

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DIŞ MEKAN YAŞAMINDA KULLANILACAK ISITMA, PIŞIRME
VE ENERJİ KAYNAĞI İLE CİHAZ TASARIMI, ÜRETİM
MALİYETİ VE PAZAR ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet İktbal GÜNER

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Makina Mühendisliği Bilim Dalı

HAZİRAN 2025

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DIŞ MEKAN YAŞAMINDA KULLANILACAK ISITMA, PIŞIRME
VE ENERJİ KAYNAĞI İLE CİHAZ TASARIMI, ÜRETİM
MALİYETİ VE PAZAR ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet İktbal GÜNER

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Makina Mühendisliği Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hakan Serhad SOYHAN

HAZİRAN 2025

Muhammet İktbal GÜNER tarafından hazırlanan “Dış Mekan Yaşamında Kullanılacak Isıtma, Pişirme ve Enerji Kaynağı ile Cihaz Tasarımı, Üretim Maliyeti ve Pazar Analizi ” adlı tez çalışması 18.06.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Makina Mühendisliği Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı : **Prof. Dr. H. Serhad SOYHAN** (Danışman)
Sakarya Üniversitesi

Jüri Üyesi : **Prof. Dr. Hüseyin ALTUNDAĞ**
Sakarya Üniversitesi

Jüri Üyesi : **Prof. Dr. Ali TÜRKCAN**
Kocaeli Üniversitesi



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “DIŞ MEKAN YAŞAMINDA KULLANILACAK ISITMA, PIŞIRME VE ENERJİ KAYNAĞI İLE CİHAZ TASARIMI, ÜRETİM MALİYETİ VE PAZAR ANALİZİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(18/06/2025)

Muhammet İkbâl GÜNER





Soykırıma uğrayan onurlu Gazze halkına ithafen...



TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans tez çalışmamın hazırlanma sürecinde manevi, akademik ve teknik anlamda yanımda olan tüm kıymetli insanlara içtenlikle teşekkür etmek isterim.

Her şeyden önce, bu zorlu süreçte sabırları, sevgileri ve destekleriyle bana güç veren sevgili eşime, hayatıma neşe ve anlam katan iki güzel kızıma ve biricik oğluma en derin şükranlarımı sunuyorum. Onların varlığı ve anlayışı, bu akademik yolculukta en büyük motivasyon kaynağım olmuştur.

Rahmetle andığım merhum annem Sultan GÜNER ve merhum babam Cemalettin GÜNER'e, hayatımın her aşamasında bana kazandırdıkları değerler ve duaları için sonsuz minnettarım. Onların yokluğunu her zaman yaşasam da bu başarıyı ruhlarının hissettiğine inanıyor ve onlara samimi dualarımı gönderiyorum. Bana bırakmış oldukları milli ve manevi değerlerin yolunu aydınlatması benim için paha biçilemezdi. Yine bu mirasın diğer paydası olan hepsi birbirinden kıymetli kardeşlerimin ve aile büyüğümüz Aslı GÜNER'in destekleri de her daim yanımda olmuştur, kendilerine sonsuz teşekkür ediyorum.

Hayatımda mihenk taşı olarak gördüğüm, korunmaya ihtiyaç duyduğum yaşlarda beni ve kardeşlerimi gözetip kollayan ikisi de birbirinden değerli dedem Harun ALBAYRAK ve büyükannem Elmas ALBAYRAK hanımefendiye üzerimde olan tüm emekleri için teşekkürlerimi sunuyorum, dualarımı ruhlarına gönderiyorum.

Tez sürecinde bilgi birikimi ve teknik desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen dayıoğlum Hakan ALBAYRAK'a ve birlikte nice teknik tartışmalar yürüttüğümüz yakınım Ömer ERDEM'e, teşekkür ederim. Yine değerli desteğini esirgemeyen kıymetli büyüklerim Gürhan BAHADIR abime ve Süleyman İNAN hocama bilgi paylaşımları, teşvikleri için teşekkür ederim. Yeri geldiğinde verdikleri moral desteği benim için çok kıymetliydi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü değerli çalışanlarına, verdikleri destek için ayrıca teşekkürlerimi iletiyorum.

Bu yüksek lisans serüvenimde bana yol gösteren, akademik birikimiyle beni her zaman yönlendiren ve değerli katkılarıyla tezimin olgunlaşmasında büyük rol oynayan çok kıymetli danışmanım Prof. Dr. Hakan Serhad SOYHAN hocama en içten teşekkürlerimi sunarım. Disiplinli yaklaşımı, anlayışı ve bilimsel rehberliği sayesinde bu çalışmayı başarıyla tamamlayabilmiş bulunuyorum.

Hayatımda yer alan ve bu başarıda katkısı bulunan herkese bir kez daha sonsuz teşekkür ederim.

Saygılarımla,

Muhammet İkbâl GÜNER



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SİMGELER	xv
TABLO LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Kapsamı	2
1.2. Tezin Amacı	3
1.3. Literatür Araştırması	3
2. ISITMA, PIŞIRME VE TERMOELEKTRİK SİSTEM BİRLİKTELİĞİ ...	17
2.1. Isıtma ve Pişirme Sistemleri Üzerine Genel Bir Bakış	17
3. TERMOELEKTRİK SİSTEMLER	21
3.1. Peltier Plakalar ve Çalışma Prensipleri	21
3.1.1. Temel prensipler	22
3.1.1.1. Peltier etkisi	22
3.1.1.2. Seebeck etkisi	23
3.1.1.3. Thomson etkisi	24
3.1.2. Yapısı ve malzemeleri	25
3.1.3. Avantajları ve dezavantajları	27
3.1.3.1. Avantajları	27
4. TEG (THERMOELECTRIC GENERATOR)	29
4.1. TEG (Thermoelectric Generator) Plakalar ve Çalışma Prensipleri	29
4.2. TEG İle TEC Arasındaki Temel Farklar	29
4.3. TEG Teknik Analiz	30
5. ISITMA, PIŞIRME VE ENERJİ ÜRETİMİ SAĞLAYAN CİHAZ ÜRETİMİ	33
5.1. Yanma Haznesi ve Pişirme Yüzeyi İmalatı	33
5.2. Peltier Plakalı Isı Emiş Haznesi Tasarımı	34
5.3. Peltier Plakalı Isı Emiş Haznesi Tasarım Değişim Çalışması	36
5.4. Peltier Plakalı Isı Emiş Haznesinin Pişirme Ünitesi ile Birleştirilmesi	41
5.5. Elektrik Devresinin Ekipmanları ve Montajı	45
6. ISITMA, PIŞIRME VE ENERJİ ÜRETİMİ SAĞLAYAN CİHAZ ÜRETİM MALİYET HESAPLAMASI	47
6.1. Pişirme Ünitesi Maliyet Hesaplaması	47
6.2. TEG Modülü Maliyet Hesaplaması	48
6.3. Elektrik Devresi Maliyet Hesaplaması	49
6.4. Tüm Cihaz Maliyet Hesaplaması	49

7. ISITMA, PIŞİRME VE ENERJİ ÜRETİMİ SAĞLAYAN CİHAZ NİHAİ ŞEKLİ İLE FARKLI YAKIT TÜRLERİNE GÖRE PERFORMANS TESTLERİ.....	51
8. ISITMA, PIŞİRME VE ENERJİ ÜRETİMİ SAĞLAYAN CİHAZ PİYASA VE RAKİP ARAŞTIRMASI, SATILABİLİRLİK ANALİZİ.....	57
9. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR.....	63
EKLER.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	71



KISALTMALAR

Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CFD	: Computational Fluid Dynamics (Hesaplama Akışkanlar Dinamiği)
CPU/GPU	: Central Processing Unit/Graphics Processing Unit
SP	: Seebeck Peltier
TEC	: Thermoelectric Cooler
TEG	: Thermoelectric Generator
TEJ	: Termoelektrik Jeneratör
TEM	: Thermoelectric Modules
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
ZT	: Seebeck katsayısının karesi



SİMGELER

°C	: Santigrat Derece
°F	: Fahrenheit Derece
A	: Amper [Birim]
Ah	: Amper-saat [Birim]
Al	: Alüminyum
Bi	: Bizmut
cm	: Santimetre [Birim]
CO₂	: Karbondioksit
dk	: Dakika
Fe	: Demir
Ge	: Germanyum
I	: Akım
kW	: Kilowatt [Birim]
m	: Metre [Birim]
mA	: Miliamper [Birim]
mAh	: Miliamper-saat [Birim]
mm	: Milimetre [Birim]
mV	: Milivolt[Birim]
mV/K	: Milivolt bölü Kelvin [Birim]
NO_x	: Azot Oksijen Bileşiği
Pb	: Kurşun
Q	: Isı Miktarı
S	: Seebeck Katsayısı
Si	: Silisyum
SO_x	: Kükürt Oksijen Bileşiği
Te	: Tellür
V	: Volt [Birim]
V/K	: Volt bölü Kelvin [Birim]
W	: Watt [Birim]
ΔT	: Sıcaklık Farkı

Π : Peltier katsayısı
 τ : Thomson katsayısı



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 5.1. SP1848-27145 Seebeck-Peltier modülüne ait teknik verileri	40
Tablo 5.2. SP1848-27145 Seebeck-Peltier modülüne ait sıcaklık farkına göre gerilim ve akım değerleri.....	41
Tablo 5.3. 3,7 V Lityum-iyon piller için şarj teknik verileri.....	45
Tablo 6.1. Pişirme ünitesi maliyet bilgileri tablosu.....	48
Tablo 6.2. TEG Modülü maliyet bilgileri tablosu.	48
Tablo 6.3. Elektrik devresi maliyet bilgileri tablosu.	49
Tablo 6.4. Pişirme, ısınma ve enerji üretimi sağlayan cihazımız maliyet bilgileri tablosu.	50
Tablo 7.1. Seri bağlı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için odun yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı verileri.	52
Tablo 7.2. Seri bağlı 3 adet SP1848-27145 Seebeck peltier içeren TEG modül için mangal kömürü yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı verileri.	53
Tablo 7.3. Seri bağlı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için çalı tipli küçük odun yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı verileri.	53
Tablo 7.4. Seri bağlı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için fındık kabuğu yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı verileri.	54



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Pişirme cihazı ve biyogazlı ocak (a), güneş enerjili soba (b).	19
Şekil 3.1. Peltier etkisi ile oluşan sıcaklık farkının şematik gösterimi	23
Şekil 3.2. Seebeck etkisi ile oluşan gerilim farkının şematik olarak gösterimi	23
Şekil 3.3. Thomson etkisinin şematik olarak gösterimi	24
Şekil 3.4. Peltier plaka dış görünümü	26
Şekil 3.5. Peltier plaka iç yapısı	26
Şekil 4.1. TEG modül iç (a) ve dış görünümü (b).	30
Şekil 4.2. Sıcaklık farkına göre TEG verimlilik grafiği	31
Şekil 5.1. Yanma haznesinin iki yönden görünümü.	33
Şekil 5.2. Pişirme ızgara genel görünümü.	34
Şekil 5.3. Peltier plaka ısı emiş haznesi görünümü.	35
Şekil 5.4. TEG modül peltier yerleşimi (a) ve bu yerleşim ile ulaşılan “V” değeri (b).	36
Şekil 5.5. Peltier plaka ısı alan kısma bakır plaka montajı (a), ısı haznesi ısı yalıtımı (b).	37
Şekil 5.6. Yenilenmiş peltier plaka ısı emiş haznesi görünümü.	38
Şekil 5.7. TEG Modül soğuyan yüzey ısı ölçümü ve “V” değeri ölçümü (a), TEG modül ısınan yüzey ısı ölçümü ve “V” değeri ölçümü.	39
Şekil 5.8. Seri bağlı 3 adet SP1848-27145 Seebeck peltier içeren TEG modül voltaj sıcaklık farkı grafiği	40
Şekil 5.9. Isı emiş haznesinin pişirme ünitesine montajlı yan görünümü (a), ısı emiş haznesinin pişirme ünitesine montajlı üst görünümü (b).	42
Şekil 5.10. Pişirme ünitesi ağaç yakıtlı test iç hazne °F sıcaklığı (a), TEG ünitesi ısı emiş haznesi ağaç yakıtlı test °F sıcaklığı (b), ağaç yakıtlı test sonucu elde edilen yüksüz voltaj değeri (c).	43
Şekil 5.11. TEG ünitemiz yüksüz ürettiği voltaj değeri ölçümü (a), TEG ünitemiz yük altında ürettiği voltaj değeri ölçümü (b).	44
Şekil 5.12. Elektrik devre şeması	46
Şekil 7.1. Cihaz nihai tasarım görünümü	51
Şekil 7.2. Seri bağlı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için odun yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı grafiği	52
Şekil 7.3. Seri bağlı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için mangal kömürü yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı grafiği.	53
Şekil 7.4. Seri bağlı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için çalı tipli küçük odun yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı grafiği.	54
Şekil 7.5. Seri bağlı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için fındık kabuğu yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı grafiği.	55
Şekil 8.1. Amerika menşeli BioLite firması 3’ü bir arda kamp sobası	58



DIŞ MEKAN YAŞAMINDA KULLANILACAK ISITMA, PİŞİRME VE ENERJİ KAYNAĞI İLE CİHAZ TASARIMI, ÜRETİM MALİYETİ VE PAZAR ANALİZİ

ÖZET

Günümüzde insanlar tarafından doğada açık alanda yaşamının yanı sıra afet dönemlerinde zorunlu dış mekân yaşamının gerektirdiği barınma, ısınma, pişirme ve enerji gibi temel ihtiyaçları karşılamak büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, söz konusu temel ihtiyaçlardan ısınma, pişirme ve elektrik enerjisini tek bir cihaz ile karşılayabilecek bütünleşik bir cihaz tasarlanarak örneklenmiştir. Bu türden çok işlevli bir cihaz hem verimliliği artırmakta hem de üretim ve kullanım maliyetlerini düşürebilmektedir.

Genel bir tasarım üzerinden imalatla kullanılacak malzeme tercihleri belirlenmiş, maliyet hesaplamalarında talaşlı imalat ve uygun kaynak yöntemleri göz önünde bulundurulmuştur. Diğer bileşenler en önemli kriter olan geçici yaşam alanlarında kullanılabilme, güvenlik kriterlerini karşılama ve çalışma süreleri dikkate alınarak imalat sürecine dahil edilmiştir. Ürünün belirli standartlara uygun dayanıklılık seviyelerine ulaşması hedeflenmiş ve bu doğrultuda maliyet analizleri yapılmıştır. Bu maliyet hesaplamasının üzerine örneklenip pazar araştırması yapılarak benzer rakip ürün fiyat araştırmaları ve satılabilirlik analizi yapılarak kullanışlı taşınabilir bir ürün tasarlanmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın diğer bir amacı gelecekte seri üretilmesi planlanan cihazımızın belirli bir model tasarımı üzerinden imalat maliyet hesaplamalarının yapılması ve çıkan maliyet ile pazar araştırması üzerinden satılabilirlik ve kullanılabilirlik kararının verilmesi için sayısal sonuçlara ulaşmaktır. Bu tasarımın güvenli kullanım sınır şartları altında kalmamak koşulu ile alternatif tasarım ve imalat tekniklerini de deneyerek en düşük maliyet ve en yüksek verimlilik sağlayacak malzemelerle nihai ürün haline getirilmesi sağlanmıştır. Maliyet analizlerinin yapılması sonucunda standart bir şekilde son kullanıcıya uygun bir ürün olarak örneklendirilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmada peltier plakaların ısı farklılıklarından elektrik üretme özelliğinin dış mekânlarda sıklıkla kullandığımız mangal ve soba benzeri bir ısıtma ve pişirme düzeneği ile birleştirerek dış ortamın serinliğini soğuma kaynağı ve tasarladığımız pişirme ünitesini de ısı kaynağı olarak kullanarak ısı farklılığını peltier plakalar aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürmek amaçlanmıştır. Böylece cihaz, aynı anda hem pişirme ve ısınma hem de düşük voltajlı elektrik üretimi ihtiyacını karşılamaktadır.

Tasarladığımız cihazın termoelektrik jeneratör verimliliğini ölçmek ve değerlendirmek için cihazımız farklı yakıt ve koşullar ile testlere tabi tutulmuştur. Bu testler ile cihazımızın elektrik üretimi ölçülmüştür. Testler genel olarak günlük yaşamda sıkça kullanılan odun, mangal kömürü, küçük odun parçaları ve fındık kabuğu gibi yaygın yakıt türleri ile yapılmıştır. Yapılan testlerin verileri setler halinde

tablolarla aktarılmıştır. Tablolardaki veriler kullanılarak test sonuçlarından grafikler elde edilmiştir.

Her yakıt türü için oluşturulan bu grafikler ile kullanıcının hangi yakıt türü ile daha verimli ısı ve elektrik enerjisi elde edebileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca yanma testleri sırasında süreler de dikkate alınarak kullanıcının makul sürelerde hem ısınma hem pişirme hem de elektrik enerjisi üretimi için yeterli sıcaklıklara ulaşılması test edilmiştir. Sadece sıcaklık ve süre değerleri değil kullanıcıların duman gibi maruz kalabilecekleri olumsuz durumların da kontrolleri yapılmıştır. Yanma esnasında oluşabilecek olumsuzluklar test edilerek, tasarımda gerekli düzeltmeler yapılmıştır.

Cihazın üretim aşamalarında farklı üretim teknikleri ve malzemeler denenerek maliyet analizlerinin yapılması ve ürünün maliyetinin düşürülmesini sağlamıştır. Diğer taraftan yanma testlerinde kullanılan genel yakıt türleriyle de cihazın hangi yakıt ile daha etkin bir elektrik üretimi sağladığı saptanmıştır. Nihai tasarıma bu yakıt türlerine göre şekil verilmiştir. Taşınabilirlik, kullanıcı güvenliği ve verimlilik gibi unsurlar esas alınarak açık alan koşullarında kullanılmaya uygun, işlevsel ve ekonomik bir ürün elde edilmiştir.

Cihazın ısınma, pişirme ve elektrik üretimi temel ihtiyaçlarını etkin bir şekilde açık alanda karşılaması amaçlanmıştır. Burada cihazın tasarımının afet dönemlerinde yada kampçılık hayatında açık alanda bu üç temel ihtiyacın kullanıcıya kolay ve etkin bir şekilde sağlanması için geliştirilmesi sağlanmıştır.

Üretilen Elektrik enerjisinin daha yüksek voltaj ve akım değerlerine ulaşabilmesi adına yapılan örneklem üzerinde değişik peltier plaka yerleştirme, fan konumlandırma, ısıl iletken plaka düzeneklerini deneyerek tasarım olarak da taşınabilir bir model tasarlanmıştır. Yapılan bu ürünün sahada açık alan yaşam koşullarında kullanılabilir, verimli bir ürün olması hedeflenmiştir.

Bu çalışma; afet bölgelerinde, kampçılık faaliyetlerinde ya da geçici açık alan yaşamının zorunlu hâle geldiği durumlarda kullanıcıların ısınma, pişirme ve düşük voltajlı elektrik üretimi gibi üç temel ihtiyacını aynı anda ve taşınabilir bir cihaz aracılığıyla karşılayabilmesine imkân tanıyan bütüncül ve yenilikçi bir çözüm sunmaktadır.

Tasarlanan cihaz, saha testleriyle desteklenen performans verileri ve ayrıntılı maliyet analizleri doğrultusunda değerlendirilmiş; elde edilen bulgular, ürünün seri üretime uygun olduğunu ve hedef pazarda benzer ürünlere kıyasla daha yüksek rekabet potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir.

Ayrıca, cihazın modüler yapısı, farklı yakıt türleri ile uyumluluğu ve enerji verimliliği açısından optimize edilmiş tasarımı, onu sürdürülebilir enerji çözümleri alanında örnek teşkil eden bir model hâline getirmektedir. Bu yönüyle çalışma hem bireysel kullanıcılar hem de afet yönetimi ve insani yardım kuruluşları için pratik, ekonomik ve çevre dostu bir alternatif sunarak literatüre ve sektöre önemli bir katkı sağlamayı hedeflemektedir.

DEVICE DESIGN, PRODUCTION COST AND MARKET ANALYSIS WITH HEATING, COOKING AND ENERGY SOURCE TO BE USED IN OUTDOOR LIFE

SUMMARY

Today, in addition to living in an open space in nature by people, it is of great importance to meet the basic needs such as housing, heating, cooking and energy required by compulsory outdoor life during disaster periods. In this study, it was exemplified by designing an integrated device that can meet heating, cooking and electrical energy with a single device from these basic needs. Such a multifunctional device can both increase efficiency and reduce production and use costs.

Material preferences to be used in manufacturing were determined through a general design, and machining and appropriate welding methods were taken into consideration in cost calculations. It was aimed to reach the durability levels of the product in accordance with certain standards and cost analyses were made in this direction.

Another aim of the study is to reach numerical results in order to make manufacturing cost calculations based on a specific model design of our device, which is planned to be mass produced in the future, and to decide on the resulting cost and market research. Provided that this design is not under the limit of safe use, it has been ensured that alternative design and manufacturing techniques are made into the final product with the materials that will provide the lowest cost and the highest efficiency. As a result of cost analyses, it is aimed to be sampled as a product suitable for the end user in a standard way.

In this study, it was aimed to convert the heat difference into electrical energy by using the cooling source of the outside environment and the cooking unit we designed as a heat source by combining the ability of generating electricity from the peltier plates from the temperature differences with a heating and cooking device similar to a barbecue and stove-like that we often use outdoor spaces. Thus, the device meets the need for both cooking and heating and low-voltage electricity production at the same time.

In order to measure and evaluate the thermoelectric generator efficiency of the device we designed, our device has been tested with different fuels and conditions. With these tests, the electricity production of our device has been measured. The tests were generally made with common types of fuel such as wood, charcoal, small pieces of wood and hazelnut shell, which are frequently used in daily life. The data of the tests were transferred to the tables in sets. Graphs were obtained from the test results using the data in the tables.

With these graphs created for each fuel type, it has revealed which fuel type the user can obtain more efficient heat and electrical energy with. In addition, it was tested to reach sufficient temperatures for both heating, cooking and electrical energy production within reasonable times, taking into account the times during combustion

tests. The negativities that may occur during combustion have been tested and the necessary corrections have been made in the design.

In the production stages of the device, different production techniques and materials were tried, cost analyses were made and the cost of the product was reduced. On the other hand, with the general fuel types used in the combustion tests, it has been determined with which fuel the device provides a more effective electricity production. The final design is shaped according to these fuel types. Based on factors such as portability, user safety and efficiency, a functional and economical product suitable for use in open space conditions has been obtained.

The device is aimed to effectively meet the basic needs of heating, cooking and electricity production in the open space. Here, it has been ensured that the design of the device is developed in order to easily and effectively provide these three basic needs in the open space in disaster periods or camping life.

In order for the electrical energy produced to reach higher voltage and current values, a portable model was designed by experimenting with different peltier plate placement, fan positioning, thermal conductive plate assemblies on the sample. It is aimed to be an efficient product that can be used in outdoor living conditions in the field.

This study offers a holistic and innovative solution that allows users to meet three basic needs such as heating, cooking and low-voltage electricity generation simultaneously and through a portable device in disaster areas, camping activities or in cases where temporary open space life becomes mandatory.

The designed device was evaluated in line with performance data and detailed cost analyses supported by field tests; the findings showed that the product is suitable for mass production and has a higher competitive potential compared to similar products in the target market.

In addition, the device's modular structure, compatibility with different fuel types and optimized design in terms of energy efficiency make it an exemplary model in the field of sustainable energy solutions. In this respect, the study aims to make a significant contribution to the literature and the sector by providing a practical, economical and environmentally friendly alternative for both individual users and disaster management and humanitarian aid organizations.

In conclusion, this thesis not only demonstrates the technical feasibility of a multifunctional outdoor device but also highlights its real-world applicability and economic viability through rigorous testing and analysis. The designed system's ability to meet three essential needs heating, cooking, and low-voltage electricity generation with a single portable device during crises, camping activities, or other temporary outdoor living situations clearly showcases its practicality and user-friendliness.

This study emphasizes that the multifunctional device can contribute meaningfully to sustainable living practices by setting an example in energy efficiency, resource optimization, and environmental responsibility. With its modular structure allowing compatibility with various fuel types, a design prioritizing user safety, and the potential to deliver high performance at low cost, the product presents an appealing solution not only for individual users but also for disaster management and humanitarian aid organizations. In this respect, the study aims not only to address current challenges but also to pave the way for future research in the field of sustainable technology.

With future developments, it is feasible to increase the energy capacity of the device, reduce its weight, and integrate it with other modules, thus expanding its usability to a broader audience. Additionally, exploring its application in fields such as education, rural development, military operations, and mobile healthcare services may transform it into a multipurpose platform. Ultimately, this research not only delivers a technical prototype but also makes a meaningful contribution to improving post-disaster living conditions, promoting environmentally friendly production approaches, and increasing the adoption of sustainable technology.





1. GİRİŞ

İnsanlığın varoluşundan bu yana, temel yaşam ihtiyaçlarını karşılamak, bireylerin ve toplumların hayatta kalma ve ilerleme sürecinde kritik bir rol oynamıştır. Bu temel ihtiyaçlar, gıda, barınma ve güvenlik gibi unsurları kapsasa da ısınma, pişirme ve enerji, medeniyetlerin gelişiminde önemli bir yer tutmaktadır.

İnsanın çevresel koşullara uyum sağlayarak yaşamını sürdürebilmesi için ısınma ihtiyacı hayati öneme sahiptir. Tarihsel olarak bakıldığında, binlerce yıl önce ateşin keşfedilmesi ve kullanımı, soğuk iklimlerde yaşamı kolaylaştırıp, toplumsal yapıların şekillenmesinde önemli bir faktör olmuştur. Bununla birlikte, ateş sadece ısınma amaçlı değil, aynı zamanda gıdaların pişirilerek tüketilmesi ve saklanabilirliğinin artması için de kullanılmıştır. Ateş ile pişirme tekniklerinin gelişmesi, insanoğlunun besin çeşitliliğini artırmasına ve daha sağlıklı bir yaşam sürmesine de olanak tanımıştır.

Enerji ise modern çağın başa çıkılması zor bir unsuru olarak, insanoğlunun sosyal, ekonomik ve teknolojik ilerlemesinde belirleyici bir rol oynamıştır. 18. Yüzyıldaki Sanayi Devrimi'nden günümüzdeki dijital devrime kadar enerji kaynakları, bireylerin yaşam kalitesini yükseltirken, toplumların kalkınmasına öncülük etmiştir. Bununla birlikte, fosil yakıtlara bağımlılık ve iklim değişikliğinin etkileri, enerji kullanımı ve kaynakları konusunda sürdürülebilir yaklaşımların önemini artırmıştır. İnsanların kullanmış olduğu elektrikli cihazların tüketmiş oldukları elektrik miktarları da buna bağlı olarak önem arz eder hale gelmiş ve enerji verimlilikleri yapılan Ar-Ge çalışmaları ile her geçen gün arttırılmıştır. Bunun yanı sıra kullanılan elektrikli cihazlar küçülerek pille çalışır şarjlı el ekipmanlarına dönüşmeye başlamıştır. Bilgisayarlar, el süpürgeleri, robot süpürgeler, tabletler, televizyonlar, telefonlar çok küçük voltaj ve akımlar ile çalışabilir ve şarj edilebilir hale gelmişlerdir. Bunun akabinde kullanılan bu yeni nesil teknolojik elektrikli cihazlar bir süre sonra ana şehir şebeklerinden adaptörler yardımıyla 5-24 V ve 1,5- 5,0 A'lık bu iki değerın çarpımı ile hesapladığımız devreden çektikleri güç ise bir laptop bilgisayar için ortalama 80 W

güç değerine denk gelmektedir. Bizler bu pilli cihazları ise yenilenebilir bir enerji kaynaklı sistemlerinde enerji depolama için kullanılan 12 V 100 Ah'lık bir jel akünün ortalama 1200 W güç ürettiğini dikkate alırsak 15 kez rahatlıkla şarj edebiliriz. Günümüz bilgisayar markalarından bazılarının bir güne varan karartılmış ekranlı kullanım sürelerini dikkate aldığımızda bize yenilenebilir bir enerji kaynağı (rüzgâr gülü, güneş paneli) ile doldurulan bir akü bir aydan fazla şarj için yetebilmektedir.

Bu bağlamda, ısınma, pişirme ve enerji alanları hem bireysel hem de toplumsal düzeyde incelenmesi gereken temel ihtiyaçlar olarak öne çıkmaktadır. Geçmişten günümüze kadar bu ihtiyaçların karşılanma biçimi, teknolojik gelişmelerle önemli bir dönüşüm geçirmiş ve gelecek nesillere daha sürdürülebilir çözümler sunma zorunluluğuyla şekillenmektedir. Bu çalışma, söz konusu üç temel ihtiyacı olabildiğince kolay, minimum yakıt kullanarak, olabildiğince yenilenebilir enerji kaynakları ile pişirme, ısınma ve enerji ihtiyaçlarını karşılayan örneklenebilir bir cihaz tasarlamak ve bunun maliyet hesaplamalarını yaparak kullanılabilir ve satılabilir bir cihaz için ön taslak haline getirebilmektir.

Bu tez çalışmasında, peltier soğutucu plaka adıyla bilinen yarı iletken plakaları basit bir pişirme ve ısınma düzeneği ile birleştirilerek üç temel yaşam ihtiyacını karşılayacak kullanılabilir bir cihaz örneklemek hedeflenmiştir. Bunun yanı sıra bu sisteme yenilenebilir temel enerji kaynaklarından güneş panelli bir enerji üretim sistemini de dahil ederek çoklu bir enerji üretim sistemi kurulmuştur. Böylece düşük enerji üretimi sağlayan peltier plakaların ek bir yenilebilir enerji kaynağı ve sisteme entegre edilmiş bir akü vasıtası ile soğutma kısmının desteklenerek peltier plakanın en üst enerji verimliliğine ulaşmasını sağlanılmıştır.

1.1. Tezin Kapsamı

Bu tez içeriğinde ısınma, pişirme ve elektrik üretimini bir arada gerçekleştirebilecek bir cihaz üzerine çalışma yapılmıştır. Cihazın genel bir tasarım üzerinden imalatla kullanılacak malzeme tercihleri maliyet hesaplaması yapılırken talaşlı imalat ve kullanılacak kaynak yöntemleri de buna göre tercih edilmiştir. Diğer bileşenler en önemli kriter olan geçici yaşam alanlarında kullanılabilmesi için güvenlik kriterlerini ve çalışma süreleri dikkate alınarak imalat sürecine dahil edilmiştir. Ürünün açık alan yaşam şartları için aranan ve beklenen dayanıklılık aralığında olması hedeflenerek imalat gerçekleştirilerek genel bir maliyeti hesaplaması oluşturulmuştur. Bu maliyet

hesaplamasının üzerine seri üretilmesi halinde pazar araştırması yapılarak benzer özellikteki rakip ürün fiyat araştırmaları ve satılabilirlik analizi yapılmıştır.

1.2. Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı yeni üretilmesi planlanan bu cihazın belirli bir model tasarımı üzerinden bir örneklemesinin yapılması ve imalat maliyet hesaplamalarının yapılması sonucunda çıkan maliyet ile pazar araştırması üzerinden satılabilirlik ve kullanılabilirlik kararının verilmesi için maliyete dair somut sonuçlar üretmektir. Bu tasarımın güvenli kullanım sınır şartları altında kalmamak koşulu ile alternatif tasarım ve imalat tekniklerini de deneyerek düşük maliyet ve yüksek verimlilik sağlayacak malzemelerle ürün haline getirilmesi ve maliyet analizlerinin yapılması sonucunda doğrulanarak standart bir şekilde nihai kullanıcıya uygun bir ürün olarak örneklendirilmesi hedeflenmiştir.

1.3. Literatür Araştırması

“Termal eklem ısı farklılığı esaslı iyonizasyon ile elektrik enerjisi üretimi” isimli çalışmada, peltier modüllerinden yararlanılarak bir termoelektrik güç jeneratörü tasarlanmıştır. Modüllerin seri ve paralel bağlantı kombinasyonları kullanılarak optimum elektrik üretim koşulları incelenmiş ve sistemin konut ve hava araçları gibi alanlarda uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Ayrıca termal farklılıklar denenerek üretilen elektrik enerjisi ölçümleri ve farklı sıcaklıklardaki verimlilikleri grafikler aracılığı ile raporlanmıştır. Farklı peltier modelleri (Tec1-12703, Tec1-12704, Tec1-12705, Tec1-12706, Tec1-12708) incelenerek kıyaslamaları yapılmış. Deneylerde, modüller arasında ideal sıcaklık farkını sağlamak için soğutma ve ısıtma yüzeyleri optimize edilmiştir. Sistem, 50°C sıcaklık farkında 5V ve 200 mA enerji üretebilmiştir. Ayrıca, sistemin hava taşıtlarında acil enerji kaynağı olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir (Meriçelli, 2016).

“Bir termoelektrik modülün matematiksel modellenmesi” adlı çalışmada, termoelektrik modüllerin termodinamik ve elektriksel özelliklerini açıklayan matematiksel modeller geliştirilmiştir. Seebeck ve Peltier etkilerinin teorik altyapısı incelenmiş ve bu etkiler temel alınarak modül performansı analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında, ısı direnci, modülün geometrisi ve kullanılan malzemelerin termal iletkenlik değerleri gibi parametrelerin, verimlilik üzerindeki etkisi detaylı bir şekilde

incelenmiştir. Atık ısıdan enerji dönüşümü senaryolarında, sistemlerin %5-8 arasında bir verimlilikle çalışabileceği tespit edilmiştir. Sonuçlar, termoelektrik modüllerin düşük verimliliklerine rağmen atık ısıdan enerji üretimi veya hassas soğutma uygulamalarında etkili olabileceğini göstermiştir (İzgi, 2018).

“Elektrikli araçlarda kullanılacak batarya yönetim sistemi geliştirilmesi” isimli araştırma, lityum-iyon bataryaların aşırı ısınmasını önlemek için termoelektrik Peltier modülleriyle bir soğutma sistemi tasarlamıştır. Deneysel çalışmalarda, modüllerin 10°C’lik bir sıcaklık farkı yaratarak batarya ömrünü %15 artırdığı gösterilmiştir. Batarya soğutma sistemi, enerji tüketimi açısından optimize edilmiştir ve araç kullanımında ısı sabitlenmesi sağlanmıştır (Maral, 2018).

“Elektrikli araçların batarya sistemlerinde ısı yönetimi” isimli tez çalışmasında, elektrikli araçların batarya sistemleri tasarlanmış ve batarya sistemlerinin ısı yönetimi ANSYS Icepak programı kullanılarak sonlu elemanlar analizleri ile gerçekleştirilmiştir. Yöntem olarak hava ile, sıvı ile, direkt soğutucu ile, faz değişim malzemesi ile, termoelektrik modül ile, termoelektrik modül(peltier) ile ve ısı borusu ile soğutma ve ısıtma sistemleri incelenmiştir. 10 °C ile 60 °C derece arasında olması gereken araç pil sıcaklıklarının istenen 20 °C ile 40 °C arasında olması için soğutma ve ısıtma alternatifleri değerlendirilmiştir (Eğin, 2019).

“Termoelektrik soğutucunun modelleme çalışması ve performans incelemesi” isimli çalışmada, termoelektrik soğutucu sistemler hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) yazılımı kullanılarak modellenmiştir. 50 W kapasitede çalışan bir sistemin ısı transfer performansı incelenmiş ve %85 soğutma verimi sağlanmıştır. Soğutucunun, düşük enerji tüketimi ile küçük alanlarda etkin olduğu tespit edilmiştir (Kepekçi, Kosa, Ezgi, 2021).

“Yeni bir taşınabilir güneş termoelektrik buzdolabının performans ve yaşam döngüsü analizi (Performance and life cycle analysis of a novel portable solar thermoelectric refrigerator)” adlı çalışmada, taşınabilir güneş enerjili termoelektrik enerjili termoelektrik soğutucuların tasarımı, performansı ve çevresel etkilerini incelemektedir. Peltier etkisi ile çalışan bu sistemler, enerjiye erişim olmayan uzak bölgelerde soğutma ihtiyacına çevre dostu ve yenilikçi bir çözüm sunmaktadır. Güneş panelleri ve batarya entegrasyonu, sistemin enerji verimliliğini ve çalışma kapasitesini optimize ederken, karbon ayak izi ve soma kapasitesini optimize ederken, karbon ayak

izi ve soğutma performansı detaylı şekilde analiz edilmiştir. Yaşam döngüsü analizi, malzeme kullanımı, geri dönüşüm ve çevresel etkileri kapsamaktadır. Çalışma, sağlık sektöründe (aşı ve ilaç muhafazası), afet yardım operasyonlarında ve kamp alanlarında kullanım potansiyelini vurgulamıştır. Ancak termoelektrik modüllerin verimliliği, batarya ömrü ve maliyet optimizasyonu gibi alanlarda geliştirme ihtiyacı devam ettiği vurgulanmıştır. Bu teknolojiler, gelecekte daha yaygın ve etkili bir enerji dostu alternatif olarak öne çıkabilir (Rahman, Hachicha, Ghenai, Saidur, Said, 2020).

“Demir ve alüminyum metallerine dayalı termoelektrik modüllerde Seebeck ve Peltier etkileri arasındaki deneysel ilişki (Experimental relationship between the Seebeck and Peltier effects in thermoelectric modules based on Fe and Al metals)” isimli çalışma, demir (Fe) ve alüminyum (Al) metallerinden yapılan termoelektrik modüllerde (TEM) Seebeck ve Peltier etkileri arasındaki ilişkiyi deneysel olarak incelemeyi amaçlanmıştır. Çalışmanın temel hedefi, kaynak açısından zengin ve düşük maliyetli metallerin termoelektrik performansını artırmak için bu etkilerin temel mekanizmalarını anlatılmıştır. Araştırma kapsamında, farklı Seebeck katsayılarına (1.8–12.7 $\mu\text{V/K}$) sahip TEM'ler üretilmiş ve Peltier etkisi, akım yönü ile sıcaklık farkına dayalı bir model üzerinden analiz edilmiştir. Literatürde genellikle Bi, Te ve Se gibi nadir ve maliyetli alaşımlara odaklanılmışken, bu çalışma Fe ve Al gibi bol bulunan metallerin potansiyelini ön plana çıkarmıştır. Çalışmanın sonucunda, Seebeck ve Peltier etkilerinin birbirine yüksek oranda bağlı olduğu ve termoelektrik performansın, Fe–Al arayüzündeki yüklerin sayısı ile belirlendiği gösterilmiştir. Bu sonuçlar, arayüz yüklerinin kontrol edilmesinin, metal tabanlı termoelektrik modüllerin performansını artırarak çevre dostu ve sürdürülebilir teknolojilerin tasarımına katkı sağlayabileceğini ortaya koymaya çalışılmıştır (Kimura, 2024).

“Peltier modülü kullanılarak içme suyunun anında soğutulması için ekonomik etkinlik deneysel vaka çalışması (Economic-effectiveness experimental case study for instant cooling of drinking-water using Peltier module)” adlı çalışma, Peltier modüllerinin içme suyunun hızlı soğutulmasında kullanılabilirliğini ve ekonomik etkinliğini incelemeyi amaçlamaktadır. Termoelektrik soğutma teknolojilerine dayalı Peltier modülleri, soğutucu akışkanlara ihtiyaç duymadan çalışarak çevre dostu bir alternatif sunmaktadır. Çalışma kapsamında, farklı koşullarda Peltier modüllerinin soğutma performansı, enerji tüketimi ve ekonomik sürdürülebilirliği deneysel olarak değerlendirilmiştir. Geleneksel soğutma teknolojilerinin enerji tüketimi ve çevreye

olumsuz etkileri göz önüne alındığında, bu modüllerin küçük ölçekli uygulamalarda kullanım potansiyeli incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Peltier modüllerinin kompakt yapıları ve çevre dostu özellikleri ile özellikle anında içme suyu soğutma gibi küçük ölçekli uygulamalarda etkili bir çözüm sunduğunu göstermiştir. İlk kurulum maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen, düşük enerji tüketimi ve uzun vadeli avantajları, bu teknolojinin ekonomik olarak uygulanabilir olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, sürdürülebilir soğutma teknolojilerinin geliştirilmesi için önemli bir katkı sunmaktadır (Shi ve arkadaşları, Eldin, Abdulghani, Ali, Guo, Anqi, Alkhamis 2025).

“Termoelektrik modülün jeneratör olarak modellenmesi ve benzetimi” adlı çalışmada, Matlab/Simulink benzetim programıyla Termoelektrik Modülün (TEM) Termoelektrik Jeneratör (TEJ) olarak kullanılması için, matematiksel modelinin benzetimi yapılmış ve farklı iki sıcaklık aralıkları için benzetim sonuçları deneylerle teyit edilmiştir. Modüle ait akım, gerilim, güç, sıcak yüzey ve soğuk yüzey sıcaklıkları ve bu yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı değerlerinin sürekli izlenmesi ve kayıt altına alınması için özel bir scada programı geliştirilmiştir. Matlab/Simulink benzetimiyle elde edilen teorik sonuçlarla scada sistemiyle ölçülen deneysel sonuçlar karşılaştırılmış, ortalama hata yüzdeleri; sırasıyla akım, gerilim ve güç için %5,57, %5,12 ve %3,72 olmuştur. 100°C sıcaklık farkında, TEJ’e giren atık ısı miktarı $Q_H = 197W$ iken, TEJ ve yük dirençleri birbirine eşitlendiğinde; çıkış gerilimi $V_{max} = 2,2V$, çıkış gücü $P_{max} = 6,71W$ ve verim %3,4 elde edilmiştir. Deney ve teorik analizin sonuçları, özellikle endüstriyel ve jeotermal alanlarda, düşük sıcaklıklar için atık ısı geri kazanımında, TEJ’in umut verici potansiyele sahip olduğunu göstermiştir (Ahıska, Mamur, Uliş, 2011).

“Güneş pilleri kullanarak elektrik üretimi” isimli tez çalışmasında 6 hücreli güneş pili kullanarak elektrik enerjisi üretmek ve bu enerjiyi kuru tip aküde depolamak amaçlanmış ve güneş enerjisinin elektrik üretiminde kullanımı ve depolanmasını kapsamaktadır. 12 volt 7 AH/20 saat gücündeki kuru tip aküde depo edilmiştir. Güneş enerjisinin elektrik üretiminde yetersiz olduğu durumlarda aküde depo edilen enerji ile sistem çalıştırılmıştır. Güneş enerjisinden elde edilen enerji, sistemi oluşturan devreler yardımıyla DC veya AC’ye çevirilerek elektrikli aygıtları beslemede kullanılmıştır. Sonuç olarak yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen bu sistemler, işletme

maliyetlerinin düşük olması nedeniyle kullanılma oranının arttığı ifade edilmiş (Özgöçmen, 2007).

“Termoelektrik jeneratörlerin ısı performansının deneysel incelenmesi” isimli bu çalışmada, termoelektrik jeneratörlerin (TEJ) performansını artırmak için farklı ısı emici tasarımları kullanılarak deneysel analizler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, TEJ modüllerinin her iki yüzeyine farklı sıcaklık farkları (ΔT) uygulanmış ve üretilen gerilim ile akım ölçülerek güç hesaplamaları yapılmıştır. Çalışmada kullanılan termoelektrik modüllerin Seebeck katsayısı, elektriksel direnç ve termal iletkenlik gibi parametreleri belirlenmiş ve bu özelliklerin sistem performansı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca, farklı ısı emici malzemeler (alüminyum ve bakır) kullanılarak termal verimlilik analizi yapılmıştır. Sonuçlar, bakır ısı emicilerin termal iletkenlik avantajı nedeniyle TEJ performansını önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Çalışma, termoelektrik jeneratörlerin verimliliğini artırmak için optimizasyon stratejileri sunarak enerji geri kazanımı alanına katkı sağlamıştır (Asker, Bögrekci, Demircioğlu 2023).

“Silisyum ve germanyum tabanlı nano yapıların termal özelliklerinin moleküler dinamik simülasyonları ile karakterizasyonu” isimli tez çalışmasında, termoelektrik malzeme adayı olabilecek silisyum ve germanyum elementlerinden oluşan yapıların termal taşınım özellikleri Green-Kubo yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Atomlar arası etkileşimleri tanımlamak için Tersoff potansiyeli kullanılmıştır. Makro ve nano boyutlu olarak oluşturulan sistemlerde termal taşınım özellikleri denge moleküler dinamik benzetimi ile oda sıcaklığında hesaplanmış, elde edilen sonuçlar boyutsal olarak da karşılaştırılmış Sıcaklık değişiminin, geometrinin, periyodisitenin, kristal yönelmenin, arayüz pürüzlülüğünün ve yüzey alanının SiGe tabanlı nano yapılardaki etkisi de ayrıca incelenmiştir. Sonuçlar, SiGe (Silisyum ve germanyum) bazlı malzemelerin örgüsel termal taşınım özelliklerinin hesaplanması ve termoelektrik performansı yüksek olabilecek nano yapıların belirlenmesi açısından önem taşıdığı belirtilmiştir (Kandemir, 2015).

“Motorlu taşıtlar için egzoz sistemine uygun termoelektrik jeneratör geliştirilmesi ve deneysel incelemesi” isimli motorlu taşıtlarda egzoz gazlarından kaynaklanan atık ısıyı elektrik enerjisine dönüştürmeyi amaçlayan bu çalışma, termoelektrik jeneratör (TEJ) sistemlerinin tasarımı, geliştirilmesi ve deneysel olarak incelenmesini kapsamaktadır. Egzoz sistemine entegre edilen termoelektrik modüller aracılığıyla,

farklı motor devri ve egzoz sıcaklıklarında üretilen enerji miktarları analiz edilmiş ve enerji geri kazanımı potansiyeli değerlendirilmiştir. Çalışma, termoelektrik jeneratörlerin enerji verimliliğini artırmak ve çevresel etkileri azaltmak için umut verici bir teknoloji olduğunu ortaya koymuş; aynı zamanda bu sistemlerin geliştirilmesi ve optimize edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Sunulan çalışmada, termoleman ayak geometrilerinin termoelektrik jeneratör üzerinde güç üretimin etkisi ANSYS sonlu elemanlar yazılım programı ile sayısal olarak tahmin edilmiştir. Gücü ve verimi yüksek, kolay imal edilebilir termoelektrik ısı geri kazanım sistemleri tasarlanmıştır. Yapılan ön tasarımların performansı, ANSYS sonlu elemanlar yazılım programıyla sayısal yöntemle belirlenerek prototip imalata en uygun jeneratör tasarlanmıştır. Bu bağlamda termoelektrik jeneratör performanslarının ilerleyen yıllarda daha da artacağını ve termoelektrik enerji sistemlerinin daha geniş kullanım alanına sahip olacağı kanaatine varılmıştır (Aybek, 2019).

“Gemilerdeki egzoz atık ısının termoelektrik jeneratörler ile geri kazanılması” isimli çalışmada gemilerde egzoz gazları, enerji kaybının yaklaşık %25’ini oluşturmakta ve içten yanmalı motorlarda üretilen ısı enerjisinin %70’inin soğutma ve egzoz gazlarıyla kaybedildiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, egzoz gazlarından atılan enerjinin geri kazanımı üzerinde çalışılmış, yakıt tasarrufu sağlamak ve çevreye salınan zararlı gazların (CO_2 , NO_x ve SO_x) miktarını azaltmak için termoelektrik jeneratörlerin (TEJ) kullanımı incelenmiştir. Bu makale çalışmasında atık ısı geri kazanım sistemlerinin alternatif bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi, özellikle denizcilik sektöründe sürdürülebilir enerji hedefleri doğrultusunda incelenmiştir. 5 silindirli, 4900 kW gücünde bir gemi ana makinasının egzoz ısısının TEJ ile geri kazanımı incelenmiştir. Modelleme için Rhinoceros 3D CAD programı kullanılarak, gemi ana makinasının çıkışında bulunan egzoz manifold borusu arasına dikdörtgen prizma şeklinde bir yapı tasarlanmıştır. Tasarlanan bu yapı üzerinde ANSYS Workbench analiz programı yardımıyla termal analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde, prizmanın dört yüzeyine yerleştirilecek toplam 11.520 adet termoelektrik modül ile saatte 792,8 kW elektrik enerjisi elde edilebileceği hesaplanmıştır. Bu gücün, gemi ana makina gücünün %16,17’sine denk geldiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, gemilerde egzoz atık ısısının TEJ ile geri kazanılmasının, enerji verimliliğini artırmak, yakıt tasarrufu sağlamak ve çevreye salınan zararlı gazların miktarını azaltmak için etkili bir yöntem olduğu vurgulanmıştır. Bu tür sistemlerin

gemi tasarımlarına entegrasyonu ile sürdürülebilir ve çevre dostu denizcilik uygulamalarının desteklenebileceği belirtilmiştir (Yoluş, Kayan, Yılmaz, Tıkız 2022).

“Peltier modüllerinin elektrik üretim kapasitelerinin incelenmesi” adlı çalışmada, Peltier modüllerinin elektrik üretim potansiyeli detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Farklı sıcaklık farklarında (50°C-150°C) modüllerin performansı ölçülmüş ve maksimum 3,2 W güç üretimi sağlanmıştır. Termal verimlilik %9 olarak hesaplanmıştır. Araştırmada, modüllerin soğutma kapasitesinin elektrik üretimine etkisi de değerlendirilmiştir. Sonuçlar, Peltier modüllerinin düşük güçlü cihazlarda enerji üretimi için uygun bir alternatif olduğunu göstermektedir. Ayrıca, maliyet etkinliğinin artırılması için malzeme optimizasyonu önerilmiştir. Çalışma, yenilenebilir enerji sistemlerinde küçük ölçekli uygulamalar için önemli bir çözüm sunmaktadır (Hazırlayan: Yıldız ve Kaya, 2018).

“Traktörlerde kullanılmak üzere hızlı bir soğutucu tasarımı ve geliştirilmesi” çalışması ise iki farklı yüzey arasında ortaya çıkan ısı farkı ve uç noktalarında meydana gelen akım sayesinde, ön yüzey ısınırken arka yüzeyi soğuyan peltier temelli termoelektrik malzemeler kullanılarak termoelektrik teknolojisinin daha fazla gelişmesi ve ortaya çıkacak sistem maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla traktörlerde kullanılmak üzere alüminyum malzemeden hızlı bir soğutucu tasarımı yapılmıştır. Traktörlerin ve iş makinalarının çalışma koşulları göz önüne alınarak bu araçlarda içme suyunu soğutabilecek bir üniteye olan ihtiyaca yönelik bir çalışma yapılmış ve prototip cihaz üretilmiştir. Termoelektrik modüller kullanarak 12V ile çakmaklıktan çalıştırılacak portatif ve hızlı bir soğutucu tasarımı üzerine çalışılmıştır. İçme suyu sıcaklık değeri TSE standartlarına göre soğutacak değerler üzerinden ürün tasarlanıp suyun sıcaklığının bu değere kadar düşürülmesi sağlanmıştır (Arslan, 2021).

“Termoelektrik üreteç ile kalorifer radyatörlerinden elektrik üretiminin deneysel incelenmesi” isimli çalışmada, termoelektrik dönüştürme elemanlarından oluşan bir termoelektrik jeneratör modül kullanımıyla elektrik enerjisinin elde edilmesi ve bu enerji ile ısı konfor hedeflenmiştir. Kalorifer radyatörünün ve duvarın yüzey sıcaklığını kullanarak sıcaklık farkı elde edilmiş ve bu sıcaklık farkını elektrik enerjisine dönüştüren termoelektrik jeneratörler ile harici bir kaynağa ihtiyaç kalmadan elektrik enerjisi elde edilmiştir. Üretilen enerjiyi faydalı kullanmak için radyatör kanallarındaki fan eklemesi yapılmıştır. Sıcaklık farkından elde edilen elektrik enerji ile beslenen fanlar kanallardaki sıcak havayı odaya daha hızlı yayarak

oda sıcaklığının daha yüksek seviyeye getirmiştir. Sıcaklık farkından termoelektrik jeneratörler ile oda sıcaklığında 3,24 W güce sahip elektrik enerjisi elde edilmiştir. Üretilen enerjiyi faydalı kullanmak için radyatör kanallarındaki fanlar beslenerek normal oda sıcaklığı 8°C artırılmıştır (Yağmur, Taşdelen, 2019).

“Simülasyona dayalı bina soğutma sistemlerinden atık ısının kullanımı yoluyla termoelektrik güç üretiminin tahmini” adlı bu çalışmada endüstriyel proseslerden ve geleneksel enerji santrallerinden kaynaklanan atık ısı, sıklıkla boşa harcanan bir enerji atığı olduğuna dikkat çekerek bu atık ısının kullanılarak termoelektrik sistemler yardımıyla yeniden kazanımı amaçlanmıştır.

Bu araştırma, bina soğutma sistemlerinden kaynaklanan atık ısıyı kullanan istiflenmiş malzemelerle termoelektrik elemanların kullanılma potansiyelini araştırmıştır. Üretilen potansiyel enerji ve kullanılan malzemelerin verimliliğiyle ilgili daha fazla analiz yapmak için sayısal simülasyon yapılmış ayrıca üç boyutlu tasarım ve ANSYS simülasyon analiz aracı olarak kullanılmıştır. Araştırma sonuçları, istiflenmiş malzemelere sahip termoelektrik sistemlerin atık ısıdan enerji üretme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir (Harsito, Muslim, Roviato, Kurniawan ve Mahdhudhu 2024).

“Vücut ısısı enerjisiyle çalışan örme termoelektrik giysiler kişisel soğutma” isimli bu makalede giyilebilir, termoelektrik cihazlar, hem vücut ısını elektrik enerjisine dönüştürerek çıkış gücü üretebildikleri hem de Peltier etkisiyle kişisel soğutmada kullanılabilirlikleri üzerine çalışılmış. Günümüzde üzerine çalışılan ve kaba ölçülerde hareketi engelleyen daha çok vücut ısını alan termoelektrik giysiler yerine enerji üretimi ve kişisel soğutma yetenekleri sunan tek adımlı bir üretim süreciyle örülmüş bir termoelektrik giysisi geliştirilmiştir. Soğutma cihazının işleyişi, ölçeklenebilirliğini, optimizasyonunu anlamak ve potansiyelini göstermek için matematiksel olarak modellenerek analizi yapılmıştır. Bu giysi, insan vücudunda 7,48 mV ve 0,46 mA'lık düzeyde termoelektrik üretimini ve insan vücudunu 1,5 °C'ye kadar soğutma yeteneğine sahip olduğu gösterilmiştir (Newby, Mirihanage ve Fernando, 2025).

“Sürdürülebilir soğutmayı ilerletmek amaçlı çevre dostu çözümler için güneş enerjisiyle çalışan bir termoelektrik soğutma sisteminin performans analizi” çalışması güneş enerjili termoelektrik buzdolabı, mekanları soğutmak için güneş enerjisini

kullanan bir yaklaşım olarak bu araştırmada termoelektrik sistemler üzerine çalışılmış. Etkinliği güneş ışıınım oranlarına ve güneş enerjisi yakalamayı en üst düzeye çıkaran akıllı çift eksenli güneş izleme sistemine dayandırılarak, solar enerjili termoelektrik soğutucunun sabit panel güneş sistemi ve çift eksenli solar takip sistemi ile performans analizi, solar enerjili termoelektrik soğutucuyu 25 °C'lik standart ortam sıcaklığında tutarak bulunduğu iklim koşullarında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan deneysel test sistemi bir termoelektrik buzdolabı, termoelektrik modül, güneş panelleri ve güneş izleme sistemini içermektedir. Bu çalışma sonucunda soğutma yükünün soğutulan alanın bir fonksiyonu olduğunu ve ürünlerin soğutulması gerektiğini, bunun da termoelektrik modülün termoelektrik özelliklerinden etkilendiğini ortaya koymuştur. Güneş enerjili termoelektrik buzdolabının çevre dostu olduğu, geleneksel soğutma sistemlerine en iyi alternatif olduğu ve geleneksel enerji kaynaklarının bağımsızlığı nedeniyle sürdürülebilir olduğu bu çalışma ile kanıtlanmıştır (Qamar, Kanwal, Amjad, Farooq, Munir, Ahmad ve Abdollahian, 2024).

“Termoelektrik soğutucuların performansına doğrudan temaslı ısı değiştiricilerin etkilerinin deneysel incelenmesi” isimli bu çalışmada, termoelektrik soğutucuların performansına doğrudan temaslı ısı değiştiricilerin etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Öncelikle, termoelektrik modüller ve doğrudan temaslı ısı değiştiriciler ile ilgili literatür araştırması yapılmış ve bu alanda kullanılan yöntemler değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, farklı malzeme ve geometrik yapıdaki ısı değiştiriciler tasarlanarak test edilmiştir. Isı değiştiricilerin yüzey pürüzlülüğü, ısı transfer katsayısı ve temas alanlarının termoelektrik soğutma performansı üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Deneyler sırasında, soğutma kapasitesi, enerji tüketimi ve sıcaklık farkı gibi parametreler ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Ayrıca, farklı çalışma koşullarında ısı değiştiricilerin performanslarını artırmak amacıyla optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Sonuç olarak, doğrudan temaslı ısı değiştiricilerin, termoelektrik soğutucuların verimliliğini ve enerji tasarrufunu önemli ölçüde artırdığı görülmüştür (Doğdu, 2013).

“Termoelektrik dönüştürücü kullanımıyla güneş enerjisinden elektrik üretimi tasarımı” isimli bu çalışmada, termoelektrik dönüştürücüler kullanılarak güneş enerjisinden elektrik üretimi için bir sistem tasarlanmıştır. Amaç, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürecek verimli ve sürdürülebilir bir çözüm sunmaktır. Çalışmada, güneş enerjisini toplayan yüzeyler termoelektrik modüllerle

entegre edilmiş ve sistemin performansı farklı koşullarda test edilmiştir. Enerji dönüşüm verimliliği ve maliyet etkinliği analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, termoelektrik modüllerin çevre dostu, düşük bakım gereksinimli ve uygulanabilir bir çözüm sunduğunu göstermiştir. Çalışma, yenilenebilir enerji sistemlerinde termoelektrik teknolojisinin potansiyelini ortaya koymaktadır (Balcıoğlu, Özbay, Elgay ve Yakut, 2021).

“Termoelektrik jeneratörün elektriksel, termoelektriksel ve ısı parametrelerinin incelenmesi için bilgisayarlı bir veri edinim ve test sisteminin gerçekleştirilmesi” adlı bu doktora tezinde, termoelektrik jeneratörlerin elektriksel, termoelektriksel ve ısı parametrelerini analiz etmek için bilgisayar destekli bir veri edinim ve test sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada, termoelektrik jeneratörlerin performansını etkileyen gerilim, akım, sıcaklık farkı ve verimlilik gibi parametrelerin ölçülmesi hedeflenmiştir. Geliştirilen sistem, donanım ve yazılım entegrasyonu sayesinde bu ölçümleri otomatikleştirmiş ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Deneyler, jeneratörlerin farklı çalışma koşullarında enerji dönüşüm verimliliğini ve ısı parametrelerin etkisini ortaya koymuştur. Bu çalışma, termoelektrik jeneratörlerin performans analizi ve optimizasyonu için önemli bir kaynak ve endüstriyel uygulamalar için etkili bir araç sunmaktadır (Mamur, 2013).

“Jeotermal enerji kullanılarak termoelektrik jeneratör ile elektrik enerjisi üretimi” isimli bu çalışmada, jeotermal enerji kullanılarak termoelektrik jeneratörler ile elektrik enerjisi üretimi incelenmiştir. Çalışmanın amacı, düşük sıcaklıklı jeotermal kaynaklardan enerji elde etmede termoelektrik jeneratörlerin uygulanabilirliğini değerlendirmek ve bu sistemlerin enerji dönüşüm verimliliğini analiz etmektir. Jeotermal enerji, sürdürülebilir ve çevre dostu bir kaynak olarak ele alınmış, termoelektrik jeneratörler ise sıcaklık farkını kullanarak doğrudan elektrik üretimi gerçekleştiren cihazlar olarak değerlendirilmiştir.

Araştırmada, belirli bir jeotermal kaynağın sıcaklık profiline uygun bir termoelektrik jeneratör tasarımı yapılmış ve deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında, jeneratörün verimliliği, enerji üretim kapasitesi ve sistemin genel performansı test edilmiştir. Sonuçlar, düşük sıcaklıklı jeotermal kaynakların termoelektrik jeneratörler aracılığıyla elektrik üretiminde etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca, bu tür sistemlerin, enerji sektörü için ekonomik ve çevre dostu bir çözüm sunduğu vurgulanmıştır (Kayabaşı ve Atik 2018).

“Güneş enerjisi ve termoelektrik malzeme (Peltier) kullanılarak elektrik üretimi” isimli bu çalışmada, güneş enerjisi ve termoelektrik malzemeler (Peltier) kullanılarak elektrik üretimi incelenmiştir. Çalışmanın amacı, güneş enerjisinin termoelektrik malzemeler aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesini sağlamaktır. Araştırmada, güneş enerjisini toplamak için bir sistem tasarlanmış ve termoelektrik modüllerle entegre edilmiştir. Farklı çalışma koşullarında sistemin enerji üretim performansı test edilmiştir. Sonuçlar, güneş enerjisi ile termoelektrik malzemelerin bir arada kullanılarak düşük maliyetli ve sürdürülebilir enerji üretiminin mümkün olduğunu göstermiştir (Eryiğit, Kaya, Kozan, Tokgöz, Gül ve Gümüş 2018).

“Yenilenebilir enerji tabanlı termoelektrik güç üretimi ve sistemin performansının değerlendirilmesi” isimli bu yüksek lisans tezinde, yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak termoelektrik güç üretimi gerçekleştirilmiş ve sistemin performansı değerlendirilmiştir. Çalışmada çevre dostu ve sürdürülebilir enerji üretim sistemlerinin geliştirilmesine katkıda bulunmak ve termoelektrik modüllerin enerji dönüşüm potansiyelini incelemek amaçlanmıştır. Araştırmada, yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan sıcaklık farkını elektrik enerjisine dönüştüren bir termoelektrik sistem tasarlanmış ve deneysel olarak test edilmiştir. Sistemin enerji üretim kapasitesi, verimliliği ve performansını etkileyen faktörler analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, termoelektrik modüllerin düşük maliyetli, çevre dostu ve yenilenebilir enerji sistemlerinde uygulanabilir bir çözüm sunduğunu göstermiştir. Bu çalışma, termoelektrik güç üretiminin yenilenebilir enerji sektöründeki potansiyeline dikkat çekmiş ve sistem optimizasyonu için öneriler sunmuştur (Ceran, 2021).

“Jeotermal enerji santrallerine yönelik termoelektrik jeneratör sistem modellemesi” adlı bu çalışmada, jeotermal enerji santrallerine yönelik termoelektrik jeneratör (TEG) sistemlerinin modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, jeotermal enerji santrallerinden atık ısının termoelektrik jeneratörler aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesi için etkili bir model geliştirmek ve bu sistemlerin enerji verimliliğini analiz etmektir. Araştırmada, TEG sisteminin temel çalışma prensipleri dikkate alınarak matematiksel bir model oluşturulmuş ve bu model çeşitli senaryolarda test edilmiştir. Sonuçlar, termoelektrik jeneratörlerin, jeotermal enerji santrallerindeki atık ısının değerlendirilmesi ve enerji verimliliğinin artırılması için etkili bir çözüm sunduğunu göstermiştir. Bu çalışma, sürdürülebilir enerji sistemleri geliştirme ve

jeotermal enerji kaynaklarının daha etkin kullanımı açısından önemli bir kaynak sunmaktadır (Hekim ve Çetin, 2018).

“Turboşarjlı traktörlerde termoelektrik jeneratör uygulaması” isimli bu çalışma, turboşarjlı bir traktörün kompresörü ile ara soğutucusu arasına yerleştirilen termoelektrik jeneratör sisteminin soğuk tarafındaki ısı alıcılarının dış ortama verdikleri maksimum ısı transferinin ve kanatlı yüzey verimlerinin farklı dış ortam sıcaklıklarına göre değişimlerini incelemiştir. Termoelektrik jeneratör sisteminin soğuk yüzeyinden çevreye verilen ısı miktarındaki artış, sistemin ısı verimini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu artış ise soğuk tarafın ısı alıcıları ile sağlanmaktadır. Çalışmada, termoelektrik jeneratör sistemi, turboşarjlı traktörün kompresörü ile ara soğutucusu arasına yerleştirilmiştir. Böylece termoelektrik jeneratör sistemi sayesinde hem elektriksel güç elde edilmekte hem de hava daha düşük sıcaklıkta ara soğutucuya girmektedir. Bu durum, turboşarjlı traktörün motor verimliliğine olumlu katkı sağlamaktadır (Gürçan, A., & Yakar, G. 2021).

“Sıvı soğutmalı termoelektrik jeneratör sistemi tasarımı” adlı bu çalışmada, içten yanmalı motorların egzoz sistemlerinde atık ısının geri kazanımı için kullanılacak sıvı soğutmalı bir termoelektrik jeneratör sistemi tasarlanmış ve soğutucu akışkan miktarının geri kazanım sistemine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Soğutucu akışkan miktarının artması, modül yüzeyleri arası sıcaklık farkını artırmıştır. Dört adet TEJ modül kullanan geri kazanım sisteminde, TH=350 °C’de 0.75, 1, 1.25 l/dk. akış miktarlarında sırasıyla 9.38, 10.05, 10.63 V yüksüz gerilim ve 1.7, 1.97, 2.16 W güç elde edilmiştir (Kunt, M. A. (2019).

“Güneş enerjisiyle peltier modül kullanarak elektrik üretimi” isimli bu çalışmada, merceklerle odaklanan güneş ışınları kullanılarak Peltier modülün yüzeyleri arasında oluşan sıcaklık farkından enerji elde edilmesi sağlanmıştır. Termoelektrik etkiyle çalışan Peltier elemanının boyutsal olarak küçük olması, sıcaklığının kolay bir şekilde kontrol altına alınıp denetlenebilmesi, bakım gerektirmemesi, arızalanma ihtimalinin düşük olması ve sessiz çalışması gibi farklı özellikleri ile avantaj sağlamaktadır (Balcıoğlu ve Arkadaşları, 2021).

“Organ taşıma amaçlı termoelektrik soğutma sistem tasarımı ve uygulaması” adlı bu tez çalışmasında, tıbbi alanda kullanılabilecek, termoelektrik soğutma özelliğine sahip bir organ taşıma cihazı tasarlanarak gerçekleştirilmiş ve performans analizleri

yapılmıştır. Tasarlanıp gerçekleştirilen sisteme, 5x6x10 cm ölçülerinde bir hayvan böbreği yerleştirilerek, 25°C, 30°C, 35°C, 40°C ortam sıcaklıklarında sistemin performans analizleri yapılmıştır. Her deney beşer defa tekrarlanıp ortalaması alınmıştır (Taşpınar, Y. S. 2012).

“Termoelektrik sistemli yemek taşıma modülü tasarımı ve analizi” isimli bu çalışmada ise, iki bölmede farklı sıcaklıklarda yiyecek ve içecek taşıyabilen, eş zamanlı ısıtma ve soğutma sağlayabilen endüstriyel mutfaklara yönelik mobil yemek taşıma modülü tasarlanmıştır. Soğutucu bölmede termoelektrik modül (Peltier), ısıtıcı bölmede ise boru rezistans kullanılmıştır. Tasarlanan kabinin istenilen sıcaklığa en uygun termoelektrik/rezistans gücünde ve termoelektrik sistem konumunun ulaşmasını sağlamak için Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) analizleri yapılmıştır (Hacı, M., & Kahraman, Z. 2016).



2. ISITMA, PIŞİRME VE TERMoeLEKTRİK SİSTEM BİRLİKTELİĞİ

Isıtma, pişirme ve enerji üretiminin bir arada gerçekleşebilmesi için termoelektrik sistemlerden faydalanmak kaçınılmaz hale gelmiştir. Günümüzde ısı enerjisine dayalı çalışan ısıtma ve pişirme cihazları, genellikle benzer prensipler üzerine tasarlanmış olup, temel olarak ısı enerjisini bir yerden başka bir yere iletme veya ortamı ısıtma amacıyla çalışırlar. Özellikle pişirme amacıyla kullanılan araç ve cihazların dışarıya ısı yayması kaçınılmaz bir durumdur. Bu yayılma sırasında oluşan atık ısınn değerlendirilmesi, enerji verimliliğini artırmak için önemli bir fırsat sunar. Ancak aynı mekanizmalardan farklı bir çalışma prensibi ortaya koymadan elektrik enerjisini sağlamak mümkün olmayacaktır. Bu nedenle hem ısıtma hemde pişirme amaçlı kullanılan soba benzeri cihazlar iki amacı da son derece verimli olarak yerine getirirken elektrik enerjisi üretme konusunda ilave bir sisteme daha ihtiyaç duyarlar ki, bu da termoelektrik sistemlerdir.

Termoelektrik sistemler, Seebeck etkisiyle sıcaklık farkını elektrik enerjisine dönüştürme yeteneğine sahiptir. Bu sayede, geleneksel ısıtma ve pişirme cihazlarının mekanizmalarına entegre edilerek elektrik üretimi için kullanılabilirler. Bu tür bir entegrasyon, yalnızca enerji verimliliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda dışa bağımlılığı azaltarak çevre dostu bir çözüm de sunar. Özellikle soba benzeri cihazlar hem ısıtma hem de pişirme amacıyla kullanıldığında, termoelektrik modüllerin yardımıyla enerji üretimini de gerçekleştirebilir. Böylece, aynı mekanizma ile birden fazla fonksiyon etkin bir şekilde yerine getirilebilir. Bu yenilikçi yaklaşım, enerji dönüşüm teknolojilerinde büyük bir potansiyel sunmakta ve sürdürülebilir enerji çözümleri için önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

2.1. Isıtma ve Pişirme Sistemleri Üzerine Genel Bir Bakış

Isıtma ve pişirme sistemleri, insanoğlunun tarih boyunca günlük yaşamını kolaylaştırmak ve temel ihtiyaçlarını karşılamak için geliştirdiği çok çeşitli cihazları kapsar. Bu sistemler, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte basit yapılardan karmaşık mekanizmalara dönüşmüştür. Sobadan modern fırınlara kadar çok çeşitli çözümler bu alanda yer almaktadır.

2.1.1. Geleneksel soba sistemleri

Sobalar hem ısıtma hem de pişirme amaçlı olarak çok eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Geleneksel soba sistemleri genellikle odun, kömür veya benzeri biyokütle ile çalışır ve basit bir baca sistemiyle duman tahliyesi sağlanır. Genel olarak ikiye ayrılırlar;

- **Odun sobaları:** Çevresel etkiler ve bulunabilirlik nedeniyle çoğu zaman küçük köylerde ve kırsal alanlarda kullanılır.
- **Kömür sobaları:** Daha uzun yanma süreleri ve daha yüksek ısı enerjisi sağlaması nedeniyle genellikle daha çok tercih edilir.

Bu soba tipleri aynı zamanda yemek pişirme yüzeyi olarak da kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Sobaların üzerindeki metal yüzeyler yemeklerin doğrudan ısıtılmasını da mümkün kılar.

2.1.2. Modern ısıtma ve pişirme sistemleri

Gelişen teknoloji, ısıtma ve pişirme işlevlerini ayrı cihazlara bölmüştür. Artık elektrikli cihazlar, gazla çalışan sistemler ve hatta yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan çözümler ön plandadır.

- **Elektrikli sobalar ve fırınlar:** Elektrik enerjisiyle çalışan bu cihazlar, çevre dostu bir seçenek sunar ve duman çıkarmadıkları için kapalı alanlarda kullanımı uygundur.
- **Gazlı fırınlar ve ocaklar:** Gazla çalışan cihazlar, çabuk ısıtma ve pişirme avantajı sağlar. Doğru kullanılmadığında tehlike arz edebilse de, yaygın bir seçenek olmaya devam etmektedir.
- **Mikrodalga fırınlar:** Yiyecekleri çok hızlı bir şekilde pişirmek veya ısıtmak için elektromanyetik dalgaları kullanır döneminin en modern yemek pişirme teknolojileridir.

2.1.3. Yenilikçi çözümler

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan cihazlar popüler hale gelmiştir. Örneğin, güneş enerjisiyle çalışan fırınlar veya biyogaz kullanımıyla çalışan sobalar hem çevre dostu hem de sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır.

Güneş enerjili fırınlar: Çevreye zarar vermeyen bu sistemler, enerjiyi doğrudan güneşten alır ve genellikle kamp alanları veya elektrik erişimi olmayan yerlerde kullanılır.

Biyogaz sobaları: Organik atıkları enerjiye çeviren bu cihazlar hem yakıt tasarrufu sağlar hem de atıkların değerlendirilmesine imkan tanır.

Termoelektrik Sistemler: Termoelektrik jeneratörler, sıcaklık farkından elektrik enerjisi üretebilen cihazlardır. Bu sistemler, geleneksel sobalara veya modern cihazlara entegre edilerek hem ısıtma hem de enerji üretimi sağlayabilir. Özellikle kamp şartlarında veya elektrik erişimi olmayan bu tür açık alanda yaşamak zorunda olunan afet dönemlerinde bu sistemler büyük bir avantaja sahiptir. Şekil 2.1’de yenilikçi çözümlerden ikisi olan güneş enerjili pişirme ve biyogaz ocağı için örnek resimler verilmiştir.



Şekil 2.1. Pişirme cihazı ve biyogazlı ocak (a), güneş enerjili soba (b).

Isıtma ve pişirme sistemleri, hem tarihsel hem de teknolojik açıdan insanoğlu için hayati önem taşır. Geleneksel sistemlerden modern ve yenilikçi cihazlara kadar bu alandaki gelişmeler, enerji verimliliği, çevre dostu tasarım ve sürdürülebilirlik gibi kavramları ön plana çıkarmıştır. Gerek ev kullanımı gerekse ticari alanlarda farklı çözümler sunan bu cihazlar, gelecekte daha da gelişeceği öngörülmektedir.



3. TERMOELEKTRİK SİSTEMLER

Termoelektrik sistemler, sıcaklık farkını elektrik enerjisine veya elektrik enerjisini sıcaklık farkına dönüştüren cihazlardır. Bu sistemler, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik konularında önemli bir potansiyele sahiptir (Rowe, 2006). En yaygın olarak kullanılan termoelektrik etkiler; Seebeck, Peltier ve Thomson etkileridir. Seebeck etkisi, sıcaklık farkının elektrik potansiyeline dönüştürülmesi prensibine dayanır. Peltier etkisi ise elektrik akımının bir bağlantı noktasında ısı transferi oluşturduğu olgudur. Thomson etkisi ise iletken boyunca sıcaklık farkı olan bölgeler arasındaki ısı akışını tanımlar (Goldsmid, 2016).

Termoelektrik sistemler, atık ısıнын geri kazanımı, uzay araştırmaları ve taşınabilir enerji uygulamaları gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu sistemler, hareketli parça içermemesi nedeniyle dayanıklıdır ve çevre dostu çözümler sunar (Bell, 2008). Ancak, mevcut teknolojilerin enerji dönüşüm verimliliği genellikle düşüktür ve yüksek maliyetli termoelektrik malzemelerin kullanımı sınırlayıcıdır (DiSalvo, 1999).

Peltier etkisine dayalı cihazlar, termoelektrik sistemlerin bir alt sınıfını oluşturur. Bu cihazlar hem soğutma hem de ısıtma uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılmakta ve termoelektrik teknolojinin günlük hayatta nasıl uygulanabileceğini göstermektedir. Diğer bir Seebeck etkisine dayalı termoelektrik sistemler ise günümüzde yeni, çevreye duyarlı ve atıl ısı kayıplarının enerjiye dönüştürülmesine imkân veren teknolojiler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir alt başlıkta bu alanda kullanılan Peltier (yarı iletken) plakaları, çalışma prensiplerini ve kullanım alanlarını inceleyeceğiz.

3.1. Peltier Plakalar ve Çalışma Prensipleri

Peltier plakaları, termoelektrik etki prensibine dayanan cihazlardır. Bu plakalar, elektrik enerjisini kullanarak bir yüzeyde soğutma ve diğer yüzeyde ısıtma işlevi görebilir. Adlarını 1834 yılında bu etkiyi keşfeden Fransız fizikçi Jean Charles Athanase Peltier'den almıştır. Peltier etkisi, elektrik akımının bir termoelektrik malzeme üzerinden geçmesiyle ısı transferinin meydana geldiği fiziksel bir olgudur. (Goldsmid, 2016)

3.1.1. Temel prensipler

Peltier plakalarının çalışma prensibi, iki farklı iletken ya da yarı iletken malzeme arasında elektrik akımının geçmesiyle ortaya çıkar. Bu malzemeler genellikle p-tipi (pozitif yük taşıyıcılar) ve n-tipi (negatif yük taşıyıcılar) yarı iletkenlerden oluşur. Elektrik akımı p-tipi malzemeden n-tipi malzemeye doğru akarken, bir bağlantı noktası ısı kaybeder (soğutur) ve diğer bağlantı noktası ısı kazanır (ısıtır). Bu ısı transferi, termoelektrik malzemelerin elektron seviyelerindeki enerji farkları nedeniyle meydana gelir. Termoelektrik olay, sıcaklık farkının elektrik potansiyeline dönüşümü ya da elektrik potansiyelinden kaynaklı olarak farklı bölgeler arasında sıcaklık farkı oluşturulması durumudur. Bu olay enerji dönüşüm teknolojilerinde kritik bir rol oynar. Temel olarak, termoelektrik olay üç ana etkiden oluşur: Seebeck etkisi, Peltier etkisi ve Thomson etkisi (Rowe, 2006).

3.1.1.1. Peltier etkisi

Fransız fizikçi Jean Charles Athanase Peltier, 1834 yılında, bir elektrik akımının iki farklı metalin birleşim noktasından geçtiğinde bir bağlantı noktasının ısındığını, diğer noktasının ise soğuduğunu gözlemlemiştir. Bu fenomen, Peltier etkisi olarak adlandırılmıştır ve termoelektrik soğutma sistemlerinin temel prensibini oluşturur (Peltier, 1834).

Bu nedenle peltier etkisi diye adlandırılan bu kuram, elektrik akımının varlığı ile ortaya çıkar. İki farklı malzemeden oluşan bir devrede, akım akıtıldığında bağlantı noktalarında ısı değişim gözlemlenir. Bu durumda, bir bağlantı noktası soğurken diğer nokta ısınır. Peltier etkisi, enerji dönüşümünde ısı transferi mekanizması olarak işlev görür ve termoelektrik soğutucuların temel prensibini oluşturur (Riffat ve Ma, 2003). Bu etkinin büyüklüğü, malzemenin Peltier katsayısına(Π) bağlıdır ve şu şekilde ifade edilir:

$$Q = \Pi \cdot I \quad (3.1)$$

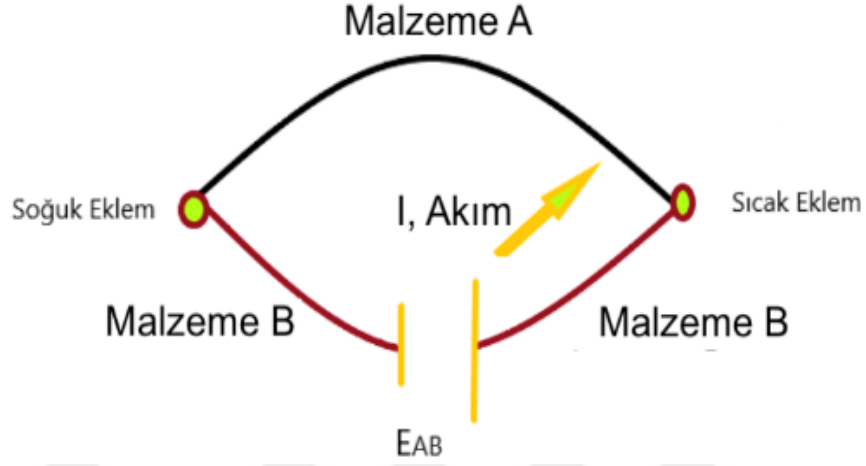
Burada:

Q: Bağlantı noktasında oluşan üretilen veya emilen ısı miktarıdır, birimi W'dır (Watt);

Π : Peltier katsayısıdır, birimi V'tur (Volt);

I: Devreden geçen elektrik akımıdır, birimi A'dir (Amper) (Riffat ve Ma, 2003)

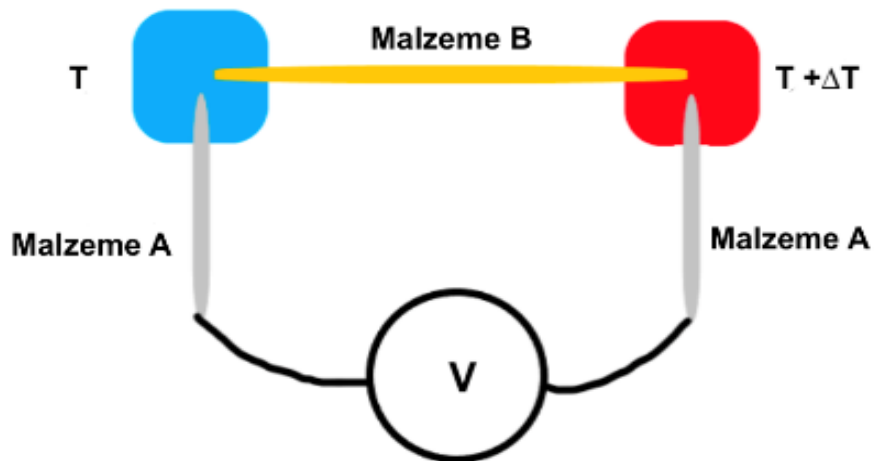
Bu matematiksel formülü şematik olarak ifade etmek amacıyla Şekil 3.1 paylaşılmıştır. Burada iki malzeme arasındaki sıcaklık farkının sağlanan devre ve geçirilen akım sonucu değişmesi ifade edilmektedir.



Şekil 3.1. Peltier etkisi ile oluşan sıcaklık farkının şematik gösterimi (Riffat ve Ma, 2003).

3.1.1.2. Seebeck etkisi

Seebeck etkisi, elektrik üretimi için termoelektrik teknolojinin temel prensiplerinden biridir ve Alman fizikçi Thomas Johann Seebeck tarafından 1821 yılında keşfedilmiştir. Seebeck, farklı elektriksel iletken malzemelerden oluşan bir devrede, birleşim noktalarında meydana gelen sıcaklık farkının bir elektrik potansiyeli (gerilim) oluşturduğunu fark etmiştir. Bu etki, iki farklı iletken malzemenin sıcaklık farkına bağlı olarak elektrik enerjisi üretmesini sağlar (Seebeck,1821).



Şekil 3.2. Seebeck etkisi ile oluşan gerilim farkının şematik olarak gösterimi (Seebeck, 1821).

Seebeck etkisi ile oluşan gerilim değeri Şekil 3.2’de şematik gösterilmiştir. Seebeck etkisi, termoelektrik cihazların temelini oluşturur ve termoelektrik jeneratörlerin (TEG) çalışma prensibi bu olguya dayanır. Matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$V = S \cdot \Delta T \quad (3.2)$$

Buradaki Eşitlikte;

V: Üretilen voltaj (V),

S: Kullanılan p ve n ayaklar için Seebeck katsayısı (V/K),

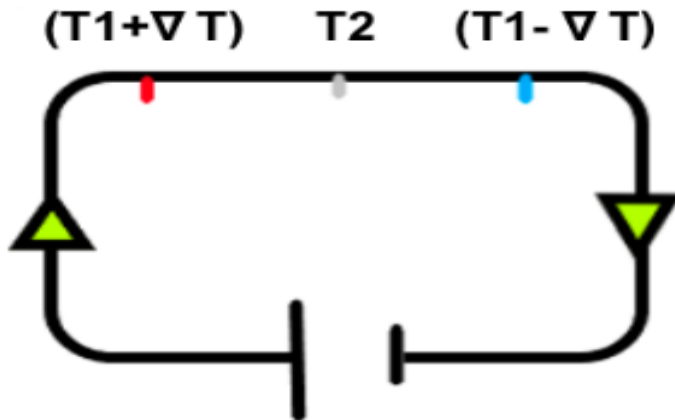
ΔT : Sıcak ve soğuk yüzeyler arasındaki ısı farkı olmak üzere (K)’dir.

Seebeck katsayısı, kullanılan yarı iletken malzemelerin termoelektrik performansını belirleyen bir parametredir. Yüksek Seebeck katsayısına sahip malzemeler, daha yüksek verimlilikle enerji dönüşümü sağlar (Goldsmid, 2016).

3.1.1.3. Thomson etkisi

William Thomson (daha sonra Lord Kelvin unvanını almıştır), 1851 yılında homojen bir iletkenin farklı noktaları arasında bir sıcaklık farkı olduğunda bu farkın elektrik akımıyla birleşerek ısı alışverişine neden olduğunu keşfetmiştir. Bu etki, Thomson etkisi olarak bilinir ve termoelektrik cihazların verimliliği üzerinde kritik bir rol oynar (Thomson, 1851).

Thomson etkisi, bir iletken boyunca farklı sıcaklık bölgeleri arasında açığa çıkan veya emilen ısı miktarını tanımlar. Eğer bir iletkenin farklı bölgelerinde sıcaklık farkı varsa, bu fark enerji dönüşümüne katkıda bulunabilir (Goldsmid, 2016).



Şekil 3.3. Thomson etkisinin şematik olarak gösterimi (Goldsmid, 2016).

Şekil 3.3'te şematik olarak ifade ettiğimiz Thomson etkisinin matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$q = \tau \cdot \nabla T \cdot I \quad (3.3)$$

Burada:

q: Bir iletken boyunca oluşan veya emilen ısı miktarıdır, birimi Watt veya Joule'dür.

τ : Thomson katsayısıdır ve malzemenin termoelektrik özelliklerini tanımlar, birimi V/K'dir (Volt bölü Kelvin).

∇T : Sıcaklık gradyanını (farkını) ifade eder, birimi K/m (Kelvin/metre) olarak belirtilir ve iletken boyunca sıcaklık farkının büyüklüğünü temsil eder.

I: Devreden geçen elektrik akımını ifade eder, birimi A'dir (Amper cinsindedir) (DiSalvo, 1999).

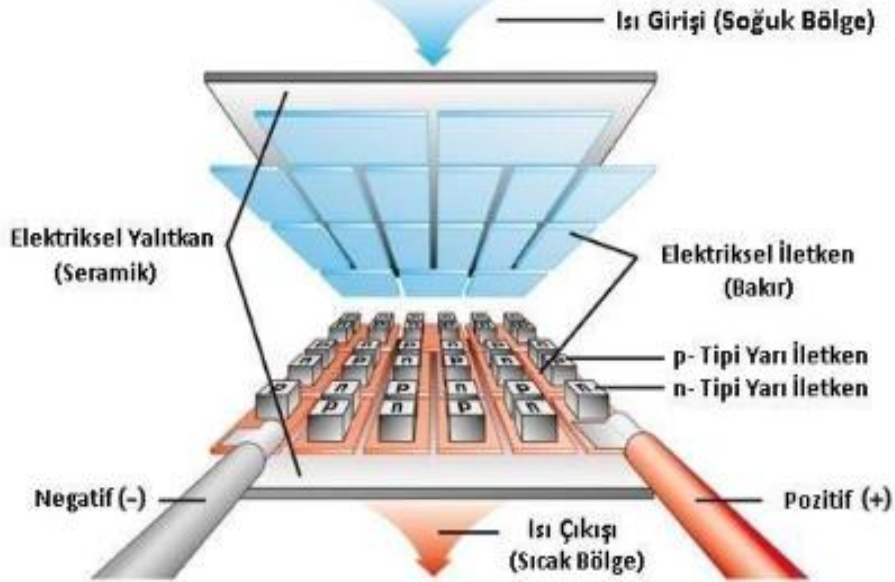
Homojen bir iletkende sıcaklık gradyanı yoksa, ısı transferi gerçekleşmez ve termoelektrik olay gözlemlenmez.

3.1.2. Yapısı ve malzemeleri

Peltier plakaları, genellikle ince seramik plakalar arasında dizili termoelektrik yarı iletken malzeme bloklarından oluşur. Bu bloklar, seri ve paralel bağlantılarla düzenlenir ve elektrik akımının etkili bir şekilde yönlendirilmesini sağlar. Seramik tabakalar hem mekanik dayanıklılık hem de elektriksel yalıtım sağlamak için kullanılır (Rowe, 2006). Günümüzde yaygın olarak kullanılan peltier plakalara Şekil 3.4'te ve içyapısına ise Şekil 3.5'te yer verilmiştir.



Şekil 3.4. Peltier plaka dış görünümü (Domirobot.com).



Şekil 3.5. Peltier plaka iç yapısı (Noah Precision LLC, 2013).

En yaygın termoelektrik malzemeler şunlardır:

- Bizmut tellür (Bi_2Te_3): Düşük sıcaklık aralıklarında yüksek ZT değerine sahiptir ve en yaygın kullanılan malzemelerden biridir (Goldsmid, 2016).
- Kurşun tellür (PbTe): Orta sıcaklık aralıklarında termoelektrik uygulamalar için kullanılır (DiSalvo, 1999).
- Silikon-germanyum (SiGe): Yüksek sıcaklık uygulamalarında tercih edilir ve uzay çalışmaları gibi özel alanlarda kullanılır (NASA, 2015).

Bu malzemeler, termoelektrik dönüşüm verimliliğini belirleyen "termoelektrik figure-of-merit" (ZT) değerine göre seçilir. Daha yüksek ZT değeri, daha verimli bir çalışma anlamına gelir (Riffat & Ma, 2003).

3.1.3. Avantajları ve dezavantajları

3.1.3.1. Avantajları

- Hareketli parçaları olmadığı için dayanıklı ve sessizdir.
- Kompakt yapısı sayesinde dar alanlarda kullanıma uygundur.
- Doğrusal bir kontrolle hassas sorsal bir kontrolle hassas soğutma sağlar.
- Ters çalıştırılarak ısıtma işlevi görebilir.
- Görece kolay kurulumu sayesinde portatif uygulamalara uygundur (Bell, 2008; Rowe, 2006; Goldsmid, 2016; Riffat & Ma, 2003; DiSalvo, 1999).

a) Dezavantajları:

- Geleneksel kompresörlü soğutuculara göre düşük enerji verimliliğine sahiptir.
- Soğutma kapasitesi sınırlıdır ve genellikle daha küçük uygulamalar için uygundur.
- İşletim sırasında atık ısının etkin bir şekilde dağıtılması gerekir, aksi halde performans düşer.
- Düşük enerji verimliliği, endüstriyel büyük ölçekli uygulamalarda kullanımını sınırlandırır (Bell, 2008; Rowe, 2006; Riffat & Ma, 2003; DiSalvo, 1999).

3.1.4. Kullanım alanları

Peltier plakaları çeşitli endüstriyel ve tüketici uygulamalarında kullanılır:

- Elektronik Soğutma: Mikro çiplerin, lazer diyotlarının ve LED'lerin son ve LED'lerin soğutulmasında.
- Taşınabilir Sonabilir Soğutucular: Mini buzdolapları ve içecekler için üretilen soğutucuları.
- Atık Isı Geri Kazanımı (TEG): Termoelektrik jeneratörler (TEG), endüstriyel tesislerde, motorlu araçlarda veya evsel cihazlarda açığa çıkan atık ısıyı elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılır. Örneğin, otomotiv sektöründe

TEG sistemleri, egzozdan yayılan ısıнын geri kazanılmasında etkili bir rol oynar (Bell, 2008).

- Medikal Cihazlar: DNA analiz cihazlarında ve taşınabilir tıbbi ürünler için yapılan soğutucularda.
- Ulaşım Araçlarında Kullanım (ATEG): Özellikle hibrit araçlarda, termoelektrik sistemler, motorun ve egzoz gazlarının atık ısını elektrik enerjisine çevirerek enerji verimliliğini artırır (Snyder, 2008).
- Havacılık ve Uzay Çalışmaları: Radyoizotop termoelektrik jeneratörler (RTG), uzay araçlarına enerji sağlamak için kullanılır.

Bu jeneratörler, plütonyum-238 gibi radyoaktif izotopların bozunmasıyla üretilen ısıyı elektrik enerjisine dönüştürür (NASA, 2015).

Termoelektrik sistemler, ısı ve elektrik enerjisi arasındaki dönüşümü gerçekleştiren yarı iletken bazlı cihazlardır. Bu sistemler genellikle iki ana kullanım amacına göre sınıflandırılır: daha önce bahsettiğimiz soğutma (TEC- Thermoelectric Cooler) ve elektrik üretimi (TEG- Thermoelectric Generator). Her iki sistem de aynı temel fiziksel prensiplere özellikle Seebeck ve Peltier etkilerine dayanmasına rağmen, uygulama alanları, tasarımları ve performans kriterleri açısından önemli farklılıklar gösterir (Rowe, 2006).

4. TEG (THERMOELECTRIC GENERATOR)

Thermoelectric Generator (TEG) sistemleri, sıcaklık farkını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yenilikçi cihazlardır. Bu sistemler, özellikle atık ısıdan enerji geri kazanımı, uzay uygulamaları ve taşınabilir enerji sistemlerinde önemli avantajlar sunar (Bell, 2008).

4.1. TEG (Thermoelectric Generator) Plakalar ve Çalışma Prensipleri

TEG (Thermoelectric Generator) sistemleri, Seebeck etkisini kullanarak çalışır. Bir sıcaklık farkı oluşturulduğunda, iki farklı yarı iletken malzeme arasında elektrik potansiyeli oluşur ve bu fark elektrik akımına dönüştürülür. Bu sistemler, egzoz gazı geri kazanımı, atık ısıdan enerji üretimi, güneş termal sistemleri ve uzay uygulamaları gibi alanlarda elektrik üretimi amacıyla kullanılır. TEG'ler, özellikle bakım gerektirmeyen yapıları, sessiz çalışma özellikleri ve düşük ölçekli enerji üretimi avantajlarıyla ön plana çıkar. Ancak, üretebildikleri enerji miktarı sınırlıdır ve sistem verimlilikleri genellikle %5-8 aralığındadır (DiSalvo, 1999).

4.2. TEG İle TEC Arasındaki Temel Farklar

Termoelektrik cihazlar, yarı iletken malzemelerin termoelektrik etkilerine dayalı olarak çalışan katı hal cihazlarıdır. Bu cihazlar genellikle iki ana kategoriye ayrılır: Termoelektrik Jeneratörler (TEG) ve Termoelektrik Soğutucular (TEC).

TEG (Thermoelectric Generator), sıcaklık farkı oluştuğunda elektrik enerjisi üretimi sağlayan bir cihazdır. Bu sistemlerde, “Seebeck etkisi” kullanılarak bir ısı kaynağından elektrik enerjisi elde edilir. TEG'ler özellikle atık ısının geri kazanımı, uzay araştırmaları (örneğin radyoizotop termoelektrik jeneratörler-RTG) ve düşük güçlü taşınabilir enerji sistemlerinde kullanılır (Rowe, 2006).

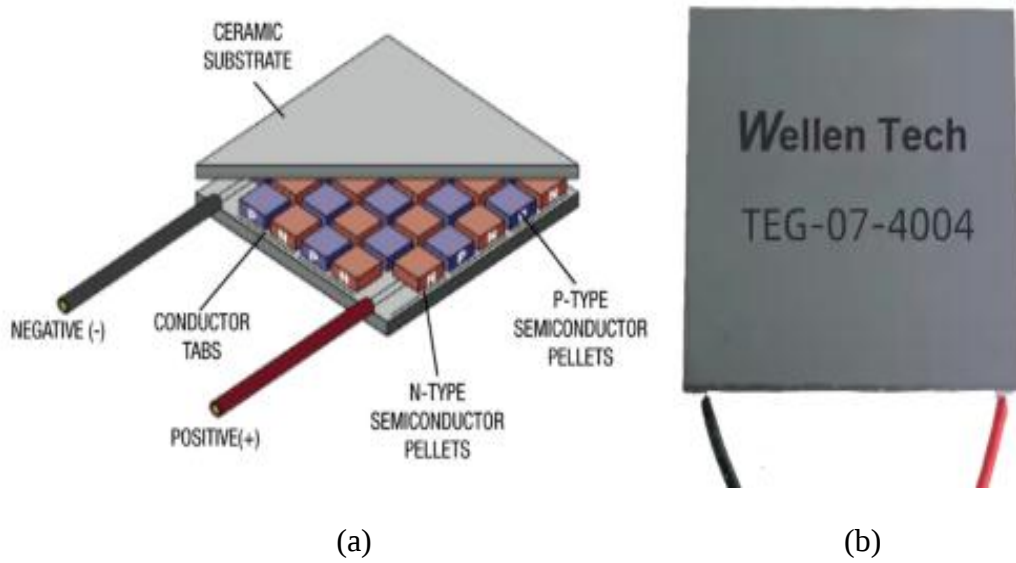
Buna karşılık, TEC (Thermoelectric Cooler), bir elektrik akımı uygulandığında yüzeyleri arasında sıcaklık farkı oluşturarak bir tarafın soğumasını sağlayan cihazlardır. Soğutmasip “Peltier etkisine” dayanır ve cihazlar genellikle elektronik

soğutma sistemlerinde, CPU/GPU soğutucularında ve taşınabilir mini buzdolaplarında yaygın olarak kullanılır (DiSalvo, 1999).

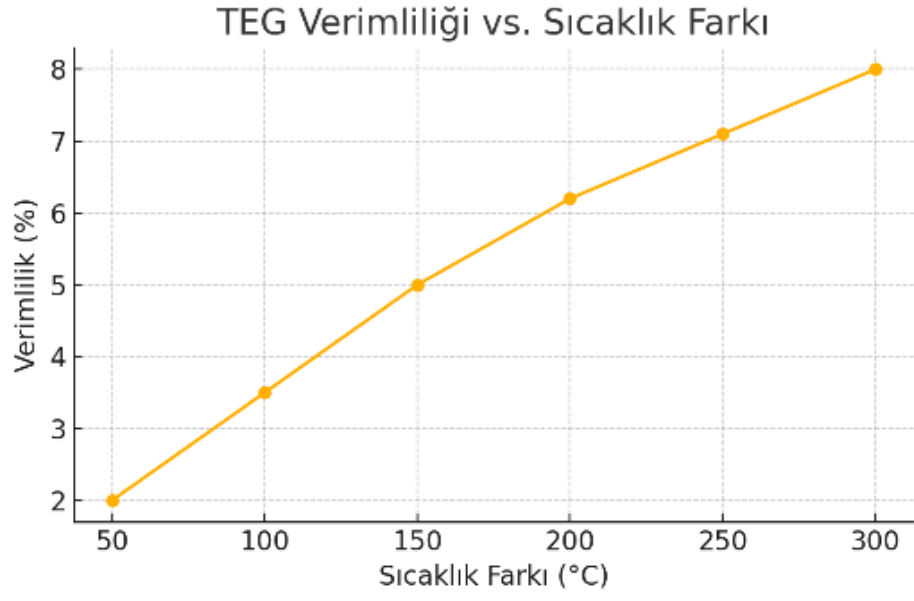
Her iki sistem de aynı temel yapı ve malzemelere sahip olsa da kullanım amaçları ve enerji yönü tersine çalışır: TEG ısıdan elektrik üretirken, TEC elektrikten ısı farkı oluşturur. Bu fark, cihazların devre tasarımları ve termal yönetim stratejileri açısından önemli farklılıklara yol açmaktadır (Riffat & Ma, 2003).

4.3. TEG Teknik Analiz

TEG sistemlerinin verimliliği, kullanılan malzemelerin Seebeck katsayısı, elektriksel iletkenlik ve termal iletkenliğe bağlıdır. ZT değeri (figure of merit) ile ifade edilen bu performans, daha yüksek sıcaklık farklarında daha yüksek verimlilik anlamına gelir. Şekil 4.2’de tipik bir TEG sisteminin iç-dış görünümü ve Şekil 4.1’de ise tipik bir TEG sisteminin sıcaklık farkına bağlı verimlilik değişimi grafiği gösterilmektedir (Riffat & Ma, 2003).



Şekil 4.1. TEG modül iç (a) ve dış görünümü (b) (<https://theelectricenergy.com>).



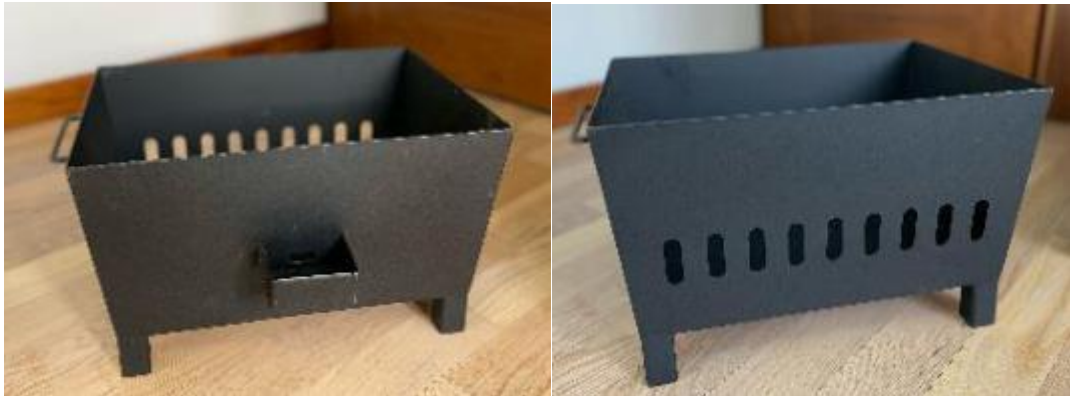
Şekil 4.2. Sıcaklık farkına göre TEG verimlilik grafiği (Riffat & Ma, 2003).



5. ISITMA, PİŞİRME VE ENERJİ ÜRETİMİ SAĞLAYAN CİHAZ ÜRETİMİ

5.1. Yanma Haznesi ve Pişirme Yüzeyi İmalatı

İmalat sektöründe yaygın olarak kullanılan 2 mm kalınlığında metal saç plakalardan elde edilen 37,5 cm alt genişliğe, 41 cm üst genişliğe ve 20 cm yüksekliğe sahip iki yan parça kesimi yapılmıştır. Parçalardan birinin alt kısmına 5 cm mesafede 1,5x4,00 cm ebatlarından 9 adet menfez boşluğu açılmıştır. Diğer yan yüzeyler için ise 26,5 cm alt genişliğe, 29,5 cm üst genişliğe ve 20 cm yüksekliğe sahip iki yan parça kesimi yapılarak hazırlanmıştır. Cihazımız zemini için 2 mm kalınlığındaki aynı metal plakadan 26 cm en ve 37 cm boy ölçülerinde dikdörtgen bir parça da son olarak kesilmiştir. Bu 4 yan ve 1 taban için kesilen 5 parça uygun yanma haznesi oluşturacak şekilde elektrot kaynağı ile kaynatılmıştır. Yanma haznemiz aşağıdan yukarı doğru genişleyen bir yapıda tasarlanmıştır. Yanma haznemiz alt kısmına ayak yapılması için aynı kalınlıktaki metal kare 3x3 cm kare boru profilden boru şekline 5 cm yüksekliğe sahip 4 adet parça kesilerek yanma ünitesi altına kaynatılmıştır. Cihazımız tutma kolları için 0,50 cm çap kalınlığında çubuk metal kullanarak “U” şeklinde iki adet kulp yapılarak kısa iki yan yüzeye kaynatılmıştır. Paslanmaz, kaynak çapak ve yüzey temizliği yapıldıktan sonra fırınında mat siyah renkte boyama işlemi yapılmış ve Şekil.5.1’de görüldüğü gibi tek parça ürün haline getirilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 5.1. Yanma haznesinin iki yönden görünümü.

Yanma haznemiz üzerine ise temaslı ve temassız pişirme amacına hizmet etmesi gerektiğinden 2 mm kalınlıktaki paslanmaz özellikli metal malzemeden belirli aralıklar ile boşluklandırılmış (ızgara haline getirilmiş) bir üst pişirme ızgarası lazer kesim usulü ile hazırlanmıştır. Ölçüleri 41 cm boy ve 29,5 cm en olacak şekilde öçülendirilmiş ve kenar kısımları 1,00 cm ölçüsünde bükme işlemi ve tutma kolu kesimi yapılmıştır. Burada üst pişirme kısmının kullanım sırasında alt yanma haznesinin üzerinde sabitlenmesinin sağlanması amaçlanmıştır. Paslanmaz olması sayesinde boyama gerektirmemiş ve temaslı pişirme sırasında sağlıklı pişirme sağlaması dikkate alınmıştır. Pişirme ızgarası uzun süreli pişirme ve ısınma sürelerine dayanıklı olacak kalınlık ve sağlamlıkta Şekil 5.2’de bulunan görseldeki gibi 2 mm paslanmaz metal malzemeden lazer kesim yöntemi ile üretilmiştir.

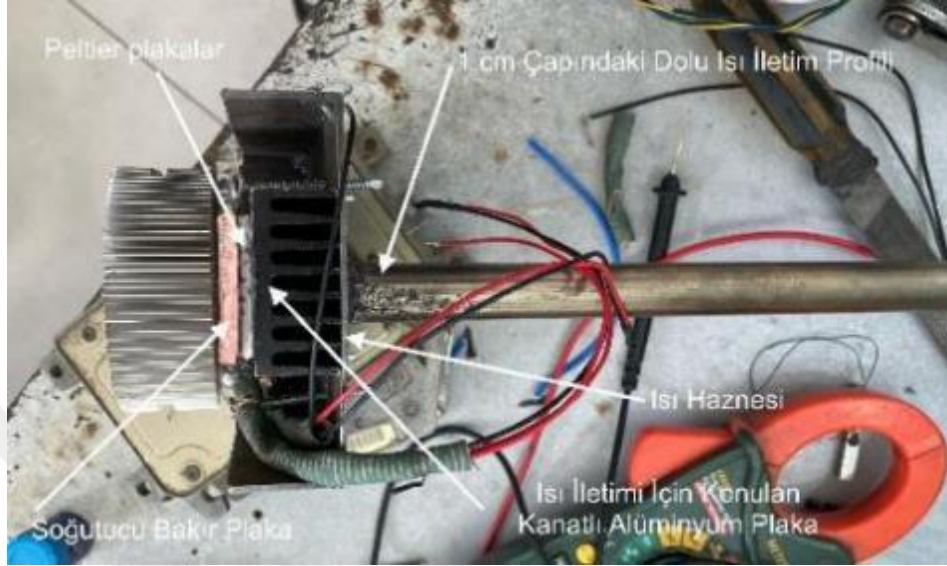


Şekil 5.2. Pişirme ızgara genel görünümü.

5.2. Peltier Plakalı Isı Emiş Haznesi Tasarımı

Yanma haznemiz kenar kısmına monte edilmek üzere 4x4 cm ölçüsünde peltier plakalarımızı yerleştireceğimiz 2 mm kalınlığında sac metalden 11x15x3,2 cm ebatlarında dikdörtgen biçimindeki peltier plaka haznemiz elektrot kaynak yöntemi kullanılarak hazırlandı. Bu haznemiz uç kısmına açılan 1 cm çapındaki boşluğa haznemiz ikinci parçası olan 1 cm çaplı içi dolu metal ısı iletim çubuğumuz elektrot kaynağı ile önce sıkı geçme yapılarak kaynatılmıştır. Önceden 1 cm çaplı boşluk açılarak sıkı geçme yapılması ile iç kısımdaki peltier plakaların sıcak yüzeyine yapışık bakır plakamıza ısı iletiminin doğrudan geçişi hedeflenmiştir.

Bu modül içine yerleştirilecek peltier plakalar ile bu parça 1 cm çaplı ısı iletim çubuğu ile ve vidalama yöntemi ile termal macunlu olarak sabitlenecektir. Bu şekilde pişirme ve ısı ünitemiz ile TEG sistem içeren iki ana kısım birleşmiş ve nihai şeklini almış olacaktır. Şekil 5.3'te haznemiz genel görünüm görseli verilmiştir.



Şekil 5.3. Peltier plaka ısı emiş haznesi görünümü.

TEG modülümüz içine peltier plakalarımız Voltaj yüksekliği sağlaması için seri olarak bağlanmıştır. Toplam 3 Adet SP 1848 27145 model seebeck özellikli peltier plaka kullanılmıştır. Peltier plakalar sıcak yüzeyine kanallı alüminyum plaka kullanılarak ısı geçişi sağlaması için demir boru profil yüzeyine yerleştirilerek ısı geçişi ve Voltaj değeri gözlenmiştir. Şekil 5.4'te peltier yerleşme şekli ve üretilen maksimum voltaj değeri görülmektedir. 30 dakika süre ile ısıttığımız boru profil ile ısı haznemiz içindeki ikinci ısı iletim elemanı olan alüminyum kanallı parça üzerinden elde ettiğimiz ısı geçişi ile en fazla 0,5 V üretim elde edilebilmiştir. Haznenin direk kendisi ısıya muhatap edildiğinde ise 0,5-1,00 V aralında bir üretim sağlanabilmiştir. Elde edilen voltaj değeri yeterli olmadığı için TEG modülünde değişiklik yapılması gerektiği düşünülmüştür. Bunun üzerine peltier plakaların bağlı bulunduğu sıcak ve soğuk plakalar üzerine bağlantı yöntem değişikliği ve malzeme olarak değişikliği yapılarak tekrar test edilmiştir.



(a)

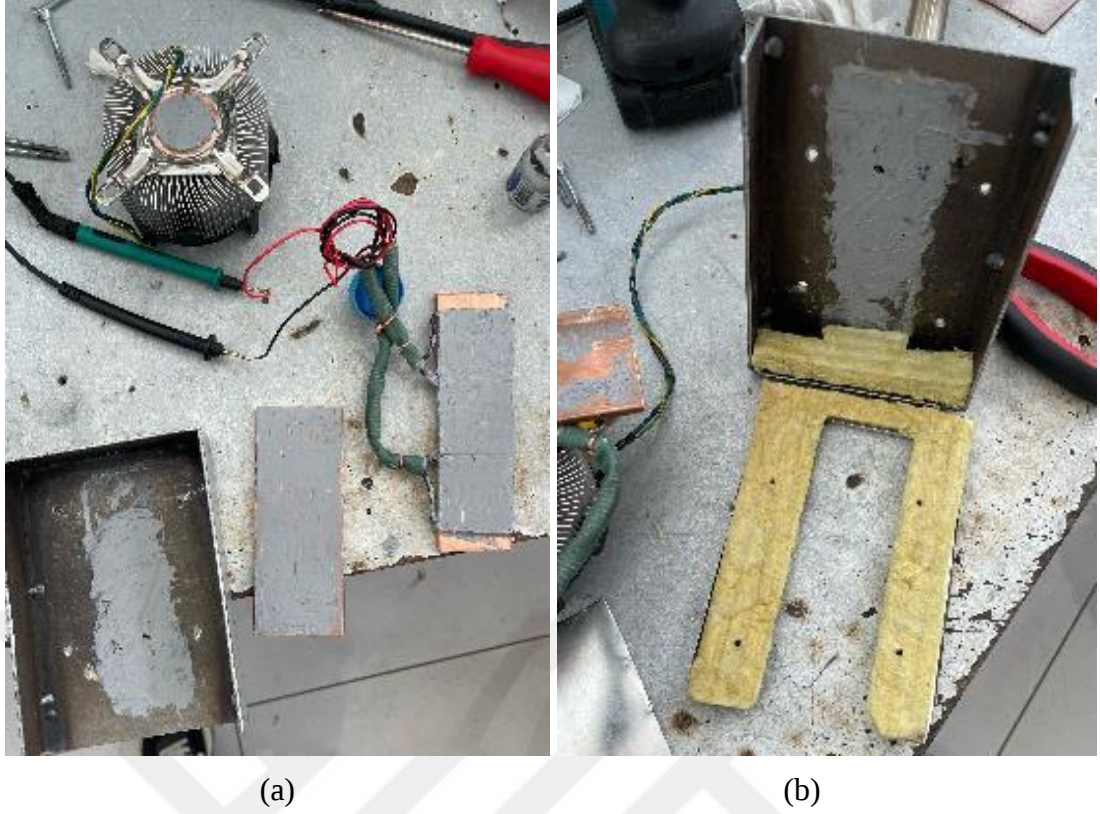


(b)

Şekil 5.4. TEG modül peltier yerleşimi (a) ve bu yerleşim ile ulaşılan “V” değeri (b).

5.3. Peltier Plakalı Isı Emiş Haznesi Tasarım Değişim Çalışması

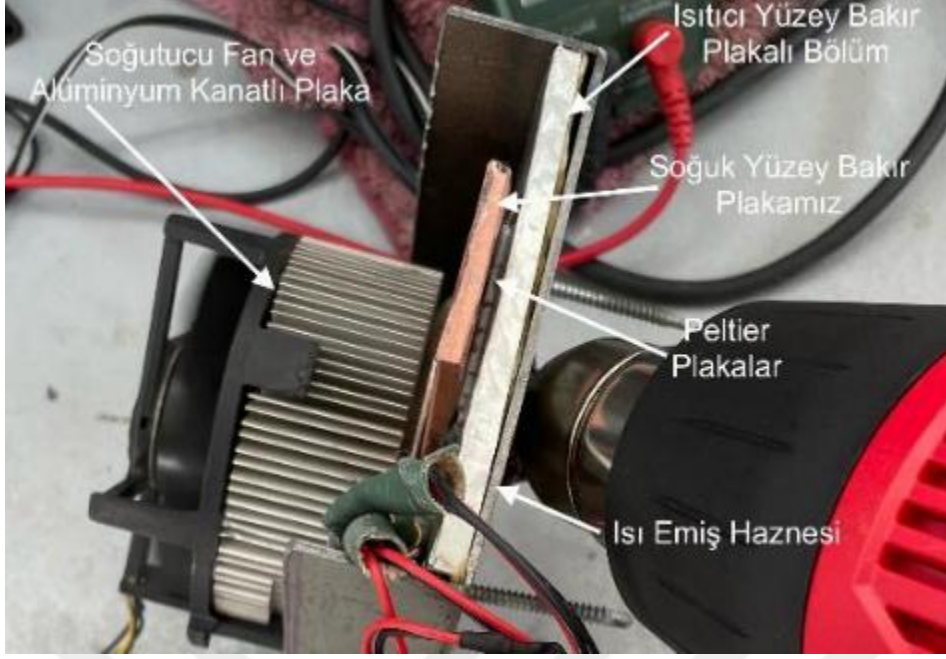
Peltier plakalı ısı emiş haznemiz için ikinci bir yöntem olarak alüminyum kanallı profil yerine soğutma yüzeyimizde kullanmayı planladığımız 5 mm kalınlığındaki bakır plakanın 5 cm genişliğinde olan profilini 12 cm uzunluğunda peltierlerimiz sıcak yüzeyine ısı geçişi için kullanıyoruz. Böylece peltier plaklarımızın hem sıcak hem de soğuk yüzeylerinde 5 mm kalınlığında bakır ısı iletim plakası kullanmış oluyoruz. Sıcak yüzeydeki ısı iletimi için kullanılan bakır plakamız ince bir yapıda olması sebebi ile Şekil 5.5’te de görülen montaj sonrası verimliliği arttırmak için bakır plaka kalınlığında 5 mm olarak taş yünüyle yalıtım uygulaması yapılmıştır. Yapılan bu izolasyon ile ısı veren haznemiz yüzeyinin soğutucu taraftaki plakaya ısı geçişini azaltmak amaçlanmıştır.



Şekil 5.5. Peltier plaka ısı alan kısma bakır plaka montajı (a), ısı haznesi ısı yalıtımı (b).

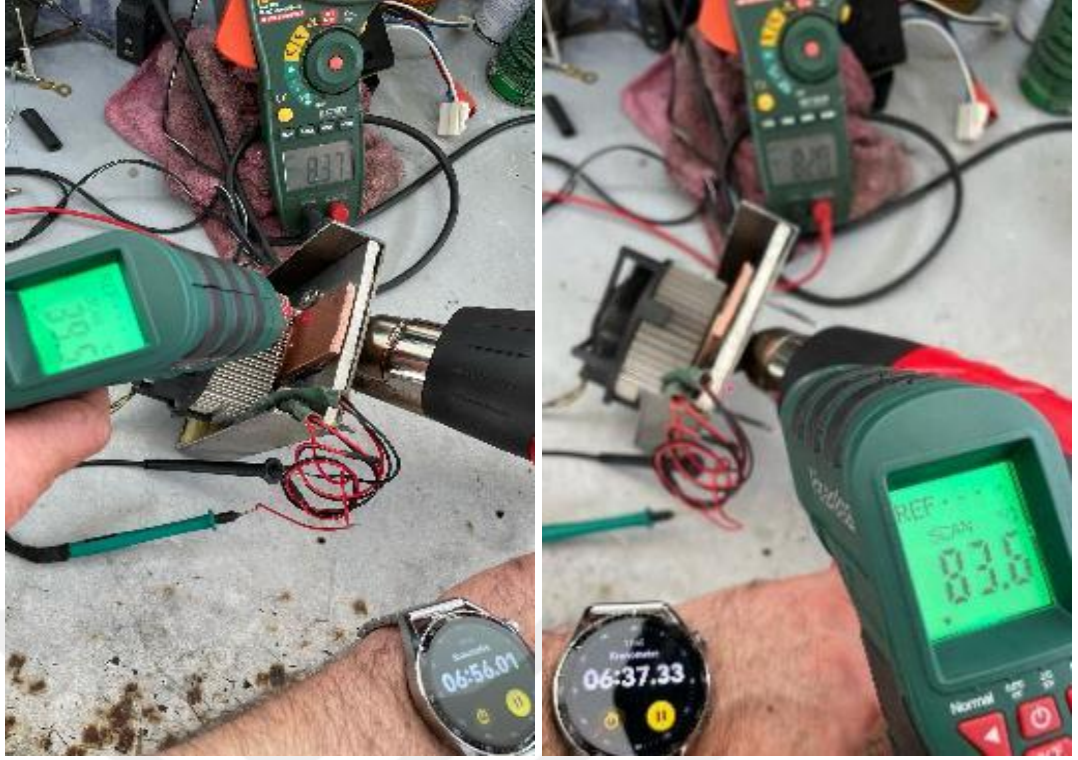
Peltier plakalarımız ısı alan kısmının ve ısı aktarımı yapan bakır plakamızın sıcaklığı izolasyon ile peltier plakaların sıcak yüzeyine hapsedilemsi sağlanmış oldu. Ayrıca peltier plakaların soğuk kısmının bu sıcaklıktan çok daha az etkilenmiş olmasının yanında soğutma işlemi yapılırken de daha izole dış ortam havası ile hava soğutma sağlanmış oldu.

Şekil 5.6’da görüldüğü gibi soğutucu fan ve fana ait bulunan bakır göbekli ve alüminyum dairesel soğutma kanatlı fan yapının olabildiğince dışında tutulmuştur. Bu sayede soğutma işlemi yapılırken daha dış ortam hava akımı alınarak soğutma plakalarına verilmesi hedeflenmiştir. Peltier plakalar sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki ısı farkının arttırılması amaçlanmıştır.



Şekil 5.6. Yenilenmiş peltier plaka ısı emiş haznesi görünümü.

Isı emiş haznemiz montajı tamamlandıktan sonra ana ünitemiz olan pişirme kısmı ile birleştirilmeden önce tekrar voltaj ölçümleri yapılarak verimliliği test edilmiştir. Bir sıcak hava tabancası yardımıyla ısı haznesinin hem ısı emiş yüzeyi hem de ısı emiş profili ısıtılarak değerleri ölçülmüştür. Haznemiz ısıtıldığında ilk dakika içerisinde 1 Volt değerinin üzerine ve ilk 5 dakika 5 Volt değeri üzerine çıktığı hatta Şekil 5.7’de görüldüğü şekilde 6. Dakikada 8,2-8,3 V değerleri ölçülmüştür. Başlangıç sıcaklık değerleri ölçümlerimiz ise sıcak yüzeyde ısı tahliyesi için kullanılan bakır plaka ve soğutucu fanımız alüminyum kanatları üzerinden yapılmıştır. Isı ölçümü için yerli malı ve -50 °C ile +380 °C sıcaklık aralığında ölçüm özelliği olan Piranha Infrared Termometre kullanılmıştır.

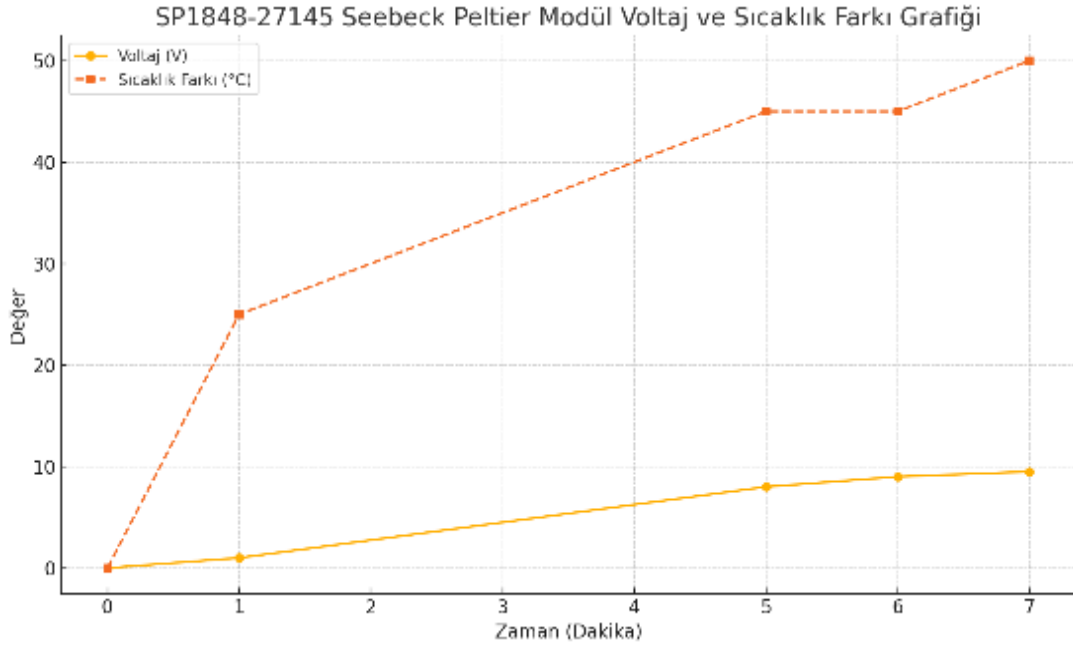


(a)

(b)

Şekil 5.7. TEG Modül soğuyan yüzey ısı ölçümü ve “V” değeri ölçümü (a), TEG modül ısınan yüzey ısı ölçümü ve “V” değeri ölçümü.

Ölçüm sırasında sistem elemanlarının oda sıcaklığında ısı verilme işlemi yapılmadan ısı değerleri ölçülmüştür. Hem ısıtılan yüzey elemanları ısı değeri hem de soğutulan yüzey elemanları 24-25 °C aralığında olduğu görülmüştür. Isıtma işlemi yapılmaya başladıktan 1 dakika sonra ısıtılan yüzey ısı değeri 50-55 °C aralığına çıkarken soğutulan yüzey ısı değeri ise 30-35 °C aralığında olduğu görülmüştür. 20-25 °C derecelik sıcaklık farkı ile seri bağlı 3 adet seri bağlı peltier plaka ile 1 V değeri aşmayı başarmıştır. Isıtmaya devam edildiğinde ise ilk 5-6 dakika içerisinde soğutulan yüzey ısı değeri ise 39-40 °C aralığına ulaşırken ısıtılan yüzey ısı değeri 84-85 °C aralığına ulaştığı gözlemlenmiştir. Ulaşılan bu 45 °C’lık sıcaklık farkı ile 8 V değeri aşılmıştır. Isıtma işlemi devam edilince 6 dakika üzerinde sürelerle çıkıldığında ise 9 V değeri aşılmıştır. Bunun üzerine TEG modülünün Şekil 5.8’deki grafikteki değerleri dikkate alınarak ikinci şekli ile tasarlanmasının daha uygun olduğu görülmüştür.



Şekil 5.8. Seri bağlı 3 adet SP1848-27145 Seebeck peltier içeren TEG modül voltaj sıcaklık farkı grafiği.

Kullandığımız peltier plakaların teknik verileri incelendiğinde eğer sağlıklı bir ısı geçişi sağlanır ve 100 °C’lik sıcaklık farkı elde edilirse en yüksek 4,8 V değeri elde edilebildiği belirtilmektedir. Bu özelliği ve diğer özellikleri içerir Tablo 5.1’de detaylı bir şekilde SP1848-27145 model seebeck özellikli peltier plakalar için verilmiştir. Ancak uygulamak istediğimiz yöntemin pişirme ünitesinde oluşacak sıcaklık değişimleri ve ısının sürekli ve verimli geçmesinde kullanımdan ve ateşin doğal sönümlerinden kaynaklı sıcaklık değişiklikleri dikkate alınarak maksimum değerler yerine ortalama değerler dikkate alınmıştır.

Tablo 5.1. SP1848-27145 Seebeck-Peltier modülüne ait teknik verileri (Benjamin & Ouserigha, 2022).

Özellik	Değer
Model	SP1848-27145
Boyutlar	40mm x 40mm x 4mm
Malzeme	Bismut Tellürid (Bi_2Te_3)
Çalışma Sıcaklığı Aralığı	-30°C ila +120°C
Maksimum Sıcaklık Farkı	100°C
Açık Devre Gerilimi ($\Delta T=100^\circ\text{C}$)	4,8 V
Kısa Devre Akımı ($\Delta T=100^\circ\text{C}$)	669 mA
Maksimum Güç Çıkışı	3,2W
Soğuk Yüzey	Yazılı taraf
Sıcak Yüzey	Yazısız taraf

Peltier plakalarımızın farklı ısı aralıklarında üretmiş oldukları Voltaj değerini araştırdığımızda sahip olunan teknik veriler Tablo 5.2’de gösterilmiştir. 20 °C’lik bir sıcaklık farkı ile 1 V değerine ulaşıldığı ve 100 °C sıcaklık farkı ile de en yüksek 4,8 V değerine ulaşabildiği görülmektedir.

Teknik veriler de dikkate alınarak hazırlamış olduğumuz TEG modülümüzü pişirme haznemiz ile birleştirme aşamasına getirmiş olduk. Bir sonraki aşamada pişirme ünitesi ile ısıyı en etkin alacak şekilde montajı yapılacaktır.

Tablo 5.2. SP1848-27145 Seebeck-Peltier modülüne ait sıcaklık farkına göre gerilim ve akım değerleri (Benjamin & Ouserigha, 2022).

Sıcaklık Farkı (ΔT)	Açık Devre Gerilimi (V)	Kısa Devre Akımı (mA)
20°C	0,97 V	225 mA
40°C	1,8 V	368 mA
60°C	2,4 V	469 mA
80°C	3,6 V	558 mA
100°C	4,8 V	669 mA

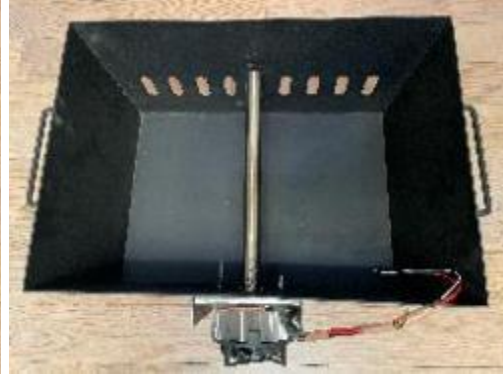
5.4. Peltier Plakalı Isı Emiş Haznesinin Pişirme Ünitesi ile Birleştirilmesi

Peltier plakalı ısı emiş haznesinin pişirme ünitesi ile birleştirilmesinde 3 önemli husus bulunmaktadır. Bunlardan birincisi ve en önemlisi ısı emiş ünitesinin pişirme ünitesinden etkin ve sürekli ısı çekebilmesidir. İkinci önemli husus ise yapılan bu montaj sonrası TEG ünitesinin pişirme ve ısınma işlevlerine mani olmayacak bir şekilde monte edilmiş olmasıdır. Üçüncüsü ise bu birleştirme şeklinin, tasarımının kullanım sırasında yüksek ısılara çıktığında TEG içinde bulunan peltierlerin sahip olduğu yarı iletken yapılara, lehimlere zarar verecek ısı seviyelerine çıkmasına sebep olmamasıdır.

Bu üç önemli detay dikkate alınarak ısı emiş ünitesinin monte edileceği alana içi dolu milin gireceği boyutun bir miktar üzerinde dikdörtgen şeklinde boşluk açılmış ve bu boşluğun ısı iletimi için kullanılan bakır plaka ile hizalanarak birleştirilmesi sağlanmıştır. Böylece birleştirilme sonrası milden ısı emilimine ilave olarak aynı zamanda ısı emiş haznesinin direk ısıya muhatap edilmiş ve daha etkin ısı emişi sağlanmıştır. İki ünitemizin birleşimini Şekil 5.8’de görüldüğü gibi önce iki yüzeyin ısı alışverişini arttırmak için termal macunlama sonrasında akıllı sac vidası ile vidalamak suretiyle monte etmiş olduk. Bu birleştirme şekli iki ünitenin yukarıda bahsettiğimiz üç önemli detayın şartlarını sağlayacak şekilde tercih edilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.9. Isı emiş haznesinin pişirme ünitesine montajlı yan görünümü (a), ısı emiş haznesinin pişirme ünitesine montajlı üst görünümü (b).

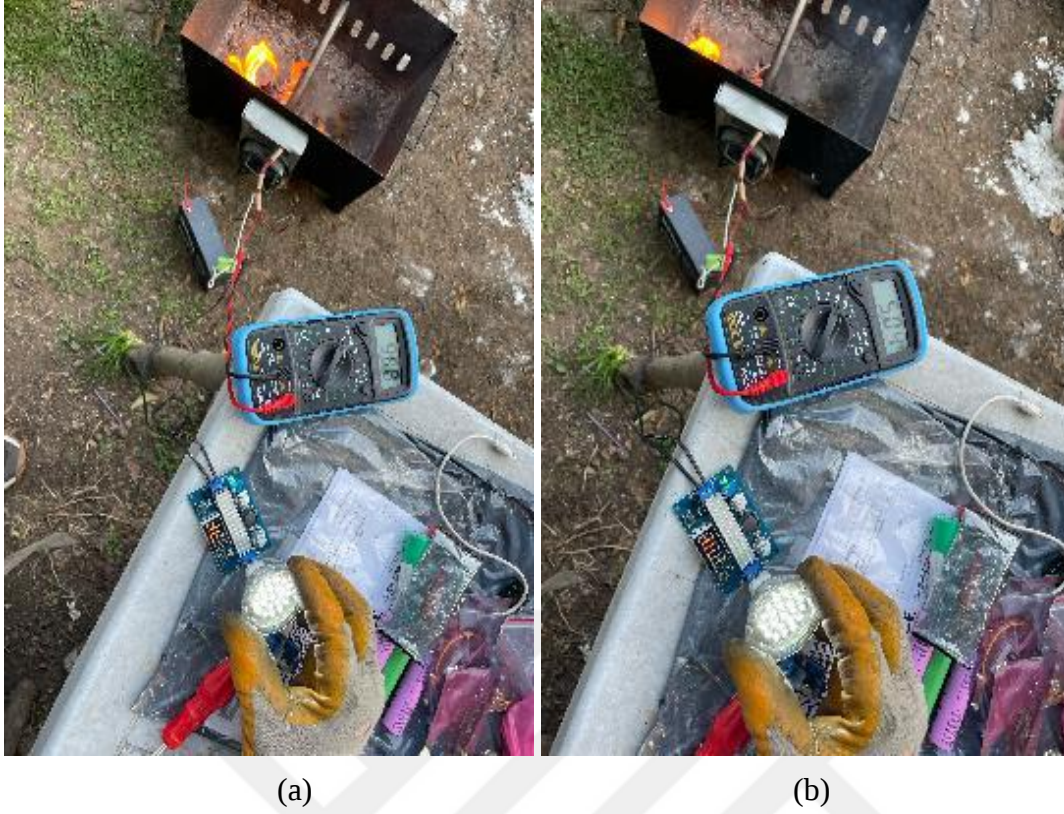
Soğutma kısmını ısı olarak olumsuz etkilemeyecek ve dış etkenlerden gelebilecek darbe gibi tüm olumsuzluklardan koruyacak şekilde TEG ısı emiş haznesinin üzerine kapak tasarlanmıştır. Kapak malzemesi olarak 2 mm kalınlığındaki paslanmaz sac kullanılmış ve iki parçalı kapak düzeneği lazer kesim yöntemi ile hazırlanmıştır. Üzerine ızgara bölümleri bırakılarak buradan hava akışı sağlanması amaçlanmıştır. Kapak içerisinde yer alacak olan seri bağlı peltierlerimiz kabloları ve yine soğutucu fanımıza ait bulunan enerji kablolarımız yanmaz kablo koruyucu kılıf içerisine alınmıştır. Özellikle TEG ısı ünitemiz pişirme ünitesi ile temas halinde olduğunda yüksek sıcaklıklara çıkabilmekte ve temas eden tüm ünite elamanlarının da ısıya dayanıklı ya da korunaklı olması gerekmektedir.

Bu birleştirme yöntemi (pişirme ünitesine termal macun ile tamamen bitişik) ile pişirme ünitemiz açık havada ağaç yakıt kullanarak teste tabi tutulmuştur. Test sırasında Voltaj ölçümü yapılarak kayda alınmıştır. Yapılan test çalışmasında kısa sürede 10 V değeri aşılmıştır. Sıcaklık ölçümlerini yine lazer termometremiz ile gerçekleştirdiğimizde ise sıcaklık değerlerinin pişirme ünitesi ve dolayısı ile TEG ısı emiş haznemiz üzerinden 248 °C (478 °F) değerini aştığı ve soğutulan iç kısmın ise 72 °C (161 °F) seviyelerine geldiği görülmüştür. Şekil 5.9'da görülen bu değerler ışığında peltier plakalarımız çalışma sıcaklık aralığı olan -30 °C ile +120 °C aralık değerleri aşılmış olduğundan TEG ısı emiş modülünün pişirme ünitemizden bir miktar daha uzaklaştırılarak direk ısı temas boşluğu 2 mm kalınlığında bir metal parça ile kapatılması gerektiği görülmüştür.



Şekil 5.10. Pişirme ünitesi ağaç yakıtlı test iç hazne °F sıcaklığı (a), TEG ünitesi ısı emiş haznesi ağaç yakıtlı test °F sıcaklığı (b), ağaç yakıtlı test sonucu elde edilen yüksüz voltaj değeri (c).

Yaptığımız test sonucunu yük altında çalışırken elektrik üretim devremiz olan TEG modülümüzden gelen voltaj değerimiz ateş aktif yanarken 3-5 V ile yük altında değilken 8-10 V değerleri arasında gözlemlenmiştir. Değişken voltaj değerimizi 10-12 V aralığında sabitleyebilmek için LTC1871 Ayarlanabilir voltaj regülatör kartı kullanılmış ve 12 Voltluk bir led lamba yakmaya çalışılmıştır. Burada 6-7 V aralığında düşük ateşte değişken Voltaj değerleri LTC1871 regülatörü ile 10-12 V aralığına yükseltilmiş ve lamba yanması sağlanmıştır. Şekil 5.8’de görüldüğü şekli ile TEG modülünden alınan voltaj değeri 10 V değerine çok yakın değeri okuyorken lamba devreye girip sisteme yük bindiğinde ve akım çektiğinde 5V seviyelerine düştüğü görülmüştür. Burada yük altındayken ve devreden akım çekilirken voltaj değerlerindeki olağan düşüş gözlemlenmiştir.



Şekil 5.11. TEG ünitemiz yüksüz ürettiği voltaj değeri ölçümü (a), TEG ünitemiz yük altında ürettiği voltaj değeri ölçümü (b).

Test sonucunda üretilen voltaj değerinin yeterli olduğu 3,7 Voltluk iki adet seri ya da paralel bağlı pilin şarj voltaj değerini yakaladığı görülmüştür. 3,7 V iki adet seri bağlı pilin 7,4 V değerinde voltajın yaklaşık 1 V üzerinde 8,4 V ile tamamen dolabileceğinden bu değer yeterli olacaktır. Diğer taraftan paralel bağlı iki adet 3,7 V lityum-iyon pilimizin şarjını da standart 5 V değere sahip 1-2 A akım geçişine sahip güç kaynağı şarj modülleri ile şarj edebilmekteyiz. Paralel bağlı pillerimiz günlük hayatta kullandığımız cep telefonu taşınabilir güç kaynağı cihazlarında kullanılan pil sıralama şeklidir. Tablo 5.3'te 3,7 V'luk pillere dair şarj teknik verileri görülmektedir.

İki adet 3,7 V Li-ion pilin seri bağlanması durumunda, sistemin toplam nominal gerilimi 7,4 V tam şarj gerilimi ise 8,4 V olur. Şarj işlemi tipik olarak sabit akım-sabit voltaj (CC-CV) yöntemiyle gerçekleştirilir. Bu yöntemde hücreler sabit akım ile 8,4 V'a kadar şarj edilir, ardından voltaj sabit tutularak akım düşene kadar şarj devam eder (Battery University, 2023).

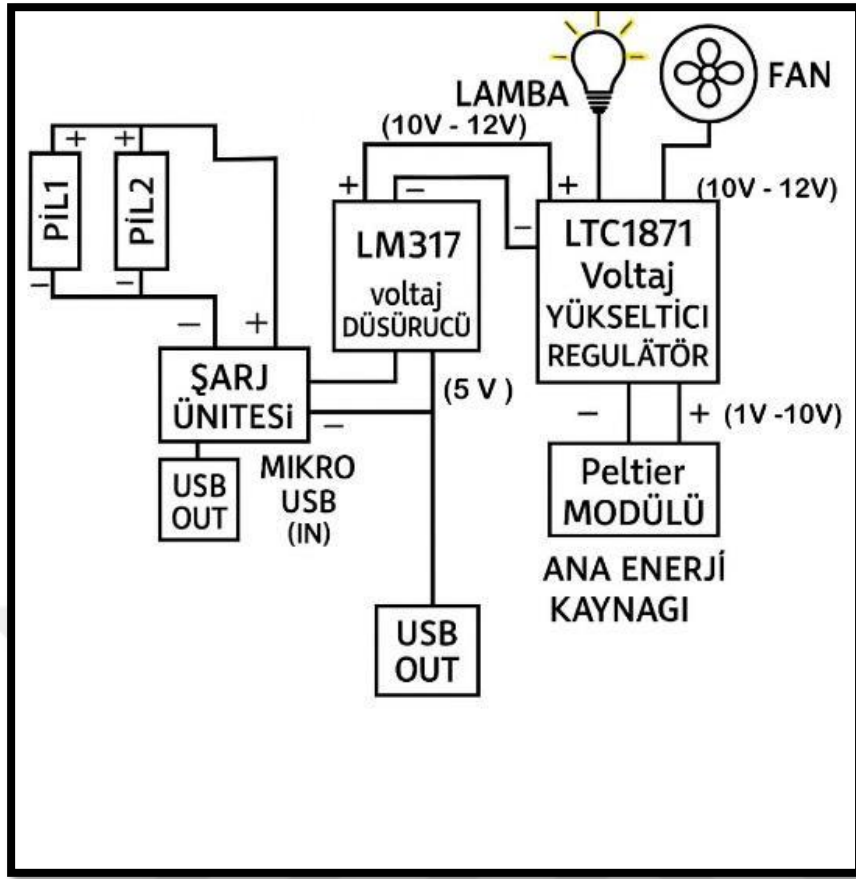
Tablo 5.3. 3,7 V Lityum-iyon piller için şarj teknik verileri (Linden & Reddy (2002); Battery University (2023)).

Özellik	Değer	Açıklama
Nominal hücre gerilimi	3,7 V	Standart Li-ion hücre için
Tam şarj hücre gerilimi	4,2 V	Aşılmaması gereken maksimum değer
2S bağlantı (seri 2 hücre)	7,4 V	Toplam nominal gerilim
2S tam şarj voltajı	8,4 V	Seri sistemin tam şarj sınırı ($2 \times 4,2V$)
Şarj yöntemi	CC – CV	Sabit akım – sabit voltaj

Eğer şarj ünitesi olarak akım düzenleyici kullanılmayacak ve taşınabilir mobil şarj modülü (Powerbank şarj modülü) kullanılacak olursa burada 3,7 V'luk pillerin paralel bağlanarak devreye alınması önemlidir. Aksi halde şarj ünitesi standart güç kaynağı şarj modülü olduğunda şarj ünitesi devresinin yanması durumu meydana gelecektir. Güç kaynakları şarj üniteleri genel olarak 5 V ile çalışmakta ve bu nedenle seri bağlanmış 3,7 V lityum-iyon 18650 piller 7,4 V'a tekabül ederek sistemin kaldıramayacağı voltaj seviyesine çıkmış olacaktır.

5.5. Elektrik Devresinin Ekipmanları ve Montajı

Şarj edilebilen 3,7 V ve 3.200 mAh ölçeğindeki iki adet pilin merkezinde yer aldığı peltierlerimiz üzerinden gelen akımı kontrol eden ve yükselten LTC1871 ayarlanabilir voltaj regülatör kartı ve buradan gelen voltajı düşürerek 5 V değere sabitleyen Lm317 Dc-Dc voltaj düşürücüye sahip olan ana elektrik devremiz içinde bulunan iki anahtardan biri ile pil devresinin şarj kontrolü yapılmaktadır. Diğer anahtarımız ise yükseltici LTC1871 modülümüzden gelen 10 V değerinden yüksek olan voltajın direkt olarak bağlı bulunduğu bir adet 12 V ile çalışan led ışığı kontrol etmektedir. Burada gösterilmek istenen gelen hareketli voltajın seviyesinin yükseltilerek hem 12 V seviyesindeki aydınlatma sistemlerinin hem de sistemin 12 V'luk soğutucu fanının kendine yetecek şekilde çalıştırabildiğidir. Çalışmamızın en önemli detaylarından biri olan TEG modülün kendi ürettiği enerji ile kendi soğutma sistemini rahatlıkla çalıştırabilir olması ve basit el aletlerini şarjına yetecek lityum-iyon pil/pilleri doldurarak şarj ünitemiz aracılığı ile buna imkan vermesidir. Şekil 5.11'de gördüğümüz detaylı elektririk devresi ile bunu sağlamış olduk.



Şekil 5.12. Elektrik devre şeması.

Elektrik devremiz içine entegre ettiğimiz ve ünitemizdeki pillerimizi şarj edebilen şarj ünitemiz ile 5 V'a kadar elektronik cihaz şarjlarının yapılması ve devrede bulunan iki adet 3,7 V paralel bağlı Lityum-iyon pillerimizin şarj edilmesi hedeflenmiştir. Bu kısmın elektrik kaynağı ise Lm317 Dc-Dc voltaj düşürücüden sabit 5 V olarak sağlanmaktadır. Peltierlerimiz üzerinden gelen elektriğin devreden kullanılmadığı durumlarda da iki adet pilin peltier plakalardan gelen Elektrik enerjisi ile şarj edilmesi sağlanırken ateşimizden gelen ısı transferi ile TEG sistemi elektrik üretmediği durumlarda şarj olmuş olan dahili iki pilimiz düşük voltaj gerektiren cihazların şarjını sağlamış olacaktır.

6. ISITMA, PİŞİRME VE ENERJİ ÜRETİMİ SAĞLAYAN CİHAZ ÜRETİM MALİYET HESAPLAMASI

6.1. Pişirme Ünitesi Maliyet Hesaplaması

Üretimini gerçekleştirdiğimiz ısıtma, pişirme ve enerji üretimi sağlayan cihazımızın maliyet hesaplamasını üç adet ünite olarak ele alacağız. Birinci kısım olan pişirme ünitemiz, ikinci kısım olan TEG modülümüz ve üçüncü olarak elektrik devremiz olacaktır.

Birinci kısma ait olan maliyetlerimiz pişirme kısmının içerdiği imalat süreçleri parça başı üretim ve işçilik maliyetlerimiz ya da fason olarak üretim maliyetlerimiz olarak hesaplanacaktır.

Pişirme ünitemiz imalatında kendi yetenek ve imkanlarımız ile ürettiğimiz kısımlar olduğu gibi lazer kesim gibi profesyonel imalat yöntemlerine ihtiyaç duyduğumuzda teknik çizimini yaparak fason ürettirdiğimiz maliyetlerimiz de olmuştur.

Pişirme ünitemizin maliyetini oluşturan en önemli etkenlerden biri afet dönemlerinde birden fazla yiyecek ya da içeceğin bir arada hazırlanabilmesinin sağlanması ve yine birden fazla kişinin ısınmasına imkan verecek boyutlarda olmasının sağlamada kaynaklıdır. Bu durum cihaz ölçeğinin bir miktar daha büyük ölçekte olmasını ve maliyetlerinde bu oranda artmasını sağlamıştır.

Pişirme ünitemizdeki en büyük maliyetimiz yanma haznesinin hazırlanması kısmıdır. Bunun dışında büyük sayılabilecek maliyetimiz bulunmamakla birlikte pişirme ünitesinin TEG modülü ile etkin ve verimli çalışabilmesi için pişirme kısmının birçok kez yapılıp tekrar bozulup yenilenmesine neden olmuştur. Cihazımızın prototip olarak pazarlanması nedeniyle de bu süreçlerde ilave işçilik maliyetine neden olmuştur. Bu tasarım ve değişiklik süreçlerinde malzeme maliyeti işçilik maliyetlerine oranla daha az ilave gider oluşturmuş ve genellikle mevcut çıkan malzemeler tekrar kullanılabilmiştir. Tablo 6.1’de maliyetlerimiz malzeme, fason üretim ve işçilik olan detaylandırılmıştır

Tablo 6.1. Pişirme ünitesi maliyet bilgileri tablosu.

Parça İsmi	Maliyet Türü	Fiyat (TL)
Piştirme ünitesi yanma haznesi	Fason üretim	850 TL
Piştirme ünitesi boya	Malzeme	400 TL
Piştirme ünitesi boyama	İşçilik	300 TL
Piştirme ünitesi ızgara	Fason üretim	350 TL
Piştirme ünitesi kül ızgarası	Fason üretim	200 TL
Piştirme ünitesi birleştirme	İşçilik	750 TL
Piştirme ünitesi delik açma	İşçilik	250 TL
Piştirme ve TEG ünite birleştirme	İşçilik	350 TL
TOPLAM		3.450 TL

6.2. TEG Modülü Maliyet Hesaplaması

İkinci maliyet kalemi olan TEG modülümüz maliyet bilgilerine Tablo 6.2’de yer verilmiştir. Burada ana maliyet kalemi peltier plakalarımız oluşturmaktadır. İkinci ve rakamsal olarak en yüksek maliyet kalemi ise alüminyum soğutma gövdeli soğutma fanı ve 5 mm kalınlığında olan peltier plakalarımız üzerinde bulunduğu bakır plakalarımızdır. Diğer maliyet kalemlerinden peltier plakalarımızın konulduğu ısı emiş haznemiz ve içi dolu demir boru profilimiz nispeten daha az maliyet tutmaktadır.

Tablo 6.2. TEG Modülü maliyet bilgileri tablosu.

Parça İsmi	Maliyet Türü	Fiyat (TL)
Isı emiş haznesi metal sac	Malzeme	200 TL
Isı emiş haznesi dolu metal profil	Malzeme	500 TL
Isı emiş haznesi kaynak	İşçilik	300 TL
Isı emiş haznesi izolasyon taşıyünü	Malzeme(Hurda)	0 TL
Isı emiş haznesi izolasyon sacı	Malzeme(Hurda)	0 TL
Peltier plaka soğuk yüzey bakır profil	Malzeme	200 TL
Peltier plaka sıcak yüzey bakır profil	Malzeme	250 TL
SP1848-27145 Seebeck-Peltier modül	Malzeme (3 adet)	990 TL
TEG modül 12 V’luk soğutma fanı	Soğutucu fan modül	1.350 TL
TEG modül ön yüzey kapak	Fason üretim	270 TL
TEG modül yanmaz kablo kılıfı	Malzeme	70 TL
TEG modül montaj için termal macun	Malzeme (2 adet)	50 TL
TEG modül için montaj parçaları (vida vb.)	Malzeme	100 TL
TEG modül tüm parçalar montajı	İşçilik	400 TL
TOPLAM		4.680 TL

6.3. Elektrik Devresi Maliyet Hesaplaması

Cihazımız son kısmı olan elektrik devresi maliyet hesaplamaları ise Tablo 6.3'te görüleceği üzere genel olarak elektronik modüllerden oluşmaktadır. Temel olarak TEG ünitemizdeki 3 adet seri bağlı peltier plakalarımız ile ürettiğimiz değişken ve bir miktar düşük voltajlı elektrik enerjimizi daha yüksek ve regülatörler yardımıyla dengelenmiş hale dönüştürülmeye yardımcı devre elemanları ve gelen elektrik enerjisini depolayacak lityum-iyon piller ve bunlara yönelik şarj ünitesi ve devre elemanları kullanılmıştır.

Tablo 6.3. Elektrik devresi maliyet bilgileri tablosu.

Parça İsmi	Maliyet Türü	Fiyat (TL)
Lityum pil yatağı	Malzeme (2 adet)	60 TL
3,7 V 3.200 mA lityum pil	Malzeme (2 adet)	400 TL
7,4 V pil koruma balans kartı (BMS)	Elektronik modül	135 TL
5 V 2 A Ekranlı Powerbank şarj devresi	Elektronik modül	250 TL
5 V 600 mA Usb voltaj yükselticili çıkış	Elektronik modül	50 TL
LTC1871 Ayarlanabilir voltaj regülatör kartı	Elektronik modül	300 TL
LM317 Dc-Dc voltaj düşürücü	Elektronik modül	70 TL
Elektrik devre anahtarı	Malzeme (2 adet)	20 TL
Elektrik kablosu	Malzeme (2 m)	50TL
Elektrik devre paneli (PVC malzeme)	Malzeme (hurda)	0 TL
Elektrik devre işçilik	işçilik	2.000 TL
TOPLAM		3.335 TL

6.4. Tüm Cihaz Maliyet Hesaplaması

Tüm cihaz modüllerine ait maliyet hesap tablolarımız sonucunda Tablo 6.4'te listelediğimiz üzere toplam maliyetimiz 11.465 TL olarak 2025 yılı ilk çeyrek piyasa fiyatları dikkate alınarak gerçekleşmiştir. Bu maliyetin %41'lik en büyük kısmı TEG modülümüze, %30'luk kısmı pişirme haznemize ve benzer oranda %29'luk kısmı ise Elektrik devre kısmına ait olarak hesaplanmıştır. Ancak 2024 ve 2025 yılları yüksek enflasyon değerleri içeren yıllar olduklarından yapılan çalışmanın 2025 ilk çeyrek döneminin fiyatlamasını içerdiği dikkate alınmalıdır. Elimizde bulunan toplam maliyet rakamları üzerinden piyasa ve rakip araştırması yapılmış ve satılabilirliği değerlendirilmiştir.

Tablo 6.4. Pişirme, ısınma ve enerji üretimi sağlayan cihazımız maliyet bilgileri tablosu.

Modül İsmi	Fiyat (TL)	Toplam Maliyetteki Yüzdesi
Piştirme ünitesi modülü	3.450 TL	%30
TEG modülü	4.680 TL	%41
Elektrik devre modülü	3.335 TL	%29
TOPLAM	11.465 TL	%100

7. ISITMA, PİŞİRME VE ENERJİ ÜRETİMİ SAĞLAYAN CİHAZ NİHAİ ŞEKLİ İLE FARKLI YAKIT TÜRLERİNE GÖRE PERFORMANS TESTLERİ

Bu çalışma kapsamında geliştirilen cihazın nihai formu belirlenmiş; gerçekleştirilen testler sonucunda, kullanılan farklı yakıt türlerine bağlı olarak elde edilen sıcaklık farkları ve bu farklara karşılık olarak TEG ünitesinin ürettiği voltaj değerleri tespit edilmiştir.

İlk olarak, TEG ünitesi ile entegre edilen pişirme ünitesi arasında, önceki yakma ve pişirme testlerinde gözlemlenen yüksek sıcaklık değerlerini düşürmek amacıyla, ısı geçişi sınırlandırılmıştır. Bu kapsamda, TEG modülünün iç yüzeyinde ulaşılabilecek en yüksek sıcaklık değeri olan 120 °C'yi aşmamak adına, ünite ile pişirme yüzeyi arasında yaklaşık 1 cm'lik bir mesafe bırakılarak montaj gerçekleştirilmiştir.

İkinci olarak, TEG modülünün ön yüzeyine paslanmaz metalden imal edilmiş iki parçalı bir kapak Şekil 7.1'de gösterildiği şekilde monte edilmiş ve ardından test süreçlerine geçilmiştir.

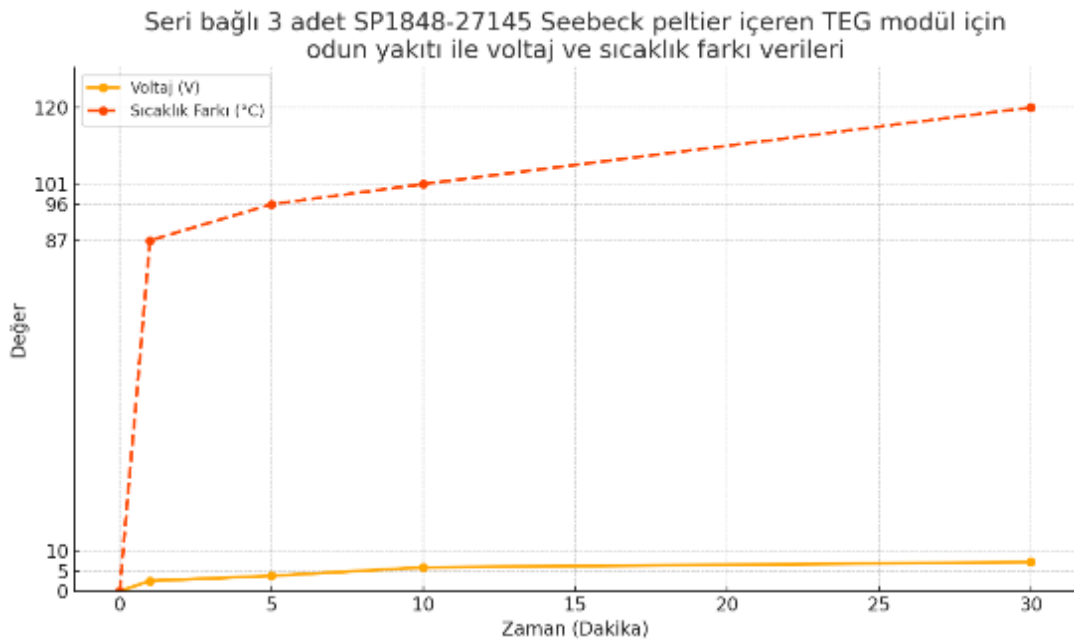


Şekil 7.1. Cihaz nihai tasarım görünümü.

Cihazımızın yanma testleri, ilk olarak standart kalın odun parçaları ve kalın ağaç kabukları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu testler sonucunda elde edilen ölçüm verileri Tablo 7.1’de, ilgili grafiksel temsil ise Şekil 7.2’de sunulmuştur. Uygulanan testler arasında, bu yakıt türü ile ikinci en yüksek voltaj değeri elde edilmiştir.

Tablo 7.1. Seri bağlı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için odun yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı verileri.

Ölçüm Yapılan Dakika	Odun Yakıtlı Sıcaklık Farkı (°C)	Ölçülen Voltaj Değeri (V)
1. Dakika	87 °C (116-29)	2,55 V
5. Dakika	96 °C (135-39)	3,80 V
10. Dakika	101 °C (148-47)	5,90 V
30. Dakika	120 °C (175-55)	7,20 V

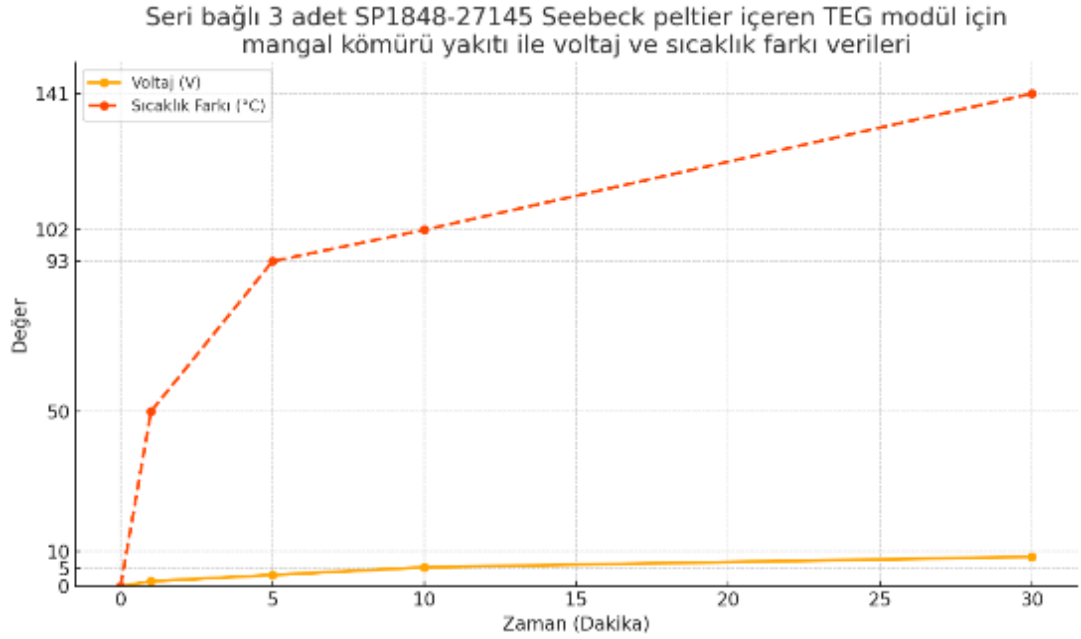


Şekil 7.2. Seri bağlı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için odun yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı grafiği.

Cihazımızla gerçekleştirilen bir sonraki yanma testi, bu tür termoelektrik sistemlerde yaygın olarak tercih edilen mangal kömürü (yavaş yanma sürecine maruz bırakılmış odun kömürü) kullanılarak yapılmıştır. Mangal kömürü ile gerçekleştirilen testin sonuçları, Tablo 7.2’de ölçülen veriler ve Şekil 7.3’te sunulan grafiksel değerlerle ortaya konmuştur. Elde edilen bulgulara göre, bu yakıt türüyle yapılan testte en yüksek voltaj değerine ulaşılmıştır.

Tablo 7.2. Seri bağı 3 adet SP1848-27145 Seebeck peltier içeren TEG modül için mangal kömürü yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı verileri.

Ölçüm Yapılan Dakika	Mangal Kömürü Yakıtlı Sıcaklık Farkı (°C)	Ölçülen Voltaj Değeri (V)
1. Dakika	50 °C (75-25)	1,40 V
5. Dakika	93 °C (130-37)	3,20 V
10. Dakika	102 °C (142-40)	5,40 V
30. Dakika	141 °C (189-48)	8,40 V

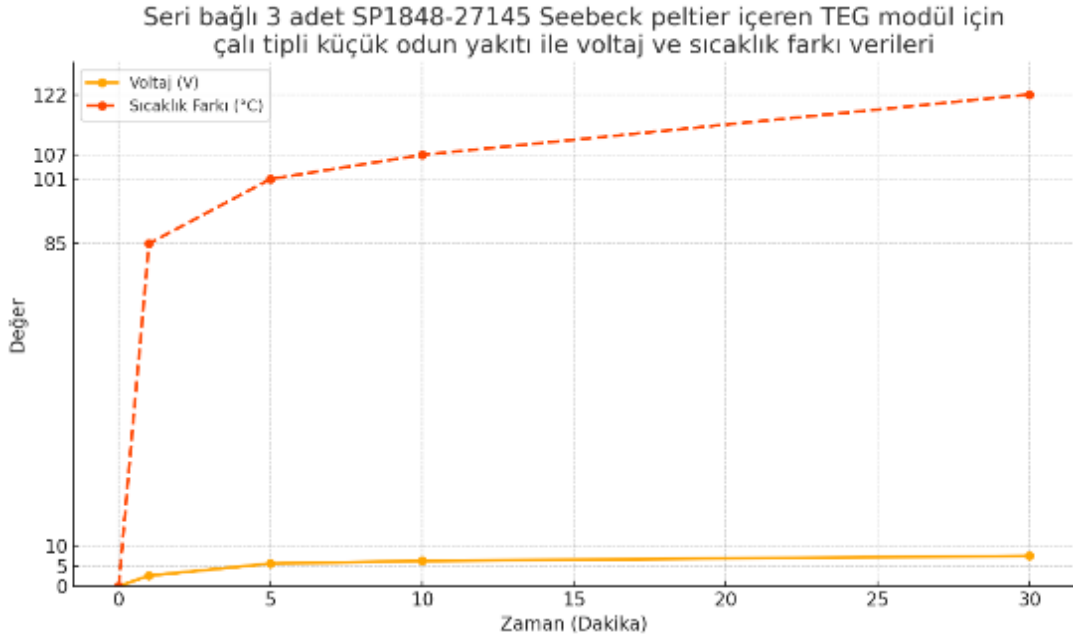


Şekil 7.3. Seri bağı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için mangal kömürü yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı grafiği.

Üçüncü yakıt denememiz, genellikle piknik alanlarında ağaç diplerinden toplanan ince çalılar ve küçük dal parçaları gibi yakıtlarla gerçekleştirilmiştir. Hızlı tutuşma özelliğine sahip olan bu malzeme ile yapılan testlerde, ısının daha hızlı bir şekilde yükseldiği Tablo 7.3'teki ölçüm verilerinden ve Şekil 7.4'te sunulan grafikten anlaşılmaktadır. Bu testte dikkat çeken önemli bir nokta, voltaj değerinin yükselmesinin görece kolay ancak bu değeri sabit tutmanın daha zor olmasıdır.

Tablo 7.3. Seri bağı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için çalı tipli küçük odun yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı verileri.

Ölçüm Yapılan Dakika	Çalı Tipi Odun Yakıtlı Sıcaklık Farkı (°C)	Ölçülen Voltaj Değeri (V)
1. Dakika	85 °C (119-34)	2,60 V
5. Dakika	101 °C (145-44)	5,60 V
10. Dakika	107 °C (156-49)	6,25 V
30. Dakika	122 °C (178-56)	7,50 V

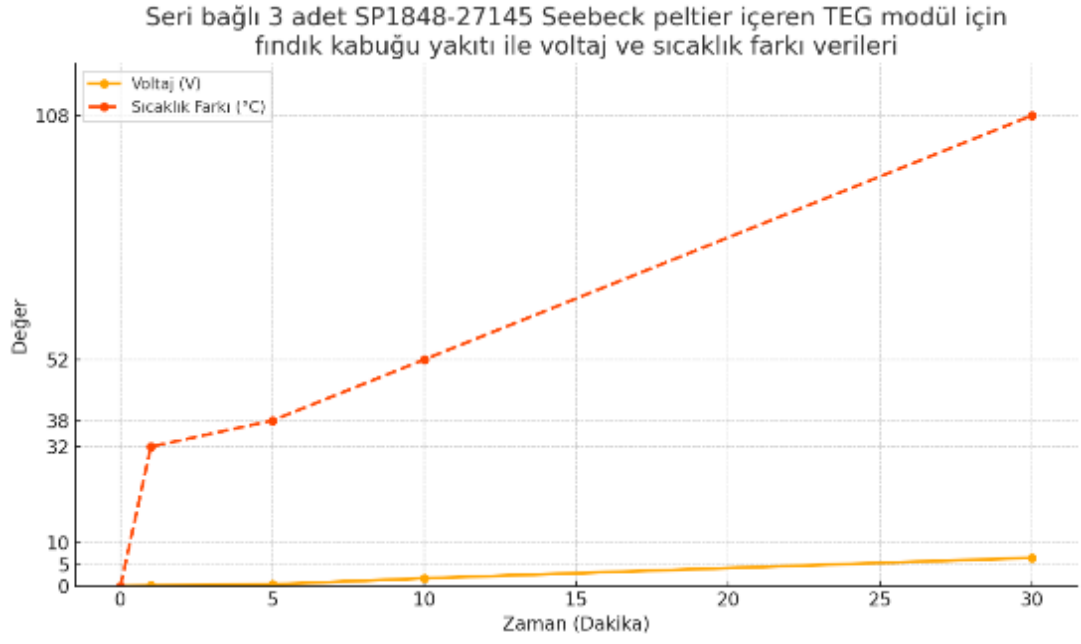


Şekil 7.4. Seri bağı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için çalı tipli küçük odun yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı grafiğı.

Testlerimizin sonuncusu, fındık kabuğı yakıtı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yakıt türü, verim elde etme açısından en fazla zorlandığımız seçenek olmuştur. İlk dakikadan itibaren, özellikle ilk beş dakikada ısıyı yükseltmek son derece güç olmuş; ayrıca Tablo 7.4'teki veriler ve Şekil 7.5'teki grafik incelendiğinde, sıcaklık değerlerinin sabit tutulmasının mümkün olmadığı görülmektedir.

Tablo 7.4. Seri bağı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için fındık kabuğı yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı verileri.

Ölçüm Yapılan Dakika	Fındık kabuğı Yakıtı Sıcaklık Farkı (°C)	Ölçülen Voltaj Değeri (V)
1. Dakika	32 °C (59-27)	0,20 V
5. Dakika	38 °C (70-32)	0,41 V
10. Dakika	52 °C (85-33)	1,80 V
30. Dakika	108 °C (163-55)	6,50 V



Şekil 7.5. Seri bağı 3 adet SP1848-27145 seebeck peltier içeren TEG modül için fındık kabuğu yakıtı ile voltaj ve sıcaklık farkı grafiği.



8. ISITMA, PİŞİRME VE ENERJİ ÜRETİMİ SAĞLAYAN CİHAZ PIYASA VE RAKİP ARAŞTIRMASI, SATILABİLİRLİK ANALİZİ

Bu çalışma kapsamında geliştirilen cihazın pazar potansiyelini değerlendirmek amacıyla hem yurt içinde hem de yurt dışında benzer özelliklere sahip ürünlere yönelik kapsamlı bir piyasa araştırması gerçekleştirilmiştir. Cihazın temel işlevleri olan ısınma, pişirme ve elektrik üretimi gibi üç önemli özelliği bir arada sunabilen sistemler, özellikle afet durumları ve açık alan yaşam koşulları için örnek teşkil edebilecek ürünler açısından incelenmiştir.

Yurt içinde yapılan araştırmalar sonucunda, bu üç işlevi bütünleşmiş şekilde sunan herhangi bir yerli ürünün, ticarileşmiş haliyle piyasada bulunmadığı belirlenmiştir. Bu durum, geliştirilen cihazın yerli pazarda öncü ve yenilikçi bir konumda yer alabileceğini göstermektedir. Öte yandan, yurt dışı piyasasında, özellikle kamp ve açık hava yaşamına yönelik geliştirilen benzer ürünlerin varlığı tespit edilmiştir.

Bu kapsamda, ABD'nin New York merkezli BioLite adlı firmasının ürettiği çok işlevli kamp ocağı ürünü dikkat çekmektedir. BioLite tarafından geliştirilen bu ürün, ısınma, pişirme ve enerji üretimi işlevlerini destekleyen bütünleşmiş bir yapı sunmaktadır. Ürünün doğrudan yemek pişirme kapasitesi sınırlı olmakla birlikte, ızgara modülü sayesinde basit düzeyde pişirme işlemleri gerçekleştirilebilmekte; aynı zamanda ısıtma ve enerji üretimi işlevleri eşzamanlı olarak sağlanabilmektedir. Bu ürün, su ısıtma kabı ve jeneratör modülü dahil olmak üzere toplam beş farklı ekipmanla desteklenmekte olup, Şekil 8.1'de görsel olarak sunulmuştur.

BioLite firmasının bu ve benzeri ürünleri sürdürülebilir enerji çözümleri çerçevesinde özellikle enerjiye erişim imkânı kısıtlı Afrika ülkeleri gibi bölgelerde sosyal sorumluluk projeleri kapsamında da kullanılmaktadır. Ürünün satış fiyatı incelendiğinde, Avrupa bölgesinde yaklaşık 299,95 Euro, Amerika'da ise 299,95 USD ile satışa sunulduğu görülmektedir. Mayıs 2025 döviz kuru üzerinden yapılan hesaplamada, bu ürünün Avrupa fiyatının yaklaşık 13.000 TL seviyelerine denk geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 8.1. Amerika menşeli BioLite firması 3'ü bir arda kamp sobası (<https://www.bioliteenergy.com/>).

Geliştirdiğimiz cihaz, bu anlamda benzer mantıkla çalışan ürünlere kıyasla hem işlevsellik hem de hedef kullanıcı kitlesi açısından örtüşmekte olup, açık alan yaşamı, kampçılık ve afet bölgelerinde kullanım için tasarlanmıştır. Bu yönüyle, cihazımızın yalnızca yerli değil, kısmen küresel ölçekte de rekabet potansiyeline sahip olduğu değerlendirilmektedir.

Ancak, cihazımızın şu an yalnızca prototip düzeyinde olması, üretim sürecinde karşılaşılan revizyon ve test giderleri nedeniyle maliyetin yüksek seyretmesine neden olmuştur. Bu doğrultuda yapılan maliyet hesaplamaları, ürünün seri üretim aşamasındaki maliyet optimizasyonu göz önünde bulundurularak yeniden değerlendirilmelidir. Seri üretime geçildiğinde, maliyetlerin ciddi oranda azalacağı ve ürünün rekabetçi fiyatlarla pazarda yer bulabileceği öngörülmektedir.

Üretme imkanı bulduğumuz ürünün rakip fiyatları ile ortalama fiyat üzerinden karşılaştırma imkanı bulamamak da seri üretimi yapılmış ve benzer mantık ile çalışan bir ürünün pazarda yer bulmuş olması son derece önemlidir. Ürettiğimiz ürünün benzerinin de yine açık alan yaşam hayatı, doğal afetler ve enerjiye erişemeyen ülke insanların ihtiyaçlarını hedeflemiş olması bizim üretim amacımız ile örtüşmektedir.

Ürünümüzün mevcut üretim maliyetleri, yalnızca bir adet prototip niteliğinde üretilmiş olması ve geliştirme sürecinde birçok tasarım revizyonuna tabi tutulması nedeniyle,

seri üretime geçmiş bir ürüne kıyasla oldukça yüksek gerçekleşmiştir. Bu nedenle, yapılacak maliyet analizlerinde seri üretim koşulları dikkate alınarak optimum üretim maliyetlerinin ayrıca hesaplanması gerekmektedir. Böylece, ürünün piyasaya sunulabilirliği açısından seri üretimden kaynaklanan maliyet avantajları daha net biçimde ortaya konabilecektir.

Sonuç olarak, geliştirilen ürünün hem teknik kapasitesi hem de hedeflenen kullanım alanları dikkate alındığında, iç ve dış pazarda ticarileştirilmesi halinde yüksek bir satılabilirlik potansiyeline sahip olduğu ve benzer ürünlere karşı rekabetçi bir alternatif oluşturabileceği değerlendirilmektedir. Özellikle afet durumları ve enerji altyapısının yetersiz olduğu bölgelerde bu tür çok işlevli sistemlere duyulan ihtiyaç her geçen gün artmakta; bu da cihazın yalnızca bireysel kullanımda değil, aynı zamanda sosyal sorumluluk projeleri kapsamında da önemli bir rol üstlenebileceğini göstermektedir.



9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, Seebeck etkisine sahip üç adet Peltier modülün seri bağlanarak bir pişirme ünitesine entegre edilmesiyle, afet ve doğal yaşam koşullarında bireylerin temel ihtiyaçlarını karşılayabilecek, çok işlevli bir cihaz geliştirilmiştir. Söz konusu cihaz, ısınma, pişirme ve elektrik üretimi gibi üç temel gereksinimi aynı sistem içerisinde karşılayabilme özelliğine sahiptir.

Uygulamada, sistemin seri bağlı Peltier modülleri sayesinde farklı sıcaklık farklarından doğan Seebeck gerilimi ile dalgalı da olsa anlamlı düzeyde elektrik enerjisi elde edilmiştir. Bu enerjinin kullanışlı hale getirilebilmesi amacıyla, önce voltaj yükseltici devreler yardımıyla gerilim artırılmış, ardından voltaj regülatörleri ve düşürücü devrelerle bu enerji sabit 5V gibi uygun değerlere indirilmiştir. Böylece elde edilen elektrik enerjisi, düşük voltajla çalışan cihazların şarj edilmesinde ve pil haznelerinin doldurulmasında kullanılabilir hâle gelmiştir. Bu yönüyle sistem; cep telefonu, tablet, el feneri ve küçük elektrikli cihazların enerji ihtiyacını karşılamada etkin bir çözüm sunmaktadır.

Geliştirilen cihazın kompakt yapısı, taşınabilirliği ve kendi içinde enerji üretimi yaparak soğutma fanının ihtiyaç duyduğu 12V'luk beslemeyi karşılayabilme özelliği, cihazın bağımsız ve dışa bağlı olmayan bir sistem olarak çalışmasını sağlamıştır. Bu da özellikle afet bölgelerinde, kamp ortamlarında veya enerji erişiminin sınırlı olduğu alanlarda cihazın güvenilir bir çözüm olarak kullanılabilceğini ortaya koymaktadır.

Ürün, pişirme ünitesiyle bütünleşik halde çalışacak şekilde tasarlanmış olsa da, Seebeck etkisine dayalı termoelektrik jeneratör (TEG) modülünün daha modüler ve tak-çalıştır bir yapıya dönüştürülmesi, kullanım alanlarının genişletilmesine olanak tanımaktadır. Örneğin geliştirilen TEG modülü, uygun aparatlar ile farklı sıcaklık kaynaklarına (soba, mangal, kalorifer peteği, egzoz bacası vb.) entegre edilerek harici kullanımlar için de kullanılabilir hale getirebilir. Bu durum, cihazın sadece bütünleşmiş pişirme ünitesine bağımlı kalmadan, farklı ısı kaynaklarıyla çalışan alternatif senaryolara da uyum sağlamasını mümkün kılarak çok yönlü bir enerji üretim aracı haline gelmesini sağlayacaktır.

Sonuç olarak, geliştirilen bu sistem, doğal yaşam koşullarında ve afet anlarında insanın en temel gereksinimleri olan ısınma, pişirme ve elektrik üretimi ihtiyaçlarına aynı anda çözüm sunan, taşınabilir, enerji bağımsız ve sürdürülebilir bir cihaz olarak başarılı bir prototip haline getirilmiştir. rn, gerekli Ar-Ge ve mühendislik geliştirmeleriyle birlikte daha hafif, daha dayanıklı ve daha verimli hale getirilerek seri üretime uygun bir hale getirilebilir. Bu sayede gerek afet yönetimi ekipleri gerekse doğa tutkunları için stratejik önemde bir yardımcı cihaz olarak yaygın kullanım potansiyeline sahiptir.



KAYNAKLAR

- Ahıska, M., Mamur, H., & Uliş, M. (2011). Termoelektrik modülün jeneratör olarak modellenmesi ve benzetimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(2), 373–380. DergiPark.
- Arslan, H. (2021). *Traktörlerde kullanılmak üzere hızlı bir soğutucu tasarımı ve geliştirilmesi* [Yüksek lisans tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Asker, A., Böğrekci, B., & Demircioğlu, H. (2023). Termoelektrik jeneratörlerin ısı performansının deneysel incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(1), 45–54. DergiPark.
- Aybek, M. (2019). *Motorlu taşıtlar için egzoz sistemine uygun termoelektrik jeneratör geliştirilmesi ve deneysel incelemesi* [Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Balcıoğlu, A., Özbay, H., Elgay, B., & Yakut, A. (2021). Termoelektrik dönüştürücü kullanımıyla güneş enerjisinden elektrik üretimi tasarımı. *MM 4006 Bitirme Projesi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Battery University. (2023). BU-409: Charging Lithium-ion. <https://batteryuniversity.com/article/bu-409-charging-lithium-ion>
- Bell, L. E. (2008). Cooling, heating, generating power, and recovering waste heat with thermoelectric systems. *Science*, 321(5895), 1457–1461.
- Benjamin, A., & Ouserigha, A. (2022). Evaluation of the performance of the SP 1848-27145 thermoelectric generator module. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 12(2), 339. <https://doi.org/10.29322/IJSRP.12.02.2022.p12246>
- BioLite Company. CampStove family. <https://eu.bioliteenergy.com/collections/campstove-family> adresinden 15 Nisan 2025 tarihinde alınmıştır.
- BioLite Energy. *CampStove family*. <https://www.bioliteenergy.com/> adresinden 15 Mayıs 2025 tarihinde alınmıştır.
- Ceran, A. (2021). *Yenilenebilir enerji tabanlı termoelektrik güç üretimi ve sistemin performansının değerlendirilmesi* [Yüksek lisans tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- DiSalvo, F. J. (1999). Thermoelectric cooling and power generation. *Science*, 285(5428), 703–706.
- Doğdu, M. (2013). *Termoelektrik soğutucuların performansına doğrudan temashlı ısı değiştiricilerin etkilerinin deneysel incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

- Domirobot.com. (2025, Mart 5). *Peltier plaka 40x40mm TEC1-12706*. <https://www.domirobot.com/peltier-plaka-40x40mm-tec1-12706-pmu4705>
- Eğin, M. (2019). *Elektrikli araçların batarya sistemlerinde ısı yönetimi* [Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- EnvistiaMall. (n.d.). *SP1848-27145 4.8 V Seebeck Thermoelectric Power Generator TEG Peltier Module*. Retrieved from <https://envistiamall.com/products/sp1848-27145-4-8v-seebeck-thermoelectric-power-generator-teg-peltier-module>
- Eryiğit, H., Kaya, B., Kozan, B., Tokgöz, N., Gül, A., & Gümüş, S. (2018). *Güneş enerjisi ve termoelektrik malzeme (Peltier) kullanılarak elektrik üretimi* [Lisans semineri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Goldsmid, H. J. (2016). *Introduction to thermoelectricity*. Springer.
- Gürçan, A., & Yakar, G. (2021). Bir termoelektrik jeneratör sisteminin ısı alıcısının dış ortama verdiği ısı transferinin incelenmesi. *ADYU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15, 391–413.
- Hacı, M., & Kahraman, Z. (2016). Termoelektrik sistemli yemek taşıma modülü tasarımı ve analizi. *FCE Dergisi*, 4, 65–70.
- Harsito, A., Muslim, M., Rovianto, R., Kurniawan, H., & Mahdhudhu, M. (2024). Simülasyona dayalı bina soğutma sistemlerinden atık ısının kullanımı yoluyla termoelektrik güç üretiminin tahmini. *e-Prime – Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*. <https://www.elsevier.com/locate/prime>
- Hekim, A., & Çetin, H. (2018). Jeotermal enerji santrallerine yönelik termoelektrik jeneratör sistem modellemesi. *Güç Sistemleri Konferansı*, 15–16 Kasım, Ankara.
- İzgi, S. (2018). *Bir termoelektrik modülün matematiksel modellenmesi* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Kandemir, A. (2015). *Silisyum ve germanyum tabanlı nano yapıların termal özelliklerinin moleküler dinamik simülasyonları ile karakterizasyonu* [Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Kayabaşı, B., & Atik, E. (2018). Jeotermal enerji kullanılarak termoelektrik jeneratör ile elektrik enerjisi üretimi. *SETSCI Conference Indexing System*, 2, 266–270. ISAS 2018.
- Kepekçi, Kosa, & Ezgi, C. (2021). Termoelektrik soğutucunun modelleme çalışması ve performans incelemesi. *Mühendis ve Makina*, 62(705), 715–730. <https://doi.org/10.46399/muhendismakina.955107>
- Kimura & Ark. (2024). Experimental relationship between the Seebeck and Peltier effects in thermoelectric modules based on Fe and Al metals. *Journal of Applied Physics*. <https://www.sciencedirect.com> adresinden 15 Mayıs 2025 tarihinde alınmıştır.

- Kunt, M. A. (2019). İçten yanmalı motorların egzoz sistemleri için sıvı soğutmalı bir termoelektrik jeneratör sistemi tasarımı ve soğutucu akışkan miktarının geri kazanım performansına etkisinin deneysel incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*.
- Linden, D., & Reddy, T. B. (2002). *Handbook of batteries* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Mamur, M. (2013). *Termoelektrik jeneratörün elektriksel, termoelektriksel ve ısı parametrelerinin incelenmesi için bilgisayarlı bir veri edinim ve test sisteminin gerçekleştirilmesi* [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Maral, B., Polat, Ç., & Aktaş, E. (2018). Elektrikli araçlarda kullanılacak batarya yönetim sistemi geliştirilmesi. *DergiPark*, 7(3), 36–47.
- Meriçelli, C. (2016). *Termal eklem ısı farklılığı esaslı iyonizasyon ile elektrik enerjisi üretimi* [Yüksek lisans tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- NASA. (2015). *Radioisotope Power Systems: Enabling Deep Space Exploration*. National Aeronautics and Space Administration.
- Newby, A., Mirihanage, S., & Fernando, R. (2025). *Vücut ısı enerjisiyle çalışan örme termoelektrik giysiler – kişisel soğutma*. *Applied Thermal Engineering*. Department of Materials, The University of Manchester, Manchester M13 9PL, UK ScienceDirect.
- Noah Precision LLC. (2013). *Guide to citing Internet sources*. Vancouver. <http://www.noahprecision.com/thermoelectric-overview.html>
- Özgöçmen, S. (2007). *Güneş pilleri kullanarak elektrik üretimi* [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Peltier, J. C. A. (1834). *Nouvelles expériences sur la caloricit  des courants  lectriques*. *Annales de Chimie et de Physique*, 56, 371–386.
- Qamar, M., Kanwal, A., Amjad, M., Farooq, M., Munir, A., Ahmad, H., & Abdollahian, M. (2024). *Advancing sustainable cooling: Performance analysis of a solar-powered thermoelectric cooling system for environmentally friendly solutions*. *Renewable Energy*, 214, 845–857.
- Rahman, A., Hachicha, M., Ghenai, C., Saidur, R., & Said, S. (2020). *Performance and life cycle analysis of a novel portable solar thermoelectric refrigerator*. *Energy Conversion and Management*, 223, 113258. *Case Studies in Thermal Engineering*, 19 June 2020, 100599. ScienceDirect.
- Riffat, S. B., & Ma, X. (2003). *Thermoelectrics: A review of present and potential applications*. *Applied Thermal Engineering*, 23(8), 913–935.
- Rowe, D. M. (2006). *Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano*. CRC Press.
- Seebeck, T. J. (1821). *Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz*. *Annalen der Physik*, 82(1), 253–286.
- Shi, E., Abdulghani, A., Ali, G., Guo, X., & Alkhamis, Y. (2025). *Economic-effectiveness experimental case study for instant cooling of drinking-water using Peltier module*. *Case Studies in Thermal Engineering*, 28, 101389.

- Snyder, G. J., & Toberer, E. S. (2008). *Complex thermoelectric materials*. *Nature Materials*, 7(2), 105–114.
- Taşpınar, Y. S. (2012). *Organ taşıma amaçlı termoelektrik soğutma sistem tasarımı ve uygulaması* [Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- The Electric Energy. *Thermoelectric Generator TEG*.
<https://theelectricenergy.com/thermoelectric-generator-teg/>
- Thomson, W. (1851). On a mechanical theory of thermoelectric currents. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 91, 472–490.
- Yağmur, E., & Taşdelen, Ö. (2019). *Termoelektrik üreteç ile kalorifer radyatörlerinden elektrik üretiminin deneysel incelenmesi*. *Bilgesci*, case received 26 Dec 2018; accepted 23 Jul 2019.
<https://doi.org/10.30516/bilgesci.502922>
- Yıldız, M., & Kaya, S. (2018). *Peltier modüllerinin elektrik üretim kapasitelerinin incelenmesi*. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(4), 1234–1242.
- Yoluş, A., Kayan, L., Yılmaz, E., & Tıkız, B. (2022). *Gemilerdeki egzoz atık ısının termoelektrik jeneratörler ile geri kazanılması*. *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, *Amfora*, 230, 25–34.

EKLER

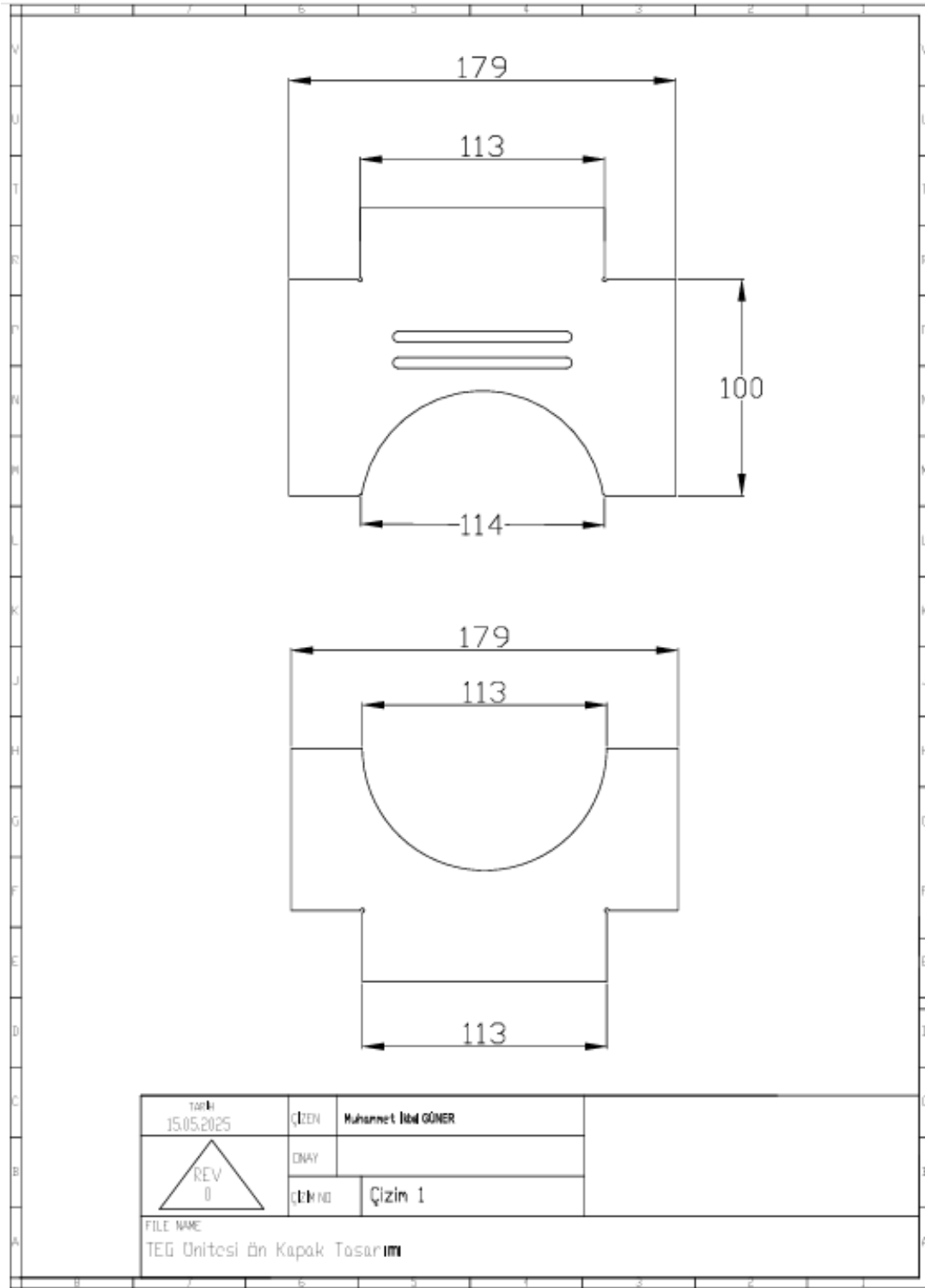
EK A. TEG Ünitesi Önkapak Tasarımı Teknik Çizim

EK B. Pişirme Ünitesi Kül Izgarası Teknik Çizimi

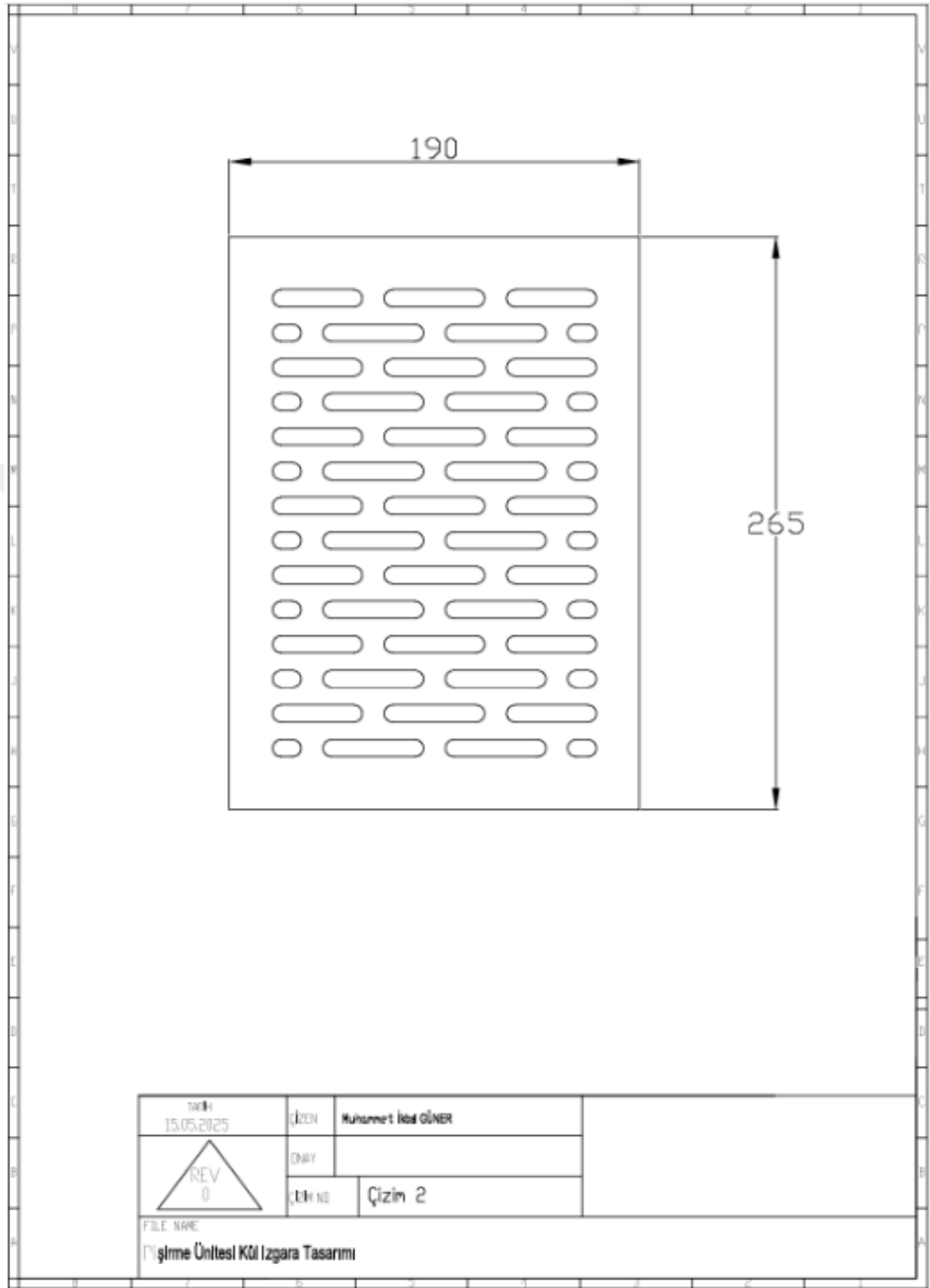
EK C. Pişirme Ünitesi Pişirme Izgarası Teknik Çizimi



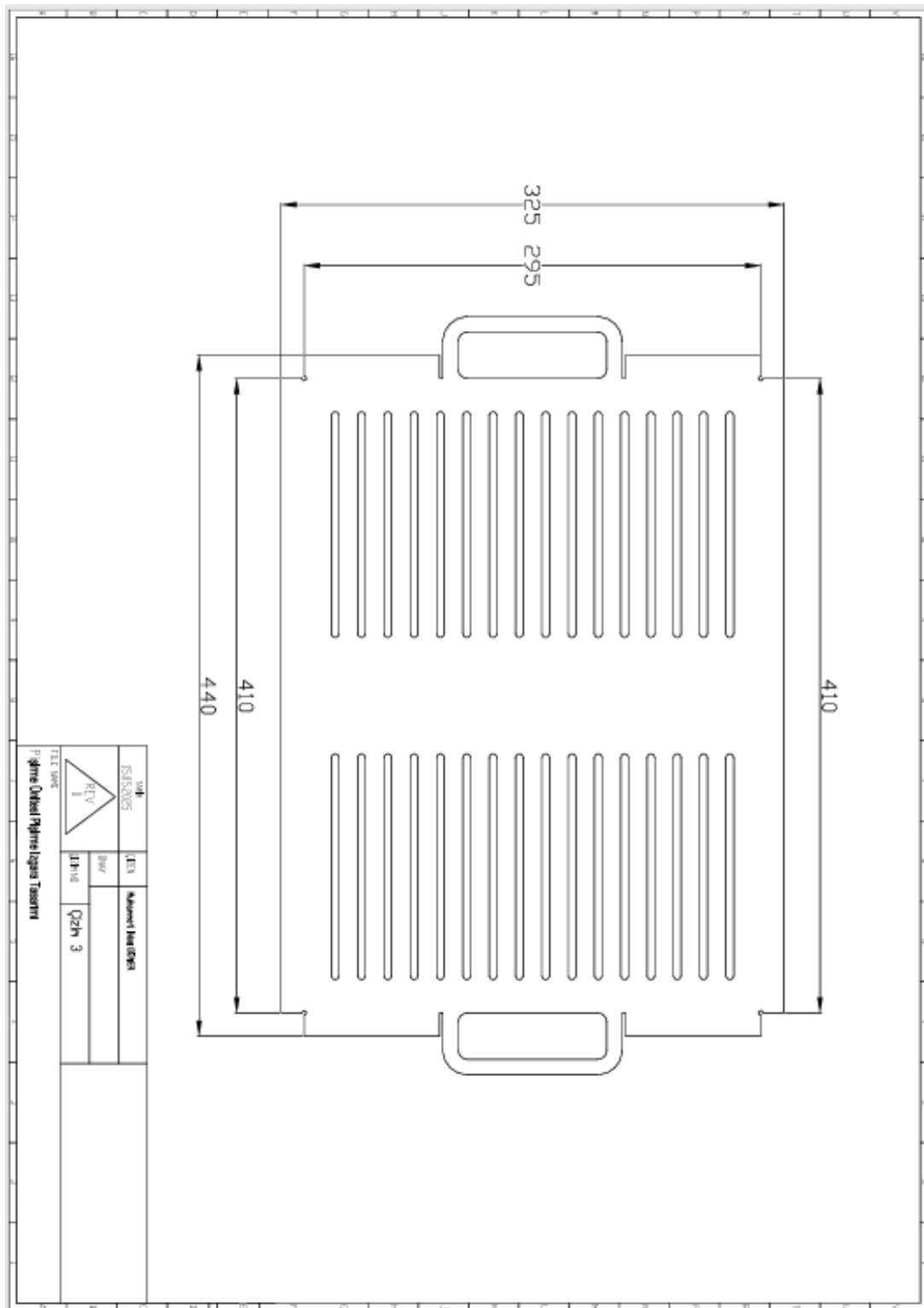
EK A.



EK B.



EK C. Pişirme Ünitesi Pişirme Izgarası Teknik Çizimi



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyadı : Muhammet İkbāl GÜNER

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2004, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
- **Yükseklisans** : 2016, Düzce Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yüksek Lisans Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2005-2006 yılları arasında Çamlıca Gıda Üretim San. Tic. A.Ş.'de Üretim Sorumlusu olarak çalıştı.
- 2006-2006 yılları arasında ESTİ End. Satış Ekip. San. ve Tic. A.Ş.'de Üretim Müdürü olarak çalıştı.
- 2006-2010 yılları arasında Kuveyt Türk Katılım Bankası A.Ş.'de Ticari Uzman olarak çalıştı.
- 2010-2013 yılları arasında Kuveyt Türk Katılım Bankası A.Ş.'de Ticari Yönetmeni olarak çalıştı.
- 2013-2017 yılları arasında Kuveyt Türk Katılım Bankası A.Ş.'de Düzce Şube Müdürü olarak çalıştı.
- 2017-2020 yılları arasında Kuveyt Türk Katılım Bankası A.Ş.'de Bolu Şube Müdürü olarak çalıştı.
- 2020-2024 yılları arasında Kuveyt Türk Katılım Bankası A.Ş.'de Erenler Şube Müdürü olarak çalıştı.