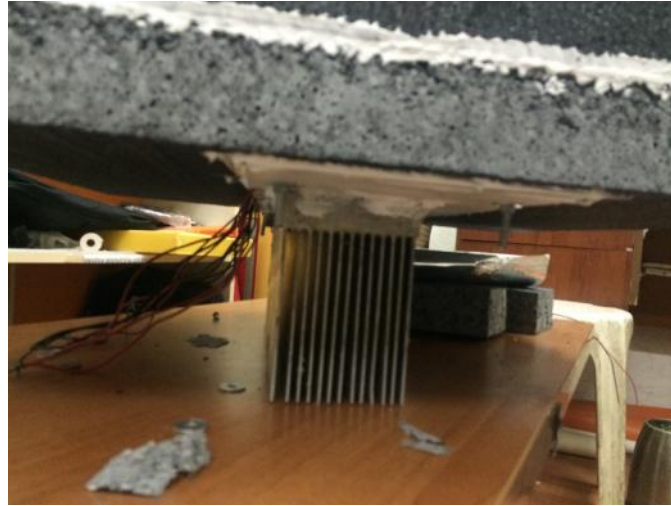
ekil 3.22 So utma kabini tasarımı a amaları.

Strafor köpük malzemeden bir kabin hazırlandı. Bu kabini birle tirebilmek için köpü e zarar vermeden i lem yapabilmeyi cam silikonuyla gerçekleştirildi. Kabinin alt tarafından peltierleri içeri alacak ekilde bir oyuk açıldı.



ekil 3.23 So utma kabini tasarımı a amaları - Peltierlerin görünümü.

Peltierler ekil 3.20’de görüldü ü gibi alüminyum so utucunun yüzeyine termal macunla yapı tırıldı. Montaj yapabilmek ve alüminyumun ısısından sistemi muhafaza etmek için peltierlerin etrafı beyaz strafor kâ ıt köpükle kapatıldı.



ekil 3.24 So utma kabini tasarımı a amaları - So utucu alüminyum.

ekil 3.24’de ve ekil 3.25’de görüldü ü gibi peltierlerin so utyan kısmı kabinin içinde kalacak ekilde daha önce açılan oyu a yerle tirildi. ekil 3.22’de görüldü ü gibi kabin içi so uma i leminin kolay yapılması ve yalıtım için alüminyum folyo ile kaplandı.

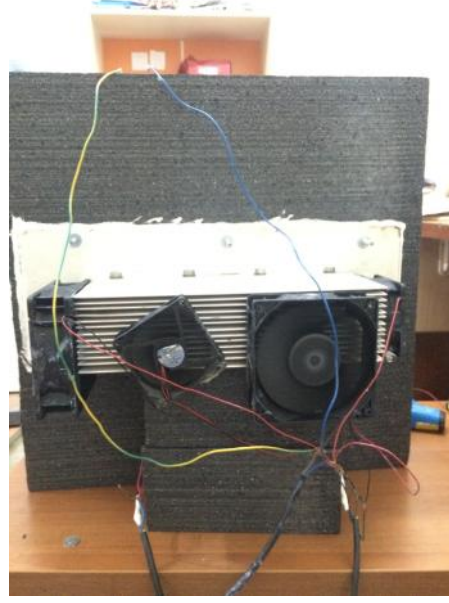


ekil 3.25 So utma kabini tasarımı a amaları - Kabin içi folyo kaplanması.



ekil 3.26 So utma kabini tasarımı a amaları - Kabin kapa 1.

ekil 3.26’te görüldü ü gibi so utma kabini tasarlanan kapakla kapatıldı. Di er tarafta kalan alüminyum so utucu fanlar montajlanarak so utuldu. Böylece peltierlerin ısınan yüzeylerinin so utulması sa landı. ekil 3.27’te düzene in bitmi hali görülmektedir.



ekil 3.27 So utma kabini tasarımı a amaları - So utma fanları.



ekil 3.28 So utma kabini deney düzene i.

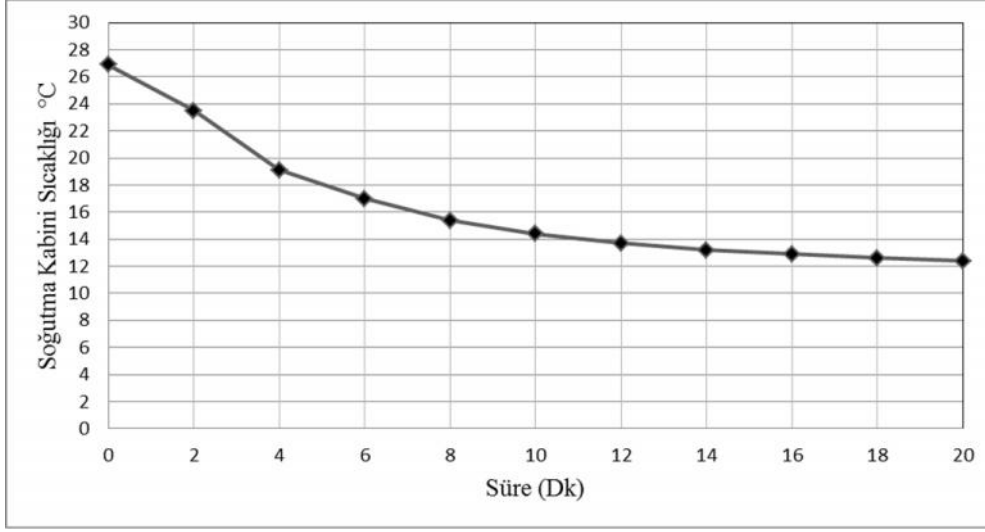
4. BULGULAR

So utma kabinimizden verim alabilmek adına daha önce yapılan hatalar düzeltilmiş, so utucu alüminyumdan sistemin ısı almaması için köpük malzeme kullanılmış, ayrıca alt ve üst tarafta so utucu alüminyum kullanmak yerine peltierler tek tarafta toplanarak tek so utucu ile izolasyon yapılmıştır. So utma kabinimizin yapımında 5 cm kalınlığında strafor köpük malzeme kullanılmıştır. Yapılan deneyde elde edilen ölçümler Çizelge 4.1’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Dış ortam ve so utma kabini zamana göre elde edilen sıcaklık değerleri.

Süre (dk)	Dış Ortam (°C)	So utma Kabini (°C)
0	27	26,9
2	26,9	23,5
4	26,9	19,1
6	27	17
8	27	15,4
10	27	14,4
12	27	13,7
14	27,1	13,2
16	27,1	12,9
18	27	12,6
20	27	12,4

Sıcaklık değişim değerlerinin daha rahat görülebilmesi için sıcaklık değişimi grafiği ekil 4.1’te gösterilmiştir. Dış ortam sıcaklığındaki ufak değişimler göz ardı edilmiş 27 °C olarak değerlendirilmiştir.



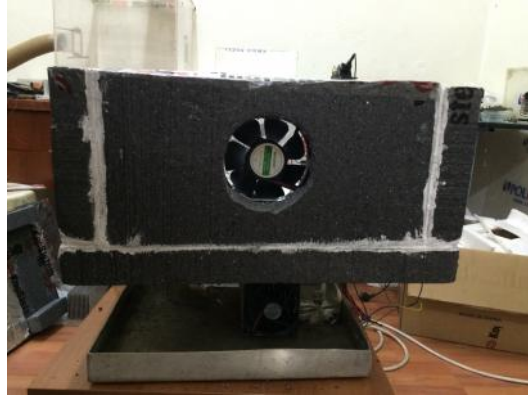
ekil 4.1 Soğutma kabini sıcaklık değişimi.

Aldığımız bu değerler soğutma kabininin içinde bulunan havayı soğutabildiğimizi göstermektedir. 20 dk içerisinde sıcaklık değeri 27 °C den 12,4 °C ye düşürülmüştür. Bu sebeple tasarlanılan temsili araç içi kabinimizi de sisteme montajlayıp deney gerçekleştirildi.



ekil 4.2 Araç içi kabinin soğutma kabine montajı – Soğutma kabini içi.

Havanın geçişi ve sirkülasyonu sağlamak için soğutma kabinimizi ve araç kabinimizi borularla birleştirilmiş ve araya kuvvetli döndürme sağlayan fan kullanılmıştır. Araç kabini bir önceki deney düzeninde tasarlanmış ve montaj amaçları gösterilmiştir. Kabin yapımında boyutları olarak 1m yükseklik ve 50 cm genişliğinde strafor malzeme kullanılmıştır. Kabin iç hacmi 0,25 m³ olarak hesaplanmıştır.



ekil 4.3 Araç içi kabinin so utma kabinine montajı - Hava geçi yolu ve fan.

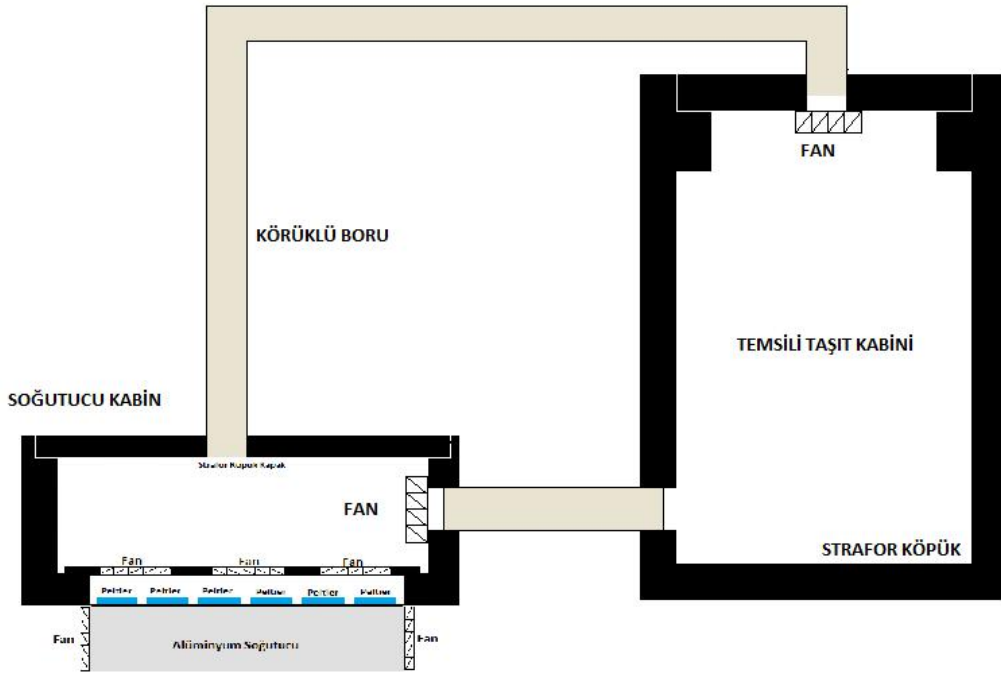


ekil 4.4 Araç içi kabinin so utma kabinine montajı - ki kabinin birlikte görünümü.

ekil 4.5'te so utma ünitesi ve ta it kabininin birle tirilmi ekli görünmektedir. So utma kabininde peltierler üzerinde bulunan 3 adet fandan dı taraftakiler peltierlere hava üflerken ortadaki fan peltierlerin üzerindeki havayı ortama üfleyecek ekilde ters yerle tirilmi tir. ki kabin arasında bulunan fan, so utma kabini içerisinde so uyan havanın ta it kabinine aktarılmasını ve ta it kabini içinde bulunan havanın so utma kabinine aktarılmasını sa lamaktadır.



ekil 4.5 Araç içi kabini ve soğutma kabini deney düzenine i.

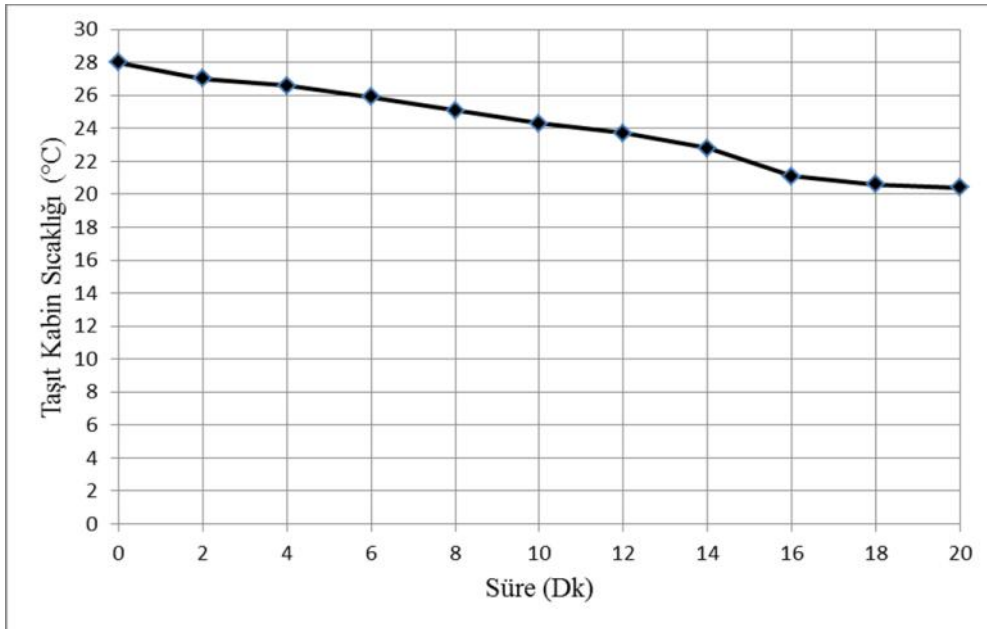


ekil 4.6 Deneý 4 ematik görünümü.

Yapılan deneyde elde edilen ölçümler Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 D₁ ortam ve araç içi kabini deney sonuçları.

Süre (dk)	D ₁ Ortam (°C)	Soğutma Kabini (°C)
0	28	28
2	28	27
4	28	26,6
6	28	25,9
8	28	25,1
10	28	24,3
12	28	23,7
14	28	22,8
16	28	21,1
18	28	20,6
20	28	20,4



ekil 4.7 Soğutma kabini sıcaklık değişimi.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Deney sonuçlarından anlaşıldığı gibi Termoelektrik soğutma sistemi kullanılarak bir ortamın sıcaklığını düşürmenin başarılı olacağı görülmüştür. Yapılan son deneyde ortam sıcaklığı 19 °C kadar düşürülmüştür.

Bir peltierin tükettiği güç $P = V \times A$ formülü ile hesaplandı. Burada $P = 14 \times 5 = 70W$ olarak görülmektedir. Sistemde 6 adet peltier kullanıldığı için toplam harcanan güç $6 \times 70 = 420W$ olarak karımıza çıkmaktadır. Sistemin; soğutma sistemi olarak kullanılması kurulum maliyeti olarak hesaplı olsa da güç tüketiminin fazla olması ve kullanılan Termoelektrik malzemenin hassaslığı sebebiyle çabuk arıza yapması nedeniyle mümkün görülmemektedir.

5.2 Öneriler

Teknolojik gelişmelerin artarak devam etmesi ileride daha sağlam iç yapısal özelliklere sahip peltierlerin üretilmesi umudunu bizlere vermektedir.

Böyle bir durumda projenin soğutma bölümünün yeni tasarımlarla geliştirilerek tekrar incelenmesi ve bu şekilde verimini arttırarak kullanılabilir hale getirilmesi mümkün olacaktır. Soğutma sisteminde soğutucu akışkanlı sistemlerinin hızlı soğutma yapabilmesi ve çok uzun süre veriminden bir şey kaybetmeden soğutma işlemine devam edebilmesi sebebiyle, peltier üreticilerinin daha dayanıklı ve az elektrik tüketerek yüksek T imkânlarını bizlere sağlayana kadar popülerliğini koruyacaktır. Ancak bu mümkün olursa ve belirttiğimiz özellikleri barındıran bir peltier modül üretilirse gerekli kadar termoelektrik malzemeyle soğutucu akışkan içermeyen klima tasarımının başarıya ulaşılabileceğini söylemek mümkündür. Peltier sayısının arttırılarak soğutma kabini geliştirilebilir ve bu şekilde birim zamanda daha fazla miktarda soğutma gerçekleştirilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Chein, R., Chen, Y., (2005), “Performances of thermoelectric cooler integrated with microchannel heat sinks”, *International Journal of Refrigeration*, Taiwan, **28**: 829-830.
- Çiçek, O., Demirel, H. ve Tan, S. O., (2011), “Termoelektrik modüllü kan nakil kabı tasarımı”, *Journal of Technology*. **14**: 115-121.
- Derun, E. M., (2005), “Sb₂Te₃ Ve Bi₂Te₃ çerikli Bileşiklerin Termoelektrik, Yapısal ve Mikroyapısal Özelliklerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Du, C.Y., Wen, C.D., (2011), Experimental Investigation and Numerical Analysis For One-Stage Thermoelectric Cooler Considering Thomson Effect, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **54**: 4875–4884.
- Eakburanawat, J., Boonyaroonate, I., (2006), Development of a Thermoelectric Battery-Charger with Microcontroller-based Maximum Power Point Tracking Technique. *Applied Energy*, **83**: 687-704.
- Gür, S., Atik, K., (2009), Yoğunlaştırıcı Güneş Kollektörleri Ve Termoelektrik Jeneratörler Kullanarak Elektrik Üretim., 5. Uluslararası Enerji Teknolojileri Sempozyumu (İats'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük.
- Huang, M. J., Yen, R. H. and Wang, A., (2005), “The influence of the thompson effect on the performance of a thermoelectric cooler”, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **48**: 413–418.
- Ikeda, M., Nakamura, T., Kimura, Y., Noda, H., (2006), “Thermal performance of thermoelectric cooler (TEC) integrated heat sink and optimizing structure for low acoustic noise / power consumption”, 22nd IEEE Semi-Therm Symposium, Dallas.

- Karimi, G., Culham, J.R., Kazerouni, V., (2011), Performance analysis of multi-stage thermoelectric coolers, *International Journal of Refrigeration*, **34**: 2129-2135.
- Kayaba ı, R. (2009), Jeotermal Enerji Kullanılarak Termoelektrik Jeneratör le Elektrik Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Kurddan, Ö., (2006), Araçlarda Lpg le Çalışan Klima Tasarımı ve Uygulanabilirli inin Ara tırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Megep E itim Modülleri, (2007). “ İlemciler (MEB)”, Ankara, 31-36.
- Nuwayhid, R.Y., Rowe, D. M., Min G. (2003), Low cost stove-top thermoelectric generator for regions with unreliable electricity supply, *Renewable Energy* **28**: 205-222.
- Ok, S., (2008), Otomobil Klima Sistemi ve Klima Sisteminin Motor Performansı Üzerindeki Etkilerinin ncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul.
- Rowe, D. M., (1995), “Application of thermoelectric cooling”, CRC Handbook of Thermoelectrics, CRC Press Inc., Boca Raton, 617- 683.
- Rowe, D. M., Bhandari C. M., (1983), Modern Thermoelectrics, Holt-Technology, London, 168.
- Tan, S. O., (2013), Sunucuların peltier modüller ile so utulması sisteminin tasarımı ve gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Thacher, E.F., Helenbrook, B.T., Kari, M.A., Richter, C.J. (2006), Testing Of An

Automobile Exhaust Thermoelectric Generator n A Light Truck, Proc. IMechE
Vol. Part D, 95-107.

Trottmann, M., Weidenkaff, A. (2010), Thermoelectric Waste Heat Recovery,
Mechanical Engineering , **140**: 138.

Usta, H., Kırmacı, V., (2002), Termoelektrik Etkiler Ve So utma Etkinli inin
Uygulanması, *Teknoloji*, **3**: 65-71.

Vieira, J.A.B., Mota, A.M. (2009), Thermoelectric Generator Using Water Gas Heater
Energy for Battery Charging, IEEE International Conference on Control
Applications, 1477-1482.

Yavuz, A. H., Ahıska, R., Hakim, M., (2006), Bulanık Mantık Kontrollü Termoelektrik
Beyin So utucusu, ELECO'2006 Elektrik – Elektronik – Bilgisayar Mühendisli i
Sempozyumu, Bursa.

nternet Kaynakları

1. <http://www.efunda.com> (08.06.2015)
2. <http://320volt.com/peltier-termoelektrik-sogutucu-nedir-nasil-calisir> (15.04.2015)
3. <http://www.hebeiltd.com.cn> (10.08.2014)
4. <http://www.olcummarket.com> (10.05.2015)
5. <http://www.hepsiburada.com> (15.04.2015)
6. <http://kopukstrafor.com/strafor-teknik-ozellikleri>, (15.04.2015)

ÖZGEÇM

Adı Soyadı : Murat M EK
Do um Yeri ve Tarihi : Sincanlı – 29.11.1984
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : (555) 863 21 81 – mrg_bilgisayar@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Çınarlı Teknik Lise Bilgisayar Donanım Bölümü - 2003
Lisans : Kocatepe Üniversitesi Otomotiv Öğretmenliği - 2010
Yüksek Lisans : Kocatepe Üniversitesi Makine Mühendisliği - 2015

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

Yıl	Kurum	Görevi
2003	Boyta Bilgisayar	Teknik Personel
2008	Mrg Bilgisayar	Firma Müdürü
2010	Cersan Plastik Döküm	Kalıp Bakım Stajyeri
2014	Diteknik Notebook Tamir ve Saha Hizmetleri	Genel Müdür