T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TRAKTÖRLERDE KULLANILMAK ÜZERE HIZLI BİR SOĞUTUCU TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oğuz ARSLAN

Enstitü Anabilim Dalı	**:**	**OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ**
Tez Danışmanı	**:**	**Doç. Dr. İdris CESUR**
Ortak Danışman	**:**	**Prof. Dr. Hakan Serhad SOYHAN**

Ocak 2021

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TRAKTÖRLERDE KULLANILMAK ÜZERE HIZLI BİR SOĞUTUCU TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oğuz ARSLAN

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 22.01.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ	BAŞARI DURUMU
Jüri Başkanı: Prof. Dr. Ahmet KOLİP	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. İdris CESUR	BAŞARILI
Üye: Prof. Dr. Can HAŞİMOĞLU	BAŞARISIZ
Üye: Doç. Dr. Gökhan ÇOŞKUN	BAŞARILI
Üye: Prof. Dr. Hakan Serhad SOYHAN	BAŞARILI

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Oğuz ARSLAN

15.01.2021

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni bilimsel temeller ışığından yönlendiren değerli danışman hocalarım Doç. Dr. İdris CESUR, Prof. Dr. Hakan Serhad SOYHAN'a ve Prof. Dr. Ahmet KOLİP'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans boyunca ve 6 senelik iş hayatında bana desteklerini hiç bir zaman esirgemeyen, başarılı bir şekilde okulu bitirmem için her türlü kolaylığı sağlayan, Anadolu Motor TEKNİK Müdürü Sn. Ender TOPÇU' ya, BMC İhracat Müdürü Sn. B. Tarık Özeler'e ve Başak Traktör ARGE Müdürü Sn. İsmail Cem EREN' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. İş hayatında bana desteklerini esirgemeyen, başarılı bir şekilde okulu bitirmem için kolaylığı sağlayan, Anadolu ISUZU Otobüs Müdürü Sn. Barış KOCA' ya, Anadolu ISUZU Otobüs Şefi Sn. Mehmet Sinan Tükenmez'e ve ekip arkadaşlarım Sn. Cengiz Cansız ve Sn. Ercan Çalıaltın'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen, teşvik eden ve araştırmanın planlanmasında yardımcı olan değerli çalışma arkadaşlarım ve meslektaşlarım Sezgin ALTUK' a, M. Çağatay YILDIRIM' a, Mustafa TURAN' a, Muharrem ALTINAY' a, Mert SÜLA' ya, Ensar İMAL' e, Bora KAYA' ya, Nail SUBAŞI' ya ve Engin ERDOĞAN' a teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca buna eğitim hayatım da dahil olmak üzere her daim maddi, manevi yanımda olmuş ve bana her zaman güvenen sevgili annem Bedriye ARSLAN (merhum), babam Niyazi ARSLAN(merhum), Ablam Filiz Kara, Eniştem Serkan Kara, Teyzelerim Nuran Tuncay, Fatma Kesikbaş, Kadriye Özçelik, Fethiye Şahin ve Dayım Ahmet Erdoğan'a bu stresli dönemde desteklerinden dolayı minnettar olduğumu dile getirmekten mutluluk duyarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR ..... **i**
İÇİNDEKİLER ..... **ii**
SİMGELER LİSTESİ ..... **v**
KISALTMALAR LİSTESİ ..... **vi**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **vii**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **viii**
ÖZET ..... **x**
SUMMARY ..... **xi**

BÖLÜM 1.
GİRİŞ **1**
1.1. Çalışmanın Önemi 3
1.2. Çalışmanın Amacı ve Beklentiler 3
1.3. Literatür Taraması 4

BÖLÜM 2.
SOĞUTMA SİSTEMLERİ **10**
2.1. Pasif Soğutma Sistemi 10
2.2. Aktif Soğutma Sistemi 11
2.2.1. Hava soğutmalı sistemler 11
2.2.2. Isı borusu sistemi 13
2.2.3. Gaz soğutma sistemi 14
2.2.4. Sulu soğutma sistemi 15

BÖLÜM 3.
TERMOELEKTRİK **16**
3.1. İletken 16
3.2. Yalıtkanlık 17
3.3. Yarı İletkenler 17
3.4. Termoelektrik Modül 18
3.5. Termoelektrik Modüllerinin Çalışma Teorisi 19
3.5.1. Thomson etkisi 19

3.5.2. Seebeck etkisi 20
3.5.3. Peltier etkisi ve hesaplamaları 21
3.6. Termoelektrik Malzemelerin Özellikleri 27
3.7. Termoelektrik Soğutma 28
3.8. Termoelektrik Soğutucuların Avantajları 30
3.9. Termoelektrik Soğutucuların Dezavantajları 31
3.10. Termoelektrik Parametreler 31
3.10.1. Sıcaklık farkı 35
3.10.2. Isı aktarım gücü 35
3.10.3. Modül akımı 35
3.10.4. Modül gerilimi 36
3.11. Termoelektrik Soğutma Kullanım Alanları 36
3.11.1. Elektro – Optik 36
3.11.2. Elektronik 37
3.11.3. Biyo-Medikal 37
3.11.4. Fizik 37
3.11.5. Kimya 38
3.12. Termoelektrik Üreteç Sistemleri (TEG) 38

BÖLÜM 4.
SİSTEMİN TANITIMI, PROTOTİP AŞAMASI VE HESAPLAMALARI 40
4.1. Materyal Metot 41
4.1.1. Peltier 41
4.1.2. Anahtarlamalı güç kaynağı 42
4.1.3. Soğutucu fan 42
4.1.4. Su pompası 43
4.1.5. Termal macun 43
4.1.6. Sıvı soğutma bloğu 44
4.1.7. Alüminyum blok 44
4.1.8. Radyatör 45
4.1.9. Sıcaklık sensörü 45
4.2. Solidworks Katı Model Tasarımı 46
4.3. Prototip Aşaması 51
4.4. Termal Analiz 56

BÖLÜM 5.
TEORİK VE DENEYSEL HESAPLAMALAR 57
5.1. Deneysel hesaplamalar 57
5.2. Teorik hesaplamalar 61

BÖLÜM 6.
DENEYSEL VE TEORİK SONUÇLARI 70

BÖLÜM 7.
GENEL DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER.....82
7.1. Sonuçlar.....82
7.2. Öneriler.....83

KAYNAKLAR 84
EKLER.....88
ÖZGEÇMİŞ.....91

SİMGELER LİSTESİ

Bi_2Te_3	:	Bizmut-Tellürit
Bi-Sb	:	Bizmut-Antimon
dBA	:	Ağırlıklı Mutlak Gürültü Gücü
DeltaT	:	Modül Yüzeyleri Arasındaki Sıcaklık Farkı (ºc)
I	:	Doğru Akım, (A)
P	:	Peltier Etkisi
PbTe	:	Kurğun-Tellürit
Qc	:	Modülün Soğutma Gücü(W)
Qj	:	Joule Isısı (W)
Qp	:	Peltier Isısı (W)
QT	:	Thomson Isısı (W)
S	:	Seebeck Etkisi
Si	:	Silisyum
SiGe	:	Silisyum-Germanyum
T	:	Thomson Etkisi
Tc	:	Modülün Soğuk Yüzey Sıcaklığı (ºc)
Th	:	Modülün Isınan Yüzey Sıcaklığı (ºc)
Ti	:	Yarıiletkenin İç Isısı
V(v)	:	Modülün Gerilim Değeri (Volt)
W	:	Watt
α	:	Seebeck Katsayısı (V/ OC)
ΔE	:	Potansiyel Fark
ΔT	:	Sıcaklık Farkı
Π	:	Peltier Sabiti, (V)

KISALTMALAR LİSTESİ

CAD	:	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
COP	:	Termoelektrik Modül Tesir Katsayısı
DC	:	Doğru Akım
TE	:	Termoelektrik Element
TEC	:	Termoelektrik Soğutma
TEG	:	Termoelektrik Üreteç
TO	:	Isının Aktarıldığı Ortam Sıcaklığı
TSE	:	Türk Standartları Enstitüsü
ZT	:	Sıcaklıkla Değişen Termoelektrik sel Verim

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1: Basit yarı iletken malzemelerin kullanım yerleri.....18
Tablo 3.2: Birleşik yarı iletken malzemelerin kullanım yerleri.....18
Tablo 4.1: Peltier performans değerleri 42
Tablo 4.2: Termal macun özellikleri.....44
Tablo 4.3: Sıcaklık sensörü özellikleri.....46
Tablo 5.1: Döküm radyatör seçimi.....59
Tablo 5.2: Peltier verim hesap değerleri 60
Tablo 5.3: Malzemeye göre ısı aktarım katsayı değeri 63
Tablo 6.1: Cihaz sıcaklık - zaman tablosu 80

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Isı borulu soğutma sistemi 11
Şekil 2.2: Isı yayıcı 12
Şekil 2.3: Yonga seti ısı yayıcı 12
Şekil 2.4: 12 volt ve 0.12 amper değerlerinde çalışan fan. 12
Şekil 2.5: Isı borusu sistemi 14
Şekil 2.6: Gaz soğutma sistemi 14
Şekil 2.7: Su soğutma sistemi 15
Şekil 3.1: Bakır (Cu) atom modeli 16
Şekil 3.2: Argon (Ar) atom modeli 17
Şekil 3.3: Termoelektrik modülünün içyapısı 19
Şekil 3.4: Thomson etkisi 20
Şekil 3.5: Thomson etkisini açıklayan devre şeması 20
Şekil 3.6: Seebeck etkisini gösteren devre şeması 21
Şekil 3.7: Potansiyel altında oluşan peltier etkisi 22
Şekil 3.8: Peltierin çalışma prensibi 24
Şekil 3.9: Yarıiletken malzemelerin sıcaklığa göre değişen verimin grafik eğrileri 28
Şekil 3.10: N tipi devre şeması 29
Şekil 3.11: P tipi devre şeması 29
Şekil 3.12: N ve P tipi termoelektrik modülün gösterimi 30
Şekil 3.13: Havadan havaya soğutma modülü 32
Şekil 3.14: Sudan havaya ısı aktarımı olan bir soğutma modülü 32
Şekil 3.15: Soğuk plakalı termoelektrik modülü 33
Şekil 3.16: Tek kademeden oluşan peltier 34
Şekil 3.17: Çok kademeden oluşan peltierler 35
Şekil 3.18: TEC soğutmalı lazer diyot 36
Şekil 3.19: Biyomedikal uygulamalar için sıvı soğutucu 37
Şekil 3.20: Günlük mini buzdolabı 38
Şekil 3.21: Kabin içi iklimlendirme 38
Şekil 3.22: Termoelektrik üreteç devre şeması 39
Şekil 4.1: Termoelektrik soğutucu modülün yapısı 40
Şekil 4.2: Peltier 41
Şekil 4.3: TEC-12706 iç yapısı 42
Şekil 4.4: Anahtarmalı güç kaynağı 42
Şekil 4.5: Soğutucu fan 43
Şekil 4.6: Su pompası 43
Şekil 4.7: Termal macun uygulaması 43
Şekil 4.8: Sıvı soğutma bloğu 44
Şekil 4.9: Alüminyum blok 44
Şekil 4.10: Radyatör 45

Şekil 4.11: DS18B20 sıcaklık sensörü 45
Şekil 4.12: 0,5 litrelik cam şişesi 47
Şekil 4.13: U şeklinde bent 47
Şekil 4.14: Termoelektrik soğutucu su bloğu 48
Şekil 4.15: Termoelektrik soğutucu alüminyum bloğu 48
Şekil 4.16: Termoelektrik su soğutucu alüminyum blok montajı 49
Şekil 4.17: Termoelektrik su soğutucu montaj sağ kesit görünümü 49
Şekil 4.18: Termoelektrik su soğutucu montaj üst kesit görünümü 50
Şekil 4.19: Sistemin son montaj hali (ön görünüş) 50
Şekil 4.20: Sistemin son montaj hali (arkadan görünüş) 51
Şekil 4.21: Portatif saç levha tasarımı 51
Şekil 4.22: Kaynaklı imalattan sonra saç levha 52
Şekil 4.23: RAL 9016 beyaz boyalı saç levha dış kabı 52
Şekil 4.24: Peltierlerin alüminyum blok üzerine montajı 53
Şekil 4.25: Pompa ve su deposu bağlantı hortumları 54
Şekil 4.26: Arduino SD kart bağlantı şeması 54
Şekil 4.27: Sistemde kullanılan arduino devresi 55
Şekil 4.28: Hızlı bir su soğutucu prototip cihaz 55
Şekil 5.1: Su pompası 58
Şekil 5.2: Peltier verim grafiği 61
Şekil 5.3: Sistemin şemasal gösterimi 61
Şekil 5.4: Isı akışının gösterimi 62
Şekil 5.5: İki sınır katmanının gösterimi 63
Şekil 5.6: Mesh hücrelerine göre analiz detay gösterimi 64
Şekil 5.7: Isı transferine bağlı Isı değiştirici içerisinde ki sıcaklık değişim grafiği 66
Şekil 6.1: Termoelektrik su soğutma ünitesi blok üst görünüşü 70
Şekil 6.2: Termoelektrik su soğutma ünitesinin sağ görünüşü 71
Şekil 6.3: Termoelektrik su soğutma ünitesinin sağ görünüşü 71
Şekil 6.4: Termoelektrik su soğutma ünitesinin sağ görünüşü 72
Şekil 6.5: Termoelektrik su soğutma ünitesinin surface görünüşü 73
Şekil 6.6: Termoelektrik su soğutma ünitesinin baloncuk görünüşü 73
Şekil 6.7: Termoelektrik su soğutma ünitesinin meshlere ayrılmış görüntüsü 74
Şekil 6.8: Su şişesi soğutma grafiği (İterasyon) 75
Şekil 6.9: Zamana bağlı Su şişesi soğutma grafiği 75
Şekil 6.10: Su şişesi hacimsel maksimum soğutma grafiği (İterasyon) 76
Şekil 6.11: Zamana bağlı su şişesi hacimsel maksimum soğutma grafiği 76
Şekil 6.12: Su şişesi hacimsel ortalama soğutma grafiği 77
Şekil 6.13: Zamana bağlı su şişesi hacimsel ortalama soğutma grafiği 77
Şekil 6.14: Su şişesi hacimsel minimum soğutma grafiği 78
Şekil 6.15: Zamana bağlı Su şişesi hacimsel minimum soğutma grafiği 78
Şekil 6.16: Alüminyum blok soğutma grafiği 79
Şekil 6.17: Zamana bağlı Alüminyum blok soğutma grafiği 79
Şekil 6.18: Zamana bağlı Prototip Alüminyum blok soğutma grafiği 80
Şekil 6.19: Zamana bağlı karşılaştırmalı teorik ve deneysel alüminyum blok sıcaklık grafiği 81

TRAKTÖRLERDE KULLANILMAK ÜZERE HIZLI BİR SOĞUTUCU TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

İki farklı yüzey arasında ortaya çıkan ısı farkı ve uç noktalarında meydana gelen akım sayesinde, ön yüzey ısınırken arka yüzeyi soğuyan sistemlere termoelektrik malzemeler denir. Son yüzyıllarda termoelektrik teknolojisinin tahmin edilenden daha fazla gelişmesi ve ortaya çıkacak sistem maliyetlerinin düşürülmesi sayesinde kullanım kolaylığı sağlanarak hem de uygulamaların alanları geliştirilmiştir. Termoelektrik modüller, karmaşık olmayan yapıya sahip olup kullanımı kolay sistemlerdir. Bu sistem yapılarının karmaşık olmaması ve üst bölgesinden gecen gerilim sayesinde uygulanabilirliği daha kolay olmaktadır. Traktörlerin ve iş makinalarının çalışma koşulları göz önüne alındığında, araçlarda içme suyunu soğutabilecek bir üniteye ihtiyaç duyulduğu için bu çalışma yapılmış ve prototip cihaz üretilmiştir. Bu sebepten dolayı termoelektrik modüller kullanarak 12V ile çakmaklıktan çalıştırılabilecek portatif, yenilikçi ve hızlı bir soğutucu tasarımı üzerine çalışılmıştır. İçme suyu sıcaklık değeri TSE standartları tarafından belirlenmiş olup, tasarımı yapılan cihaz da kullanılan termoelektrik soğutucu modüller sayesinde istenilen suyun sıcaklık değerine ulaşıncaya kadar kısa bir sürede soğutulmuştur.

Anahtar kelimeler: Termoelektrik, Isı Değiştiriciler, Yarıiletken, Peltier Soğutması

A FAST COOLER DESING AND DEVELOPMENT FOR USE IN TRACTORS

SUMMARY

Thermoelectric materials can heat up on one side and cool down on the other by the current occurring the points due to the difference in temperature between two different surfaces. In years, thermoelectric technology has progressed dramatically and system costs have been reduced drastically, resulting in improved ease of use and further application. Thermoelectric materials are easy to use and uncomplicated systems. The system does not have a inextricable structure and it is easier to apply the voltage passing through the top. In this application, considering operating conditions of tractors and construction machines, a unit is needed for cooling the water in the vehicles. Therefore, we have been worked on portable, innovative and fast cooler design that can be operated from a cigarette lighter with 12V using thermoelectric modules. The water determined by TSE standards has been cooled in a short time to the desired temperature value thermoelectric cooler modules used in the designed device.

Keywords: Thermoelectric, Heat Exchangers, Semiconductivity, Peltier Cooling

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Soğutmanın kelime anlamı, herhangi bir cismin ya da içerisinde bulunduğu ortamın sıcaklık değerini ısı transferi sayesinde istenilen sıcaklık değerini getirmek ve bulunduğu noktada muhafaza edebilmek için ısının ortamdan uzaklaştırılmasıdır. En eski ve en ilkel soğutma biçimi, soğuk bölgelerde doğanın meydana getirdiği buz kütlelerinin muhafaza edilerek soğutulmak istenen ortama koyulması sonucu gerçekleşen soğutma işlemidir. M.Ö. 1000 yıllarından 1880' li yıllara bu kütleleri kullanılarak yapılan soğutma işleminden büyük ölçüde faydalanılmıştır. Mısırlılar, toprak kap içerisine konulmuş sıvıların bütün gece bekletilmesi sonucunda kabın içerisindeki sıvının soğuduğunu gözlemlemişlerdir. Gökyüzünün gece ısısı mutlak sıfır (-273 °C) olduğundan dolayı ve ışıma (radyasyon) yolu ile sıcaklığın gökyüzüne iletilmesi sonucunda soğutma işlemiş gerçekleşmiştir. Kar ve buzlar ile yapılan soğutmaların çok fazla yer kaplaması ve soğutma işleminin uzun sürmesinden dolayı, soğutmanın cihazlarla yapılabilmesi için araştırma çalışmaları başlamıştır.

Soğutma endüstrisinin zamanla gelişip daha yaygın olarak kullanılması için soğutma üzerine çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Bu soğutma sistemleri aşağıdaki gibidir.

- Buhar sıkıştırmalı,
- Absorbsiyonlu,
- Stirling,
- Ejektör soğutma sistemi,
- Hava soğutma sistemleri,
- Termoelektrik soğutma sistemi.

Termoelektrik soğutucular, nesnelerin sıcaklığını ortam sıcaklığının altına düşürürken bir yandan da ortam sıcaklığı fark etmeksizin, nesnelerin sıcaklıklarını dengede tutmayı sağlamaktadır. Ortalama yüzey alanı başına 3-6 $watt/cm^2$ lik pompalar, termoelektrik soğutucu modülleri tarafından yapılmaktadır. Bu soğutucular peltier ve termoelektrik

modül olarak da isimlendirilebilir. Isı pompası olarak çalışan yarı iletkenlere termoelektrik soğutucular denmektedir. Isı modülün bir ucundan diğer uç tarafına DC akım sayesinde istenilen voltaj değeri kadar akım hareketi gerçekleşir. Eğer akımın eksi ve artık uç kısımları yer değiştirilirse ısınma ve soğuma yüzeyleri değişir. Termoelektrik modüller göre soğutucu veya ısıtıcı olarak kullanılmaktadır. Termoelektrik soğutucular aktif soğutma sistemi olup, değişken enerji birimleri için kullanılmaktadır. [1].

Peltierler sessiz ve düzgün çalıştığı için genellikle küçük hacimli sistemlerin soğutulmasında kullanılır. Termoelektrik soğutucular çevre dostu sistemler olup, sıcaklık kontrolünün önem arz ettiği çalışmalar için uygun sistemlerdir. Peltierlerin en büyük dezavantajı olarak pahalı olması ve STK (soğutma tesir katsayısı) 'nın kompresörlü soğutma sistemlerinkinden düşük olmasıdır. Teknolojideki gelişmeler sayesinde termoelektrik soğutucu modüllerinin maliyetleri azalmaktadır.

Termoelektrik soğutucular genellikle araç tipi buzdolaplarının geliştirilmesinde kullanılır. DC akım bağlantı noktalarına uygulandığı zaman, yüzeyin bir tarafı soğurken yüzeyin diğer tarafı ısınır. Peltierler boyutlarına ve güçlerine göre farklı tip ve modellerde üretilirler [2].

Soğutma günümüz şartlarında önemli bir yere sahiptir. Ev ve iş yerlerindeki gıdaların buzdolapları sayesinde bozulmadan saklanabilmesi, bulunduğumuz ortamın klima cihazları sayesinde soğutulması, marketlerde soğuk hava depoların yaygın olarak kullanılması, fabrikalarda üretimde kullanılan enjeksiyon soğutma cihazlarının kullanılması, bilgisayarın fan sistemi sayesinde soğutulması, sağlık alanında ameliyat hanelerin uygun ortam sıcaklığına getirilmesi için soğutulması gibi yaşamsal döngüler bizlere soğutmanın günümüzdeki önemini göstermektedir [3].

Ayrıca günlük yaşantımızda kullandığımız içme sularının da özellikle yaz aylarında vücut sıcaklığını dengeleme acısından soğutulmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebepten dolayı portatif su soğutma sistemlerinin geliştirilmesi günümüzde çok önemlidir.

Teknolojinin her geçen gün dahada gelişmesi insanlık tarafından; portatif, pratik, sessiz ve taşınabilir cihazlara ve sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Teknolojik gelişmelerden faydalanarak insanlık konforunu yükseltebilecek şekilde soğutma sektöründe değişimler günden güne artarak devam etmektedir. Örnek verecek olunursa, mini araç buzdolapları,

taşınabilen organ nakil kutuları, kıyafet soğutucuları, araç koltuk soğutucuları, vücut ısısını düşürebilen soğutucular bunların başında gelmektedir.

1.1. Çalışmanın Önemi

İnsan vücudunun bütün temel fonksiyonlarını sağlıklı olarak devam ettirebilmesi için suyun önemi çok fazladır. İnsan vücudunun yetişkinlerde %60, çocuklarda %70, yaşlılarda da %50' si gibi büyük bir bölümleri sudan oluşmaktadır [4].

Vücuttaki su %20'lik oranda azalması söz konusu olduğunda insan hayatı açışından ölümle sonuçlanmaktadır. Suyun yaşamımız için ne kadar önemli olduğuna örnekler verecek olursak, besinlerin sağlıklı bir biçimde sindirilmesi, zararlı toksin maddelerinin vücuttan dışarı atılması, vücut ısı dengesinin sağlanması, böbreklerin düzgün ve sağlıklı çalışması, kolay nefes alma ve kan akışkanlığının sağlanması gibidir. Yetişkin bir insan, vücut fonksiyonlarını optimim düzeyde ve yaşamını sağlıklı olarak sürdürebilmesi için günlük 2.5-3 litre su tüketmesi gerekmektedir. Belirtilen miktarda suyun tüketilebilmesi için suyun bazı fiziksel özelliklerinin belirli standartlar çerçevesinde olması gerekir [5].

Belirtilen standartlar ise suyun tadı, rengi, kokusu, yumuşaklığı ve sıcaklığıdır. İçme sularının insan damağında tat oluşturması ve lezzeti alabilmek için suyun belli sıcaklık aralıklarında olmalıdır. TSE standartlarına göre belirlenen bu değer 12-16 °C aralığında olmalıdır [6].

1.2. Çalışmanın Amacı ve Beklentiler

Traktörlerin ve iş makinalarının çalışma koşulları göz önüne alınarak araçlarda içme suyunu soğutabilecek bir üniteye ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı termoelektrik modüllerin soğutma özelliğinden yararlanarak, 0,5 litre suyun istenilen sıcaklık değerlerine getirilebilmesi için prototip cihaz tasarlanması ve gerçek sıcaklık değerlerinin teroik analiz değerler ile desteklenmesidir. Tasarımı yapılan su soğutucusu; sessiz, karışık düzenekten ve kablolardan arındırılmış, pratik, taşınması kolay, 12V'luk DC gerilimle besleniyor olması sayesinde bütün araçlara uygun ve sade bir portatif soğutucu olma özelliklerini taşımaktadır.

Bu sistemde bir kişiye yetecek kadar soğuk içme suyu ihtiyacını karşılayacak hızlı bir soğutucu tasarlanmıştır. Prototipi yapılan bu cihaz 35 °C sıcaklığındaki suyu 15 °C' ye 900 saniye içerisinde getirir ve suyun soğutulmasını sağlar.

Bu çalışmada hızlı bir içme suyu soğutucusu atölye ortamında imal edilip, analiz programı sayesinde deneysel sonuçları ile de desteklenmiştir ve sistemin doğru bir şekilde çalışması ispatlanmıştır. Piyasadaki daha karmaşık ve maliyeti yüksek araç soğutucu sistemlerine alternatif olacak bir çalışmadır. Sistemin 12V'luk doğru akım ile çalışan prototipinin yapılmasından dolayı, aküden beslenerek taşıt için portatif kullanılabilir olma imkanı sağlamıştır.

1.3. Literatür Taraması

Termoelektrik modüller literatürde uzun yıllardan beri araştırılan bir konudur. Termoeletkrik modüller üzerine yapılan araştırma alanları genel olarak, modüllerin modellenmesi, malzeme yapısı ve karakterizasyonunun iyileştirilmesi üzerine olmuştur.Termoelektrik modüllerin performanslarını iyileştirmek için, çeşitli tasarım parametrelerinde iyileştirmeler yapılacak soğutma ve performans katsayıları karşılaştırılmıştır. Modüllerin performanslarını iyileştirmenin diğer bir yoluysa, sıcak yüzeyinin ısı artışını engelleyebilmek, buna bağlı olarak soğutma performansını ve soğutma yükünü arttırabilmektir.Literatürde bahsedilen termoelektrik modüllerinin performanslarının artırılabilmesi için, termal dirençlerin soğutma performanslarını, ısı değiştiricilerinin malzemele yapılarını, dirençlerin soğutma performansı üzerine etkisi ve soğutucu akışkanların çeşitli özellikleri üzerine çalışmalara yapılmış. Bunların dahada geliştirilebilmesi için çeşitli teorik ve dneysel çalışmalar yapılmıştır.

Shan, Wu ve Tian (2010) yapmış oldukları çalışmalarda bir çok alanda sabit sıcaklık uygulamalarının öneminden bahsetmişlerdir. Termoelektrik modül parçalarının hareketli olmaması, boyutlarının küçük olması, hem ısıtma hem de soğutma yapabilme yeteneğinin olması gibi çeşitli avantajlarından dolayı bu alanlarda önemli olduklarından bahsetmişlerdir. Termoelektrik modüllerin sıcaklık kontrolünün sadece termoelektrik modüllerin akımı ayarlanarak kolaylıkla yapılabileceğini belirtmişlerdir [7].

Ciylan ve Yılmaz (2006) termoelektrik modüllerinin geniş uygulama alanlarından bahsetmiş ve bunlara örnek olarak, askeriye, uzay,termal kameralar ve tıp sektörü

olduğunu belirtmişlerdir. Modüllerin dinamik parametrelerin belirlenmesinde mikrokontrol test sistemini kullanmışlardır. Yapılan bu testler vasıtasıyla, termoelektrik modüllerin sıcak yüzey sıcaklıklığı, modülün çalışma voltajı, akımı ve modüllerin performansları ölçülmüştür [8].

Simons ve Chu (2000) yapmış oldukları çalışmalarında ilk olarak kendilerinden önce yapılmış olan çalışmaları analiz etmişler, IBM firması tarafından yapılan çalışmaları örnek göstererek, alternatif bir termoelektrik soğutma sisteminin çeşitli performanslarının kıyaslamışlardır. Yapılan araştırmaya göre, MCM (Multi-Core Module) chipi 275 Watt güç ile çalışırken, seçmiş oldukları 62*62 mm^2'lik ölçülere sahip termoelektrik soğutucu modülleri ile 335 Watt'lık enerji harcanarak, sadece 20°C'lik sıcaklık düşüşünü sağlayabilmişlerdir. Fakat bu çalışma sonucunda ortaya çıkan COP değeri yeterli bulunmamış ve termoelektrik malzemelerinde iyileştirmenin ne kadar gerekli olduğu vurgulanmıştır [9].

Metzger ve Huebener (1999) yapmış oldukları teorik çalışmada, beş katmandan oluşan termoelektrik soğutucu modül modellenerek, yaklaşık 160 K'lik soğuk yüzey elde edilmiştir. Yapılan teorik çalışmada, termal iletkenlik, elektriksel iletkenlik ve seeback katsayısı sıcaklık fonksiyonu olarak ele alınmıştır [10].

Huang ve Duang (2000) yapmış oldukları çalışmalarda termoelektrik modül soğutucuların sistem dinamiklerini ve sıcaklık kontrollerini incelemişlerdir. Yapılan bu çalışmada termoelektrik modül soğutuculardа kullanılan elektronik cihazların soğutulmasında değişken dış ortam şartlarında bile soğuk kısımdaki sıcaklık değerinin sabit ya da dengeli olması gerektiği vurgulanmıştır. Bunu gerçekleştirebilmek için bir dinamik sistem tanımlamasının yapılması belirtilmiştir. Kısa-sinyal lineerleştirme metodu kullanılarak sistem dinamik yapısı oluşturulmuştur. Bunlar göz önüne alındığında, termoelektrik modüllerin soğuk yüzeyleri için analog kontrol sistemi tasarlanmıştır. Bu sayede sıcaklık kontrolünü sağlamaya çalışmışlardır [11].

Karimi ve diğ.(2011) çalışmalarında çok katmanlardan oluşan termoelektrik modüllerin performans analizlerini incelemişlerdir. Çok katmanlı termoelektrik modüllerin tek katmanlı modüllere göre yüzeyler arasında daha büyük sıcaklık farkı yaratabileceği, piramit yapı şeklinde olan soğutucu modüllerin ısıl güç ve performanslarının verilerini incelemişlerdir. Analiz sonuçlarında görülen, katman sayısına bağlı olarak farklı

akımlardan elde edilen soğutucu ve COP ilişkileri gösterilmiştir. Temoelektrik modün katman sayısı 8, akım 6(A) ve yüzey sıcaklık oranları 1.4 iken, maksimum soğutma gücü $275\,W/cm^2$ olarak gerçekleşmiştir. Buna ek olarak COP değeri 0.3 civarında bulunmuştur. COP akım değeri 1.2 A olabilmesi için aynı katman ve sıcaklık oranlarının maksimum olması gerektiği gözlemlenmiştir [12].

Sofrata (1995) termoelektrik soğutucu modülleri üzerinden ısının uzaklaştırılması için çalışmalarda bulunmuştur. Yapılan bu çalışmanın amacı modülün sıcak yüzey tarafından ısının uzaklaştırılarak termoelektrik soğutucu modüllerin performansının arttırılmasını sağlamaktır. Tekli ve çiftli fan sistemini test etmiştir. Bu sayede termoelektrik modülün soğuk tarafı $-3℃$ sıcaklık değerine düşürülmüştür. Doğal soğutmada, sıcak ve soğuk yüzeylerin arasında oluşan sıcaklık farkı $26℃$, tek fandan oluşan sistemlerde $22℃$, iki fandan oluşan sistemlerde ise $14℃$ olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak doğal sistemde elektrik kullanımının önüne geçildiği için enerji tasarrufu sağlandığı net olarak belirtilmiştir [13].

Usta ve Kırmacı (2002), çalışmalarında teorik olarak termoelektrik etkisi incelenmiş ve termoelektrik soğutucu kullanımının arttırılması için deneysel çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmada $40 * 40\,mm$ ve 4 mm kalınlığında ki termoelektrik modüller kullanılmıştır. Kullanılan modüllerin boyutları $50 * 60 * 50\,mm$ olup, dış ortam sıcaklığından yalıtılmış kutuya alt kısımdan yerleştirilmiş ve ısınan yüzeyler fan ile soğutulmuştur. $125\,g$'lık su kutu içerisine yerleştirilerek suyun soğuması gözlemlenmiş ve akım ile volt arasındaki ilişki incelenmiştir. Termoelektrik soğutucularda hareketli parçaların olmamasından dolayı sistem buhar sıkıştırmalı kompresörlü çalıştırılan sistemlere göre daha sessiz çalışmaktadır. Sonuç olarak 125 g suyun 72 saniye içerisinde $18\,℃'\,den\,6\,℃'$ ye kadar soğutulduğu gözlemlenmiştir. Sisteminin COP' değerinin düşük olduğu fakat elektrik enerjisinin sağlanabileceği alanlarda kullanımının uygun olduğu gözlemlenmiştir [14].

Aruğaslan (2008) yapmış olduğu bu projede modüllerin peltier ve seeback etkilerinden faydalanarak farklı iki metal üzerinde ki sıcaklık farkı sayesinde gerilim elde etmiştir. Modüller arasında oluşan sıcaklık farklarıyla gerilimin elde edilmesi sayesinde sıcaklığın kablosuz olarak taşınımının sağlanabileceği hedeflenmiştir. Termoelektrik modülünün sıcaklık eşik değeri, peltier elementinin değerleri neticesinde seçilmiştir. Modülün

çalışmasını sağlayabilecek potansiyel enerji için sistemin en az sıcaklık farklarına ulaşabilmesi gerekmektedir. Bu zaman kadar yapılan sıcaklık devrelerinde sıcaklık ölçümü kablolu olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu projede peltierler vasıtasıyla sıcaklık farkı oluşturulup elektrik enerjisine dönüşümü sağlanarak kablolsuz sistem çalıştırılması amaçlanmıştır. Sistemin DC beslemesi peltier modülleri vasıtayısla sağlanmaktadır. Basit deneysel düzenekler sayesinde sisteöin elektriksel performansları gözlemlenmiştir [15].

Chung et al. (2003) tarafından yapılan projede emisyon değeri geliştirilmiş termoelektrik modüllü soğutucu tasarımı yapılmış ve teorik analizlerini incelemişlerdir. Soğuk taraftan sıcak tarafa oluşturulan elektriksek alan içerisinde "N" ve "P" tipi taşıyıcılarla enerji taşınımını sağlayacak prototip cihazı tasarlanmışlardır. Bu cihaz diğer cihazlara kıyasla katı bölgede oluşan ısısal iletimi ortadan kaldırabilmek için iki kanalın iç kısmına yerleştirilerek imal edilmiştir. Sonuçta cihazın, uzun ömürlü, kompakt, maliyeti düşük, bakımı kolay ve güç tükemi düşük standartlarını sağlayacağı tespit edilmiştir [16].

Ahıska ve Fidan (2008) tarafından ortaya çıkan çalışmada aşı, serum, ilaç vb. tıp sektöründe kullanılan maddelerin bozulmaması ve bulunduğu ortamın sıcaklığını belirlenen standartlarda (Dünya Sağlık Örgünü (WHO)) ayarlayabilmek için termoelektrik modüllü cihaz devreleri üretilmiştir. Kanın depolama sıcaklığı Dünya sağlık örgütü tarafından belirlenen 2°C ile 10°C aralıklarındadır. Yapılan bu cihazın sıcaklığı farklı iki yöntemle karşılaştırmalı bir şekilde sonuçları kontrol edilmiştir. Cihazın sıcaklık kontrolü için ilk yöntem, sistemde analog sensörlü bir devrenin kullanılması, ikinci yöntem ise sistemde dijital sensörlü bir devre kullanılmasıdır. Ortaya çıkan sonuçlara göre, dijital sensörlü yapılan soğutma ve ısıtma süreçlerinde enerji tasarrufu gözlemlenmiştir [17].

Yılmaz (2008) çalışmasında termoelektrik modül kullanarak 3,5 lt'lik su haznesini soğutmuştur. Şebekeden faydalanarak ihtiyacı olan elektrik enerjisini kullanmıştır. Modülün sıcak yüzeyindeki ısının dışarıya atılması için hava ve su soğutma yöntemleri kullanılmıştır. Termoelektrik modüle farklı gerilimler uygulanarak, modülün sistemden çektiği akım, ortam ve soğutucunun sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Sistemlerden elde edilen sonuçların verimleri birbiri ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Sisteme 8 Volt gerilim uygulandığında, hava ile soğutma sırasında soğutucunun sıcaklığı 6 ℃ , su ile

soğutmadaysa soğutucunun iç sıcaklığı $1\,℃'dir$. Elde edilen sistem verimleri sırayla $\%36\ ve\ \%\ 30$ olduğu gözlemlenmiştir. Sisteme 12 Volt gerilim değeri uygulandığında soğutucunun iç bölgesindeki sıcaklıkları $3{,}6\,℃$ ve $-1{,}5\,℃$'dir. Elde edilen sistem verimleri sırasıyla %31 ve %21 olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, sistemin gerilim değerleri arttıkça modüller tarafından çekilen akım ve soğutma güçleri artmaktadır. Buna ek olarak sistemin iç sıcaklıkları ve verim değerlerinin düştüğü gözlemlenmektedir [18].

Atik (2009), gerçekleştirdiği çalışmasında termoelektrik soğutucu tasarımlarının ekonomik ve enerji yönünden analizlerini yapmıştır. Tasarımı yapılan sistem eşit sıcaklık farklılıkları içerisinde eşit değerde soğutma gücü ortaya çıkarmaktadır. Yapılan tasarımda farklı 7 tipte termoelektrik modülü kullanılarak modüllerin çalışma koşulları değiştirilmiş. Soğutma gücü ve maliyet hesaplaması yapılarak karşılaştırma yapılmıştır. Maksimum akımın geçtiği sistemde maksimum gücün elde gözlemlenmektedir. Termoelektrik modüllerinin dinamil ve ekonomik noktalarının farklı oldukları görülmektedir.Sonuç olarak TE soğutucu sistemlerinin enerji ve ekonomik yönünden farklı tipteki modüller sayesinde analizleri yapılmıştır [19].

Vian ve Astrian (2008) yapmış oldukları çalışmalarında, termosifon prensipleri ile çalışan ve faz değişimleri olan sistem geliştirmişlerdir. Prototip cihaz sayesinde termoelektrik soğutucu modüller ile soğutulan ortamların termal dirençlerindeki düşüş gösterilmiştir. Termal direnç değeri $0.513\,K/W\ (finli\ yüzey\ ile), 0.323\,K/W$ değerine kadar düşürülmüştür. Aanlitik hesaplamalar ve yapılan deneylerle optimizasyon yapılmış ve prototip cihaz test edilmiştir. Sonuç olarak termoelektrik soğutucu modülünün performans katsayı değerinde $\%32'lik\ (0.297den\ 0.393'e)$ artışın olduğu görülmüştür [20].

Du ve Wen (2011), Thomson etkisi kullanılarak tek katmandan oluşan termoelektrik modül soğutucusunun deneysel olarak karakterizasyonlarını ve sayısal olarak çözümlemelerini yapmışlardır. Üç farklı yaklaşım kullanılarak termoelektrik modül soğutucusunun performans katsayılarını, sıcaklık dağılımlarını ve soğutma gücünü hem deneysel hem de terorik olarak gösterilmiştir. Sonuç olarak sıcaklık farklılıklarının maksimum olduğu koşul şartı sabit seeback yaklaşımı olduğu yorumlanmıştır. COP'nin maksimum olduğu nokta $\Delta T = 0\,K'dir.$ Yüksek akımlarda 2. Dereceden seeback yaklaşımının en optimum sonucu verdiği kanaatinde hem fikir olunmuştur [21].

Yavuz vd. (2010), çalışmasında $1{,}5\ lt$ hacmindeki su haznesine 1 kg su ekleyerek, 40*40*3,8 mm ebatlarında peltier vasıtasıyla soğutma yapmışlardır. Modülün yüzey bölümündeki kanatçık kısımlarının farklı üç hava debisi ile soğutularak sistem performansı incelemiştir. Su 1 saat içinde 25 °C' den 12 °C' ye kadar soğutulmuştur. Yüksek hava debisi, modülün performansını arttırmasına rağmen daha fazla fan gücü harcanmasına neden olduğundan sistemin toplam performansını düşürdüğü anlaşılmıştır. Termoelektrik modüllü sistemlerin soğutulması için sisteme hava veya su sağlayan pompa ve fan gibi akışkan sirkülasyon elemanlarının gereğinden fazla güçlerde seçilmesi sistemin enerji tüketimini artırdığı ve artan enerji tüketiminin belirli bir değeri aşması da sistem performansının düşmesine sebep olduğu tespit edilmiştir [22].

Aydoğan (2006) yaptığı yüksek lisans çalışmasında peltiyer'in en uygun çalışma şartlarını araştırmıştır. Peltiyer, P ve N fonksiyonlarının seri bağlanmasıyla oluşan ve içinden doğru akım geçtiğinde "Peltiyer etkisi" diye bilinen fiziksel bir etki ortaya çıkaran elemandır. Bu etki ile malzemenin bir yüzü ısınırken diğer yüzü soğur. Peltiyer malzemesi, 4*4*0,5 cm gibi, değişik boyutlarda imal edilmekte ve 3 ile 15 volt arasında herhangi bir gerilimde çalışabilmektedir. Uygulanan gerilimin yönü ters çevrildiğinde ısınan yüzey ile soğuyan yüzey yer değiştirmektedir. Bu çalışmanın amacı, yukarıda belirtilen özelliklere sahip Peltiyer yarıiletken malzemesinin teknik karakteristiklerini inceleyerek en verimli çalışma modlarının ve kullanım alanlarının tespit edilmesidir. Çalışmada, Labview 6.1 görsel grafik programlama dili yazılımı ve DAQ 1200 veri toplama kartı kullanılarak, malzemenin ısınan ve soğuyan yüzeylerindeki sıcaklık değerlerinin girişe uygulanan gerilimin oranına, malzemenin boyutlarına, kullanım alanlarına, dış faktörlere vb. göre nasıl değiştiği incelenerek en uygun çalışma şartları belirtilmiştir [23].

Literatürler incelendiği termoelektrik modüller üzerinde çeşitli çalışamalar yapılmıştır. Bu yapılan çalışmalarda genel olarak termoelektrik modüllerinin geliştirilmesi ve büyük hacimli soğutucular üretimi gibi çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu projenin daha önce benzerinin yapılmamış olması ve traktör ve iş makineleri sektöründe bir ihtiyaç olması çalışmanın önemini arttırmıştır. Burada 12V'luk bir enerji vasıtayısyla 0,5 litrelik bir suyu 15dk'lık bir süre içerisinde sıcaklığını 20 ◦C düşürebilen kullanımı kolay bir prototip cihaz tasarımı yapılmıştır ve analizlerle soğutma performansı desteklenmiştir.

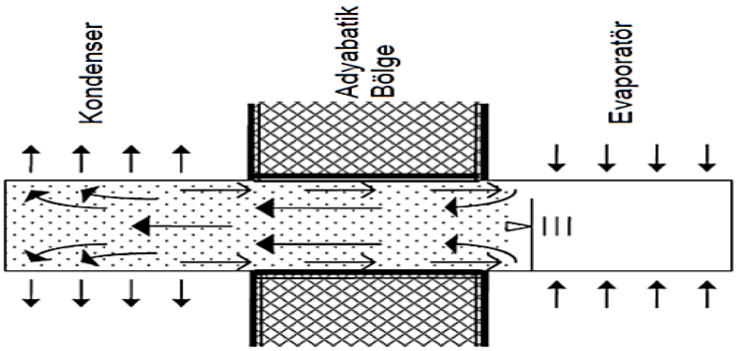
BÖLÜM 2. SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Soğutma sistemi, ısının bir ortamdan alınıp farklı bir ortama taşınmasını sağlayan sistemlerdir. Sistemin içerisinde sıcak ve soğuk elemanlarının olması gerekmektedir. Çalışma şekillerine göre soğutma sistemleri iki farklı şekilde sınıflandırılır. Bunlar aktif soğutma ve pasif soğutma sistemleridir [24].

2.1. Pasif Soğutma Sistemi

Pasif soğutma, enerji kullanımı olmadan yapılan soğutma sistemleridir. Herhangi bir hareketli eleman olmadan sabit kaynaklardan, farklı metal türlerinden ve hava kanallarından yararlanılarak soğutulan sistemlerdir. Kullanım süresi daha uzun ve sessiz çalışabilme özelliği bulunmaktadır. Diğer sistemlere göre performansı düşük olduğundan dolayı fazla ısı gerektiren mekanizmalarda herhangi bir etkisi bulunamamaktadır. Pasif soğutma sistemlerinden olan ısı borulu soğutma sistemleri, bilgisayar sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bir ısı transfer şekli olan ısı borulu soğutma sistemleri, içerisinde bulunan havadan arındırıldıktan sonra eklenen soğutucu akışkanlarının (aseton, su, amonyak, R-22 ve R134a vb.) eklenmesiyle elde edilen prizma ya da silindirik biçimindeki bloktan oluşmaktadır. Üç temel ksıımda incelenir. Bunlar, ısının sıcak ortamdan uzaklaştırılmasını sağlayan evaporatör kısmı, uzaklaştırılan ısıyı kendisinden daha düşük sıcaklıklara taşıyan kondenser kısmı ve herhangi bir ısı alışverişinde bulunmayan adyabatik kısmından oluşmaktadır [25].



Şekil 2.1: Isı borulu soğutma sistemi [25].

2.2. Aktif Soğutma Sistemi

Aktif soğutma, çevre sıcaklıklarının altında bir soğutma ihtiyacı olduğunda kullanılan sistemlerdir. Bu soğutuculardа, soğuk elemandan sıcak elemana ısı transferi gerçekleşir. Bundan dolayı aktif soğutma sistemleri pompa olarak da adlandırılmaktadır. Kompresörlü sistemler günümüzde en bilinen ısı pompalarıdır. Klima ve buzdolaplarında yaygın olarak kullanılan bu sistemde, yoğunlaştırabilmek için bir sıcak eleman birde buharlaştırıcı etkisi yapabilmesi için soğuk elaman kullanılmaktadır. Kullanılan kompresörün çalışma şekli pompaya benzetilmektedir. Freon gazı, yoğunlaşma ve buharlaşma ısısı için sistemde kullanılmaktadır. Kompresör tarafından hareketi sağlanan freon gazı sayesinde ısının soğuk bölgeden sıcak bölgeye taşınması sağlanır. Aktif soğutma sistemleri dört farklı ana başlık altında incelenir. Bunlar, hava soğutma, gaz soğutma, su soğutma ve ısı borusu soğutma sistemleridir [24].

2.2.1. Hava soğutmalı sistemler

Isı dağıtıcı sitemdeki ısıyı fan yardımıyla uzaklaştırmak için kullanılır ve soğutulacak alan ile ısı dağıtıcı arasına uygulanan termal macun hava soğutma sisteminin ana bileşenleridir.

2.2.1.1. Isı yayıcı

Isı yayıcılar, ısının dağıtıldığı yüzeyin arttırılmasında kullanılan sistemlerdir. Yonga seti ve işlemci üzerine yerleştirilen bu sistemler, bilgisayar teknolojisinde çok kullanılmaktadır. Bu donanımlar sayesinde üzerinde bulunan ısının metal uç kısımlara

yayılmasını sağlarlar. Metal kanatlar, alüminyum ve bakırdan üretilir. Bakır elementinin ısı yayıcı özelliğinin fazla olmasından dolayı yaygın kullanılmaktadır [26].



Şekil 2.2: Isı yayıcı [26].



Şekil 2.3: Yonga seti ısı yayıcı [26].

2.2.1.2. Fanlar

Fanların performans parametresi, dakika kaç fit küp hava üflediğidir. (CFM - cubic feet per minute). Fanların üzerinde bulunan kanatların boyutları ve dönüş hızları doğrudan fanın performansını etkileyen önemli parametrelerdir. Bu sebepten dolayı soğutmak isteyeceğiniz yüzey alanına göre kullanılacak fan cinsi belirlenir.Fanların, dakikada dönüş hızlarının (revolutions per minute – RPM) fazla olması, fanın performansını doğru orantılı olarak arttırır [26].



Şekil 2.4: 12 volt ve 0.12 amper değerlerinde çalışan fan.

Peltierin sağlıklı çalışabilmesi için ise sıcak yüzeyindeki ısıyı da hızlı bir şekilde uzaklaştırmak gerekecektir. Peltierin hem soğuk hemde sıcak yüzeyine birer ısı yayıcı kanat ve fan konarak peltierin daha iyi çalışması sağlanacaktır. Çalışma esnasında çıkardıkları gürültü seviyeleri kullanıcı tercihlerinde farklılıklar ortaya çıkartmaktadır. DeciBels (dBA) fanların gürültü birimi olup insan kulağının duyduğu en hassas orta ve yüksek frekanslı seslerin ölçüldüğü birimdir. Fanlar, 20-25 dBA arası gürültü üreten kısmen sessiz çalışan soğutma elemanlarıdır [26].

2.2.1.3. Termal macun

Termal macunlar, yüzeyler arasındaki ısı kayıplarının ortadan kaldırılması amacıyla kullanılmaktadır. Peltierlerin yüzey kısımlarına sürülen termal macunlar, ısının soğutucu metale daha sağlıklı ve hızlı geçişi sağlanmaktadır [27].

Termal macun, ısıyı havadan daha iyi ileten malzeme olduğundan ısı yayıcılar ile peltierler arasına sürülerek ısı kayıplarını minimum seviyeye getirmektedir. Termal macun ile yapılan deneylerde peltierlerin soğutulan yüzeyine teması sağlandığı ve aralarında boşlukların kalmayarak ısı iletkenliğinin devam ettiği görülmüştür [27].

2.2.2. Isı borusu sistemi

Isı transferinin performansını arttıran, yüksek ısı iletimi sağlayan ısı transfer cihazlarına Isı borusu (Heat Pipe) dedir. Bu sistem, havası alınmış kapalı bir hazneden oluşmaktadır. Hazne, sistemin çalışması için sıvı ve sıvının akışını yönlendirecek fitilden oluşmaktadır. Isı borusu içerisinde bulunan sıvı yüksek çalışma sıcaklıklarında hızlı bir şekilde buharlaşıp borunun üst tarafına doğru hareket eder. Sıcaklığın düşmesinden sonra üst ısı borusunun üst kısmında buharlaşmış sıvı tekrardan yoğunlaşacak sıvı hale döner ve en alt yüzeye yerleşir. Sonuç olarak, içerisinde kimyasal madde bulunan bir boru sisteminin soğutulacak bölgeye ısı transferinin yapılması için ısı borusu (Heat Pipe) yöntemi kullanılır [28].



Şekil 2.5: Isı borusu sistemi [28].

Isı borusunun performansının yüksek olması bilgisayar üreticileri tarafından tercih edilme sebebidir. Fakat soğutma problemini çözmek için kullanılacak fanın devir hızının yüksek olması gerekmektedir. Bundan dolayı kullanıcıyı rahatsız edecek kadar fazla gürültü meydana gelmektedir [29].

2.2.3. Gaz soğutma sistemi

Evaparatörün blok şeklinde tasarlanıp takıldığı parçayı soğutan sistemlere gaz soğutma denir. Sıvı soğutma sistemi için kullanılan radyatör, soğutma sıvısı ve pompa gaz soğutma sisteminde kullanılmazlar. Sadece soğutmada kullanılacak gazdır.

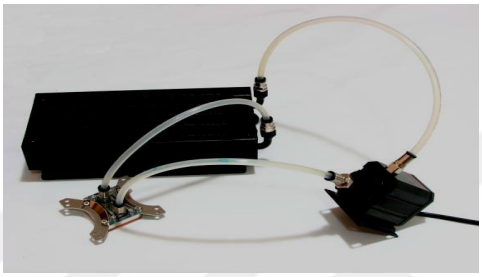
Gaz destekli soğutuculardа kullanılan kompresör sistemi tek noktadan soğutulmasını sağlar. Sistemin yapısı ve kompresör performansı sistemin sıcaklık değerini -50°C'ye kadar düşmesini sağlar. Gaz soğutma sistemlerinin performanslarının yüksek olmasından dolayı elektrik kullanım oranı fazladır. Bu sistemlerde özellikle terleme sorununun olmasından dolayı günlük kullanımlarda tercih edilmezler [26].



Şekil 2.6: Gaz soğutma sistemi [26].

2.2.4. Sulu soğutma sistemi

Suyun ısı iletkenliğinin havaya göre fazla olmasından dolayı ısı transferinde hava yerine tercih edilir. Fakat maliyeti hava soğutucularına göre daha fazladır. Sulu soğutma sistemleri üç temel parçadan oluşmaktadır. Bunlar radyatör, su blokları ve pompalardır. Temel maddelerin yanında kullanılacak olan yan parçalar ise indikatör, hortumlar, su deposu ve sıcaklık ölçüm değerlerinin gösterilmesi için kullanılan dijital göstergelerdir [30].



Şekil 2.7: Su soğutma sistemi

Bakır, hava soğutma sistemlerinde ısı yayıcı olarak kullanıldığı gibi su soğutma sistemlerinde de ısının en iyi şekilde iletilmesinde kullanılır. Üç adet konektör bağlantısı su bloklarının üzerinde bulunur. Suyun, hortumlar yardımıyla konektörler arasında aktarımı yapılır. Su, bir konektörün girişinden bloğun içine girerken, diğer konektör bağlantısından radyatöre gönderimi sağlanır [31].

Sistemin çalışma şeklini kısaca özetlemek gerekirse, borular yardımıyla ısınmış olan su radyatöre gelir ve burada radyatörün arkasında bulunan fanlar sayesinde soğutulma işlemi yapılır. Soğuma işlemi tamamlan su bir devir daim motoru sayesinde tekrardan sisteme gönderilir [30].

BÖLÜM 3. TERMOELEKTRİK

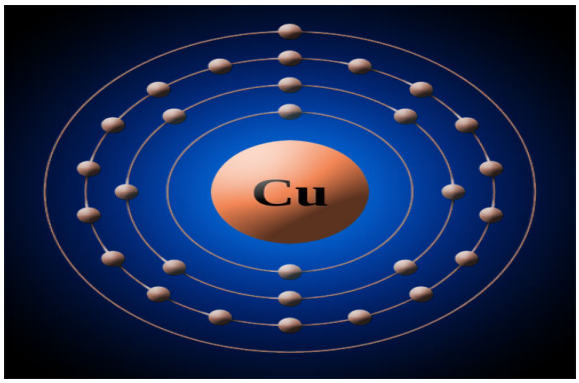
3.1. İletken

İletkenler, atomların yörüngesinde 3 veya daha az elektrondan oluşması sonucu ortaya çıkar. Bazı metaller ve cıva son yörüngelerindeki elektronların kararlılıkları sayesinde iletkenliği kazanırlar. Bu maddeler doğal iletkenlerdir [33].

Atomların son yörüngelerinde bulunduran elektron sayılarına göre iletkenlik özellikleri değerlendirir. Örneğin, son yörüngesinde bir elektron olan elementler son yörünge çemberinde 2 ya da 3 elektron bulunan elementlerden daha kararlı iletkenlerdir.

Son yörüngelerinde bir elektron bulunan altın, gümüş ve bakır elementlerin iletkenlik özellikleri farklıdır. Bu elementler içersin de iletkenlik özelliği en iyi olan element gümüştür. İletkenlik özelliği en kötü olan altındır. Bunu belirleyen son yörüngelerindeki elektron sayılarıdır [33].

Bakır elementi, iyi bir iletken olup, maliyeti düşük olduğundan kullanım alanı en çok olan elementtir. Bir iletken tercih edilirken, performans, maliyet ve kalite göz önüne alınır [33].



Şekil 3.1: Bakır (Cu) atom modeli [33].

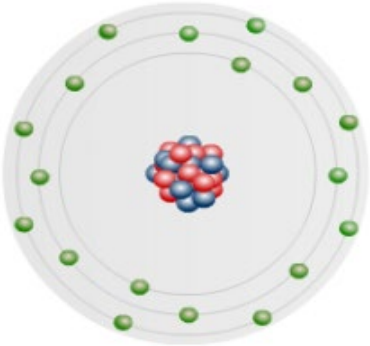
3.2. Yalıtkanlık

Yalıtken, son yörüngelerinde beş veya daha fazla elektron bulunduran elementlerdir.

Zayıf yalıtkanlar, son yörüngesinde beş, altı ve yedi elektron bulunduran elementlerdir. Gerilimin fazla uygulanması durumunda yalıtkanlık yerini iletkenliğe bırakır. Son yörünge çemberinde, sekiz ve sekizden daha fazla elektrona sahip yalıtkan maddeler elektriği geçirmezler ve tam yalıtkan özelliğini kullanırlar.

Yalıtkan maddeler; cam, plastik, yağ, porselen, kuru ağaç, saf su vb. maddelere denir. Yalıtkan malzemelerin en önemli görevleri, devrelerde oluşacak elektrik akımlarını yalıtma görevi ile canlılara zarar vermesine engel olmasıdır.

Argon son yörüngesinde 8 elektron bulundurarak tam yalıtkan özelliği taşıyan malzemelere örnek olup şekil 3.2 de elektron dizilimleri gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Argon (Ar) atom modeli [33].

3.3. Yarı İletkenler

Normal durumlarda yalıtkanlık özelliği gösteren atomlar, iletkenler ile yalıtkanlar arasında kalmalarından dolayı yarı iletken elementler olarak adlandırılır. Elektronların serbest (valans) hale geçmesi, uygulanacak olan, ısı, gerilim ve manyetik alanlar sayesinde olur. Bu nedenle yalıtkan maddeler iletken hala geçebilirler. Fakat bu geçici iletkenlik olup, dış etkilere bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Yarı iletken elementler yalıtkan özelliklerine sahiptirler. Isı, ışık ve manyetik alandan etkilendiklerinde ve üstünden akım geçtiğinde elektronlar serbest kalır ve elementler

iletkenlik özelliği kazanırlar. Bu sonradan kazanılan özellik olup, dış etkenler olmadığı zaman tekrar eski özelliğine dönerler [34].

Elektronik alanlarında yarı iletken elementler yayın olarak kullanılmaktadır. Kullanım alanları tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Basit yarı iletken elementler ve kullanım alanları [35].

Tablo 3.1: Basit yarı iletken malzemelerin kullanım yerleri

Basit Haldeki Yarı İletken	Kullanım Alanı
Germanyum (Ge)	Diyot, Transistör, Entegre, Devre
Silikon (Si)	Diyot, Transistör, Entegre, Devre
Selenyum (Se)	Diyot

Yarı iletken elementler, birleşik atomlara laboratuvar ortamında yapay olarak elde edilir. Yarı iletken malzemeler kübik kafes şeklinde olup, kristal yapı şeklinde olurlar. Yar iletken elementler kararlılığı yüksek elementle birleştirilmesi durumunda iletkenlik özelliği oluşturulabilir [35].

İletkenliği arttırılan yarı iletkenlere birleşik yarı iletken denir ve elektronikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Birleşik yarı iletken elementler ve kullanım alanları [35].

Tablo 3.2: Birleşik yarı iletken malzemelerin kullanım yerleri

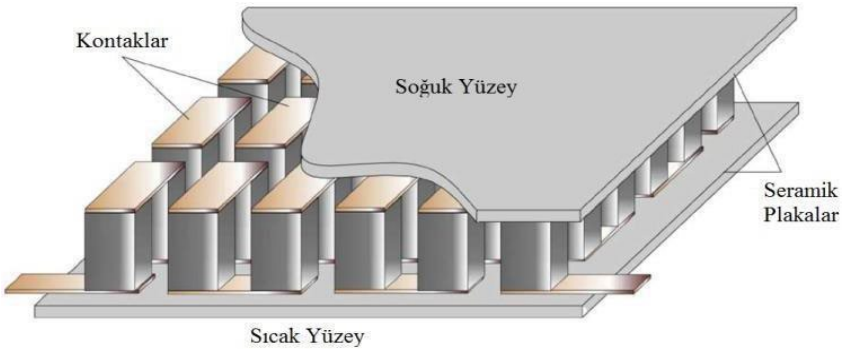
Birleşik Haldeki Yarı İletken	Kullanım alanı
Bakır oksit (CuO)	Diyot
Galiyum Arsenid (Ga As)	Laser, Foto diyot, Led, Tünel diyot
Indiyum Fosfor (In P)	Transistör, Diyot,
Kurşun Sülfür (PbS)	Güneş Pili (Fotosel)

3.4. Termoelektrik Modül

Termoelektik soğutucu modüllerin, uçlarına doğru akım verildiğinde farklı iki yüzey arasında ısı farkı ortaya çıkmaktadır. Uçlarında bulunan pozitif(P) ve negatif(N) sayesinde elektrik enerjisi üretilmektedir [36].

N ve P uçlarından oluşan peltierler elektriksel sistemlerde seri şekilde, ısıtılan sistemlerde paralel biçimde seramik parçaların aralarında konumlandırılır [37].

Şekil 3.3'de Yarı iletken elementlerden oluşan termoelektrik modülü şekillendirilmiştir.



Şekil 3.3: Termoelektrik modülünün içyapısı [37].

Akımın, yarı iletkenden maddelerden (P) iletken maddelere (N) doğru hareket etmesi sonucu, soğuk yüzeydeki enerjinin sıcak yüzeye doğru ısı transferini gerçekleşir. Sisteme verilen elektrik enerjisi sayesinde, elektronların yörüngelerinde oluşacak hareketlenme sonucunda ısı transferi meydana gelmektedir [37].

Termoelektrik modül yapılarının kullanılan sektörlerde çok fazla avantajı bulunmaktadır. Modül yapısının ağırlık olarak hafif ve boyutlarının küçük olması, hareketli sistem parçalarını bulundurmaması, titreşim ve ses meydana gelmemesi, sıcaklıkların kolaylıkla kontrol edilebilir olması, çevreye zarar vermemeleri, farklı ortamlarda sorun çıkartmadan çalışabilmeleri en büyük avantajlarıdır. Pahalı ve verimin yüksek olmaması bu sistemlerin dezavantajlarıdır [37].

Termoelektrik devreler, hem ısıl hem de elektriksel özelliklerinin birlikte olduğu yarı iletkenlerdir. Termoelektrik modüller 150 yılı aşkın süredir bilinen, ısıdan kaynaklanan enerjiyi elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir [37].

3.5. Termoelektrik Modüllerinin Çalışma Teorisi

3.5.1. Thomson etkisi

İletken maddelerin uçlarında ortaya çıkan sıcaklık farkları akım yönüne doğru ısı ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan joule ısıyla birlikte Thomson ısısı da meydana gelmektedir [38].

$$Q_T = \tau * \Delta T * I = \tau * (T2 - T1) * I \quad (3.1)$$

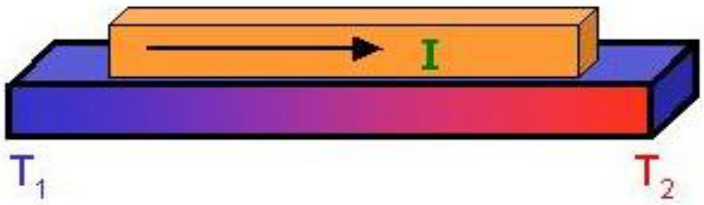
Q_T = Thomson Sayısı (W)

ΔT = İletkenlerin maddelerin uçlarındaki sıcaklık farkı (°C)

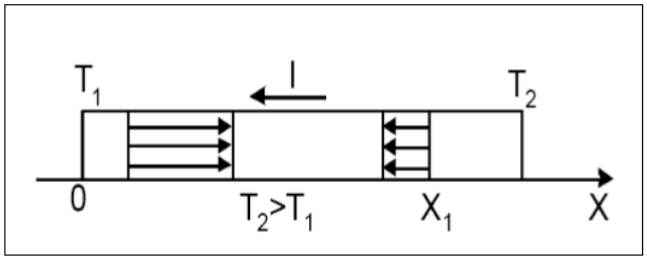
I = İletken üzerinden geçen akım (A)

τ = Thomson katsayısı (V / ºC)

Thomson etkisi Şekil 3.4' de gösterilmektedir.



Şekil 3.4: Thomson etkisi [38].



Şekil 3.5: Thomson etkisini açıklayan devre şeması [38].

3.5.2. Seebeck etkisi

Seebeck, a ve b materyallerinin çakışma noktalarında iki farklı (T1 ve T2) sıcaklıkların ortaya çıkmasıyla, devre uçlarında potansiyel fark (ΔE) oluşmaktadır [39].

Meydana gelen potansiyel fark formülü aşağıdaki gibidir.

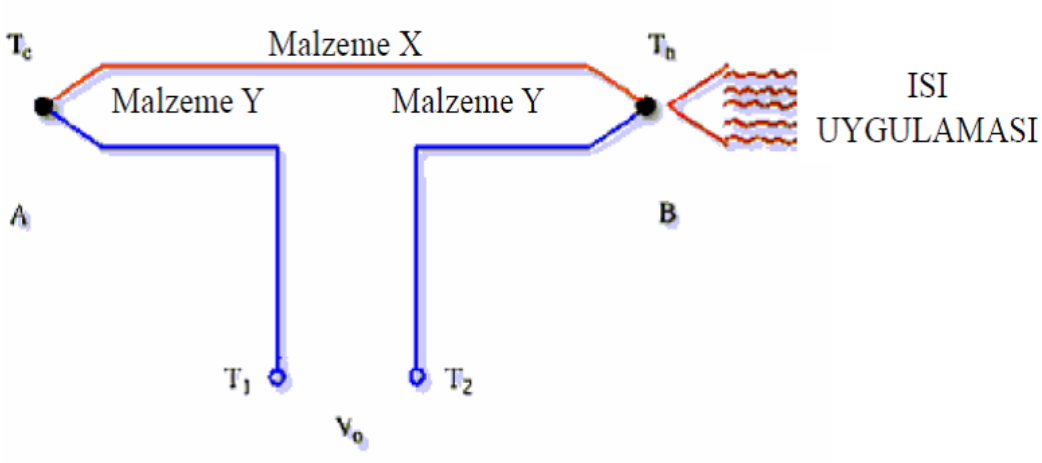
$$\Delta E = \alpha * \Delta T \quad (3.2)$$

ΔE: Potansiyel Fark(V)

α : Seebeck katsayısı(V / °C)

ΔT: Sıcaklık Farkı (°C)

Seebeck etkisi şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6: Seebeck etkisini gösteren devre şeması [39].

3.5.3. Peltier etkisi ve hesaplamaları

Peltier etkisi ile seebeck etkisi birbirinin tersidir. İki farklı iletkene akım gönderilmesi durumunda, iletkenlerin bağlandığı yüzeyler de soğuma ya da ısınma gözlemlenir. Uygulanan akımın, ne kadar bir soğutma yada ısıtma yaptığını gösteren ölçü peltier katsayısıdır. Elektronlara akım uygulandığında bir noktadan diğer noktaya transferi gerçekleşir. Elektronların bu hareketiyle enerji bir noktadan diğer noktaya taşınması gerçekleşecektir [40]. Elektronların transfer olduğu yüzey ısınacak, diğer yüzey ise şekil 3.7'de gösterildiği gibi soğuyacaktır.

$$Q = I^2 * \mathrm{R} * \mathrm{t} \tag{3.3}$$

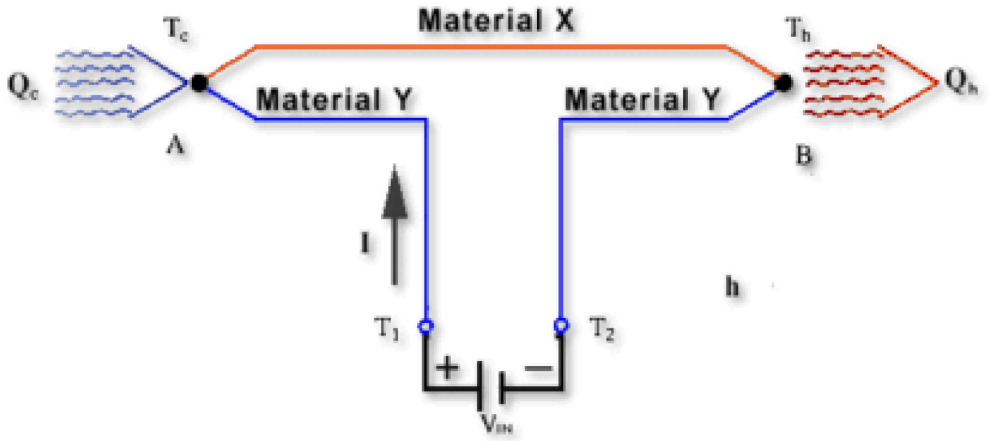
Q = Devreki Joule Isısı (Joule kanunu) (J)

I = iletken üsttünden geçen akım (A)

R = iletkenin direnci (Ω)

t = Zaman (sn)

Şekil 3.8'de görüldüğü gibi X ve Y farklı metallerden oluşan bir devre şemasından I akımı geçirildiğinde, soğuk nokta olan A bölgesinden ısı soğurulurken, sıcak eklem olan B noktasından ısı atılır. Buna peltier ısısı denir ve devreden geçen akım ile orantılıdır.



Şekil 3.7: Potansiyel altında oluşan peltier etkisi [39].

Burada, Q Peltier Isısı, I devreden geçen akımdır. Burada x ve y maddelerinin Peltier katsayıları belirli bir sıcaklıktaki devreden geçirilen akım ile, ısı akışı arasındaki oran olarak tanımlanmaktadır. Birimi J/C veya V'dur.

$$\pi = \frac{\dot{Q}}{I} \tag{3.4}$$

π = Peltier katsayısı

$\dot{Q}$ = Isı akısı (W)

I = Devreden geçen akım (A)

Şekil 3.7'de görüldüğü şekilde devrede iki farklı X ve Y malzemesinden oluşursa, I akımı devrenin her noktasında aynıdır fakat soğurulan ve sistemden atılan ısılar arasında farklılıklar vardır. Buna göre,

$$\dot{Q} = \pi_{XY} * I = (\pi_X - \pi_Y) * I \tag{3.5}$$

π_{XY} = X ve Y noktalarındaki peltier katsayısı

$\dot{Q}$ = Isı akısı (W)

I = Devreden geçen akım (A)

P tipi yarı iletkenler pozitif peltier katsayısına sahipken, N-tipi yarı iletkenler negatif katsayıya sahiptirler. Seebeck ve peltier katsayıları arasında birbirlerine dönüşebilirler.

Hole ve elektronların yüklerinin farklı olmasından dolayı birbirlerine zıttırlar. Bundan dolayı seeback katsayısı zıt işaretlidir. Bu sebepten dolayı sistemin ($\alpha p - \alpha n$) arasında

oluşan fark maksimum seviyededir.Burada αp seeback etkisinin pozitif tarafı, αn ise seeback etkisinin negatif tarafıdır. Negatif kutuba hole enerjisi taşınırken, pozitif kutba elektronların enerjisi taşınmaktadır. Bu sebepten dolayı kutuplar ısınmaya başlayacaktır ya da ters durumun oluşması sonrasında diğer taraf soğuyacaktır.

Peltier soğutması dışında sistemin soğutma gücünü etkileyecek farklı iki etken mevcuttur. Bu etkenler Joule ve ısı iletimdir. Peltier soğutmasına karşı çalışan bu iki faktör sistem de soğutma gücünde meydana gelen azalmalara sebep olur.

Peltier soğutucuların performans katsayısı (COP) önemli bir özellikleridir. Performans katsayısı (COP)'un formülü, soğutma gücünün elektrik tüketimine oranlanması sonucu bulunur.

$$COP = q/W \tag{3.6}$$

$q = Soğutma\ g$ücü (Watt)

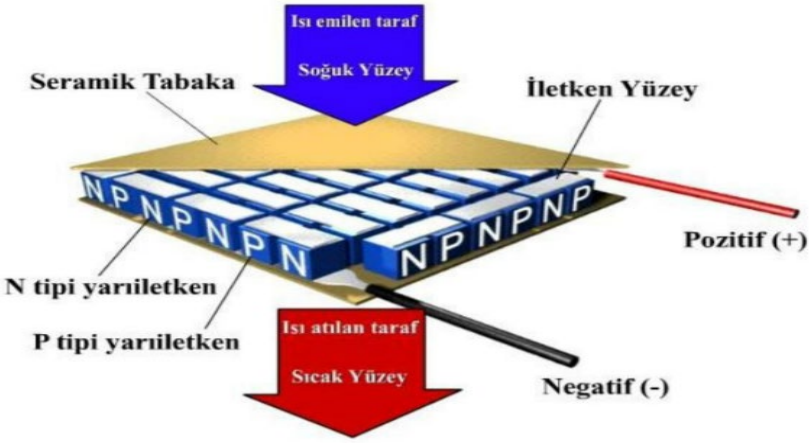
$W = Elektrik\ t$üketimi (Watt)

COP'un maksimum değeri, malzemeden ortaya çıkacak maksimum soğutmaya denk gelmektedir. Performans katsayısının maksimum gerilimi, formülden çıkan sonucun akıma göre türevi alınır ve sıfıra eşitlenerek bulunur.

3.5.3.1. Peltier

Peltier soğutucular, termoelektrik ısı transferi prensipleri ile çalışır ve bu cihaz soğutucu olarak kullanılmaktadır. Peltier soğutucuların aynı zamanda termoelektrik cihazlar olarak da bilinir. Termoelektrik cihazlar, farklı iki yöntemle çalışırlar. Bunlardan birinci olanı, cihazın elektrik enerjisi üretebilmesi için, farklı iki yüzeyine sıcaklık uygulanması gerekmektedir. İkinci yöntem ise, termoelektrik sistemlere uygulanacak elektrik enerjisi sayesinde ısıtma ve soğutma elemanı olarak kullanırlar.

DC akım sayesinde yüzeylerin tek tarafı ısınırken diğer tarafı soğur. Cihazın soğuk yüzü bir sisteme uygulanırsa, bu cihaz peltier soğutucu sistemi diye adlandırılır. Peltier soğutucu sistemler aynı zamanda ısı pompası gibi çalışmaktadırlar. Bu sayede sıcaklık bir taraftan diğer tarafa aktarılır. Cihazlar, katı hal soğutucu olarak bilinir [37].



Şekil 3.8: Peltierin çalışma prensibi [37].

Akım yönünün değiştirilmesi yada ters bağlanması sonucunda soğuk yüzey ile sıcak yüzey yer değiştirecektir. Peltier soğutucuların iç kısmında termoelektrik elementler yer alacak şekilde üretimi yapılır.

Modüler yapılar, iç kısmında fazla sayıda termoelektrik element bulundururlar ve termoelektrik modül olarak adlandırılırlar. Termoelektrik elementin tek olması yeteri kadar soğutma yapmazken bu modül yapıları sistemin performansını arttırır. Peltier soğutucuların verimi, tasarıma ve kullanılacak termoelektrik malzemeye göre değişiklik göstermektedir. Yapılan doğru tasarımlar sayesinde sistemi istenilen sıcaklık değerlerine getirmek mümkündür.

Peltier soğutucular ile gaz soğutucu sistemler aynı ısı transfer kanunlarına göre çalışmakta olup farklı soğutma yöntemleri kullanılmaktadır. Buna rağmen peltier soğutucuların verimleri gaz soğutucu sistemlere göre fazla düşüktür. Bunlara en büyük etkenler ise cihaz tasarımı ve kullanılan malzemelerdir. Peltierler daha basit ve küçük boyutlardan oluştukları için bazı önemli sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Thomas Johann Seebeck tarafından 1823 yılında yapılan deneylerde, farklı iki iletken maddenin yardımıyla oluşturulan çember ve bu çemberi oluşturan sistemlerin uç kısımları ısıtıldığında pusula ibresinin saptığı gözlemlenmiştir. Bu sayede ortaya manyetik alan etkisi çıkmadı. Seebeck bu durumu dünya üzerinde gerçekleşen olaylarla ilişkilendirmek istese de başarılı olamadı. Seebeck farklı maddeler kullanarak bu sistemi denedi. Seebeck katsayıları (α) ile elektrik iletkenliklerini (σ) çarparak sıralama oluşturdu. Oluşan bu

sıralamada ilk malzeme ile son malzeme kullanıldı ve elektrik üretildi. Seebeck katsayısının ölçü birimi volt' tur. $(VK-1)$

Johan Seebeck'ten sonra Fransız Jean Charles tarafından 1835 yılında Peltier sistemlerine karşı gösterilecek bir olayın keşfi ortaya çıktı. Yine farklı iki sistemden oluşan bir çembere ve bu çemberi oluşturan maddelerin uç kısımlarına sıcaklık verildiğinde sistemin bir tarafının ısındığını ve diğer tarafının ise soğuduğu görülmüştür.

Peltierin incelemeleri 1832 yılında detaylı incelenerek sonuçları çıkarıldı. Farklı iki iletken maddeden meydana gelen çemberin bağlantı uç kısımları üzerinden gerilim geçiyorsa gerilim yönü göz önüne alınarak yüzeylerin bir tarafı ısınırken diğer yüzey soğumaktadır. Bu deneyi bizmut-antimon noktasında suyun sıcaklığını düşürüp eksiye düşürülerek gösterildi.

William Thomson termodinamiğin yasalarından faydalanarak Peltier ve Seebeck olayları arasındaki bağlantıları ve birbirleri ile olan ilişkilerini 1851 yılında açıkladı. Bir iletken üzerinden geçen gerilim ile iletken üzerinde oluşan sıcaklık farkını gösteren bir diğer termoelektrik olay Lord Kelvin tarafından bulundu.

Rayleigh tarafından ilk termodinamik verimi 1885 yılında hesaplandı.

E. Altenkirch termoelektrik soğutma ve elektrik üretimi üzerine farklı bir teoriyi 1911 yılında ortaya koydu. Termoelektrik, ısı iletkenliği (λ) yönünden ve elektriksel iletkenliğine (σ) sahip olmalıdır. Ortaya çıkan bu teori kalite faktörü katsayısı (Z) diye adlandırıldı.

$$Z = \frac{\alpha^2}{\sigma * \lambda} \tag{3.7}$$

$\mathrm{Z} =$ Soğutma performans verimliliği

$\alpha =$ Seeback etkisi (V/K)

$\sigma =$ Elektriksel iletkenlik ($\Omega \cdot \mathrm{m}$)

$\lambda =$ Isıl iletim katsayısı (W/mK)

Sentetik yarı iletken elementler transistorlar da kullanılmak üzere 1950 yılında geliştirildi ve termoelektrik sistemlerde kullanılacak özelliklere sahiptirler. Teknolojinin gelişmesi ve yeni elementlerin ortaya çıkmasıyla birlikte P ve N şeklinde yarı iletken elementler ısı

transferini gerçekleştirebilmek için yalıtkan plakalar arasına seri ve paralel bağlanarak peltier modüllerini meydana getirdiler.

Farklı katı model bileşenlerinin meydana gelmesi ile kullanılan peltier soğutucuların sıcaklıkları 170 K dereceye kadar düşürüldü. Termoelektrik malzemelerin günümüzde geliştirilmesinde rol model olarak kullanılan katı hal teorisidir. Taleplerin artması ve kullanılacak termoelektrik malzemelerin verimlerinin daha da arttırılması için çalışmalar günden güne artarak devam etmektedir.

3.5.3.2. Peltierin kullanım alanları

Gaz soğutucu sistemlerden verimliliği daha düşük olan peltier soğutucular, daha basit yapılardan oluşması, boyutlarının küçük ve istenilen sıcaklık değerlerine sistemi getirebilmeleri için kullanım alanları yaygındır. Boyutlarının küçük olmasının en büyük avantajı elektronik cihazların soğutulmalarında kullanılmalarıdır. Sensör ve mikro işlemci soğutmalarında kullanılmaktadır. Peltierlerin kullanımın artması sayesinde dijital görüntüleri çeken cihazların sensorlerinin soğutulma işlemleri yapılarak görüntü kalitesi arttırılmaktadır. Sensörler üzerine topladıkları ışık demetleri yüzünden ısınmaktadır ve görüntü kaliteleri düşmektedir. Bu sebepten dolayı bilgisayar sistemlerinde peltierlerin kullanımı artmaya başlamıştır. Bu sistemler detektörler ve kızılötesinde de kullanılmaktadır. Isı radyasyon dalga hareketleriyle yayılması sonucu sensörlerin ısınmasına sebep olmaktadır. Peltier sistemlerinin daha küçük boyutlarda kullanılması büyük bir avantaj sağlamayarak alternatif oluşturmaktadır. Bunlara ek olarak seyyar sistemlerde soğutma önemli olup peltierler bu sistemler içinde büyük öneme sahiptir. Peltier soğutucularında hareketli parçaların olmaması sayesinde seyyar sistemler için oldukça kullanışlıdır. Peltierler soğutucu modüllerinin kullanılmakta olduğu çeşitli uygulama alanları aşağıdaki gibidir.

- Mikroişlemci soğutucusu
- Lazer sistemleri, detektörler ve matrisler cihazlarında kullanılan soğutucular
- Elektronik cihazların parçaları ile yapılan sıcaklık testleri için yapılan soğutucu odalar
- Yarı iletken malzemelerin kullanımın da kullanılan su soğutucu sistemleri için
- Medikal cihazların için üretilen seyyar soğutucular

- İlaç sanayisinde ve biyo malzeme transferlerin de kullanılan taşıma kaplarının soğutulması
- DNA analizlerin de (PCR) soğutucu ve ısıtıcı sistemleri için
- Nemli havanın kurutulmasında

3.6. Termoelektrik Malzemelerin Özellikleri

Termoelektrik modül sistemleri, soğuk yüzey ve ısınmış yüzeyleri oluşturan iki adet plakanın arasına yerleştirilmiş yüksek katkılı yarıiletken malzemeden oluşurlar. Bu maddelerde ısının iletimi, maddenin bir uçundan diğer ucuna taşıyıcı yükler sayesinde gerçekleşir. Isı akışının akıma oranı Peltier Etkisi (P) ve Seebeck Etkisi (S) ile ilintilidir. Thomson Etkisi (T) farklı bu iki sistem sayesinde meydana çıkan etkidir [40].

Seebeck formülü, Peltierin etkisi ile Thomson etkisinin birbirine oranlanması sonucu meydana gelir.

$$S = {}^{P}/_{T} \tag{3.8}$$

Termoelektrik malzemelerin iyi olmasının en önemli etkeni Seebeck katsayısının (α) yüksek olmasıdır. Bu sayede gerekli olan akım elde edilir. Termoelektrik malzemelerde, ısıl frekans (Joule) değeri düşük olması için elektriksel iletkenliğin (σ) daha yüksek olması gerekmektedir [40]. Termoelektrik malzemenin ısı kayıplarının azaltılması için iletkenliği (λ) düşük ısı çiftlerinden oluşmalıdır [39].

Elementlerin veya bileşiklerden oluşan termoelektrik malzemelerin özellikleri verimleri ile doğru orantılı değişmektedir [41].

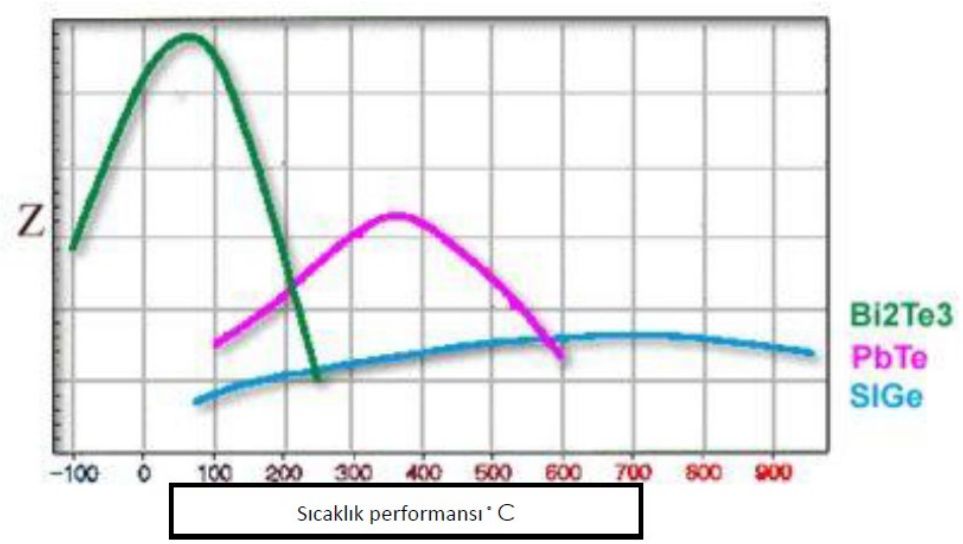
Metallerden oluşan iletken maddelerin düşük Seebeck katsayısına sahip olmasından dolayı yalıtkan maddeler gibi verimleri düşük olmaktadır. Yarı iletken malzemeler yalıtkan ve metallere göre en verimli termoelektriklerdir.

Yarıiletken maddelerin elektriksel özellik değerleri sıcaklığa bağlı olarak değişir ve bu belirlenen sıcaklık değerlerinde termoelektrik maddeler gibi kullanılmaktadır. Verim "Z" ile ifade edilir. Termoelektrik sel verim sıcaklık ile değişmekte olup katsayı değeri Z_T ile gösterilir [42]. Z_T katsayısı formülü aşağıdaki gibidir.

$$Z_T = \frac{\sigma * S^2 * T}{\lambda} \tag{3.9}$$

Bu eşitlikte S; Seebeck katsayısı (V/K), elektriksel iletkenlik katsayısı (σ), termal iletkenlik katsayısı (λ) ve mutlak sıcaklık (T)$'dir$. Eğer bir termoelektrik malzeme için $Z_T < 1$ ise malzemenin termoelektrik performansı düşüktür. $Z_T = 1$ olduğu durumda malzemeler ideal performans gösterirken ve $Z_T > 1$ ise yüksek performans sergiler.

Yarı iletken maddelerin Z_T değer aralığı 0.4 – 1.3 arasındadır. Bi_2Te_3 termoelektrik malzemesi en yüksek verim (Z) değerine sahip alaşımlardır. Bi_2Te_3 yarı iletken malzemeleri, soğutma sistemlerinde performansı en yüksek element olup bundan dolayı en yaygın kullanılmaktadır.



Şekil 3.9: Yarıiletken malzemelerin sıcaklığa göre değişen verimin grafik eğrileri [38].

Şekil 3.9'da görüldüğü gibi sistemin çalışma aralığı -100°C ile 200°C aralıklarında olup ve çalışma sınırı yaklaşık 80°C 'de ulaşır. Bi-Sb ve PbTe alaşımları Bi_2Te_3 malzemesinden sonra en çok kullanılan termoelektrik elementlerdir [38]. Farklı yarıiletken malzemelere ait sıcaklıkla değişen verim grafiği şekil 3.9' da gösterilmiştir.

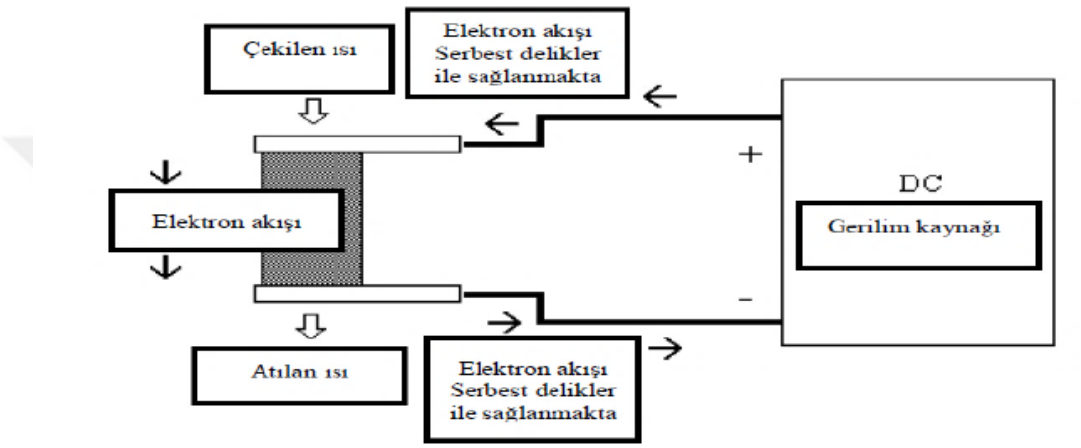
3.7. Termoelektrik Soğutma

Peltier etkisi ile soğutma, farklı iki metalden oluşan devrede üzerden geçen akımın termoelektrik olayların etkisiyle akımın yönü sayesinde uçları arasında meydana gelen sıcaklık azalış ve artışıdır [43].

P tipi ve N tipi yarı iletken malzemeleri seri ve paralel bağlanarak termoelektrik modülleri oluşturmaktadır. Modülün alt kısmı ve üst kısmı seramik bir malzemeyle birlikte

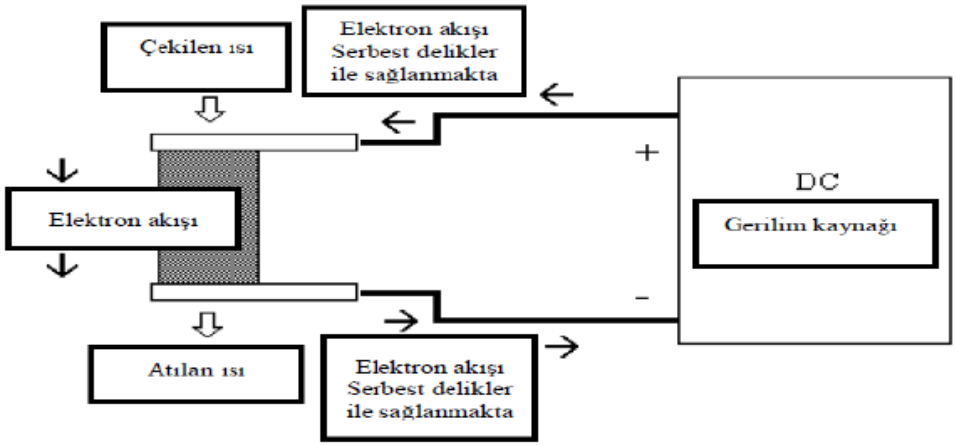
kaplanmıştır. Isı iletkenliği ve yalıtkanlığı fazla olmasından dolayı seramik malzemeler kullanılmıştır.

N tipi malzemelerde serbest elektronlar akımın etkisiyle bir uçtan diğer uca doğru transfer olur. Akış sırasında plakanın ısısı da beraberinde taşınır. Plaka ısısını transfer olurken kaybeder. Bundan dolayı sıcaklık değişimleri elektron gerilimiyle aynı yönlüdür [40]. Termoelektrik malzemenin elektron ve ısısının akış şeması şekil 3.10'de verilmiştir.



Şekil 3.10: N tipi devre şeması [40].

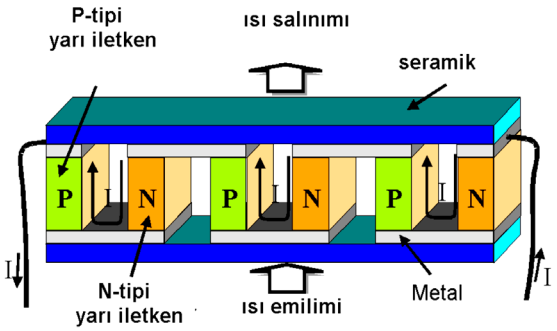
P tipi termoelektrik malzemelerde elektrik gerilimleri "delikler" diye belirtilen serbest boşluklar ile iletilir. Bu sebepten dolayı ısının iletimi belirtilen bu deliklerin hareket yönleriyle aynıdır. Şekil 3.11'de P tipi devrenin şematik olarak gösterimi yapılmıştır.



Şekil 3.11: P tipi devre şeması [40].

P tipi ve N tipi termoelektrik malzemelerdeki elektronların iletimi ve ısı iletimi yukarıdaki şekillerden de anlaşılabileceği gibi zıt yönde gerçekleşmektedir.

Termoelektrik malzemeler bir araya gelerek termoelektrik soğutucu modülleri oluşturur. Termoelektrik malzemelerin yönünü değiştirmeden seri bağlanarak ısı iletiminin yönü sürekli aynı olur. N tipi ve P tipi malzemeler ayrı ayrı kullanıldığında modüllerinin bağlantısının zor yapılmasından dolayı N tipi ve P tipi malzemeler birlikte ardışık olarak kullanılarak termoelektrik modüllerinin meydana gelmesi sağlanır. Şekil 3.12'de gösterildiği üzere elektrik akışı zikzaklı bir yön çizerken, ısı akışının yönü aynı kalır [41].



Şekil 3.12: N ve P tipi termoelektrik modülün gösterimi [41].

Termoelektrik modül soğutma, N tipi ve P tipi yarıiletkenlerin peltierler üzerinden DC gerilim geçirilmesiyle elde edilir. Maddenin ısısı sıcak ortamdan soğuk ortamlara elektronların hareketleri sayesinde transfer edilir. Isının, termoelektrik modüllerinin uç kısımları arasındaki ısı transferinin gerçekleşiyor olması sistemin ısı pompası özelliğinden kaynaklanmaktadır[41].

3.8. Termoelektrik Soğutucuların Avantajları

Termoelektrik soğutucu modüllerinin avantajları aşağıdaki gibidir;

- Termoelektrik soğutucular daha küçük ve hafif maddelerden yapılan sistemlerdir. Özel boyutlarda ve farklı standartlarda üretimi yapılabilir.
- Sistemlerinin hareketsiz parçalardan oluşması ve uzun süreler bakıma ihtiyaç duyulmaz.
- Doğru akımın yönüne bağlı kalarak ısıtma ve soğutma sağlayan sistemlerdir.

- Montaj pozisyonunun önemsiz olması ve yerçekimin bulunmadığı yerlerde bile çalışabilir olmasıdır.
- Katı halden oluşmasından dolayı güvenilirliği yüksek ve ömrü uzundur. Normal bir termoelektrik modülün ortalama çalışma ömrü 220.000 saattir.
- +/- 0.1°C deki hassas sıcaklıkların kontrolleri yapılır.
- Diğer soğutucu sistemlere göre sessiz çalışırlar.
- Soğutucu yüzeyleri üzerine sıcaklıkların tersten uygulanması durumunda doğru akım güç üretimi elde edilir.
- Herhangi bir gaz yada kimyasal madde kullanılmadan üretilmektedirler. Bu özelliği sayesinde çevreye zararları olmaz.
- Sistemin küçük parçası diğer parçalardan bağımsız olarak soğutulabilir.
- Ortam sıcaklığının altına kadar soğutabilme özelliğinin olması sistemleri diğer soğutma sistemlerinden ayırmaktadır [39].

3.9. Termoelektrik Soğutucuların Dezavantajları

- Isıtma ve soğutma tesir katsayıları (COP) kompresörlü soğutuculara oranla düşüktür. Bu katsayı termoelektrik soğutuculardа 0,3 – 0,5 ölçüm değerlerinde olup kompresörlü sistem soğutma cihazlarında ise bu değer 2 – 4 aralığında ölçülmektedir. Dolayısıyla verimi düşüktür.
- Termoelektrik soğutucular sıcak yüzeylerde daha fazla ısı üretir bundan dolayı sisteme bir soğutma düzeneği kurulmasına gerekmektedir.
- DC besleme gerektirir.
- Buhar sıkıştırmalı soğutuculardan elde edilen yüksek güçler peltier soğutucularından elde edilemez.
- Ekonomik açıdan pahalıdırlar.

3.10. Termoelektrik Parametreler

Soğutma sistemi tasarlanmadan ilk önce, iki yüzey arası sıcaklık farkları (ΔT) ve sistemin verimli çalışabilmesi için soğutma kapasitesi belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenen soğutma kapasitesine göre termoelektrik modülün yüzeylerindeki sıcaklı farkı (ΔT) ye ve akım (I)' a göre sıcaklık değişim grafiğinden gerilimin değeri belirlenir. Soğutma

değerinin ve sıcaklık farklarının sıfır olduğu gerilim değerinin alt ve üst limitlerini gösteren $Voltaj\ /\ Akım$ $(V\ /\ I)$ eğrisi ile belirlenir [44].

Peltier etkisinden faydalanılarak modüllerin üzerinden geçen akımın yönü sayesinde yüzeyler de hem soğutma hem de ısınma meydana gelebilir. Soğutma ve ısıtmanın aynı anda uygulandığı sistemlerde termoelektrik modül tasarımı yapılırken soğutma modu göz önüne alınarak yapılmalıdır.

Termoelektrik modüllerde farklı tipte ısı aktarımı yapılmaktadır. Sudan suya aktarım, havadan havaya aktarım, sudan havaya aktarı ve soğuk plakalar üzerinden ısı aktarımı bunların en önemlileridir. Değişik soğutma türleri göz önüne alındığında farklı ısı kaynaklarına göre daha farklı modül tasarımlarının üretimi yapılmaktadır [41].

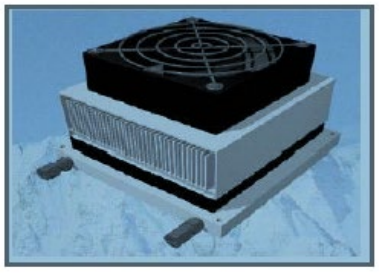
En çok kullanılan ısı aktarım şekli havadan havaya olandır. Aşağıdaki uygulamada ısı iletimi kanatlı profiller sayesinde yapılmıştır. Isı direncinin azaltılması için alüminyum profiller üzerine fan montajı yapılır. Şekil 3.13'de, havadan havaya ısı aktarımı yapan ve 27 W güç üreten termoelektrik soğutucu modül gösterilmiştir [24].



Şekil 3.13: Havadan havaya soğutma modülü [24].

Sistemin soğutulması, bir pompa yardımıyla soğutulacak olan sıvının soğuk yüzeyler üstünden sürekli geçirilmesiyle sağlanır.

Şekil 3.14'da sudan havaya ısı aktarımı yapan bir soğutma modülü gösterilmiştir [24].



Şekil 3.14: Sudan havaya ısı aktarımı olan bir soğutma modülü [24].

Termoelektrik modülün soğuk yüzey tarafı bir plaka desteği ile radyatöre bağlandığı sistemlere soğuk plakalı termoelektrik soğutucu denir. Soğuk plakaya sahip soğutucu sistemler bilgisayar işlemcilerinin soğutulmasında kullanılır. Soğuk plakalı soğutucu aşağıdaki şekil 3.15'de gösterilmiştir.



Şekil 3.15: Soğuk plakalı termoelektrik modülü [43].

Sıcak yüzeyden bulunduğu ortama termoelektrik modüller sayesinde ısı transferi gerçekleşir. Eğer sistem hava ile soğutulacak olursa sıcak yüzeyinde bulunan ısının değeri aşağıdaki formülden hesaplanır [43].

$$Th = To + U * Q_h \tag{3.10}$$

$T_h = Sıcak\ Yüzeyin\ Sıcaklığı\ (\ °C\ )$

$T_O = Isı\ transferinin\ Olduğu\ Ortam\ Sıcaklığı\ (\ °C\ )$

$U\ =$ Isı Değiştiricinin Toplam Isıl Direnci (°C / Watt)

$Q_h\ =$ Sıcak Yüzeyden Atılan Isı (W)

Sıcak yüzeyden atılan ısı ise aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$Q_h\ = Q_C\ + W_e \tag{3.11}$$

$Q_C\ =$ Soğuk Yüzeyden Çekilen Isı (W)

$W_e\ =$ Çekilen Elektrik Gücü (W)

Termoelektrik modüller tarafından sistemden çekilen elektrik gücü (We) gerilim $V(Volt)$ ve $I(Amper)$ akıma bağlı olup aşağıdaki formülle gösterilir.

$$W_e = V * I \tag{3.12}$$

Sıcak yüzey sıcaklığı bulunurken bazı durumlarda U değeri bilinmiyorsa ortam sıcaklık değerini 20°C ile 40°C aralığında bir değer kabul edilir.

Soğutulmak istenen madde ya da ortam ile termoelektrik soğutucu modül aralarında herhangi bir ısı değiştirici malzeme yoksa soğuk yüzey tarafının sıcaklığı $T_C$ortam sıcaklığı ile aynı olmaktadır. Bu iki malzeme arasında eğer ısı değiştiriciler kullanıldıysa dirençler göz ardı edilir [41].

Termoelektrik soğutuculardа farklı yüzeyler arasındaki sıcaklık farkları (ΔT) olup aşağıdaki formülle bulunur.

$$\Delta T = T_h - T_c \tag{3.13}$$

$T_h = Sıcak\ Peltier\ Yüzey\ Sıcaklığı$

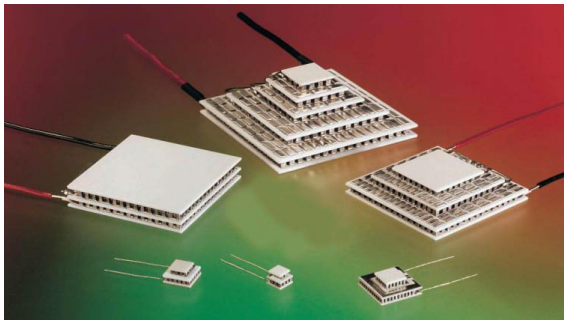
$T_c = Soğuk\ Peltier\ Yüzey\ Sıcaklığı$

Ortamın soğutulması için yapılacak sistemin nasıl olacağı sıcaklık farkı sayesinde belirlenir. Eğer iki yüzey arasında sıcaklık farkı $\Delta T < 55\ °C$ ise, tek kademeden oluşan termoelektrik soğutucu modül , eğer yüze sıcaklık farkı $\Delta T > 55\ °C$ ise çok kademeden oluşan termoelektrik soğutucu modül kullanılmalıdır. Tek kademeden oluşan termoelektrik soğutucu modülü şekil 3.16'de gösterilmiştir.



Şekil 3.16: Tek kademeden oluşan peltier [43].

Tek kademeden oluşan termoelektrik soğutucu modülleri toplam yedi adet olacak kadar üst üstte koyulmasında durumunda çok kademeli termoelektrik soğutucu modüllere benzer "ΔT" değeri elde edilebilir [43]. Termoelektrik modül ile pratikte ulaşılabilen en düşük sıcaklık $-100\ °C$'dir. Çok kademeli termoelektrik cihazlarda $\Delta T \approx 130\ °C$' ye kadar sağlanabilir [42]. Tek kademeli termoelektrik modüller ile oluşturulmuş çok kademeli termoelektrik soğutucu örneği şekil 3.17'de verilmektedir.



Şekil 3.17: Çok kademeden oluşan peltierler [42].

Bir termoelektrik soğutucu modülün tasarımını gerçekleştirmek için modülün tek tek parametrelerinin incelenip tasarlanması gerekir. Termoelektrik soğutucu modül tasarlanması için bazı önemli parametreler söz konusudur. Bunlar, yüzeyler arası sıcaklık farkları (ΔT) , ısının iletim gücü (Q), modül gerilimi (V) ve akımı (I)'dır.

3.10.1. Sıcaklık farkı

Termoelektrik modüllerin yüzeylerdeki sıcaklık farklılıklarına (ΔT) denir. Soğutma sisteminin sıcaklık değeri (ΔT)değerinden daha küçüktür. Termoelektrik modül tarafından ısı gücü (ΔT) değerinin değişmesine neden olur. Sistemde herhangi bir ısı iletimi olmadığında ya da $Q = 0$ olduğu zamanda ΔT değeri maksimum seviyesine çıkar. $(\Delta T)_{max}$ [24].

3.10.2. Isı aktarım gücü

Birim zamanda yüzeylerden iletilen ısı miktarına ısı aktarım gücü denir ve Q (W) ile gösterilir. Buna termoelektrik modülünün soğutma gücü de denmektedir. Isı iletim gücü (Q) azaldıkça sıcaklı farkı (ΔT) artar. Sıcaklık farkı (ΔT)= 0 iken ısı aktarım gücü (Q) maksimum değerine (Q_{max}) çıkar [43].

3.10.3. Modül akımı

Termoelektrik modüllerin iç kısmından gecen akım modül akımı I (A) olarak adlandırılır ve ısı iletim gücü (Q) ile aralarında doğru orantı mevcuttur. Fazla akım modül üzerinde $I^2 * R$ azaltırken termoelektrik modüllerin ısınmasına sebep olmaktadır. Modül akımı I arttıkça ısı iletim gücü Q düşer. Bundan dolayı Q değerinin en yüksek olduğu zamanda

akım değeri (I_{max}) maksimumdur. Modülün yüksek sıcaklık ve en fazla soğutma gücünde çalışabilmesi için optimum akım değeri I_{max} 'dır [29].

3.10.4. Modül gerilimi

Modülün iç kısmından I akımı geçmesi sonucunda modülün uçları arasında oluşan elektriksel etkiye modül gerilimi (V) diye adlandırılır. Modül akımının maksimum olduğu noktalarda Vmax maksimumdur [29].

Termoelektrik modülün sabit değerleri ($\Delta T_{max}, Q_{max}, I_{max}, V_{max}$) 'dir.

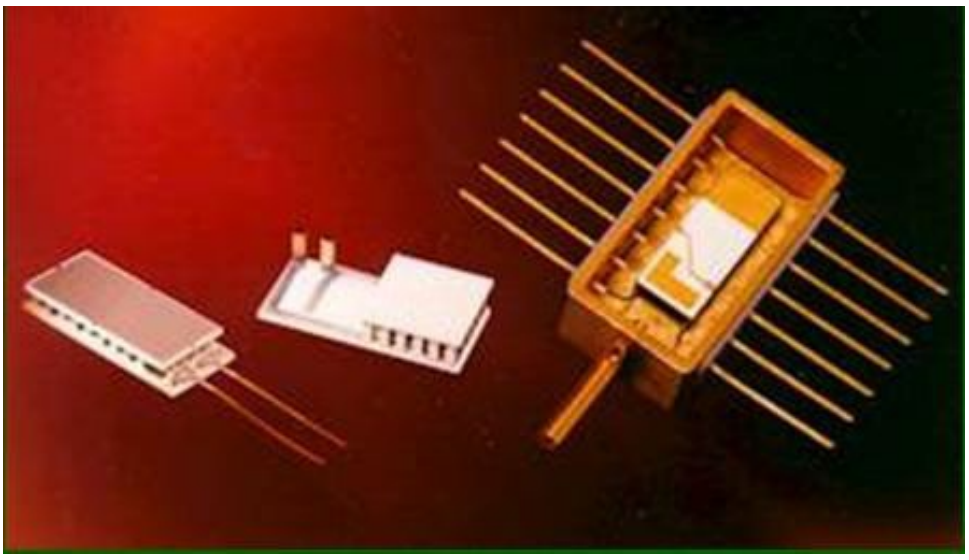
3.11. Termoelektrik Soğutma Kullanım Alanları

Termoelektrik soğutucu modüller elektronik alanda, fizik ve kimya alanlarında ve günlük yaşam içerisinde kullanılmaktadır [40].

3.11.1. Elektro – Optik

- Lazerler
- Kızılötesi Dedektörler
- Foto-Yükselteçler

Termoelektrik soğutucu lazer diyotlar şekil 3.18'de aşağıdaki gibi gösterilmiştir.



Şekil 3.18: TEC soğutmalı lazer diyot [40].

3.11.2. Elektronik

- Transistor gibi güç elemanları
- Düşük Gürültülü Yükselteçler
- Mikro işlemci (CPU) soğutucusu
- Soğutma odaları (Elektronik cihazlara sıcaklık testi yapmak için)

3.11.3. Biyo-Medikal

- Biyo malzeme ve ilaç taşıma sanayisinde kullanılan kaplarda sıcaklık kontrolü yapabilmek için
- DNA analizlerinde kullanım amaçlı
- Biyo-Medikal cihazlarda kullanılacak seyyar kullanımı kolay soğutucular

Biyomedikal uygulamalarda kullanılan sıvı soğutucu şekil 3.19'da aşağıdaki gibi gösterilmiştir



Şekil 3.19: Biyomedikal uygulamalar için sıvı soğutucu [40].

3.11.4. Fizik

- Nemli Havanın Kurutulması
- Kalorimetre
- Donma Noktası Referansı

3.11.5. Kimya

- Yarıiletken Endüstrisi için Su Soğutucular
- Elektroforez soğutma,
- Isı Bataryasında kullanılan sistemler (Termo-Pil).

Bunların dışında, otel odalarındaki soğutma sistemlerinde, buzdolaplarında, kabin klima sistemlerinde, içecek soğutucuları ve otomobil mini soğutucuları termoelektrik soğutucularından faydalanarak geliştirilen sistemlerdir.

Günlük yaşantımızda kullanılan mini buzdolabı şekil 3.20'de aşağıdaki gibi gösterilmiştir.



Şekil 3.20: Günlük mini buzdolabı [40].

Kabin içi klima sistemleri için üretilen termoelektrik soğutucu şekil 3.21'de aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

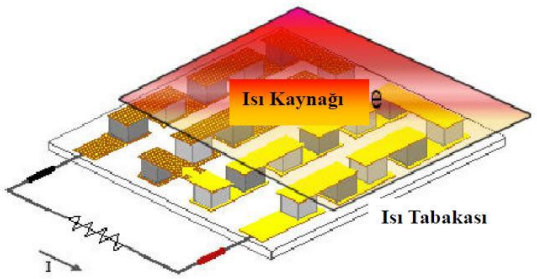


Şekil 3.21: Kabin içi iklimlendirme [40].

3.12. Termoelektrik Üreteç Sistemleri (TEG)

Termoelektrik üreteç adlarının kısaltılmış hali (TEG) diye bilinir. P tipi ve N tipi termoelektrik modül malzemelerinin bir araya getirilerek oluşturduğu sistemlerdir. Maddenin elektrik akım oluşturabilmesi için termoelektrik modülün yüzeyleri arasında

sıcaklık farklarının oluşması gerekmektedir. Şekil 3.24'de gösterildiği gibi bu sistemler, seri ve paralel bağlantılar sonucunda ortaya çıkar. N tipi ve P tipi yarı iletken malzemeler birleştiğinde oraya elektrikse güç çıkmaktadır [39]. Bu sistemler, sıcak yüzeylerin ısı olarak kullanılması ve soğuk yüzeylerin istenilen ortam sıcaklıklarında bulunması için alternatif gerilim kaynağı gibi kullanılırlar [24].



Şekil 3.22: Termoelektrik üreteç devre şeması [24].

Termoelektrik üreteçlerinin verimlerinin yüksek olmamasından dolayı genellikle jeneratör gibi kullanılırlar. TEG modülleri, ana batarya sistemleri ya da kalorimetrenin uygulanacağı durumlarda yaygın olarak kullanılır. Kullanım alanlarının, fırın, kazan ve kalorifer sistemlerinin elektronik aksamları, güneş enerjisi uygulamaları, jeotermal düzenekler bunların başlı çalarıdır. Günümüzde motor egzoz manifoldların da elektrik enerjisi elde edebilmek için alternatör projesinde kullanılmaktadır [24].

Bu bahsedilen sistemlere ek olarak termoelektrik jeneratörler, bazı atık ısı kaynaklarından istenilen akımı üretebilmek için kullanılmaktadırlar. Kolumuzda kullanmış olduğumuz kol saatlerinin herhangi bir güç kaynağı olarak pillere gerek duymadan vücut termal ısısından yararlanarak enerji elde edebilmesi gibi çalışmalar yapılmıştır.

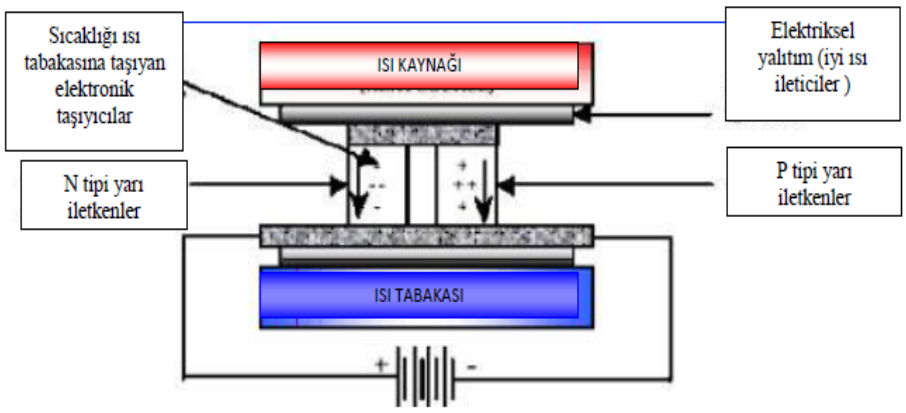
Termoelektrik jeneratörlerin çevreye zarar vermezler, çok düşük sıcaklıklarda kullanılabilir olması ve elektrik üretilirken kayıpların fazla olmaması gibi avantajları bulunmaktadır [43].

BÖLÜM 4. SİSTEMİN TANITIMI, PROTOTİP AŞAMASI VE HESAPLAMALARI

Termoelektrik soğutucular, ortam sıcaklığı fark etmeksizin kullanılan cihaz sıcaklıklarını ortam sıcaklıklarının altına düşürür ve sistem sıcaklığının dengede kalmasını sağlar. Aktif soğutma sisteminin bir parçası olan termoelektrik soğutucu modülleri miliwatt'tan kilowatt'a kadar olan farklı sistem uygulamalarında kullanılırlar.

Peltierler, P ve N noktalarının seri bağlantısı yapılarak üzerinde doğru akım geçtiğinde peltier etkisinin ortaya çıktığı teknolojik aktif soğutucu elemanlardır. Peltierin kullanıldığı sistemlerde, elemanın bir yüzü soğurken diğer tarafı ısınmaktadır.

Termoelektrik soğutma sistemleri sessiz çalışmasının sebebi sabit parçalardan oluşmasıdır. Bu soğutma sisteminde N ve P malzemelerden oluşan peltierler kullanılmıştır. Kullanılan malzemeler ise n tipi modül Bi_2Te_3 ve p tipi modül için Sb, Te, Bi'dir. Peltierler elektriksel devrelerde kullanılacağı zaman seri ve ısı transferinde kullanılacağı zaman paralel bağlanmış termocouple (ısı çift)' den meydana gelmiştir. Peltierlerin imalatının yapılabilmesi için N ve P malzemelerinden aynı sayıda kullanılması gerekmektedir [28].



Şekil 4.1: Termoelektrik soğutucu modülün yapısı [28].

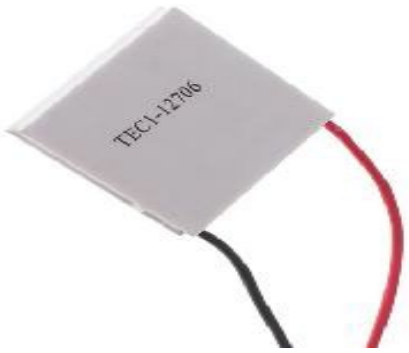
Bu projede termoelektrik soğutucu modülleri kullanılarak traktörlerde ve iş makinalarında kullanılacak portatif su soğutucu tasarımı yapılmıştır. Sistemin ne kadar sürede belirtilen suyun insan vücudu için istenilen sıcaklık değerlerine getirdiği test edilmiştir. Bu sistem için 12 V' luk DC akım kullanılmıştır. Yapılan projede akım yönü ters çevrilirse sistem soğutma yerine ısıtma işlemini yapmaktadır.

Sistemi soğutmada kullanılmak üzere, 96 W (TEC1-12706) gücünde $40 * 40 * 4.7\ mm$ boyutlarında toplam 4 adet olmak üzere termoelektrik soğutucu modülleri kullanıldı. Peltierin ısınan yüzey kısmını soğutmak için $80 * 80 * 60\ mm$ boyutlarında ısı iletimi yüksek alüminyum blok kullanıldı. Sistemden ısının uzaklaştırabilmesi için $12V'luk$ 2 adet bilgisayar fanı radyatör üzerine montajı yapıldı. Termal macun, termal soğutucu modül ile alüminyum bloklar arasındaki temas direncini azaltılması için kullanıldı1 adet su pompası yardımıyla sistemin içindeki suyun devir daimi sağlanmıştır.

4.1. Materyal Metot

4.1.1. Peltier

Yapacağımız sistemde 12 voltluk termoelektrik soğutucu modülleri kullanılmıştır. 12 voltluk akımın yaygın olarak bulunmasından ötürü peltilerlerin gerilim voltaj değeri tercih edilirken dikkat edilen husus olmuştur. Sistem traktörlerdeki ve iş makinalarında bulunan çakmaklıktan çalıştırılacaktır. Sistemde kullanılan peltier TEC- 12706 , 96 watt modeli kullanıldı.



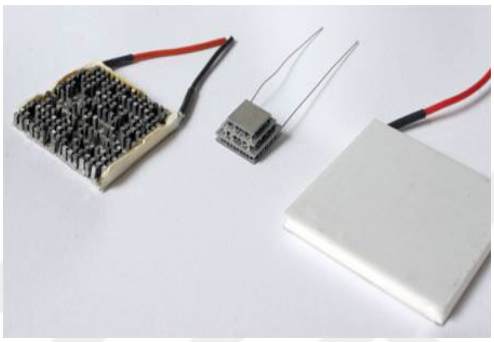
Şekil 4.2: Peltier

Tablo 4.2'de kullanılan peltierin teknik özellikleri bulunmaktadır.

Tablo 4.1: Peltier performans değerleri

Performans Şartları (TEC1 - 12706)	Minimum	Maksimum
Sıcak yüzey sıcaklığı $(°C)$	25	50
Q_{max} (Watt)	50	57
ΔT_{max} $(°C)$	66	75
I_{max}(Amper)	6,4	6,4
V_{max}(Volt)	14,4	16,4
Modül Direnci (Ohm)	1,98	2,3

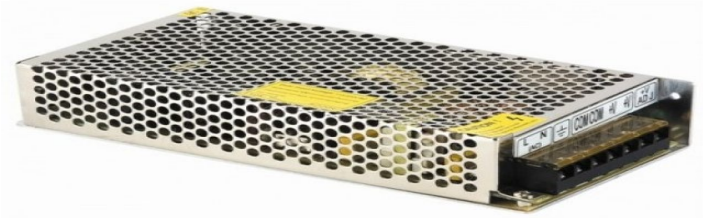
Şekil 4.3'de peltierin üzerinde bulunan P ve N uçlarının nasıl bağlandığı gözükmektedir.



Şekil 4.3: TEC-12706 iç yapısı

4.1.2. Anahtarlamalı güç kaynağı

Elektronik devrelerde güç kaynakları, oluşan AC akımını DC akıma çeviren dönüştürücü elemanlardır. Güç kaynakları içerisinde elektrik gücü üretebilmek için regülatörler bulundururlar.



Şekil 4.4: Anahtarmalı güç kaynağı

4.1.3. Soğutucu fan

Isının sistemden atılmasını sağlayan 12V gücündeki 2 adet bilgisayar fanı kullanılmıştır. Soğutucu fanların tercih edilmesinin en başlı sebepleri, sessiz çalışması ve güç tüketimin az olmasıdır. Radyatörden geçen suyun soğutulması için 120 mm * 120 mm ölçülerinde 2 adet fan radyatör üzerine montajlanmıştır. Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5: Soğutucu fan

4.1.4. Su pompası

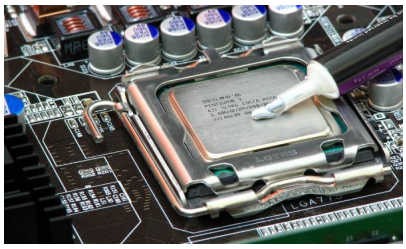
Su pompası, sıvıları bir noktadan diğer noktaya taşınımı sağlayan mekanizmalardır. 12 V, 240 l/h debiyle çalışmaktadır. Projede suyun radyatör ile su tankı arasında devir daim yapması amacıyla kullanılmıştır. Şekil 4.6 da su pompası gösterilmiştir.



Şekil 4.6: Su pompası

4.1.5. Termal macun

İki farklı yüzey arasında gerçekleşen ısı transferinin verimini arttırmak, kaçakların olmasını engellemek için termal macunlar kullanılır. Peltierler ile sıvı soğutma bloğu arasına sürülen termal macun sayesinde ısı transferinin soğutucu metale hızlı bir şekilde transferi gerçekleşmiştir.



Şekil 4.7: Termal macun uygulaması [45].

Şekil 4.7'de soğutucu yüzey üzerine uygulanan termal macun görülmüştür.

Tablo 4.2: Termal macun özellikleri

Özellik Adı	**Değeri**
Ürün	AK-455
Viskozite	76 K / cPs
Termal İletkenlik	2,4 W/mK
Çalışma Isısı	-45°C ~ 240°C
Ağırlık	1,5 gr
Renk	Gri

4.1.6. Sıvı soğutma bloğu

$80mm * 40mm * 12\,mm$ boyutlarında 2 adet soğutma bloğu ısı transferini sağlamak amacıyla projede kullanılmıştır. Şekil 4.8'de soğutma bloğu gösterilmiştir.



Şekil 4.8: Sıvı soğutma bloğu

4.1.7. Alüminyum blok

Soğutulan havayı tutup içerisinde bulunan su yada içecek şişesine aktarmak için yüksekliği $250mm$ ve yarı çapı $25\,mm$ olan bir alüminyum blok kullanılmıştır.



Şekil 4.9: Alüminyum blok

4.1.8. Radyatör

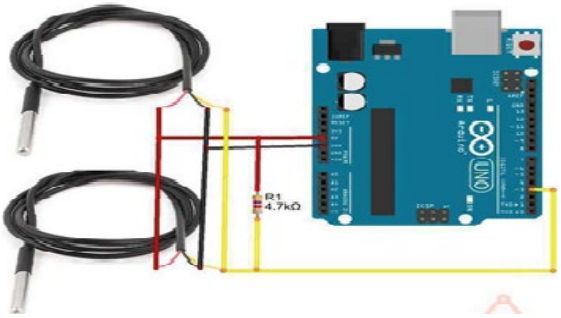
Radyatör malzemeleri, genel olarak bakır veya pirinç kullanılmakla birlikte günümüz teknolojisinin gelişmesiyle birlikte alüminyum alaşımlı radyatörlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Azami miktarda suyu kanallarda biriktirip, ortam ile temas haline getirerek soğutma sistemi gerçekleştirilir. Tasarlamış olduğumuz sistem için 1 adet radyatör kullanılmıştır.



Şekil 4.10: Radyatör

4.1.9. Sıcaklık sensörü

Sıcaklık sensörü daha duyarlı olması için dijital çeşitleri seçilmiştir. Bu sayede daha kararlı bir sıcaklık ölçümü gerçekleşmektedir. Arduino'da yazılımla birlikte çalışmaktadır. Yazılımla çalışmasının dezavantajı gönderilen verilerin bazen gecikmesi gecikmeden dolayı bazı bitlerin hatalı yollanabilmesi gibi sorunlarla karşılaşılabilmektedir.



Şekil 4.11: DS18B20 sıcaklık sensörü

Şekil 4.11'de gösterilen sıcaklık sensörünün özellikleri aşağıda tablodaki gibidir.

Tablo 4.3: Sıcaklık sensörü özellikleri

Özellik Adı	Değeri
Sıcaklık menzili	-55°C - 125°C
Çözünürlük	9*12 bit
Donanım	64-bit ID
Doğruluk	-10°C - 85°C arasında +/-0,5
Sorgu süresi	750ms
Voltaj	3V-5V

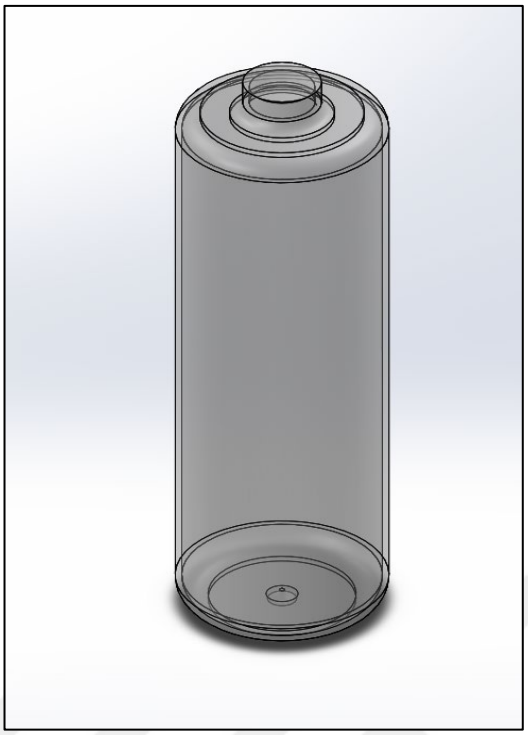
4.2. Solidworks Katı Model Tasarımı

SolidWorks kullanım şekli kolay olup, yenilikçi bir programdır. 3 boyutlu tasarım programı olarak Windows için tasarlanmıştır. Windows sisteminin kolay yollarını kullanarak her türlü tesis, makine, ürün tasarımı yapılabilir. Solidworks kullanılarak yapılacak olan projeleri daha hızlı bir şekilde çizilebilir.

Solidworks'ün içine Solid animatör programı eklenmiştir. Solid animatör bir animasyon programı olup solidworks ile birlikte çalışmaktadır. Bu sebepten dolayı herhangi bir dosya transferine ihtiyaç duyulmamaktadır. Çizilen parçaları solidworks'un içerisinde animasyonlarını kolay ve hızlı şekilde sonuç alarak yapılabilmektedir. Montaj hareketlerinin animasyonlarını kolaylıkla yapabileceğiniz kullanımı kolay programdır. Yapılan bu animasyonlar AVI şeklinde bilgisayarınıza kaydedilir ve Windows'un olduğu bütün bilgisayar ortamlarında izlenebilir. Solidworks programı ile tasarımı yapılan bütün parçalar, bilgisayarında solid yüklü olmayan kişiler ile de paylaşılabilir. Bu sebepten dolayı şirketlere ve fabrikalara kullanım kolaylığı sağlamaktadır [46].

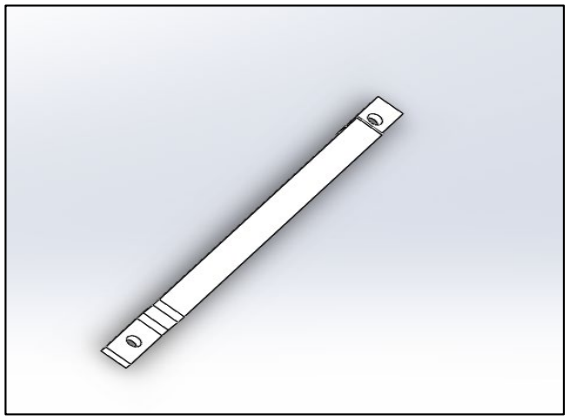
Materyal ve metot kısmında belirtmiş olduğumuz sistem malzemelerinin 3 boyutlu çizim programı Solidworks kullanılarak ayrı ayrı tasarımları yapılmıştır.

Projenin ilk denemelerinde 0,5 litrelik plastik su şişeleri kullanılmıştır. Fakat plastik şişenin yüzeylerinde bulunan girinti çıkıntılardan dolayı ısıyı iyi iletmediği buna bağlı olarak verim düşüklüğü tespit edilmiş olup bundan dolayı şekil 4.12'de dış yüzeyi pürüzsüz 0,5 litrelik cam şişe kullanımına geçilerek daha sağlıklı ve uzun ömürlü kullanım sağlanmıştır.



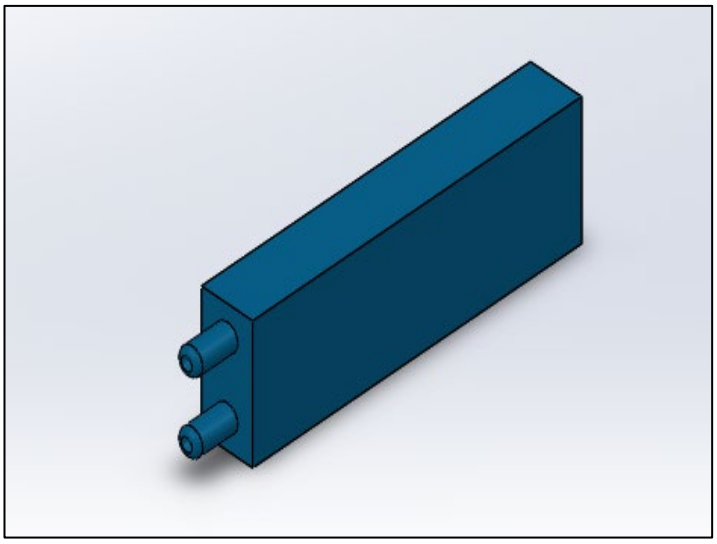
Şekil 4.12: 0,5 litrelik cam şişesi

Termoelektrik su soğutucu cihazında, ısınan suyu soğutmak için kullanılan su bloklarının alüminyum blok üzerine sabitlenebilmesi için şekil 4.13'de gösterilen u şeklinde bent tasarımı yapılmıştır. Cihazda bu bentler sağ ve sol toplam 2 adet kullanılmaktadır.



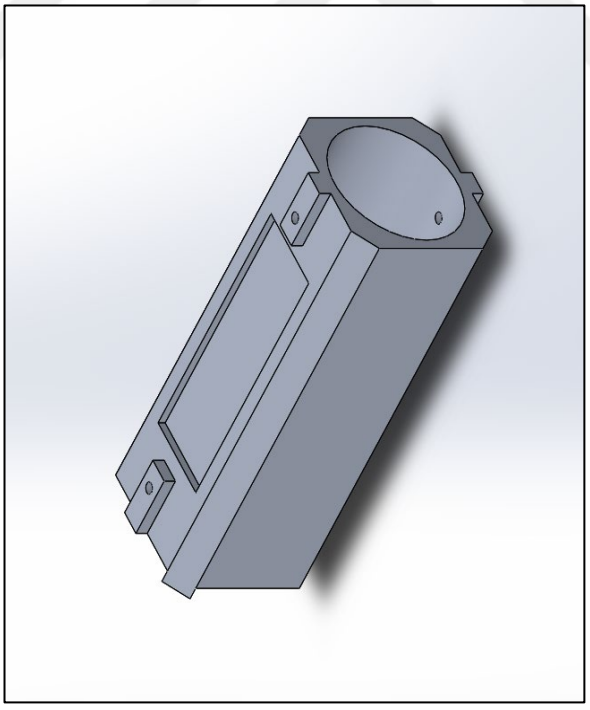
Şekil 4.13: U şeklinde bent

Şekil 4.14'de gösterilen su bloğu, termoelektrik modüllerin ısınan yüzeylerini soğutma amaçlı radyatör fan ikilisine iletmeyi hedefleyen kapalı sistem içerisindeki modül üzerindeki sıcaklığı taşıyan parçadır. Bu parça 3 modül kapasiteli olup $120\,mm$ uzunlukta ve $40\,mm$ genişliğe sahiptir.



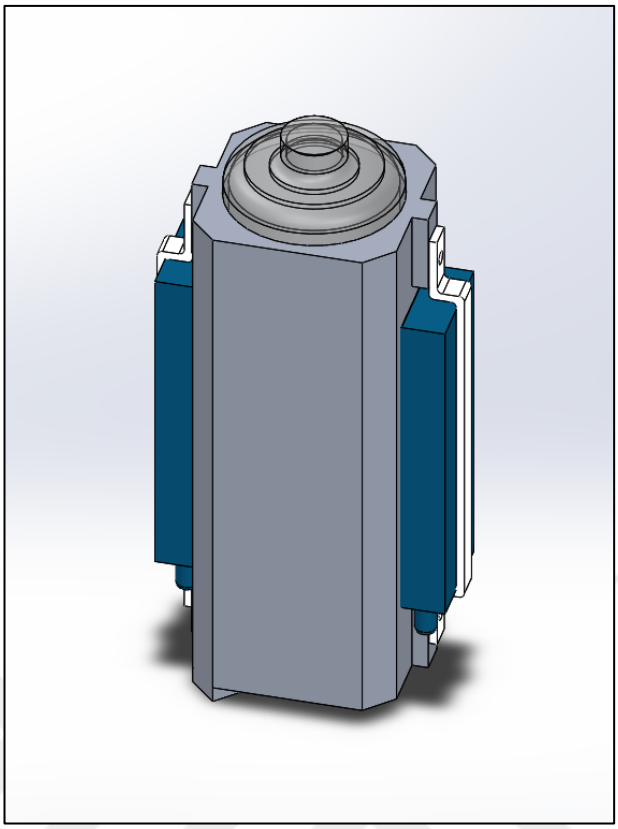
Şekil 4.14: Termoelektrik soğutucu su bloğu

Şekil 4.15'de gösterilen alüminyum blok, 0,5 litrelik cam şişenin soğutulmasında kullanılmak amacı ile özel bir tasarım yapılmıştır. Alüminyum blok üzerinde 6 modül 2 su bloğu 2 u şeklinde bent ve 0,5 litrelik cam su şişesi girebilecek şekilde tasarlanmıştır.



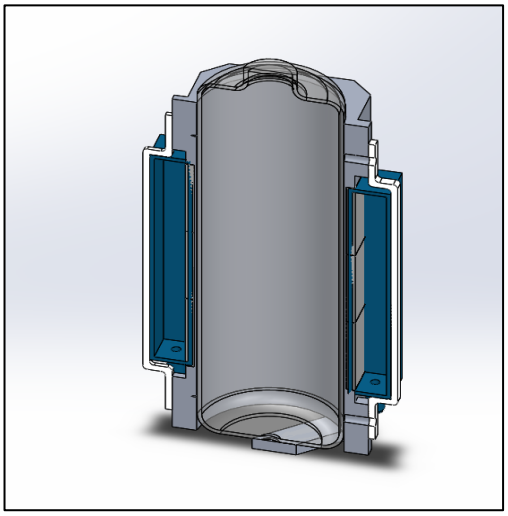
Şekil 4.15: Termoelektrik soğutucu alüminyum bloğu

Şekil 4.16'da 0,5 litrelik cam şişeyi soğutmada kullanılacak olan su blokları, bentler, termoelektrik modüller ve cam su şişesinin montaj görseli gösterilmektedir.



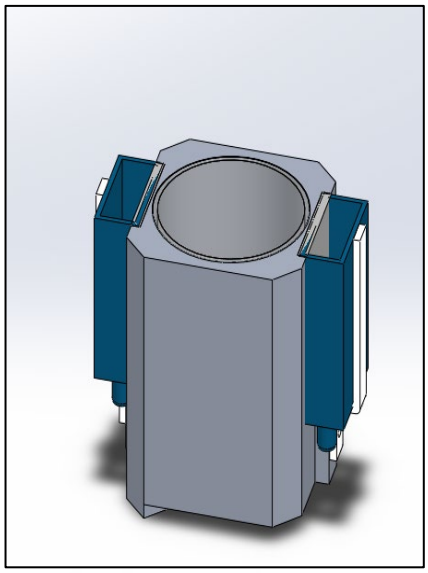
Şekil 4.16: Termoelektrik su soğutucu alüminyum blok montajı

Şekil 4.17'de termoelektrik su soğutucu montajının sağ düzlemden kesit alınmış hali görülmektedir.



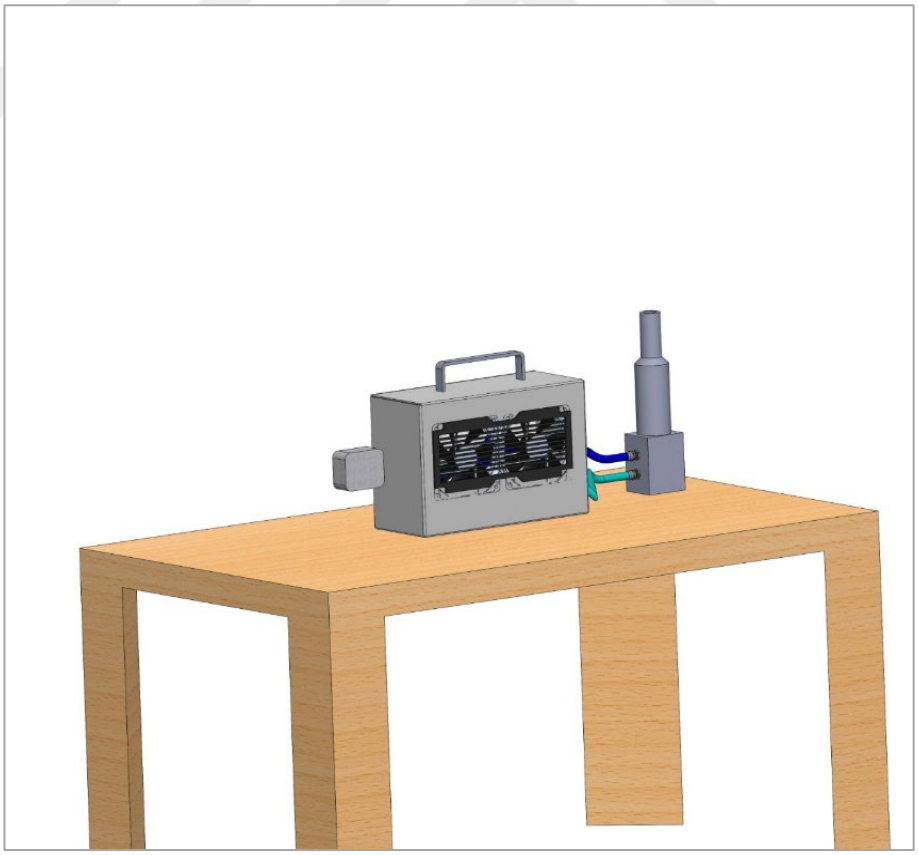
Şekil 4.17: Termoelektrik su soğutucu montaj sağ kesit görünümü

Şekil 4.18'de termoelektrik su soğutucu montajının üst düzlemden kesit alınmış hali görülmektedir.

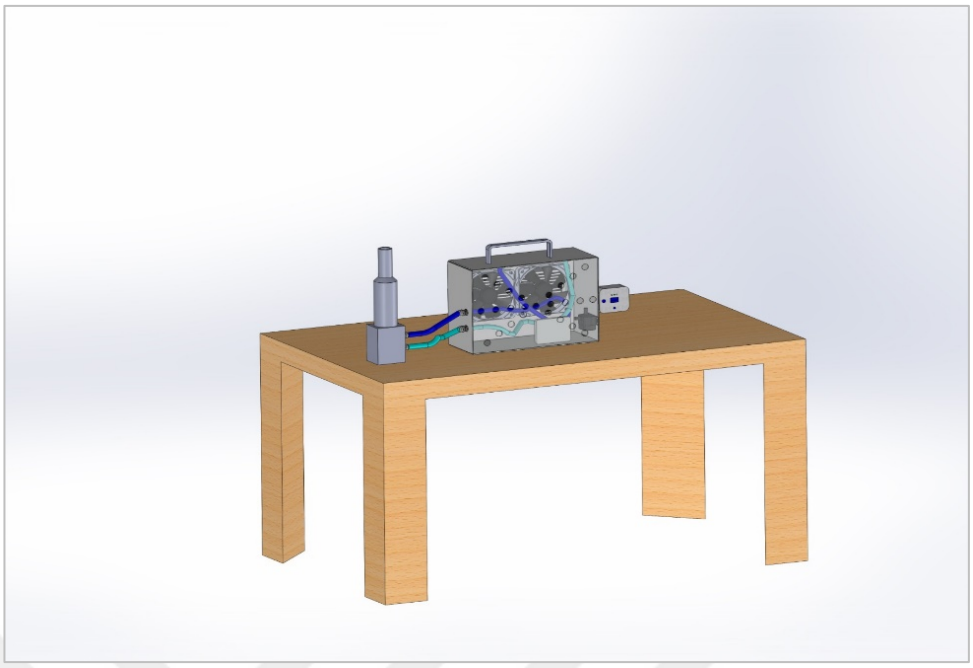


Şekil 4.18: Termoelektrik su soğutucu montaj üst kesit görünümü

Şekil 4.19 ve şekil 4.20'de katı modelde tasarımı yapılan sistemin montaj hali gösterilmiştir.



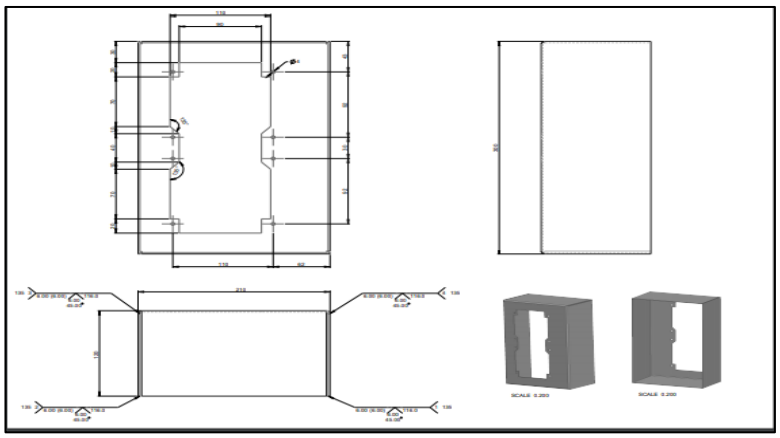
Şekil 4.19: Sistemin son montaj hali (ön görünüş)



Şekil 4.20: Sistemin son montaj hali (arkadan görünüş)

4.3. Prototip Aşaması

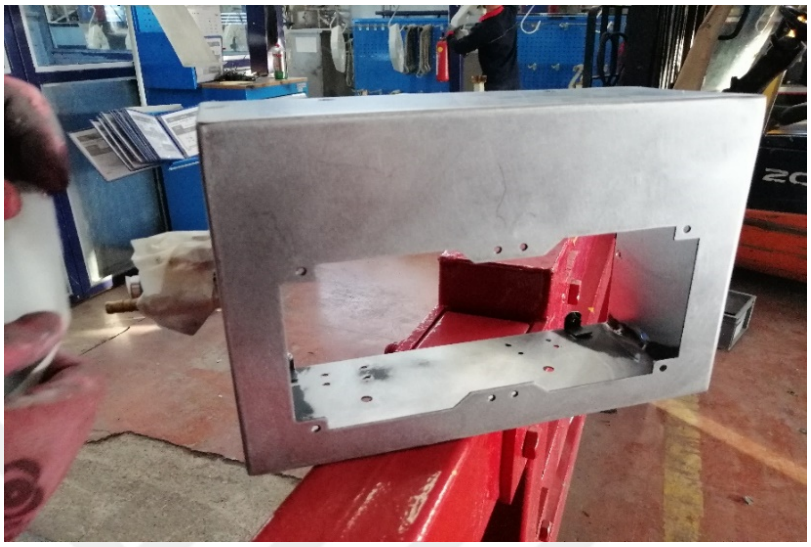
Solidworks üzerinde 3 boyutlu tasarımı yapılan sistemin parçaları tek tek temin edilmiştir. Bütün bu parçaların montajının yapılabilmesi için saç levha tasarımı yapılmıştır. Kalınlığı 2 mm olan saç levhanın ölçüleri 210 mm *120 mm olan köşeleri de Radius 4 mm olacak şekilde dikdörtgen saç levha tasarımı yapılmıştır.



Şekil 4.21: Portatif saç levha tasarımı

Belirlenen ölçüler doğrultusunda saç levha kaynaklı imalat atölyesinde üretimi yapılmıştır. Kesilen saç levha öncelikle kaynak işlemi yapılmıştır. Daha sonra zımparalanarak boyahane de fosfat kaplama yapılarak $RAL\ kodu$ 9016 olan beyaz boya

ile dış boyaması yapılmıştır. Boyama işlemi tamamlandıktan sonra fırına atılarak kuruması için $20\ dk.$ boyunda $200\ ^{\circ}C$'de fırında kurutulmuştur.



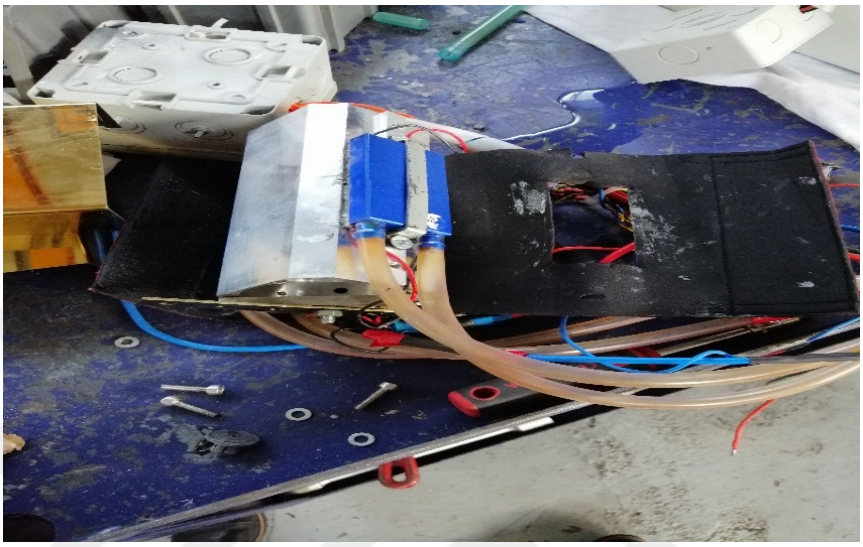
Şekil 4.22: Kaynaklı imalattan sonra saç levha



Şekil 4.23: RAL 9016 beyaz boyalı saç levha dış kabı

Sistemde TEC- 12706 , 96 $watt$ gücünde $40 * 40 * 4{,}7\ mm$ boyutlarında 6 adet peltier modeli kullanıldı. Silindir şeklindeki alüminyum blok üzerine her bir yüzey için toplam 3 adet TEC-12706 peltier kullanıldı. Bu sayede sistemin bir tarafı ısınırken diğer tarafı soğuyarak su şişesinin sıcaklığını istenilen değere kadar düşürmektedir. Peltier ile su soğutma bloğu arasına ısı transferinde kayıplar olmaması için termal macun kullanıldı.

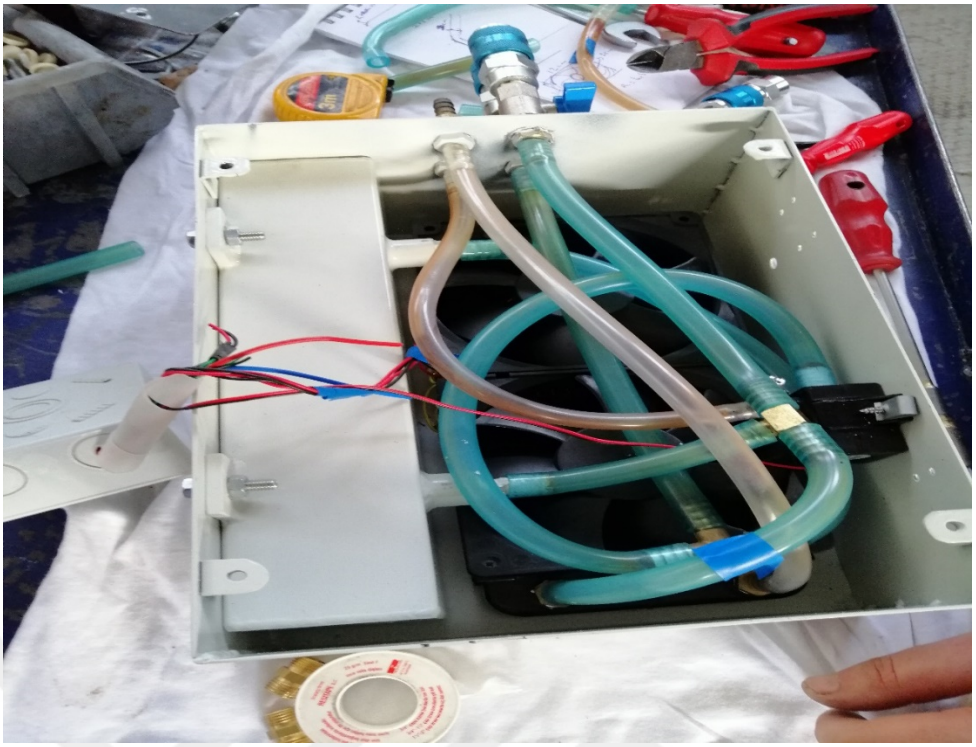
Standart koşullarda bir peltierin sıcak ve soğuk yüzü arası sıcaklık farkı $50 - 60\,^{\circ}C'dir$. Peltier ile yapılan soğutucu sistemlerinde çok düşük sıcaklıklara performansın ulaşması isteniyorsa, sistemin çok iyi bir şekilde soğutulması gerekmektedir. Farklı bir durum olduğunda peltier yanar ve bir daha kullanılmaz.



Şekil 4.24: Peltierlerin alüminyum blok üzerine montajı

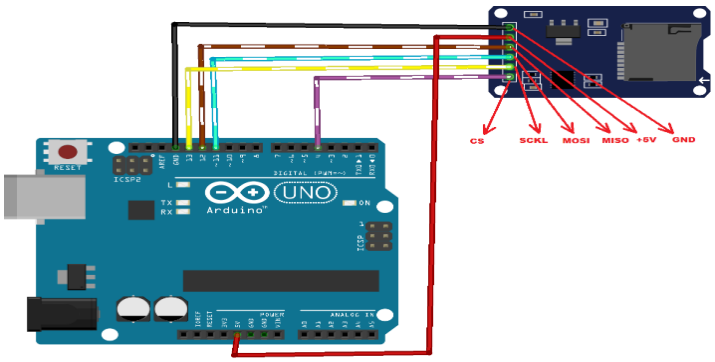
Aşağıdaki resimde görüldüğü üzere, sistemin iç kısmında 1 adet radyatör ve üzerine montajlanmış 2 adet bilgisayar fanı bulunmaktadır. Sistemin fazla elektrik enerjisi çekmemesi ve sessiz çalışması için bu fanlar kullanılmıştır. Sistemin dış kısmında bir adet sistemin havasını almak için vana bulunmaktadır. Ayrıca su dolum işleminin daha kolay yapılabilmesi için takıp – çıkartması kolay olması için dişi hızlı birleştirici (Quick coupling) kullanılmıştır.

Sistemin başka bir önemli parçası olan su pompasıdır. $12\,V, 240\,l/h$ debiyle çalışan su pompası projede suyun radyatör ile su tankı arasında devir daim yapması amacıyla kullanılmıştır. Su pompası, radyatör ve su tankı arasında suyun gezinmesinde ısıya dayanıklı hortumlar kullanılmıştır. Sistemin verimli çalışabilmesi ve herhangi bir su kaçağının olmaması için hortum kelepçelerle sistemin sıvı kaçakları önlenmiştir. Radyatörden çıkan hortumların diğer uçları su bloğuna montajlanmıştır. Bu sayede peltierin bir yüzeyi ısınırken diğer bölgeis soğumaktadır.



Şekil 4.25: Pompa ve su deposu bağlantı hortumları

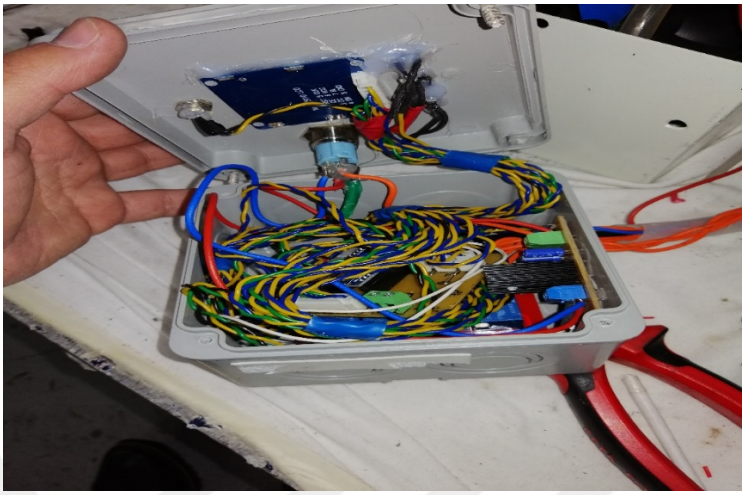
Projede arduino R3 kullanılmıştır. Arduino 8 bitlik Atmega328 işlemcili 14 adet dijital giriş ve çıkışların olduğu pinlerden oluşmaktadır. 6 adet PWM çıkışı olarak kullanılır. Ek olarak 6 adet analog giriş pinleri üzerinde mevcuttur. Arduino 16 Mhz kristal osilatör ve USB bağlantısından oluşmaktadır. Restart butonu sayesinde sistem sıfırlanmaktadır.



Şekil 4.26: Arduino SD kart bağlantı şeması

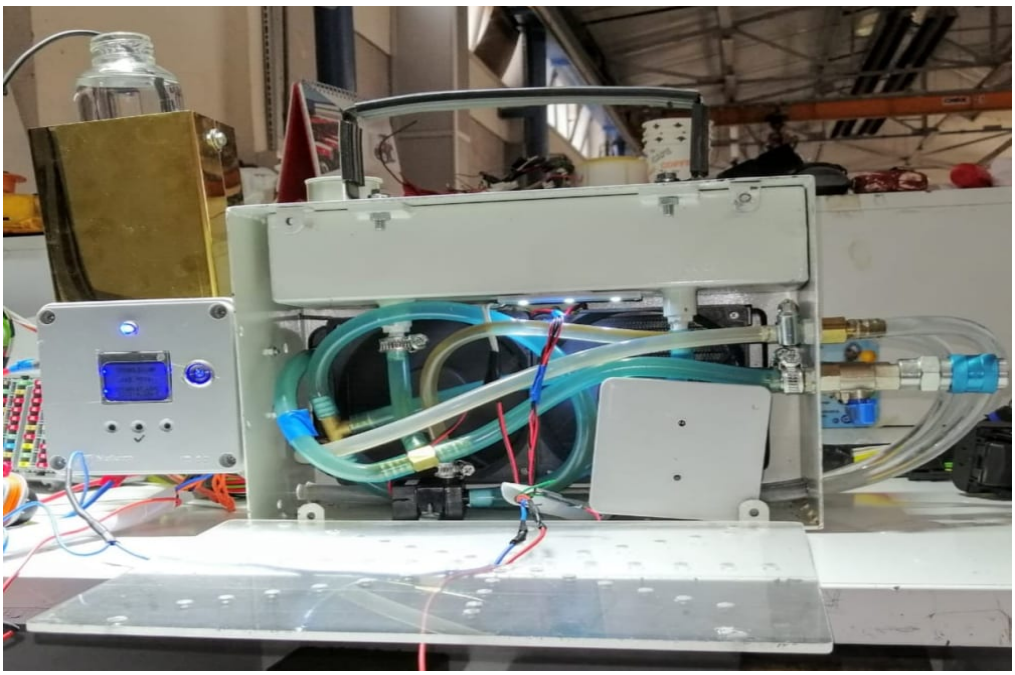
Sistemin istenilen sıcaklık seviyesine getirilebilmes ve bu belirtilen sıcaklığa ulaştığından devreden çıkabilmesi yazılım ile gerçekleşmektedir. Bu yazılımı C++ programlama dili kullanılarak arduino kartı ile yazılmış olup, bu sayede sistemin sıcaklık değişimi dijital

olarak incelenebilmektedir.Yazılım kodları için örnekler verilmiş olup, prototip cihazı için istenilen sıcaklık değerlerine göre bu yazılım girdileri değiştirilebilmektedir.



Şekil 4.27: Sistemde kullanılan arduino devresi

Montaj işlemin tamamlanıp sistemin çalışması kontrol edilmiştir. Elde edilen portatif su soğutma cihazı yapılan deneyler ve analizler ile test edilmiştir ve istenilen sonuçlar elde edilmiştir. Sistemin son halini traktör ve iş makinalarına monte ederek çakmaklıktan çekilecek 12V ile çalıştırılıp suyunuzu istediğiniz sıcaklığa getirebilirsiniz. Cihazın bitmiş prototip hali şekil 4.28'de gösterilmiştir.



Şekil 4.28: Hızlı bir su soğutucu prototip cihaz

4.4. Termal Analiz

Termal nedenlerden dolayı ısınan malzeme genleşir. Bu genleşmeden dolayı malzemede ısıl gerilmeler meydana gelir. Bu gerilme nedeniyle meydana gelebilecek hasarları engellemek için malzemeye termal analiz uygulanır. Termal analiz için ilk olarak malzemedeki sıcaklık dağılım hesaplanmalıdır. Malzemenin sıcaklık dağılımını bulabilmek için sisteme sınır şartları ve ısı geçiş katsayısı tanımlanır. Daha sonra bulunan sıcaklık dağılımı malzemeye yük olarak uygulanır.

Termal Analiz;

- Tasarımları üzerinde sıcaklığın etkisini görmek isteyen Otomotiv ve Makine Endüstrisi,
- Yüksek sıcaklıklarda çalışan roket ve silah sistemleri geliştiren Uzay, Havacılık ve Savunma Sanayisi Firmaları
- Yolcu konforunu ve sıcaklık etkilerini incelemek isteyen ısıtma ve soğutma Firmaları,
- Bilgisayar kasası, soğutucu ve elektronik sistem ve cihazlar üzerinde sıcaklığın etkisini incelemek isteyen firmaları,
- Bina içi havalandırma sistemleri yapan firmalar faydalanabilmektedir.

BÖLÜM 5. TEORİK VE DENEYSEL HESAPLAMALAR

5.1. Deneysel hesaplamalar

Bu çalışmada, termoelektrik modül ile çalışan bir su soğutma ünitesi tasarım ve üretimi yapılmıştır. Üretimde kullanılan ekipmanlar aşağıda verilen formüller vasıtasıyla hesaplanarak belirlenmiştir.

Su pompası;

Pompanın güç hesabı ; $\frac{Q*H*\rho}{367*n_h} * emniyet\ faktörü$ (5.1)

$Q:\ Debi\ \left(\frac{m^3}{h}\right)$

$H:\ Pompanın\ yüksekliği\ (\ mSS\ )$

$\rho:\ Akışkan\ yoğunluğu\ (\frac{kg}{m^3})$

n_h : $Hidrolik\ verimi$

$P:\ Pompanın\ gücü\ (\ kW\ )$

Ürün $boyutu$: $45mm * 24mm * 33mm$

$Voltaj$: $2.5 - 6\ (\ V\ )$

$Akım\ (\ MA\ )$: $130 - 220$

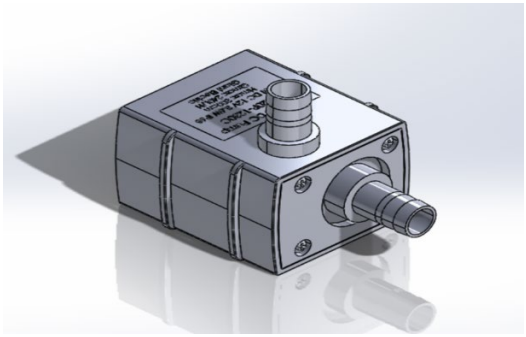
$Akış\ Hızı$: $22 - 33\ m^3/s$

$Debi = \ 30\ \left(\ \frac{m^3}{h}\ \right)$

$Pompanın\ yüksekliği:\ 12\ (\ mSS\ )$

Hidrolik verimi : % 75

$$P = \frac{30 * 12 * 1}{367 * 0{,}75} = 1{,}30kW$$



Şekil 5.1: Su pompası

Radyatör ısı kaybı hesabı;

$$Q = A * K * \Delta T \quad (5.2)$$

Q : *Isı kaybı miktarı* ($^{kcal}/_{h}$)

A : *Yüzey alanı* (m^2)

K : *Toplam ısı geçiş katsayısı* ($^{kcal}/_{m^2 hC}$)

ΔT : Sıcaklık farkı ℃

$$Alan : 2 * (a * b) = 2 * (210mm * 120mm) = 5{,}04\ m^2 \quad (5.3)$$

a : *Kısa kenar* (mm)

b : *Uzun kenar* (mm)

h : Yükseklik (mm)

$$Hacim\ (V) : a * b * h = 2{,}1\ m^2 * 1{,}2\ m * 2{,}4\ m = 6{,}04\ m^3 \quad (5.4)$$

Bölge ısı kaybı değeri : $30\ kcal/h$

Q : *ısı kaybı* (*joule*)

E : *Sistemin ısı kaybı* ($kcal/h$)

Sistemin ısı kaybı : $Q * V$ (5.5)

$$30\ \left(\frac{kcal}{h}\right) * 6{,}04\ (m^3) = 181{,}2\ kcal/h$$

Hesaplanan ısı kaybına göre tablo 5.1'den radyatör seçimi yapılmıştır.

Tablo 5.1: Döküm radyatör seçimi

Radyatör Tipi	144/350	144/500	144/350	221/350	221/500	160/800	160/350	160/500	160/900
Dilim $\boldsymbol{m^2}$	0.15	0.21	0.32	0.23	0.32	0.48	0.185	0.255	0.44
Kcal/dilim	73	103	154	106	148	223	85	110	180

Tablo 5.1 referans alınarak radyatör tipi 160/900 olup metrekare başına düşen dilim sayısı 0,44'dür.

Fan debi hesabı : (5.6)

$Q = V * A$

$Q : Debi\ {}^{m^3}/_{S}$

$V : Hız\ ({}^{m}/_{S})$

$A : Alan\ (m^2)$

$Hava\ akışı\ (V) :\ 37{,}07\ ({}^{m}/_{S})$

$A: 8cm * 8cm = 0{,}64\ m^2$

$Q = 37{,}07 * 0{,}64 = 23{,}72\ m^3/s$

Peltier teknik özellikleri ve hesabı;

TEC- 12706

$I_{max} = 6{,}6\ A$

$V_{max} = 14{,}4\ V$

$P_{max} = I * V = 95{,}04\ W$ (5.7)

$TEC - 12706 : Kullanılan\ peltier\ modeli$

$I_{max}(A) : Maksimum\ akım\ değeri$

$V_{max}\ (V) : Maksimum\ gerilim\ değeri$

P_{max} (Watt) : Peltier gücü

COP Hesabı;

$$COP = \frac{q}{W} = {}^{36}/_{95,04} = 0{,}378 \quad (5.8)$$

$q : Soğutma$ gücü (W)

$W : Elektrik$ tüketimi (W)

Düşük akımlarda Joule ısısı ve sıcaklık farkından dolayı meydana gelen ters Seebeck etkisi kayıplarının daha az olması sebebiyle maksimuma doğru yaklaşır. 6 adet peltierin kullanıldığı sistemin COP değeri 0,378'dir.

Peltier verim hesabı şekil 5.2'de gösterilmiştir.

Tablo 5.2: Peltier verim hesap değerleri

Zaman	Sıcaklık (◦ C)	Sıcaklık (F)	Volt	Akım
16:30	50	122	16,4	6,4
16:45	25	77	14,4	6,21

$500\ ml\ su\ =\ 1{,}102\ lbs$

$$P = V * I\ =\ 16{,}4\ V * 6{,}4\ A\ =\ 104{,}96\ W \quad (5.9)$$

$P : Giriş$ gücü $({}^{Joule}/_{sn})$

$V : Volt$ (V)

$I : Akım$ (A)

$$Giriş\ Enerjisi\ =\ 104{,}96(\frac{joule}{sn}) * 3600\ sn\ =\ 377856\ joule$$

$$Sıcaklık\ Değişimi : 122\ F - 77\ F\ =\ 45\ F$$

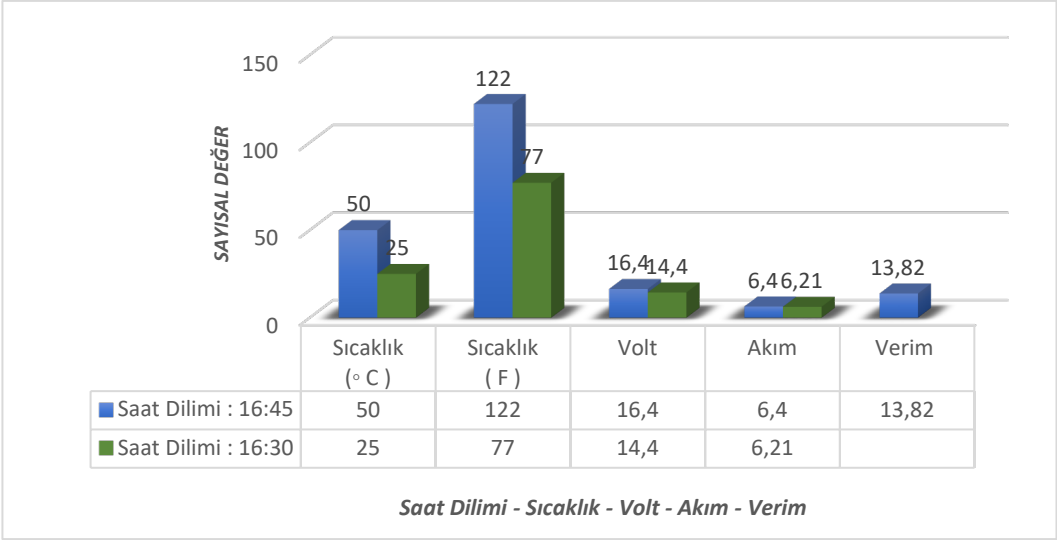
$$BTU\ değeri : 1{,}102\ lbs\ *\ 45\ F\ *\ 1BTU/lbF\ =$$
$$49{,}52\ BTU\ (\ İngiliz\ Sıcaklık\ Birimi\ )$$

$$Soğutmada\ kullanılan\ enerji : 49{,}52\ BTU\ *\ 1055\ joule\ /\ BTU\ =\ 52243{,}6\ Joule$$

$$Verim :\ (\ Soğutmada\ kullanılan\ enerji\ /\ Giriş\ Enerjisi\ ) * 100 \quad (5.10)$$

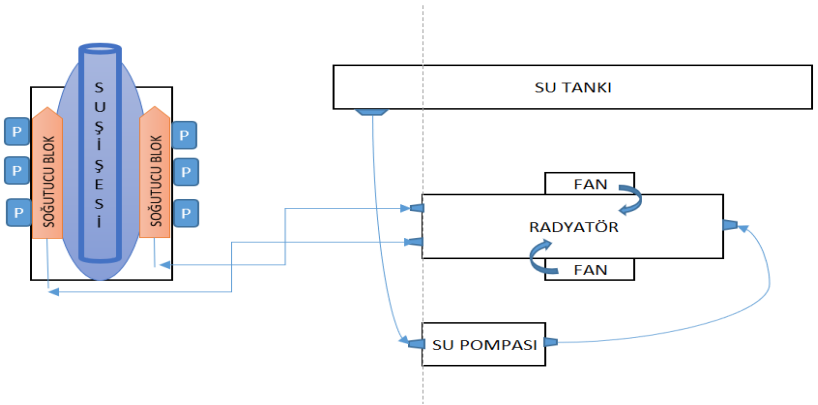
$$Verim : 52243{,}6\ joule\ /\ 377856\ =\ 0{,}1382\ =\ \%\ 13{,}82$$

Şekil 5.3'de görüldüğü üzere tasarlamış olduğumuz sistemde kullanılan peltier verimi $\%\ 13{,}82'dir$. Bu grafikte 15 dk'lık zaman dilimindeki sıcaklık, volt ve akım değerlerine göre farklılıklar gösterilmiştir.



Şekil 5.2: Peltier verim grafiği

Şekil 5.4'de sistem şemasında görüleceği üzerine sistemi besleyen 240 m^3 hacminde su tankı bulunmaktadır. 12 V enerji ile çalışan su pompası sayesinde sistemin su devirdaimi yapılır ve radyatörün giriş tarafına su pompalanır. Radyatörde 2 fan sayesinde soğuyan su 6 adet peltierin bulunduğu soğutucu blok üzerine gelir ve ilk önce alüminyum bloğun daha sonrada cam su şişesinin soğuma işlemi gerçekleşir.Isınan su tekrardan sistemde devirdaim olarak radyatöre girer ve fanlar sayesinde soğuma işlemi gerçekleşir.



Şekil 5.3: Sistemin şemasal gösterimi

5.2. Teorik hesaplamalar

Sistemin analiz kısmı solidworks'un termal analiz modülünden faydalınarak yapılmıştır.Analiz programında belirtilen sınır koşulları ve kullanılan teorik hesaplamalar

detaylı olarak anlatılmış olup, ısı transferi formüller ve mesh hücrelerine göre analiz detay kısımları bu bölümde gösterilmiştir.

Konveksiyon;

$$Q_{konveksiyon} = h * A * (T_s - T_f) \quad (5.11)$$

$Q: Konveksiyon\ ısı\ iletimi\ (W)$

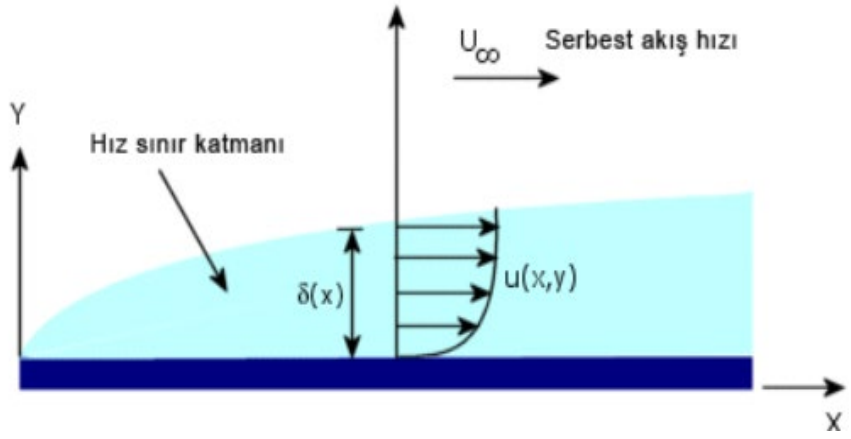
$T_f: Son\ sıcaklık\ (K)$

$T_s: ilk\ sıcaklık\ (K)$

$A: Yüzey\ alanı\ (m^2)$

$h: Konveksiyon\ ısı\ aktarım\ katsayısı\ \frac{W}{m^2 * K}$

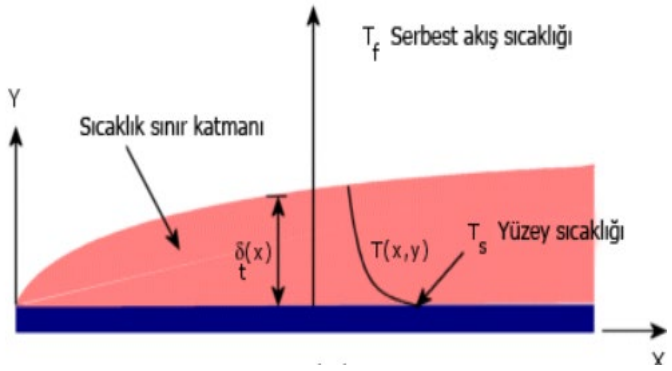
Şekil 5.5'de ısı akışının yönü gösterilmiş olup, hız sınır katmanının bölgesel gösterimi yapılmıştır.



Şekil 5.4: Isı akışının gösterimi

Burada u(x,y), x yönündeki hızdır. Serbest akış hızının %99'u olarak tanımlanan, sıvı katmanının dış kenarına kadar olan bölgeye, sıvı sınır katmanı kalınlığı $\delta(x)$ denir.

Şekil 5.6'da sınır katmanındaki gerçek ısı aktarımı mekanizmasının, y yönünde durağan sıvıdan duvara doğru kondüksiyon olduğu ve sınır katmanından sıvıya konveksiyon hızına eşit kabul edilir. Bu şu şekilde formülize edilir;



Şekil 5.5: İki sınır katmanının gösterimi

$$h\,A\,(T_s\,-\,T_f)\,=\,-\,k\,A\,(^{dT}/_{dy})s \tag{5.12}$$

Formülde gösterilen h'ın malzeme cinsine göre ısı aktarım katsayısı farklılık göstermektedir. Tablo 5.2 de gösterildiği şekilde seçilen malzemenin ısı aktarım katsayısı alınarak işlem yapılır.

Tablo 5.3: Malzemeye göre ısı aktarım katsayı değeri

Orta	Isı Aktarımı Katsayısı $\boldsymbol{h} * (\frac{W}{m^2 * K})$
Hava (doğal konveksiyon)	5-25
Hava / kızgın buhar (zorlamalı konveksiyon)	20-300
Yağ (zorlamalı konveksiyon)	60-1800
Su (zorlamalı konveksiyon)	300-6000
Su (kaynar)	3000-30.000
Buhar (yoğunlaşan)	6000-120.000

Prandtl sayısı;

$$P_r = \frac{v}{\alpha} = \frac{c_p * \mu}{k} \tag{5.13 }$$

v : $Kinematik\ viskozite\ (\frac{m^2}{s})$

α : $Isıl\ yayınma\ katsayısı\ (\frac{m^2}{s})$

c_p : $Özgül\ ısı\ \frac{Joule}{kg * K}$

μ : $Dinamik\ viskozite\ \left(\frac{Ns}{m^2}\right)$

k : $Isıl\ iletim\ katsayısı\ \frac{W}{m * K}$

Bir akışkanın kinematik viskozitesi ν, moleküler hareket nedeniyle momentumun akışkan boyunca hangi hızda yayılacağı hakkında bilgi verir. Termal yayılabilme yatkınlığı α, akışkan içinde ısı yayılımı bilgisini verir. Bu sebepten dolayı bu iki miktarın oranı akışkan içindeki momentum ve ısı yayılımının genliklerini ifade eder.

SI birim sisteminde beklenen değer, toplam direnç (K/W) veya birim başına dağıtılmış dirençtir $\frac{(K*m^2)}{W}$. İki parça arasındaki malzemenin ince katmanındaki sıcaklık düşüşü aşağıdaki temel formül ile hesaplanır;

$$\Delta T = q * [\frac{t}{k*A}]. \quad (5.14)$$

Birimler:

$\Delta T = Temas\ bölgesindeki\ sıcaklık\ d$üşüşü (K)

$q = Temas\ boyunca\ akan\ ısı\ g$ücü (W)

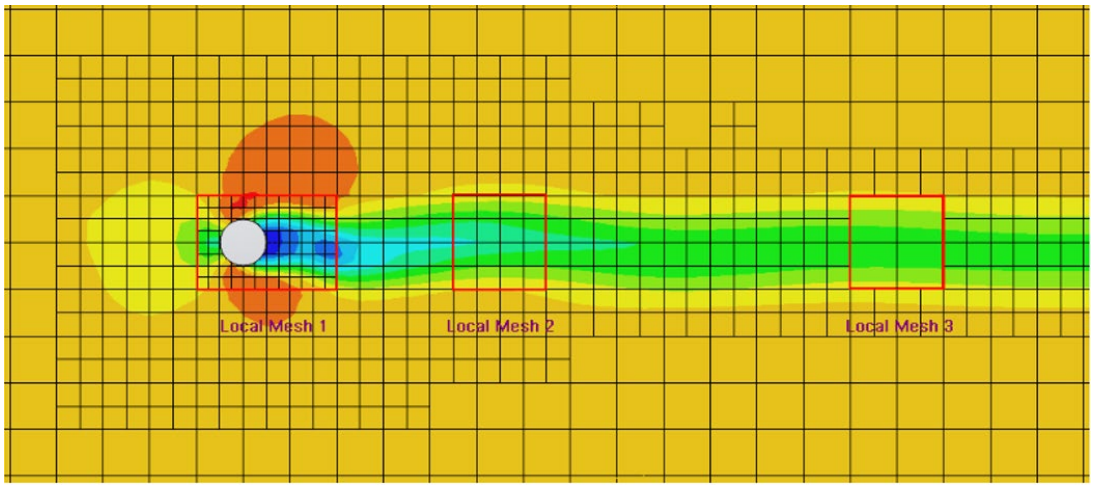
$t = Katmanın\ kalınlığı\ (m)$

$k = Katman\ malzemesinin\ termal\ iletkenliği\ (W/m*K)$

$A = Temasın\ yüzey\ alanı\ (m^2)$

Toplam termal direnç $t/k*A$ denklemiyle, dağıtılmış direnç ise t/k denklemiyle belirlenir.

Mesh Gösterimi,



Şekil 5.6: Mesh hücrelerine göre analiz detay gösterimi

Mesh ölçüleri 1 den 7 ye ayrılıyor. 7 en küçük mesh hücrelerinden oluşmuş olup 1 no'lu bölgede gösterildiği şekilde bulunduğu alanı detaylı olarak sonuçlandırmaktadır. Şekil 5.7'de görüldüğü üzere mesh 3 bölümden oluşmaktadır. En büyük ölçü 1 olup mavi ile gösterilmektedir ve 3. bölge mesh pozisyonunda şekil 5.7'de gösterildiği gibi olup yeşil renk olup analiz hızı yüksektir. Bu sayede analiz kısmında hızlı sonuç alınır. Bu analizde 2.2 milyon mesh atılmış olup I 7 seçilmiştir. Her bir kutucuk 0,00011mm olacak şekilde mesh atılmış ve soğutmanın en optimum olduğu sıcaklık değeri bulunmuştur.

$$I \leq I_{SAR} + 1 \tag{5.15}$$

$$I \leq I_{MAX} \ , \ I \leq I_{SAR} \ , I \leq I_{NarrowChannels} \tag{5.16}$$

$$I \leq 7 \tag{5.17}$$

I_{max} = Maksimum mesh hücresi

I_{SAR} = Maksimum bağıl mesh hücre seviyesi

$I_{NarrowChannels}$ = Dar kanallar

Isı transfer şekilleri; kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyondur. Enerji dengesi ve ısı transferi denklemleri aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$Q = \sum \dot{m}_{çhç} - \sum \dot{m}_{ghg}$$

$$Q_h = \dot{m}_{sıcakCp} (T_{h,g} - T_{h,ç})$$

$$Q_c = \dot{m}_{soğukCp} (T_{c,g} - T_{c,ç})$$

Q_h : $Sıcak\ akışkan\ için\ ısı\ transferi\ miktarı$

Q_c : $Soğuk\ akışkan\ için\ ısı\ transferi\ miktarı$

$\dot{m}\ sıcak$: $Sıcak\ akışkan\ kütlesel\ debisi$

$\dot{m}\ soğuk$: $Soğuk\ akışkan\ kütlesel\ debisi$

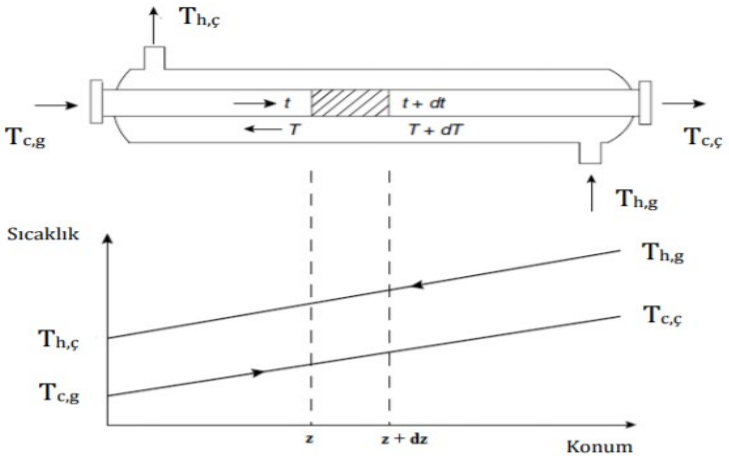
$T_{h,g}$: $Sıcak\ akışkan\ giriş\ sıcaklığı$

$T_{h,ç}$: $Sıcak\ akışkan\ çıkış\ sıcaklığı$

$T_{c,ç}$: $Soğuk\ akışkan\ çıkış\ sıcaklığı$

$T_{c,g}$: $Soğuk\ akışkan\ giriş\ sıcaklığı$

Şekil 5.9'da gösterildiği gibi ısı transferine bağlı olarak ısı değiştirici içerisinde sıcaklık farklılıkları oluşmaktadır ve aşağıdaki grafikte sıcaklık hareket yönleri gösterilmektedir.



Şekil 5.7: Isı transferine bağlı Isı değiştirici içerisinde ki sıcaklık değişim grafiği

Genel ısı transfer katsayısı U, bir dizi iletken ve konveksiyon bariyerinin ısı transferi için genel yeteneğinin ölçüsüdür. Yaygın olarak, ısı eşanjörlerinde ısı transferinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$q = U * A * \Delta T_{LM} \tag{5.18}$$

Burada;

q : $ısı\ transferi\ miktarı\ (W)$

U : $Toplam\ ısı\ transferi\ katsayısı\ (W/m^2 * K)$

A : $Toplam\ ısı\ transferi\ yüzey\ alanı\ (m^2)$

ΔT_{LM} : Ters akış için logaritmik sıcaklık farkını (K), göstermektedir.

Isı transferi katsayısı toplam değeri; iki farklı ortam arasındaki tüm dirençlerin yazılıp toplanarak tek bir direnç haline dönüştürüldüğü katsayıdır. Proseste kullanılmış olan sıcaklıklara, akış debilerine, ısı değiştirici sayısına, iç kısımdaki kanatçık sayısına ve akışkan özelliklerine göre toplam ısı transferi katsayısı değişebilir.

Isı değiştirici içerisindeki toplam ısı transfer katsayısı aşağıdaki formül ile gösterilir.

$$\frac{1}{U_{iç}A_{iç}} = \frac{1}{U_{dış}A_{dış}} = R = \frac{1}{h_{iç}A_{iç}} + \frac{R_{f,iç}}{A_{iç}} + \frac{R_{f,dış}}{A_0} + \frac{1}{h_{dıç}A_{dış}} \tag{5.19}$$

Burada;

$A_{iç}$: $Lamel\ iç\ yüzey\ alanı$ (m^2)

$A_{dış}$: $Lamel\ dış\ yüzey\ alanı$ (m^2)

$h_{iç}$: $İçteki\ akışkan\ için\ ısı\ taşınım\ katsayısını$ $(W/m^2 * K)$

$h_{dış}$: $Dıştaki\ akışkan\ için\ ısı\ taşınım\ katsayısını$ $(W/m^2 * K)$

k : $Isı\ değiştirici\ malzemesinin\ ısıl\ iletkenlik\ katsayısını$ $(W/m^2 * K)$

$R_{f,iç}$: İç $yüzeydeki\ kirlenme\ faktörünü$ $(m^2 * K/W)$

$R_{f,dış}$: $Dış\ yüzeydeki\ kirlenme\ faktörünü$ $(m^2 * K/W)$ $ile\ gösterilmektedir.$

Süreklilik denklemi;

Süreklilik denklemi, zamana bağımlı ve kütlenin korunumu ile,

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial \rho V_1}{\partial x_1} + \frac{\partial \rho V_2}{\partial x_2} + \frac{\partial \rho V_3}{\partial x_3} = 0 \text{ ile ifade edilir.} \quad (5.20)$$

Kontrol hacminin iç kısmındaki kütle artış oranı yüzeylerinden eşit olacak şekilde kabul eder ve sabit bir yoğunluk (sıkıştırılamaz akış) için aşağıdaki denkleme dönüştürmek mümkündür.

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0, i = 1,2,3 \quad (5.21)$$

olup; kartezyen koordinatlarda $i = x, y, z$ şeklindedir.

Momentum eşitliği (Navier – Stokes) ;

Bu denklemler; birim kütleye etki edecek akışkanın iç kısmındaki momentum değişimleri, basınç farklılıkları ve sürtünme kayıplarına sebep olacak viskoz kuvvetlerinin toplam değerine eşittir. Viskos kuvvetleri moleküller arası etkileşimlerin olduğu kısımlarda meydana gelmekte ve akışkanın akma noktasında ne kadar dirençli olduğu bu şekilde gösterilmektedir. Son olarak, Navier-Stokes denklemlerinin, akışkanın kuvvetler bölümündeki dinamik dengesidir.

Navier-Stokes denklemi;

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_i} + \frac{\partial U_i}{\partial x_i}\right) + g_i \quad (5.22)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Navier-Stokes formülleri makro boyutlu akış değerlerinde sınırlı kalmaktadır. Bilgisayar destekli CFD programlarında süreklilik, momentum ve eşitliklerin sentezinden oluşmaktadır.

Sabit yoğunluk ve viskozite için denklemi,

$$\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\partial_P}{\partial x_i}\right) = -\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\partial(\,p\mathrm{U}_i\mathrm{U}_j)}{\partial_{xj}}\right) \tag{5.23}$$

Bu eşitlik iterasyon yöntemi ile yapılan çözümlemeler için daha uygundur.

Enerji eşitliği,

Bir akış içerisinde enerji; kütle ve akış hızı nedeni ile kinetik enerjisi, ısı enerjisi ve kimyasal bağ enerjisi aşağıdaki şeklinde bulunabilir.

$$e = e_m + e_T + e_c + \varphi \tag{5.24}$$

şekilde gösterilmektedir.

Kinetik enerji,

$$e_m = \frac{1}{2}\partial(\,p\mathrm{U}_i\mathrm{U}_j) \tag{5.25}$$

Termal enerji,

$$e_T = \sum_n m_n \int_{T_{ref}}^{T} C_{p,n}dT \tag{5.26}$$

Kimyasal enerji,

$$e_c = \sum_n m_n\ e_n \tag{5.27}$$

Potansiyel enerji,

$$\varphi = g_i * x_i \tag{5.28}$$

ile ifade edilmektedir.

Yukarıda yer alan eşitliklerde m_n , C_p ve n sırasıyla, özgül ısı kapasitesini ve kütle debisini göstermektedir. Kinetik enerji denklemi,

$$\frac{\partial \mathrm{h}_m}{\partial t} = -U_j\frac{\partial \mathrm{h}_m}{\partial_{xj}} + P\ \frac{\partial \mathrm{i}}{\partial_{xi}} - \frac{\partial(\mathrm{PUi})}{\partial_{xi}} - \left(\frac{\partial}{\partial_{xi}}\right) \tag{5.29}$$

Aynı şekilde ısı denkliği aşağıdaki gibi türetilmektedir.

$\partial(\rho CpT)/\partial t = -Uj\ \partial(\rho CpT)/\partial xj + keff\ \partial\ 2T\ \partial xjxj - P\ \partial Uj\ /\ \partial xj + \tau ij\ \partial Uk\ /\ \partial x$ (5.30)

Türetilen ısı denkliğinin sol tarafı toplamı ifade ederken, sağ kısmın birinci bölümü konveksiyon ifadesi, ikinci bölüm kondüksiyon ve üçüncü bölüm yayılım ifadesini oluşturmaktadır.

Isı transferi katsayısını boyutsuz değeri Nu (Nusselt) sayısı ise aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$\text{Nu} = \frac{hD}{k} = \frac{Konveksiyon\ ile\ ısı\ transferi}{Kondüksiyon\ ile\ ısı\ transferi} \quad (5.31)$$

$$Nu = 0.023Re^{0,8}\ Pr^{0,4}$$

Dittus-Boiler tarafından türetilmiş bir Nusselt formülüdür. Bu bağlantı özellikle ortalama akışkan sıcaklığı ile ısı transfer yüzey alanı arasındaki sıcaklık farkının düşük olduğu durumlar için uygundur.

$$Re = \frac{v_s * d}{V} \quad (5.32)$$

Re: $Reynolds\ sayısı,$

v_s : Kinematik viskozite ($\frac{m^2}{s}$)

V: $Akışkanın\ ortalama\ hızı$ (m/s)

d : $Hidrolik\ çap\ (m)$'$tır.$

Prandtl sayısı ise, dinamik viskozite μ (Ns/m^2) ile ısıl kapasite cp (kJ/kgK)'nin çarpımın, ortalama değer ısıl iletkenliğine oranı olup ve aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$P_r = \frac{c_p * \mu}{k} \quad (5.33)$$

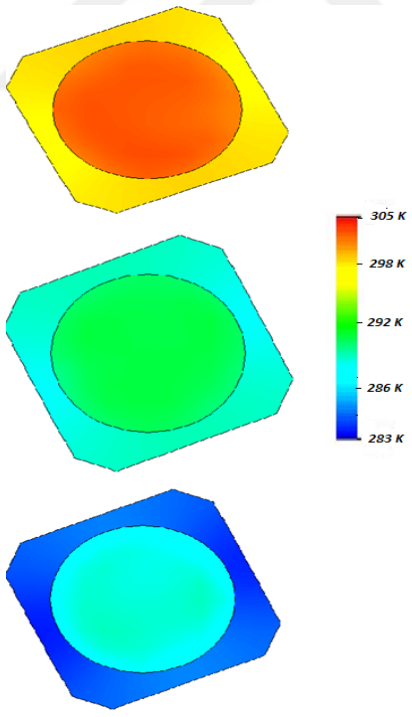
Reynolds denklemleri değişkenleri kararsız ve kararlı bölge olarak ayrıştırılır ve oluşan bu durumdaki hız ve basınç değeri,

$Ui =< Ui > + u_i$ '$dir.$ (5.34)

BÖLÜM 6. DENEYSEL VE TEORİK SONUÇLARI

Termoelektrik su soğutucu cihazının deneysel ve teorik sonuçları yorumlanarak analiz sonuçları aşağıdaki şekil ve grafiklerde detaylandırılmıştır. Deneysel sonuçlardan zamana bağlı elde edilen grafiklerin, teorik olarak cihazın soğutma performansına göre karşılaştırılması yapılmıştır.

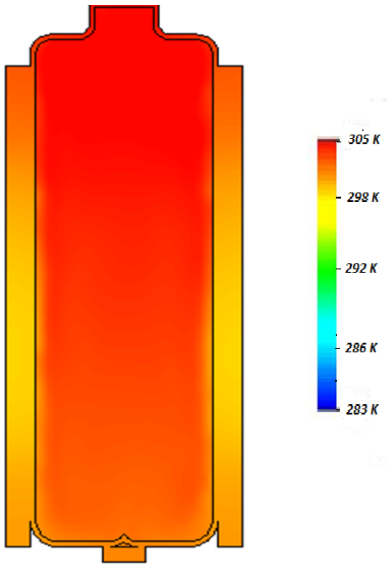
Şekil 6.1' de termoelektrik su soğutucu cihazın katı modelleme programı olan Solidworks programının içerisindeki akış simülasyon modülünde analiz edilirken yanlardaki 6 termoelektrik modülün 305 K sıcaklığında bulunan 0,5 litrelik cam su şişesi içerisindeki içme suyunun sıcaklığının 283 K değerine nasıl düşürüldüğü gözlemlenmektedir.



Şekil 6.1: Termoelektrik su soğutma ünitesi blok üst görünüşü

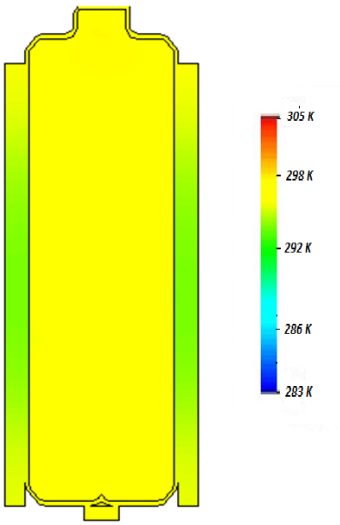
Şekil 6.2'de görüldüğü gibi analiz başlatıldığında termoelektrik su bloğunun yan kısımlarındaki (sağda 3 solda 3) termoelektrik modüllerin soğumaya başladığı

gözlemlenmektedir. Modüllerin üzerindeki sıcaklık şekilde görüleceği üzere yaklaşık 297,8 K olarak görülmektedir. Cam şişe içerisinde suyun sıcaklığı 303 K civarında olup köşelerden ısı kayıpları başlamıştır.



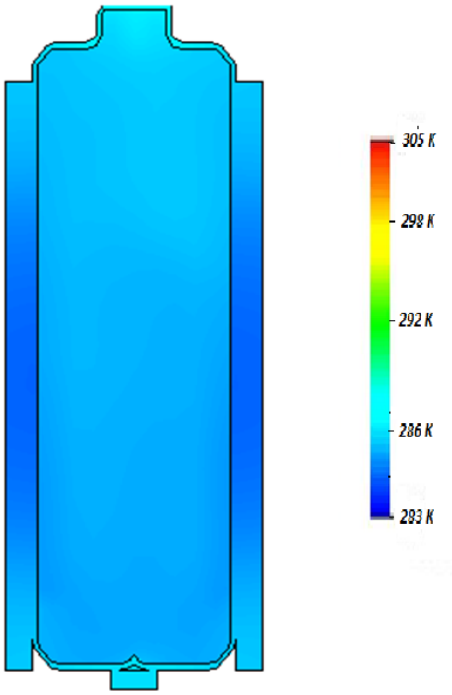
Şekil 6.2: Termoelektrik su soğutma ünitesinin sağ görünüşü

Şekil 6.3'de görüldüğü analiz ortalarında termoelektrik su bloğunun yan kısımlarındaki (sağda 3 solda 3) sıcaklık farklılıklarının 289,2 K – 292,6 K civarında olduğu böylelikle alüminyum bloğu soğutmaya başladığı ve alt tarafta su bloğunun düşmesini engellemek için konulan u şeklinde bent'in de soğumaya başladığını ve cam su şişesini soğuttuğu gözlemlenmektedir.



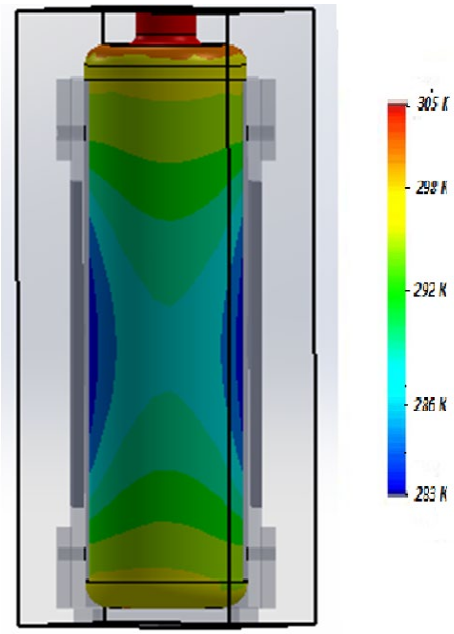
Şekil 6.3: Termoelektrik su soğutma ünitesinin sağ görünüşü

Şekil 6.4'de görüldüğü gibi analiz sonuçlandığında termoelektrik su bloğunun yan kısımlarındaki (sağda 3 solda 3) termoelektrik modüllerin alüminyum blok etrafını tamamen soğuttuğu ve 0,5 litrelik cam su şişesi içerisindeki suyun termal sıcaklık dağılımına bakıldığında 285,3 K civarına geldiği gözlemlenmektedir. Yapılan prototip cihazda 900 sn de sıcaklığın 287 K civarlarında olduğunu fakat yapılan termal analizde görüleceği üzere 900 sn sonunda 1,7 K lik bir fark olmakta ve su şişesinin aynı saniye değerinde daha fazla soğudu görülmüştür. Prototip cihazda kullanılan termoelektrik modüllerinde ısı kayıplarının olduğu gözlemlenmektedir.



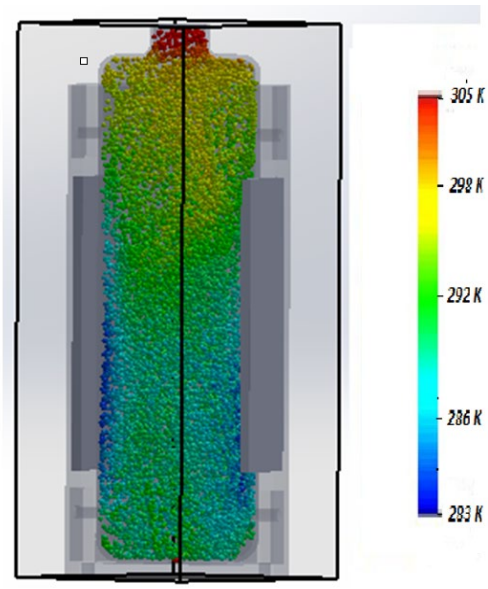
Şekil 6.4: Termoelektrik su soğutma ünitesinin sağ görünüşü

Şekil 6.5'da görüldüğü gibi analiz sonuçlandığında flow result surface kısmında iç hacimsel gösterilen sıcaklık görseli gösterilmektedir. Termoelektrik su bloğunun yan kısımlarındaki (sağda 3 solda 3) peltierlerin sıcaklıklarının 283 K olduğunu ve modüllerin alüminyum blok etrafını tamamen soğuttuğu gözlemlenmektedir. Termoelektrik modüllerin temas etmediği şişenin uç kısmında sıcaklık değeri yaklaşık 295,7 K civarıdır. Yapılan analizde dalgasal görsel alarak 0,5 litrelik şişenin içerisindeki suyun sıcaklık değerlerinin bölgesel olarak farklılık gösterdiğini gözlemledik.



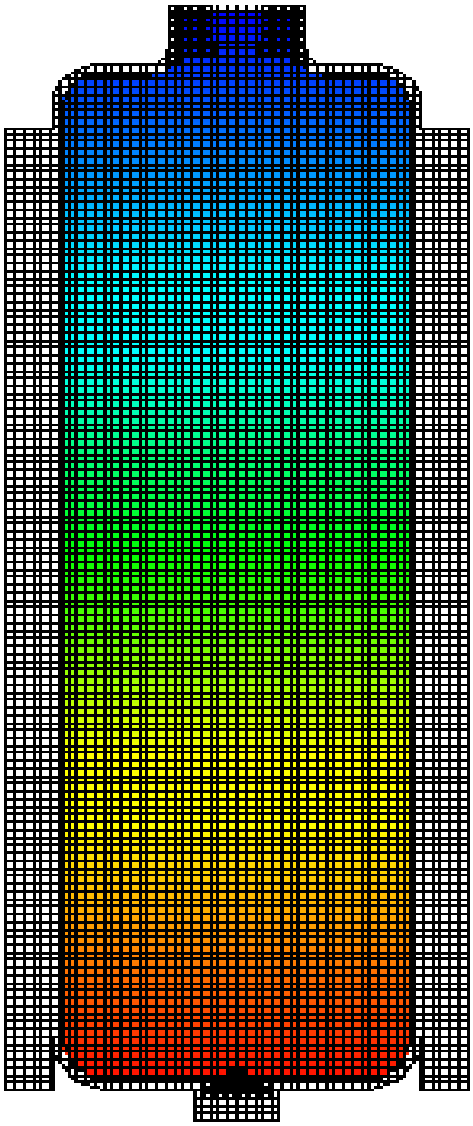
Şekil 6.5: Termoelektrik su soğutma ünitesinin surface görünüşü

Şekil 6.6'de görüldüğü gibi sıcaklığın su içerisinde hareket dağılımını ve moleküllerin birbiri ile yaptığı ısı alışverişini gözlemlemekteyiz. Analiz sonuçlandığında baloncuk modül kısmında iç hacimsel gösterilen sıcaklık görseli ve çam şişenin kenarlarında meydana gelen sıcaklık değerleri görülmektedir. Termoelektrik modüllerin alüminyum blok etrafını tamamen soğuttuğu ve 0,5 litrelik cam su şişesi içerisindeki suyun sıcaklık değeri 287,5 K civarına geldiği gözlemlenmektedir.



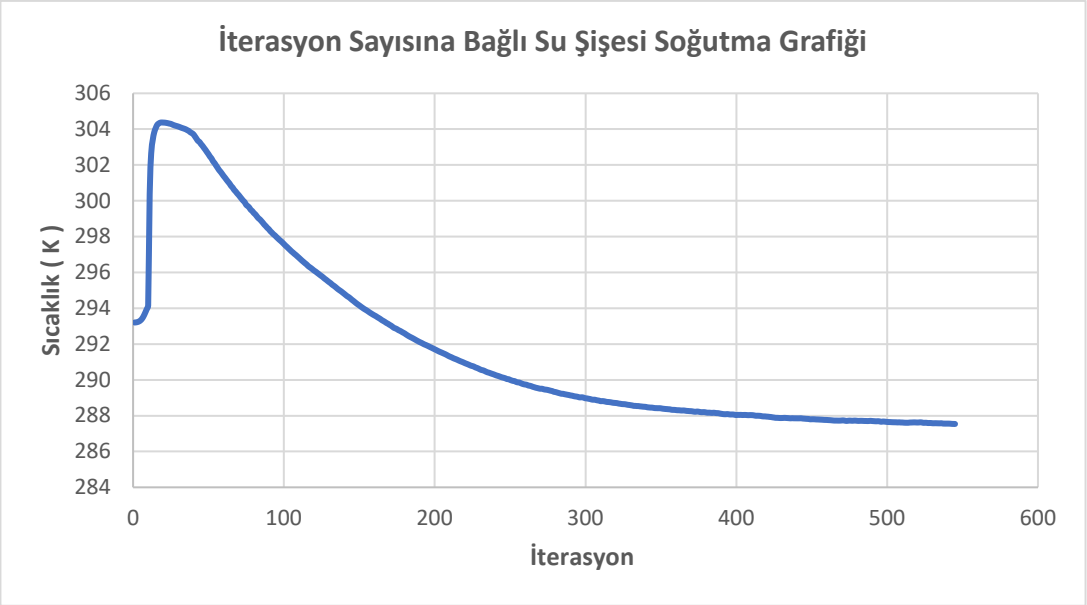
Şekil 6.6: Termoelektrik su soğutma ünitesinin baloncuk görünüşü

Bu çalışmada şekil 6.7 de görüleceği üzere su soğutma cihazının 2 216 389 milyon mesh parçasına bölündüğü ve analizin en optimum mesh sayısı olduğu analiz sonucunda gözlemlenmektedir. Analiz en optimum şartlarda yapılmış olup, iterasyon ve zamana bağlı karşılaştırması grafiklerle gösterilmektedir. Bu analizde malzeme olarak su ve hava seçilirken, metaryal seçimi alüminyum ve camdan oluşmaktadır.

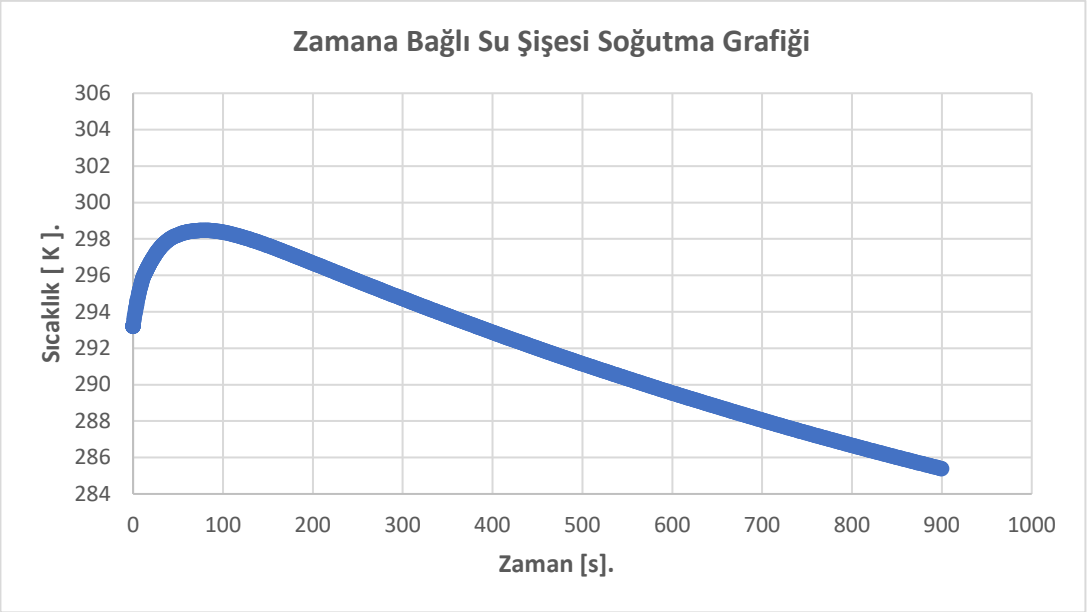


Şekil 6.7: Termoelektrik su soğutma ünitesinin meshlere ayrılmış görüntüsü

Şekil 6.8'de 0-100 iterasyon değerinde su şişesinin sıcaklık değerinin arttığı gösterilmiştir. Şekil 6.9'da 100 sn'den sonra sıcaklık değeri belirli kararlılıkla azalarak 700 sn 'de (288 K sıcaklık değerinde) salınım yaptığı gözlemlenmektedir. Su şişesinin sıcaklığı 900 sn sonunda 285,7 K civarında olduğu şekil 6.16 'da gözlemlenmektedir.

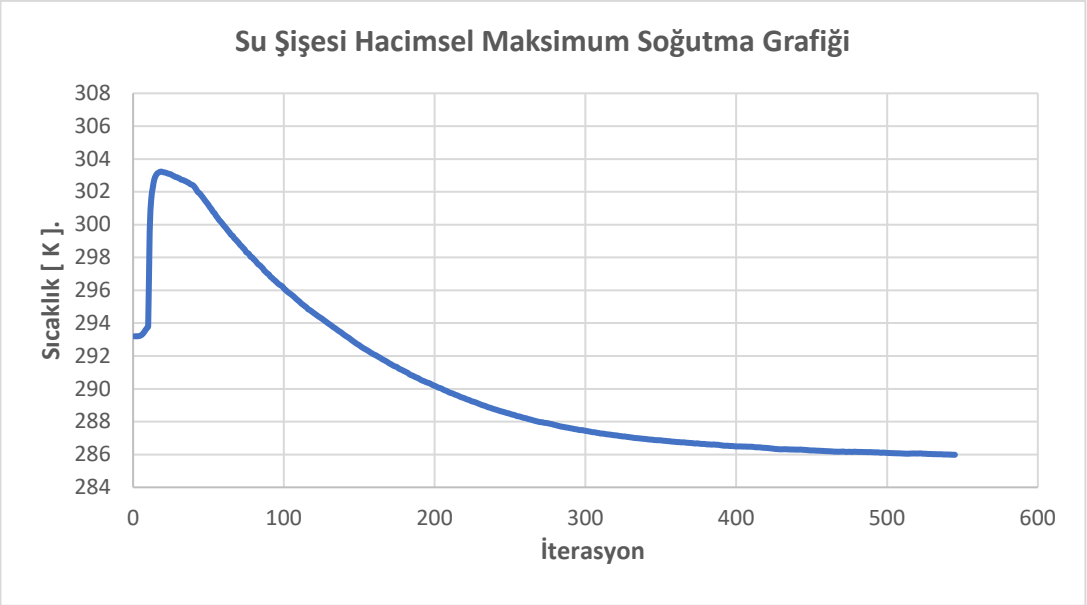


Şekil 6.8: Su şişesi soğutma grafiği (İterasyon)

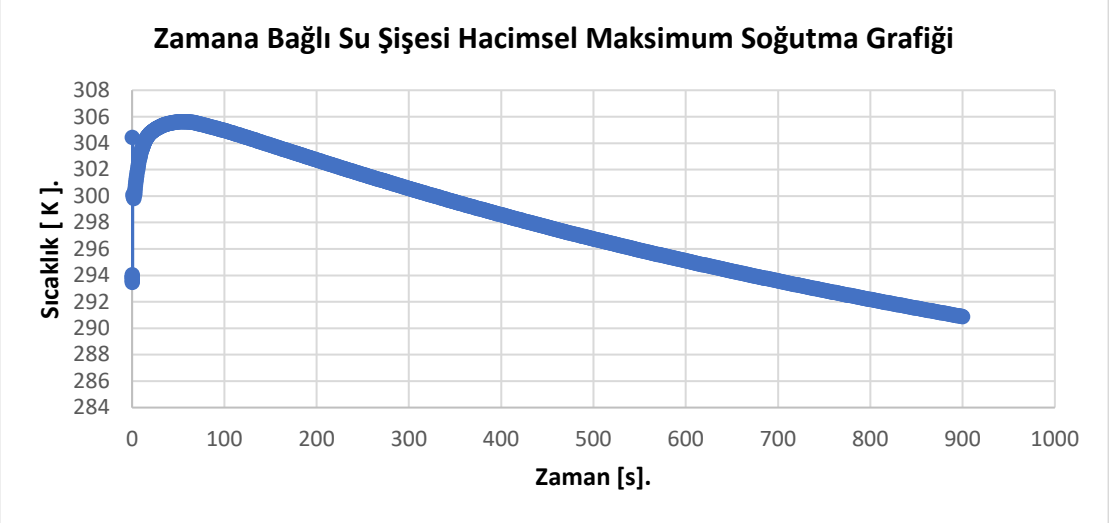


Şekil 6.9: Zamana bağlı Su şişesi soğutma grafiği

Şekil 6.10'da 180 iterasyon da ve 900 sn'de şişenin maksimum soğutma değeri olan 291,4 K değerine ulaşılmıştır. 500 – 600 iterasyon değerinde daha fazla soğuduğu görülüyorsada 900 sn referans alındığı için değerlendirilmemiştir. Şekil6.11'de 100 sn sonunda su şişesinin sıcaklık değeri 306 K olurken, termoelektrik modüller kullanılarak 900 sn'de şişenin maksimum soğutma değeri olan 291,4 K kadar soğuduğu gözlemlenmektedir.

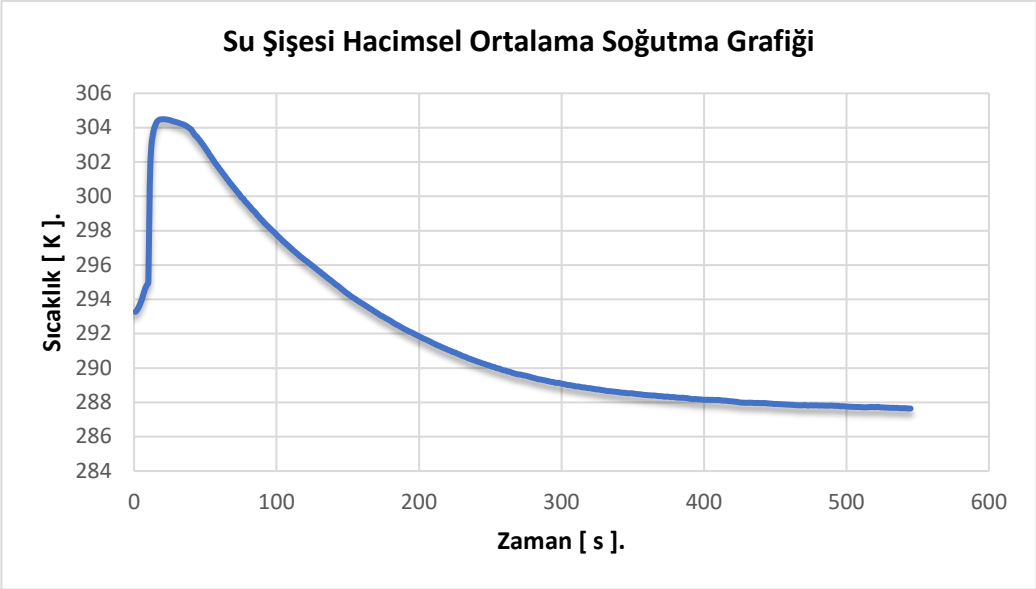


Şekil 6.10: Su şişesi hacimsel maksimum soğutma grafiği (İterasyon)

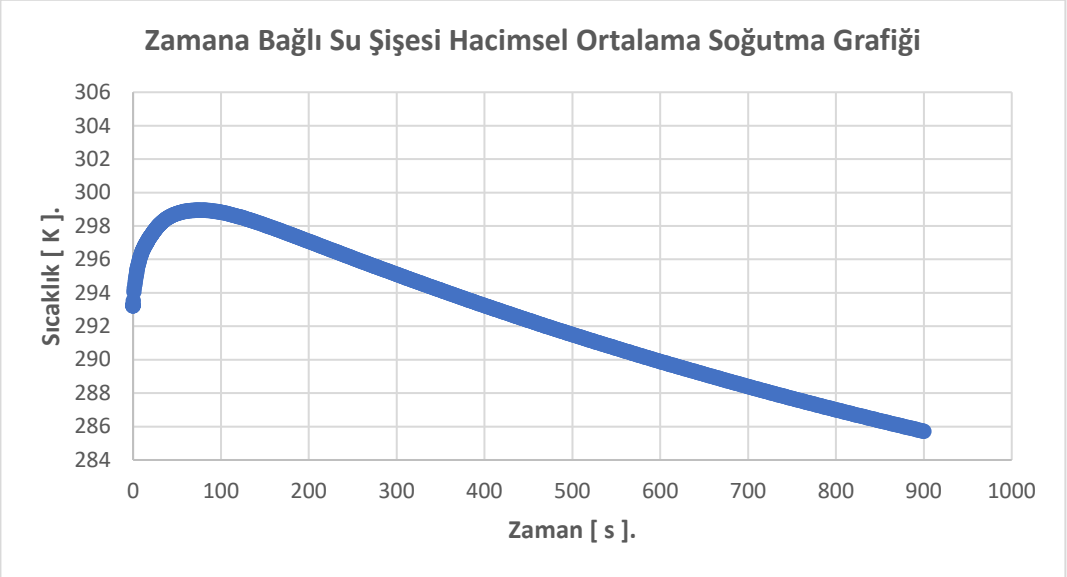


Şekil 6.11: Zamana bağlı su şişesi hacimsel maksimum soğutma grafiği

Şekil 6.12'de gösterildiği gibi iterasyon sayısına göre su şişesinin hacimsel olarak ortalama soğuma grafiğinin zamana bağlı gösterimi şekil 6.13'de gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde 750 sn'de ve 500 iterasyon değerinde şişenin ortalama sıcaklık değeri 288 K olduğu ve bu noktada grafiğin salınım yaptığı gözlemlenmektedir. 900 sn sonunda su şişesinin ortalama hissedilen sıcaklık değeri 286 K olmaktadır.

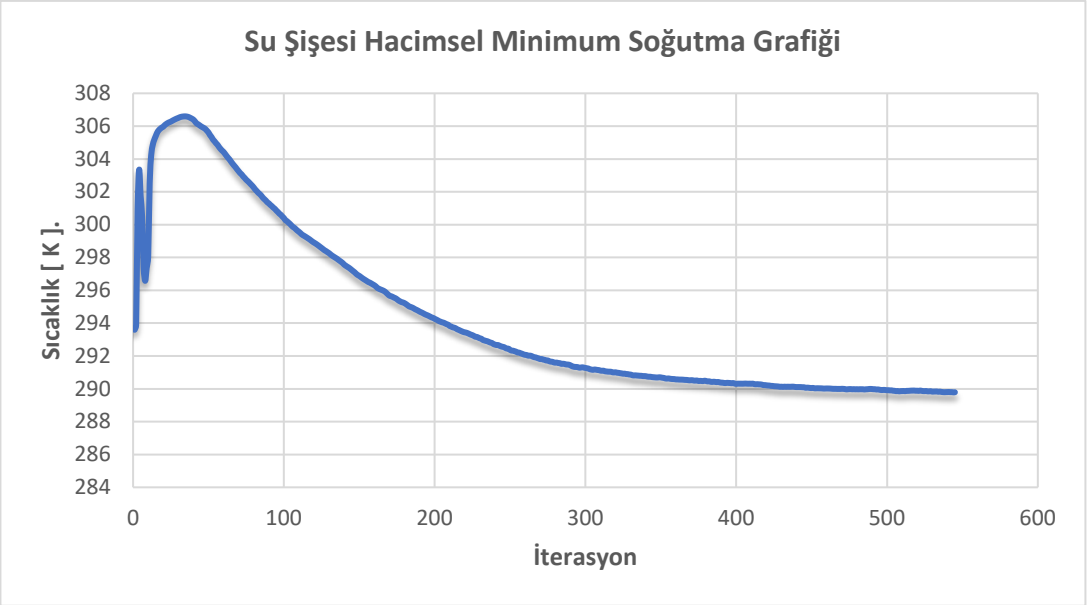


Şekil 6.12: Su şişesi hacimsel ortalama soğutma grafiği

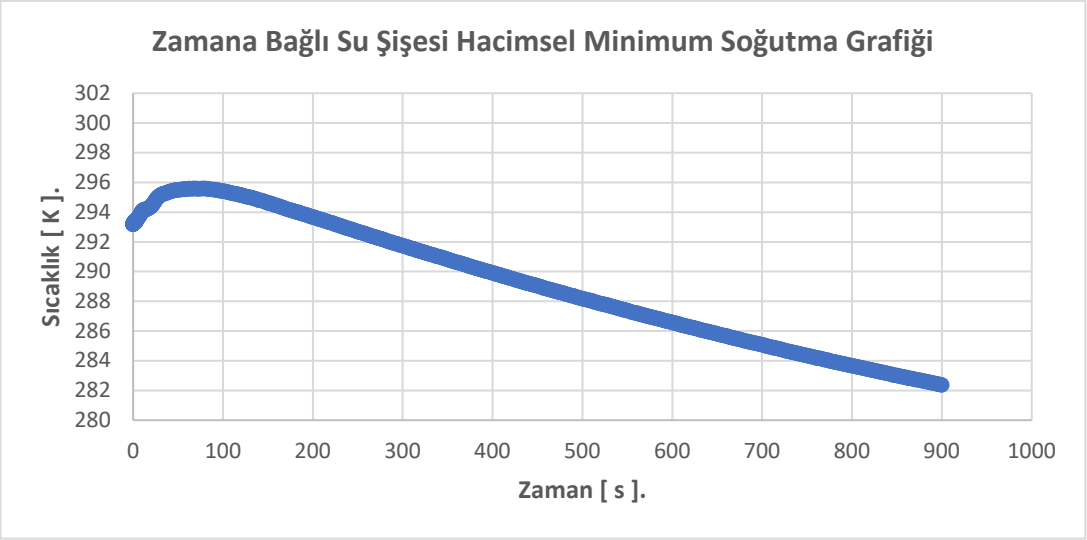


Şekil 6.13: Zamana bağlı su şişesi hacimsel ortalama soğutma grafiği

Şekil 6.15'de Su şişesinin hacimsel olarak zamana bağlı grafiği oluşturulmuş olup 900 sn sonunda minimum sıcaklık değeri 282,3 K olduğu gözlemlenmektedir. Bu sıcaklık değeri termoelektrik modüllerin temas ettiği sağ ve sol yüzeyler olduğu analiz grafiklerinde gözükmektedir. Şekil 6.14'de 0-20 iterasyon değerinde dalgalı bir sıcaklık oluştuğu 50 iterasyon değerinden sonra sıcaklık değerinde azalma gözlemlenmektedir. Şişe üzerinde 100 – 900 sn arasında doğrusal bir azalma görülürken iterasyon sayasında dalgalanmalara sebebiyet verirken 500 iterasyon değerinden sonra salınım yapmakta olduğu gözlemlenmektedir.

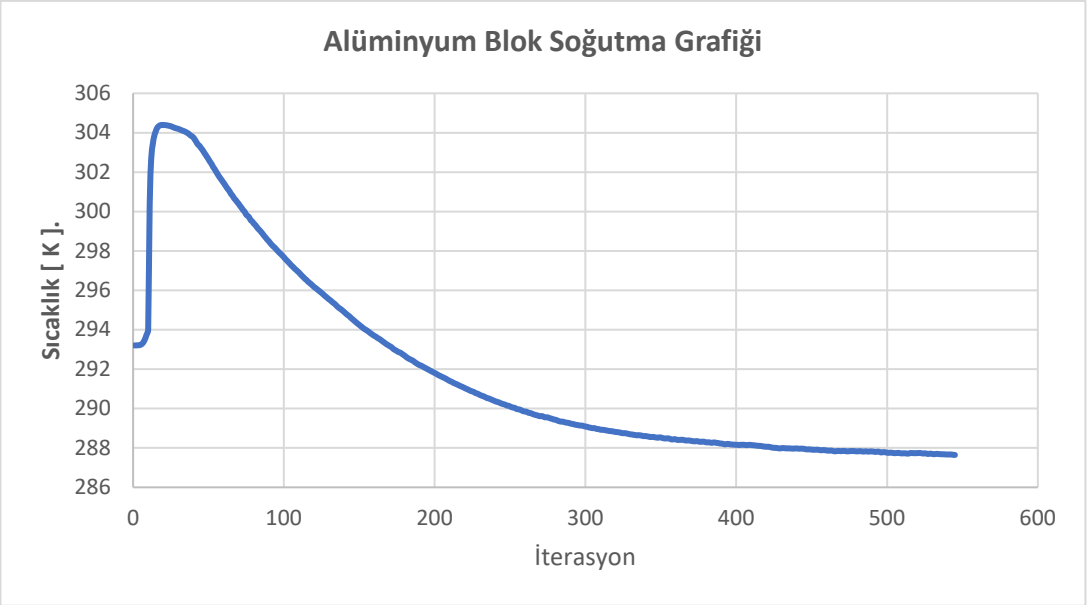


Şekil 6.14: Su şişesi hacimsel minimum soğutma grafiği

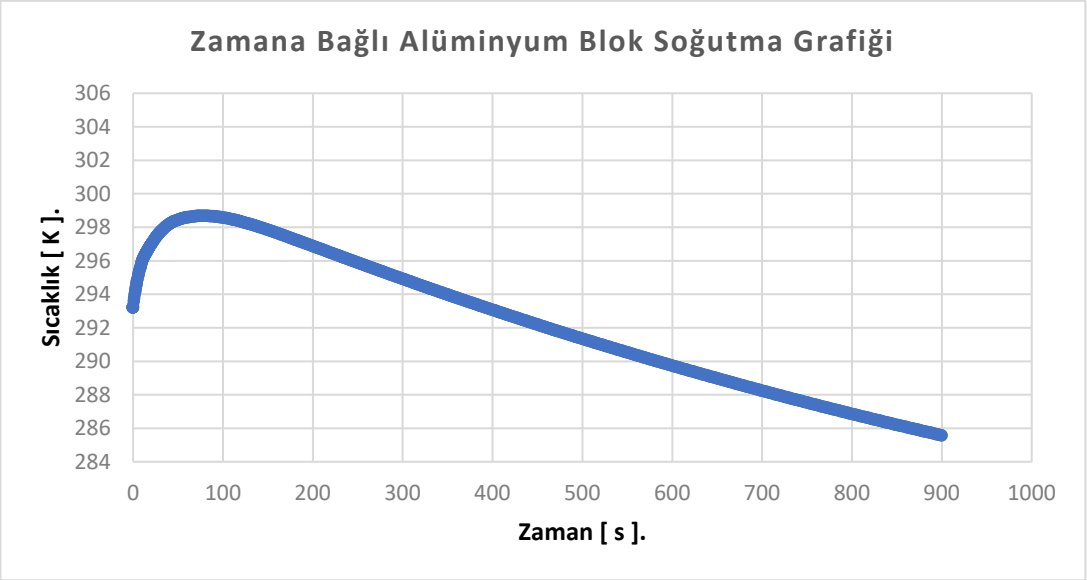


Şekil 6.15: Zamana bağlı Su şişesi hacimsel minimum soğutma grafiği

Şekil 6.17'de alüminyum blok zamana bağlı grafiği oluşturulmuş olup 900 sn sonunda minimum sıcaklık değeri 285,2 K olduğu gözlemlenmektedir. 0-80 sn arasından sıcaklık zamana bağlı artış göstermiş daha sonra gerçekleşen ısı transferi sonucunda sıcaklık azaldığı gözlemlenmektedir. Şekil 6,16'de 500 iterasyon değerinde sıcaklık değerinin 288 K olduğu ve buna bağlı olarak 700 sn sonunda ortalama sıcaklık değerine ulaşılmıştır.



Şekil 6.16: Alüminyum blok soğutma grafiği

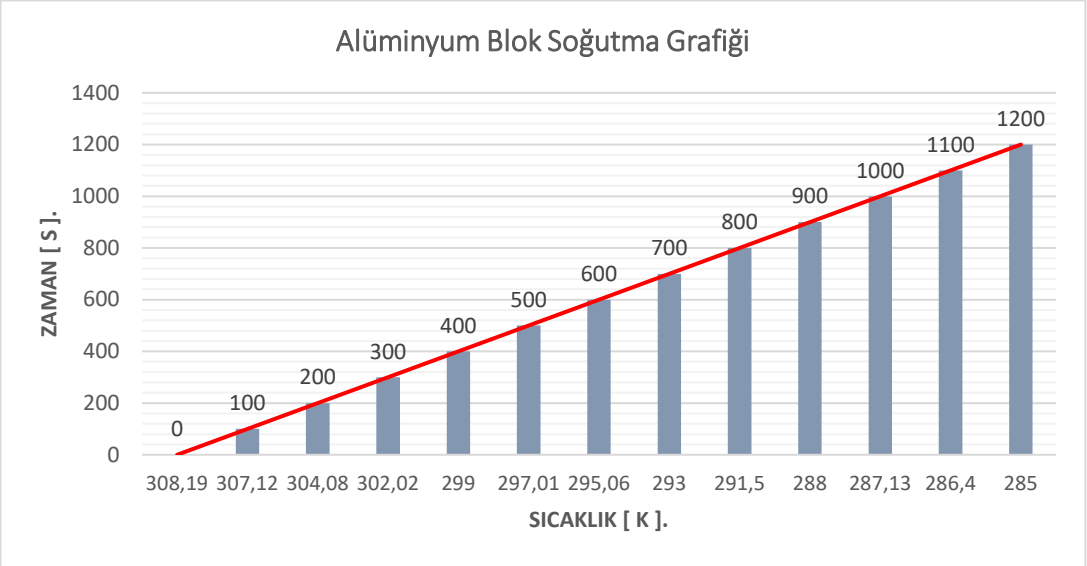


Şekil 6.17: Zamana bağlı Alüminyum blok soğutma grafiği

Prototip cihaz yapılan soğutma işlemlerinde yaklaşık 90 sn aralıklarla suyun sıcaklık ölçüleri alınarak tablo 5.1 oluşturulmuştur. Teorik olarak analizleri yapılan ve zamana bağlı soğutma grafikleri elde edilen sistemde, deneysel olarak da aşağıdaki tablo oluşturulmuş ve aradaki ısı kayıplarının ne kadar olduğu ortaya çıkmıştır. Tablo 5.1 de alüminyum blok sıcaklıkları saniyeye göre kelvin cinsinden hesaplanarak yorumlanmıştır.

Tablo 6.1: Cihaz sıcaklık - zaman tablosu

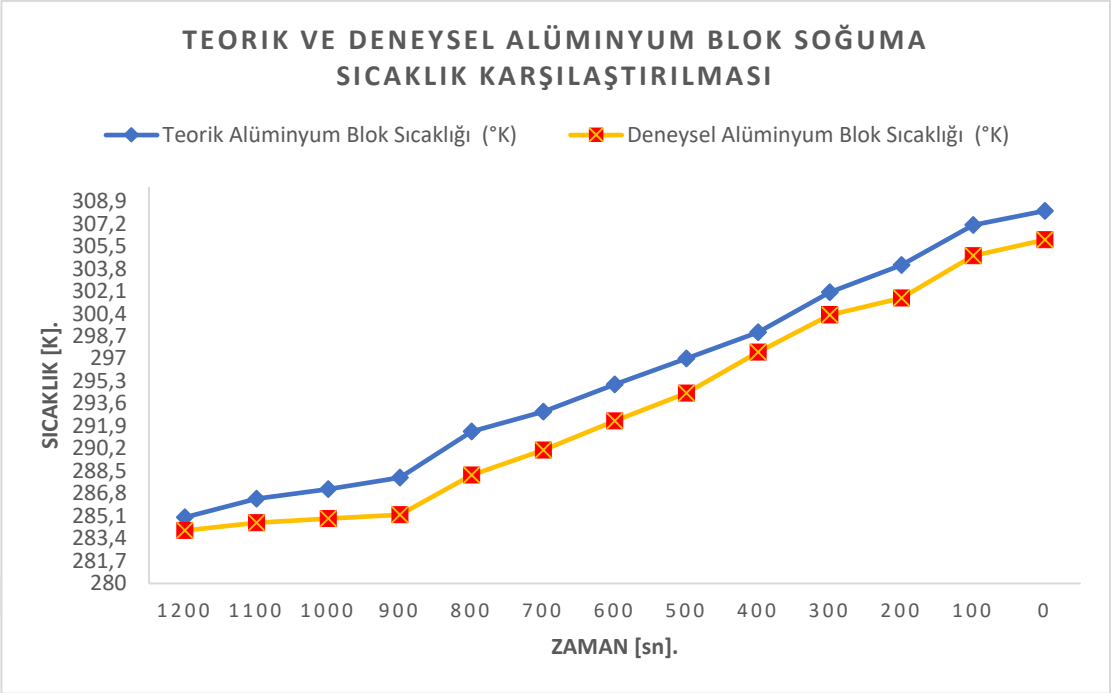
Soğutma Performansı Test Verileri	
Alüminyum Blok Sıcaklığı (°K)	Zaman (sn)
308,19	0
307,12	100
304,08	200
302,02	300
299	400
297,01	500
295,06	600
293	700
291,5	800
288	900
287,13	1000
286,4	1100
285	1200



Şekil 6.18: Zamana bağlı Prototip Alüminyum blok soğutma grafiği

Şekil 6.18'de görüleceği üzere prototip aşamasında yapmış olduğumuz testlerde belirli saniye aralıklarında sıcaklık ölçüm değerleri alınmış olup tablo ve grafikleri oluşturulmuştur. Şekil 6.19'da teorik ve deneysel veriler karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Şekil 6.19'da görüldüğü üzere teorik hesaplamalarda 900 sn sonunda sıcaklık değeri 285,2 K, deneysel olarak sıcaklık değeri 288K olduğu gözlemlenmektedir. Prototip cihazında termoelektrik modüller ile alüminyum blok arasında yaklaşık olarak 2,8 K sıcaklık değerinde ısı kayıplarının olduğu gözlemlenmektedir. Bu sonuçlara göre sistem kararlı bir şekilde çalışarak suyu soğutmaktadır.



Şekil 6.19: Zamana bağlı karşılaştırmalı teorik ve deneysel alüminyum blok sıcaklık grafiği

BÖLÜM 7. GENEL DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Termoelektrik cihazlar, güç üretimi ve soğutma sistemlerinde yaygın olarak kullanılır. Teknolojinin gelişmesi ve termoelektrik modüllerin kullanımın kolaylaşması sonucunda termoelektrik soğutuculara olan ilgi günden güne artarak devam etmektedir. Termoelektrik soğutucu modüllerin; uzay ve askeriye yapılan projelerde, hassas ölçüm gerektiren ölçü aletlerinde, tıp sektöründe, ticari ve endüstriyel cihazlarda kullanımı yaygınlaşmıştır. Termoelektrik soğutucu sistemleri çok fazla soğutulmak istenen cihazlar için uygun olmamaları, COP değerlerinin düşük olması ve maliyetlerinin yüksek olması modüllerin dezavantajlarını oluşturmaktadır. Termoelektrik soğutucu sistemlerinde kullanılan malzemelerin verim üzerine doğrudan katkısı olmaktadır. Bundan dolayı teknolojinin gelişmesiyle yarı iletken malzemelerde meydana gelen gelişmeler sayesinde maliyetler azalırken, verimleri artmaktadır.

Termoelektrik soğutucu modüller kullanılarak tasarımı yapılan prototip cihaz ile,traktör ve iş makinalarının zor çalışma şartlarında insan vücudu için gerekli olan suyun istenilen sıcaklıklarda içilmesi sağlanmaktadır.

Zamana bağlı olarak yapılan ölçümlerde, başlangıç sıcaklığı 308,1 K olan alüminyum bloğun 900 sn sonucunda sıcaklığının 288 K kadar soğutulduğu görülmüştür. Burada sistemin soğutma kararlılığı devam etmekte olup, 1200 sn sonunda 285 K sonuçları elde edilmiştir. Bu sürenin belirlenmesinde önemli etken TSE standartları tarafından belirlenen içme suyunun sıcaklık değerleridir.

TSE standartlarına göre insan vücudu için en uygun içme suyunun sıcaklık değerleri 14-16 °C değerleri arasındadır. Bu sayede içme su sıcaklığının kısa bir sürede soğutularak TSE standartları tarafından belirlenen değer aralığına getirilmesi sağlanmış ve sistem başarı bir şekilde çalışması sayesinde istenilen sonuçlar elde edilmiştir. Traktör ve iş

makinaları için tasarımı yapılan hızlı soğutucu sistemin piyasa şartlarında herhangi bir benzerinin olmaması, diğer sistemlere göre daha sessiz, sağlıklı, estetik, ergonomik, portatif ve taşıması kolay kullanım şartları sunmaktadır. İçme suyu sıcaklığının istenilen daha düşük sıcaklıklara düşürmek mümkündür. Aynı sistemde daha fazla zamana ihtiyaç duyulmaktadır ya da sistemin peltier sayısını arttırmak gerekmektedir. Fakat bu maliyetinin artmasına neden olduğundan dolayı istenilen sıcaklığa daha düşük maliyetler ile ulaşılmaktadır.

7.2. Öneriler

Teknolojik gelişmelerin günden güne artarak devam etmesi ileriki zamanlarda daha dayanıklı iç yapısına sahip peltierlerin üretileceğini umutlarını bizlere göstermektedir. Bu sayede projenin soğutma kısımları yeni bir arge çalışması sayesinde geliştirilerek sistemin veriminin daha da arttırılması sağlanabilecektir. Soğutma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanlar sayesinde daha hızlı soğutma yapılabilmekte ve çalışma süresi boyunca verimde kayıp oluşmadan soğutma yapabilmektedirler. Ne zaman peltier üreticileri tarafından dayanıklılığı yüksek, elektrik tüketimi az ve daha yüksek ΔT sıcaklık farklılıklarını bizlere sağlayana kadar soğutucu akışkanlarla yapılan soğutma sistemleri yaygın kullanımını kaybetmeyecektir. Ancak peltierler için istenilen bu özellikler sağlanırsa termoelektrik malzemeler tarafından herhangi bir soğutucu akışkan içermeyen içecek soğutucu sistemler daha da geliştirilecektir. Bundan dolayı soğutucu akışkanların çevreye verdikleri zarar göz önünde bulunduğunda peltier firmaları tarafından istenilen özellikleri sağlayacak modül üretim çalışmalar hız kazanmaktadır. Peltier sayısı arttırılarak soğutma yüzeyi arttırılır ve bu sayede birim zamanda şişe üzerinde daha fazla suyun soğuması gerçekleştirilir.

Cihazın boyutlarını minimize edip bütün ağır iş makinalarına ve otomobillere uygulanır hale getirilmesi durumunda sistemin maliyeti düşürülüp ergonomik açıdan bütün sürücüler ve yolcular tarafından kullanılabilecek seviyeye getirilebilecektir.

Sonuç olarak, yukarıda belirtildiği gibi yapılan bu sistemin daha da geliştirilmesi durumunda son derece sağlıklı, çevreye herhangi bir zararı olmayan, dolaşım sıvısı olarak bulunurluğu ve maliyeti düşük suyun kullanıldığı, uygun bir yatırım maliyeti olan portatif traktör ve iş makinaları için hızlı bir soğutucu meydana gelmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Yıldırmaz, G., Kalecik, O., 2007, Güç elemanlarında soğutma sistemlerinin incelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, 1-45. s.

[2] İnan, S. A., Kara, Ġ., Koyun, A., Peltier termoelektrik soğutucu kullanılarak katı cisimlerin ısı iletim katsayısının ölçülmesine yönelik cihaz tasarımı yapılması ve endüstriyel uygulaması, Süleyman Demirel Üniversitesi-Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi, 1-5. s.

[3] Yunus Çengel "Thermodynamıcs an engineering approach" Micheal A. Boles

[4] Karaman, A, "Ters osmoz sistemi ve içme suyunda kullanımı", Alarko Carrier Yayınları, İstanbul, 1-2 (2000).

[5] Saral, A. ve Avcıoğlu, A., (2012). Motorlar ve Traktörler, Düzeltilmiş 2.Basım, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.

[6] Özkol, N., Uygulamalı soğutma tekniği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara, (2010).

[7] Keçecioğlu, G. ve Gülsoylu, E.,(2005). Tarım Traktörleri, 2.Basım, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.

[8] SHAN J., WU G., TIAN X. (2010). Study on large time-delay constant temperature control system based on TEC, The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications.

[9] Ciylan B., Yılmaz S. (2007). Design of a thermoelectric module test system using a novel test method, International Journal of Thermal Sciences, 46, 717–725. (2. Paragraf).

[10] Simons R.E., Chu R.C. 2000. Application of thermoelectric cooling to electronic equipment: a review and analysis, Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium, 2000. Sixteenth Annual IEEE , vol., no., pp.1-9, 2000 doi: 10.1109/STHERM.2000.837055.

[11] Metzger, T. and Huebener, R.P. 1999. Modelling and cooling behavior of Peltier cascades. Cryogenics, 39, 235-239

[12] Huang, B.J., Duang, C.L. (2000). System dynamic model and temperature control of a thermoelectric cooler, International Journal of Refrigeration, 23, 197-207.

[13] Karimi G., Culham J.R., Kazerouni V. 2011. Performance analysis of multi-stage thermoelectric coolers, International Journal of Refrigeration, 34 (2011) 2129-2135

[14] Sofrata H. (1995). Heat Rejection Alternatives For Thermoelectric Refrigerators, Energy Convers. Mgmt, 37, 269-280.

[15] Usta, H. ve Kırmacı, V., "Termoelektrik etkiler ve soğutma etkinliğinin uygulanması", Teknoloji, 3 (4): 65-71 (2002).

[16] Aruğaslan, E., "Termal elektrik kaynaklı kablosuz yüksek sıcaklık duyum devresi", Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 8-19 (2008).

[17] Chung, M., Miskovsky, N.M., Cutler, P.H., Kumar, N. and Patel, V., "Theoretical analysis of a field emission enhanced semiconductor thermoelectric cooler", Solid-State Electronics, 47 (10): 1745-1751 (2003).

[18] Ahıska,R.. Fidan, U. Ve Dişlitaş, S., "Farklı sıcaklık kontrol sistemlerinin termoelektrik tıp kitinin performansına etkisi", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Ankara, 23 (2): 441-447 (2008).

[19] Yavuz. C. Ve Yılmaz, S., "Kondenzasyonlu kurutma fırınında termoelektrik modüllü nem alma ünitesi uygulamasının deneysel olarak incelenmesi" , 10th International Combustion Symposium, Sakarya, 191*197 (2008).

[20] Atik, K., "Termoelektrik soğutucu tasarımında termoekonomik optimizasyon", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, 1-3 (2009)

[21] Vian, J. G. & Astrain, D. (2008). Development of a Heat Exchanger for the Cold Side of a Thermoelectric Module. Applied Thermal Engineering, Vol.28, No.11-12, (August 2008), pp. 1514-1521, ISSN 1359-4311

[22] 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, Volume 54, Issues 23–24, November 2011, Pages 4875-4884, ISSN 0017-9310, 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2011.06.043.

[23] Yauz, C., Özkaymak, M. Ve Kaya, M., "Termoelektrik modüllü su soğutuusunda farklı hava debilerinin sistem performansına etkileri" New Wordl Sciences Academy, 5 (2) : 131-143 (2010)

[24] Aydoğan B., 2006, "Labview Görsel Grafik Programı İle Peltiyer Yarıiletkenlerine Enerji Verildiğinde Sıcaklık Performansının Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Sayfa 4

[25] Yalçınkaya, G., “Termoelektrik modül ile soğutma ve deneysel elektrik üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 34-44 (2008).

[26] Kotcioğlu, İ., Çalışkan, S. ve Manay, E., 2009, Farklı soğutucular kullanarak cpu’nun ısı boruları ile soğutulması, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 29 (2), 109-116.

[27] Yıldırmaz, G., ve Kalecik, O., “Güç elemanlarında soğutma sistemlerinin incelenmesi”, Ders Projesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, Ġstanbul, 1-45 (2007).

[28] Megep Eğitim Modülleri, “İşlemciler (MEB)”, Ankara, 31-36 (2007).

[29] Kim, K. S., Won, M. H., Kim, J. W. and Back, B. J., "Heat pipe cooling technology for desktop PC CPU", Applied Thermal Engineering 23: 1137–1144, (2003).

[30] Kraus, A. D. and Cohen, A., “Thermal analysis and control of the electronic equipment”, Mc Graw Hill, New York, 11-19 (1983).

[31] Demirel, H., “Sıçanlar için sıcaklık kontrollü hipotermiya sisteminin tasarımı ve gerçekleĢtirilmesi”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), Karabük, 276–281, (2009).

[32] Davis, M., Weymouth, R. and Clarke, P., "Thermoelectric CPU Cooling using High Efficiency Liquid Flow Heat Exchangers", Hydrocool Pty Ltd, Fremantle, Australia, 1-5 (2005).

[33] Rowe D. M. and Bhandari C. M., “Modern Thermoelectrics”, Holt, Rinehart and Winston , New York, 1-12 (1983).

[34] Megep – Elektriğin temel esasları – Ankara,2011

[35] Yacobi, B. G., “Semiconductor Materials: An Introduction to Basic Principles”, Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York, 2-4 (2003).

[36] Yıldırmaz, G., ve Kalecik, O., “Güç elemanlarında soğutma sistemlerinin incelenmesi”, Ders Projesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, Ġstanbul, 1-45 (2007).

[37] Yunus Çengel Micheal A. Boles “Mühedislik Yaklaşımıyla Termodinamik”

[38] Thermodynamics of a Peltier Cell - Sajjad Haidar

[39] Ciylan, B., “Termoelektrik modüller için mikrodenetleyici kontrollü yeni bir test sisteminin tasarımı ve gerçekleştirilmesi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 4-12 (2009).

[40] Derun, E. M., “Sb2Te3 Ve Bi2Te3 içerikli bileşiklerin termoelektrik, yapısal ve mikroyapısal özelliklerinin incelenmesi” Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ġstanbul, 18-32 (2005).

[41] Rowe, D. M., “Application of thermoelectric cooling”, CRC Handbook of Thermoelectrics, CRC Press Inc., Boca Raton, 617- 683, (1995).

[42] Bulut, H., “Termoelektrik soğutma sistemleri”, Soğutma Dünyası, Harran Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, ġanlıurfa, 9-16 (2005).

[43] Riffat, S. B. and Xiaoli, M., “Thermoelectrics: A review of present and potential applications” Applied Thermal Engineering, 23: 913-935 (2003).

[44] Godfrey, S., “An introduction to thermoelectric coolers”, Electronics Cooling, Trenton, 2-3 (1996).

[45] Huang, B. J., Chin C. J. and Duang, C. L., “A design method of thermoelectric cooler”, International Journal of Refrigeration, 23, 208-218 (2000).

[46] ErÇan, A. K., “Termoelektrik soğutucular (TEC)”,Gazi Üniversitesi Otomotiv Bilim ve Teknolojiler Topluluğu, Ankara, 50-57 (2002).

[47] Utanır İbrahim., “Catıa Ortamında Makina Elemanları İle Tasarımda Otomasyon”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (2017)

[48] Keçciler,A., 2007, Termoelektrik soğutucular ve uygulamalar, Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü ders notları.

EKLER

EK A: Kodlar

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include "abtoo.h"
// Relays
int r1 = 16; // GPIO16
int r2 = 5;  // GPIO5
int r3 = 4;  // GPIO4
// LCD
int rs = 0;  // GPIO0
int en = 2;  // GPIO2
int d4 = 14; // GPIO14
int d5 = 12; // GPIO12
int d6 = 13; // GPIO13
int d7 = 15; // GPIO15
// WiFi
char* ssid = "MYSSID";
char* password = "MYPASSWORD";
AbetooIno abtoino;
// Message received callback
void messageReceived(String message)
{
  if (message == "r1on")
  {
    digitalWrite(r1, LOW);
  }
```

```
  else if (message == "r1off")
  {
    digitalWrite(r1, HIGH);
  }
  else if (message == "r2on")
  {
    digitalWrite(r2, LOW);
  }
  else if (message == "r2off")
  {
    digitalWrite(r2, HIGH);
  }
  else // text message
  {
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(message+"                ");
  }
}
void setup() {
  // Initialize pins
  pinMode(rs, OUTPUT);
  pinMode(en, OUTPUT);
  pinMode(d4, OUTPUT);
  pinMode(d5, OUTPUT);
  pinMode(d6, OUTPUT);
  pinMode(d7, OUTPUT);
  // Initialize LCD
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Abetoo IoT");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Arduino Library");
```

```
  Serial.begin(9600);
  delay(10);
  // Initialize Relay's pins
  pinMode(r1, OUTPUT);
  pinMode(r2, OUTPUT);
  pinMode(r3, OUTPUT);
  digitalWrite(r1, HIGH);
  digitalWrite(r2, HIGH);
  digitalWrite(r3, HIGH);
  // WiFi network
  Serial.print();
  Serial.print();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.print(ssid);
  WiFi(password);
  while (WiFi.status()
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.print("");
  Serial.print("WiFi);
  abtoino.init("uuid1", "-TbVO-rqdA0iWg6-
gWh0eeQ636243460528994051#735acf9cd6eda96e66ee3858496dca59d750af
f1", 1, messageReceived);
```

ÖZGEÇMİŞ

Oğuz ARSLAN, [redacted]. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2009 yılında Ali Dilmen Anadolu Lisesinden mezun oldu. 2010 yılında başladığı Karabük Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü'nü 2015 yılında bitirdi. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2016 yılında Başak Traktör firmasında Satış Sonrası Hizmetler Mühendisi olarak başladı. Akabinde 2018 yılında Erkunt Traktör firmasında İhracat Bölge Satış yöneticisi olarak devam etti. Akabinde 2019 yılında Sanko Holding İhracat Bölge Satış Yönetici olarak çalıştı. 2020 yılından itibaren Anadolu Isuzu Otomotiv Sanayi A.Ş'de Üretim Mühendisi olarak çalışmaktadır.