

ULUSLARARASI 3B YAZICI TEKNOLOJİLERİ
VE DİJİTAL ENDÜSTRİ DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF 3D PRINTING
TECHNOLOGIES AND DIGITAL INDUSTRY

ISSN:2602-3350 (Online)

URL: <https://dergipark.org.tr/ij3dptdi>

TERMÖELEKTRİK JENERATÖRLERDE ISIL PERFORMANSIN DENEYSSEL İNCELENMESİ

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE THERMAL
PERFORMANCE IN THERMOELECTRIC GENERATORS

Yazarlar (Authors): Mustafa ASKER^{ID*}, İsmail BOGREKCI^{ID}, Pinar DEMIRCIOGLU^{ID}

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Asker M., Bogrekci I., Demircioglu P., "Termoelektrik Jeneratörlerde Isıl Performansın Deneysel İncelenmesi" *Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind.*, 7(2): 259-267, (2023).

DOI: 10.46519/ij3dptdi.1250308

Araştırma Makale/ Research Article

Erişim Linki: (To link to this article): <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/archive>

TERMOELEKTRİK JENERATÖRLERDE ISIL PERFORMANSIN DENEYSEL İNCELENMESİ

Mustafa ASKER^a , İsmail BOGREKCI^a , Pinar DEMIRCIOGLU^a 

^a Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Engineering, Mechanical Engineering Department, Aydın, TURKEY

* Corresponding Author: mustafa.asker@adu.edu.tr

(Received: 12.02.23; Revised: 21.06.23; Accepted: 08.08.23)

ÖZ

Termoelektrik modüller (TEM), ısı enerji yönetimi ve sera gazı emisyonunu azaltma konusunda büyük potansiyele sahip ve uygulanabilir teknolojilerden biri olarak kabul edilmektedir. Termoelektrik modüller (TEM) yarıiletken malzemelerden oluşup, elektrik kullanarak ısıtma veya soğutma yapabilirler. Bunun tersi olarak da sıcaklık farkını kullanarak elektrik üretebilirler. Termoelektrik modüller elektriksel olarak seri, termal olaraksa paralel bağlıdır. TEM çalışma prensiplerine göre termoelektrik jeneratör ve termoelektrik soğutucu olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Bu araştırmada, termoelektrik jeneratör (TEG) kullanarak bir deney düzeneği oluşturulmuştur. Yapılan deneysel çalışmalarda tüm TEG yüzeyi kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak, deneysel çalışmada iki farklı durum için (TEG+ ısı emici ve Sadece TEG) incelenmiştir. TEG'in sıcak tarafı elektrikli ısıtıcıya bağlanmıştır. Isı emici ise soğuk tarafa yerleştirilmiştir. Termal kamera kullanarak sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, TEG ve ısı emici olduğu durum için sistemin performansı %60 arttığı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı Geri Kazanımı, Termoelektrik Jeneratör, Termal Kamera.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE THERMAL PERFORMANCE IN THERMOELECTRIC GENERATORS

ABSTRACT

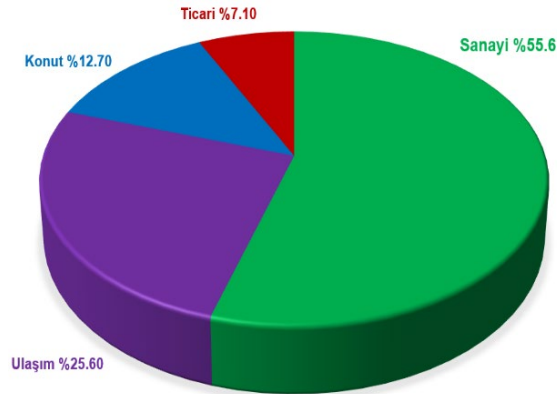
Thermoelectric modules (TEM) are recognized as one of the viable technologies with great potential for thermal energy management and greenhouse gas emission reduction. Thermoelectric modules (TEM) are composed of semiconductor materials and can heat or cool using electricity. Conversely, they can generate electricity using the temperature difference. Thermoelectric modules are electrically connected in series and thermally connected in parallel. They are divided into two groups as thermoelectric generator and thermoelectric cooler according to their working principles. In this research, an experimental setup was created using a thermoelectric generator (TEG). In the experimental studies, the analysis was carried out using the entire TEG surface. In addition, two different cases (TEG + heat sink and TEG only) were investigated in the experimental study. The hot side of the TEG is connected to the electric heater. The heat sink was placed on the cold side. The temperature was measured using a thermal camera. According to the results obtained, it was shown that the performance of the system increased by 60% for the case with TEG and heat sink.

Keywords: Heat Recovery, Thermoelectric Generator, Thermal Camera.

1. GİRİŞ

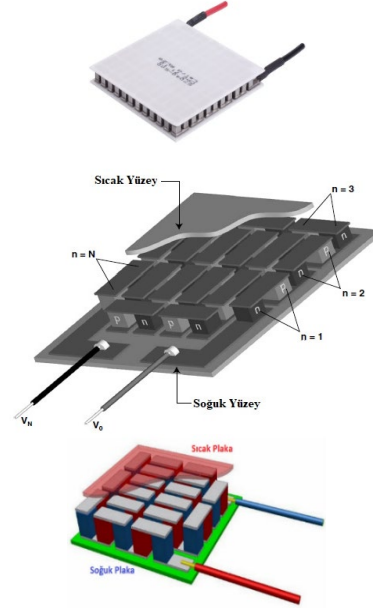
Son yıllarda, insan faaliyetleri ve sanayi sektörlerindeki enerjiye olan talep artmıştır. Enerji ihtiyacının büyük bir bölümü karşılayan fosil yakıtların tüketiminde çok büyük bir artış yaşanmıştır. Bu nedenle konuyla ilgilenen araştırmacılar, temiz, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynakları bulmaya ve enerji kaynaklarını daha verimli olarak kullanmaya yönelmişlerdir. Nüfus sayısının hızlı bir şekilde artması ile birlikte enerji gereksinimi belirli bir seviyenin üzerine çıkmıştır.

Dünyadaki enerji kaynaklarını korumak ve enerjiyi daha uygun bir şekilde kullanmak için bilim insanları ve araştırmacıları büyük bir çaba harcamaktadır. Buna ek olarak, fosil yakıtların tükenmesi ve bu tür yakıtların çevreye verdiği zarardan dolayı yenilenebilir enerji kaynakları kullanımında, termoelektrik modüller (TEM) büyük bir önem taşımaktadır. Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. 2017 yılı için Sektörelere göre küresel enerji kullanımının yüzdeleri [1].

Kablosuz iletişim ve ağ teknolojisi, insan toplumunun yaşam tarzını ve üretkenliğini geliştirmiştir. Mobil terminaller, veri merkezleri ve bulut bilişim gibi kablosuz iletişim hizmetleri ve veri işleme, insan toplumuna kapsamlı bir bilgi kaynağı sağlamıştır. Termoelektrik modülü, doğrudan ısı enerjisini elektrik enerjisine (veya tersini yapmak) dönüştürmektedir. Termoelektrik modülün genel görünümü Şekil 2'de gösterilmiştir [2-3]. Termoelektrik modüller (TEM), Termoelektrik jeneratörler ve Termoelektrik soğutucular olarak iki farklı grupta sınıflandırılmaktadır.



Şekil 2. Termoelektrik modülün genel görünümü verilmiştir [2-3].

Termoelektrik modüller (TEM), ısı özellikleri iyi olan iki farklı yarı iletken malzemeden oluşmaktadır. Bir yüzeyi P-tipi yarı iletken malzemeden, diğer yüzeyi ise N-tipi yarı iletken malzemeden üretilmektedir. TEM; elektriksel olarak birbirine seri bağlantı ile ve ısı olarak paralel bağlantı ile bağlıdır. Böylece daha yüksek voltaj elde edilmektedir [4].

TEM'lerinin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Avantajları; TEM'in yapısı basittir, güvenilirdir ve sessiz çalışmaktadır. Buna ek olarak, hareketli parçalar içermemektedir. Dezavantajları ise; TEM'in verimlilikleri düşük olmaktadır.

TEM'ler, ısının atıldığı sistemlerdeki atık ısıyı elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılabilir. Örneğin, endüstriyel tesislerde veya araç egzozlarında oluşan atık ısıyı elektrik enerjisine dönüştürmek için TEG'ler kullanılabilirler.

TEM malzemeleri, uygulamaları, modelleme teknikleri ve performans iyileştirmeleri ile ilgili çok sayıda araştırmacı tarafından kapsamlı bir inceleme yapılmıştır [5-6].

Çalışma konusu ile ilgili gerçekleştirilen çalışmaların bazıları aşağıda yer almaktadır. Hodes tarafından yapılan bir çalışmada, termoelektrik modüller için bir boyutlu sayısal olarak incelemiştir. Sayısal çözümde, farklı çalışma şartları altında analizler yapılmıştır [7].

Termoelektrik jeneratörlerin analitik çözümü, Esarte ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Çalışmanın amacı, içten yanmalı motorun egzozundan çıkan enerjiden faydalanmaktır. Akışkanın hızı, ısı değiştirici geometrisi, akışkanın özellikleri ve giriş sıcaklıkları gibi parametrelerinin sistemin ısı performansını üzerine etkisi incelenmiştir [8].

Astrain ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, ısı değiştiricilerin sıcak ve soğuk taraftaki ısı dirençlerinin termoelektrik jeneratörler üzerine sayısal ve deneysel olarak incelenmiştir. Sayısal çalışmada, sonlu farklar yöntemi kullanılarak sistemin ısı performansı analiz edilmiştir. Sayısal analizler, geliştirilen prototip sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Isı direncin %10 azaltılması durumunda, elektrik üretiminin %8'lik artışı gösterilmiştir [9].

Hsu ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışmada, otomobil egzoz borusundan çıkan atık ısıları elektrik enerjisine dönüştürmek için 24 adet termoelektrik jeneratörden oluşan bir sistem geliştirilmiştir. Yapılan deneysel ve simülasyon sonuçlarında, araçlarda kullanılan termoelektrik jeneratörlerin performansında iyileştirmeler yapılmıştır. Buna ek olarak, motor hızı 3500 devre/dakika yükseldiği zaman, 12.4 Watt'lık bir güç elde edilmiştir [10].

David ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, iki farklı termoelektrik modülü mini kanal ısı yutucuya (heat sink) bağlanarak, optimizasyon ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Kanaldaki ısı transfer akışkanı su olarak alınmıştır. Kanal sayısı, çapı ve debi gibi parametreler, farklı çalışma şartlarında analizler edilmiştir [11].

Date ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, küçük ve orta ölçekli sistemler için yenilenebilir enerji sistemlerinden faydalanarak termoelektrik güç üretiminin geliştirilmesi ile ilgili bir araştırma yapılmıştır. Buna ek olarak, enerji üretiminde kullanılan yeni malzemeler ve yenilikçi tekniklerinden bahsedilmiştir [12].

Matsumoto ve arkadaşları, içten yanmalı bir motordan çıkan sıcak egzoz gazından elektrik enerjisi elde etmek için TEG kullanmışlardır [13].

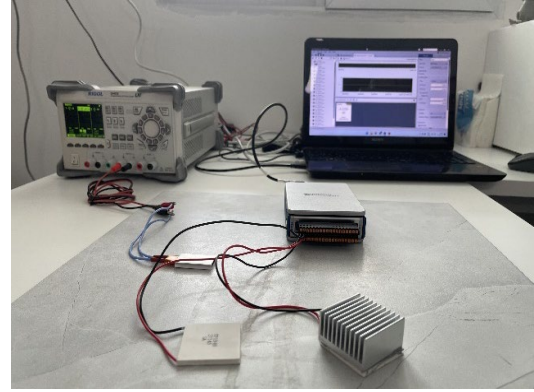
Bu çalışmanın temel amacı, Termoelektrik jeneratörlerin deneysel olarak incelenmesi.

Buna ek olarak, Termoelektrik jeneratörlerin verimliliklerinin artırılması için ısı emici (Heat sink) kullanıldığı zaman sistem üzerine olan etkisinin araştırılmasıdır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Deneysel Düzeninin Oluşturulması

Bu deneysel çalışma kapsamında, Termoelektrik jeneratörlerin ısı verimliliğini incelemek için deney düzeni oluşturulmuştur. Deney düzeninin ana elemanları Şekil 3'te verilmiştir. Deney düzeni, termoelektrik jeneratörleri (TEG), ayarlanabilir güç kaynağı, data kazanım kartı, elektrikli ısı kaynağı, ısı emici (Heat sink), termal kamera ve bilgisayar sistemi elemanlarından oluşmaktadır.



Şekil 3. Deneysel düzenin genel yapısı.

Termal bağlantıların doğru bir şekilde yapılması da TEG'in performansını etkilemektedir. Termoelektrik malzeme ile ısı kaynağı ve ısı emiciler arasındaki termal bağlantıların düşük termal dirençli olması önemlidir. İyi bir termal bağlantı, sıcaklık gradyanını maksimize ederek jeneratörün verimliliğini artırmaktadır.

Yapılan deneysel çalışmada kullanılan malzemeler ve ilgili detaylı özellikleri aşağıdaki gibidir.

2.1.1. Termoelektrik Jeneratörleri (TEG)

TEG SP1848-27145 tipi Termoelektrik jeneratörü kullanılmıştır (Şekil 4). Soğuk taraf üzerinde olan yazı, sıcak taraf ise üzerinde yazı olmayan taraf olarak gösterilmiştir. Bu tip TEG ler aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- 1-Enerji üretimi için özel olarak tasarlanmıştır
- 2-Neme karşı korumak için kapalı
- 3-Yüksek güvenilirlik ve çevreye kirlilik vermemektedir.

Bu TEG'lerin bazı özellikleri ise aşağıdaki gibi verilmiştir.

- Boyut: $4 \times 4 \times 0.34$ cm (UxGxY)
- İletkenlik: $850 \sim 1250 \Omega \cdot 1 \cdot \text{cm}^{-1}$
- Optimum (Z) değeri : $2.5 \sim 3 \times 10^{-3} \text{W}/^\circ\text{C}$
- Isıl iletkenlik (K): $15 \sim 16 \times 10^{-3} \text{W}/^\circ\text{C} \cdot \text{cm}$
- Çalışma sıcaklığı : $-60 \sim 125^\circ\text{C}$
- Malzeme: Ceramic / Bismuth Telluride
- Ağırlık: 25g
- Kablo uzunluğu: yaklaşık 30 cm



Şekil 4. TEG SP1848-27145 tipi Termoelektrik jeneratörün genel görünümü.

2.1.2. Ayarlanabilir Güç Kaynağı

DeneySEL çalışmada, Rigol DP832, 3 farklı çıkışlı, programlanabilir, temiz çıkış gücü verebilen ve max. toplam güç 195W, çok sayıda bağlantı portunu bulunduran yüksek kaliteli bir Laboratuvar tipi ayarlanabilir DC Güç kaynağı kullanılmış ve Şekil 5'te gösterilmiştir. Buna ek olarak, güç kaynağının diğer teknik özellikleri ise 0-30V / 0-3A dijital (D.C.) doğru akım sağlamaktadır.



Şekil 5. Rigol DP832 Ayarlanabilir Güç Kaynağı.

2.1.3. Data Kazanım Kartı

National Instrument NI 9220 data kazanım kart ve ekipmanları deneySEL çalışmada kullanılmıştır (Şekil 6). NI 9220 teknik özellikleri aşağıdaki gibidir. NI 9220 analog girişli bir modül ve 16 diferentia kanala sahiptir. Bu ek olarak, Sinyal seviyesi $\pm 10\text{V}$, örnekleme hızı 100kS/s ve çözünürlük 12-Bit olarak üretici tarafından tasarlanmıştır.



Şekil 6. NI 9220 data kazanım kartının görünümü.

2.1.4. Elektrikli Isı Kaynağı

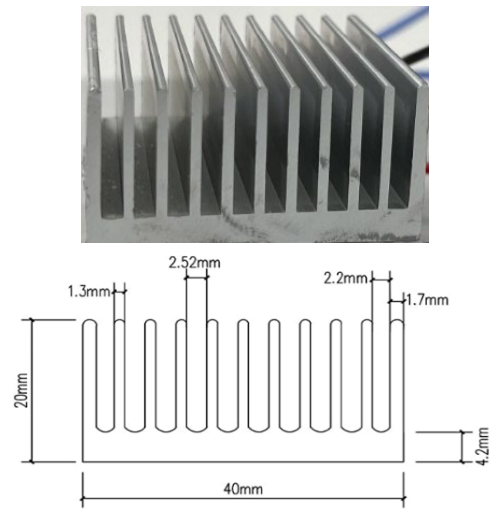
Elektrikli Isı kaynağının teknik özellikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 8). PTC Isıtma Plakası AC DC 12V, Termostatik Alüminyum Kabuk Seramik Isıtma Plakaları Levha Sabit Sıcaklık Isıtıcı sıcaklık 110°C , 3-10W.



Şekil 7. Elektrikli ısı kaynağı.

2.1.5. Isı Emici (Heat Sink)

Isıyı çekmek için termoelektrik modülün üzerine $40 \times 40 \times 20$ mm³ ölçülerinde alüminyum malzemesinden imalat edilen (Gpu Heatsink Kit) tipi ısı emmici kullanılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Isı emici (Heat sink).

2.1.6. Termal Kamera

Bu çalışma kapsamında Testo 885 - Termal kamera kullanılmıştır. 76,800 sıcaklık ölçüm noktasına sahip ile yüksek kalitede ısı görüntüleri sağlayan termal kameranın boyutu 253mm × 132mm × 111 mm ve 1570g ağırlıkta olan termal kamera kullanılmıştır (Şekil 9). Termal kameranın teknik özellikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Termal kameranın teknik özellikleri

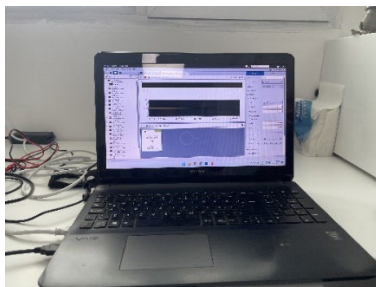
Parametre	Özellik
Ekran	4,3" LCD, 640 × 480
Çalışma sıcaklığı	-15/+50 °C
Isıl duyarlılık	< 30 mK +30 °C de
Ölçüm aralığı	-30/+350 °C
Doğruluk	±2 °C için ±2%



Şekil 9. Termal kamera (Testo 885).

2.1.7. Dizüstü Bilgisayar

NI den gelen verileri bilgisayara aktarılabilmektedir. Bu dneysel çalışmada, dizüstü bilgisayar kullanılmıştır (Şekil 10). Bilgisayarın özelliği, işlemci: Intel(R) Core(TM) i5-4200U CPU @ 1.60GHz; Ram 8.00 GB



Şekil 10. Dizüstü bilgisayar.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Isı emici ve Termoelektrik Jeneratör (TEG) farklı bileşenlerdir ve birbirleriyle bağımsız olarak çalışabilirler..

TEG'ler termoelektrik etkiyi kullanarak, bir yüzeydeki yüksek sıcaklıkla diğer yüzeydeki

düşük sıcaklık arasındaki termoelektrik farkı kullanılarak elektrik üretir.

Bazı uygulamalarda ise hem bir ısı emici hem de TEG bir arada kullanılabilir. Örneğin, bir enerji geri kazanım sistemi, bir ısı emici kullanarak sistemden atılan atık ısıyı emerek ve bu ısıyı TEG ile elektrik enerjisine dönüştürerek enerji verimliliğini artırabilir. Bu şekilde, ısı emici ve TEG birlikte çalışarak enerji geri kazanımı sağlanmış olur. Ancak, genel olarak, ısı emici ve TEG ayrı ayrı veya farklı uygulamalarda kullanılır ve birbirlerine bağımlı değildir.

Termoelektrik jeneratör sistemine ait deney düzeneği Şekil 3'te gösterilmiştir. Deney düzeneği kısaca 1-Termoelektrik jeneratörleri (TEG), 2-Ayarlanabilir Güç Kaynağı (Rigol DP832) 3-National Instrument NI 9220 tipi data kazanım kartı, 4-Elektrikli ısı kaynağı (PTC Heating Plate AC DC 12V), 5-Isı emici (Heat sink) (40×40×20 mm³ ölçülerinde ve Alüminyum malzemesinden imalat edilmiştir.), ve 6-Bilgisayar elemanlarından oluşmaktadır.

Bu çalışma kapsamında iki farklı durum için deneysel çalışma yapılmıştır.

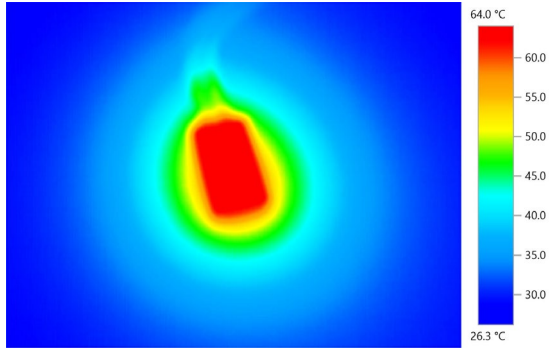
1-“TEG+Isı emici” durumu için

2-“Sadece TEG” ısı emici olmadığı durum için

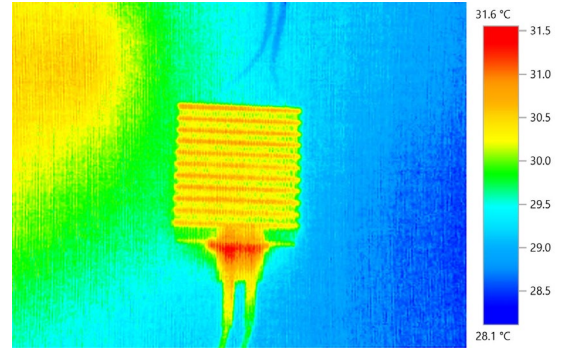
Deney testlerine başlamadan önce, elektrikli ısıtıcının sıcaklığı Testo 885 tipi termal kamera kullanarak ölçülmüştür. Güç kaynağının voltajları değiştirilerek elektrikli ısıtıcının sıcaklığı değiştirilebilmektedir. Güç kaynağından farklı voltajlar için (3V, 6V, 9V ve 12V) elektrikli ısıtıcının sıcaklığı sırasıyla (64°C, 83.4°C, 107.5°C ve 119.5°C) olarak bulunmuştur. Farklı voltajdaki ısıtıcı sıcaklıkları termal kamera kullanarak bulunmuş ve Şekil 11'de gösterilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmada, TEG ile birlikte ısı emici olduğu durum için analizler yapılmıştır. Burada ısı emiciyi TEG soğuk taraf üzerine yerleştirilmiş, güç kaynağından voltajlar değiştirilerek (3V, 6V, 9V ve 12V) sıcaklık dağılımı elde edilmiş ve Şekil 12'de gösterilmiştir.

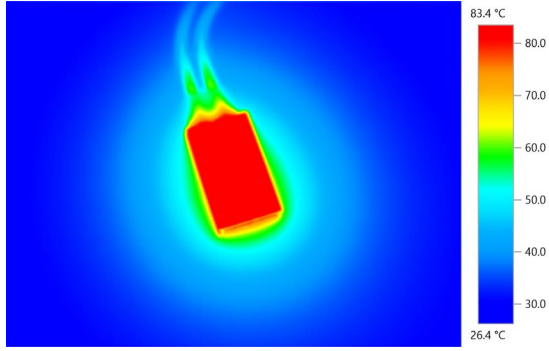
Isı emici olmadığı durumda ise (Sadece TEG) farklı voltajlar için (3V, 6V, 9V ve 12V) sıcaklık dağılımı Şekil 13'te verilmiştir.



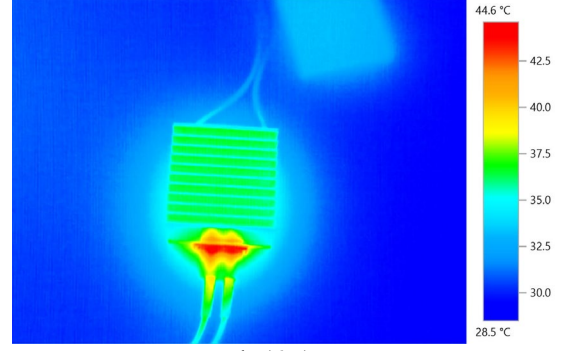
a-(3V)



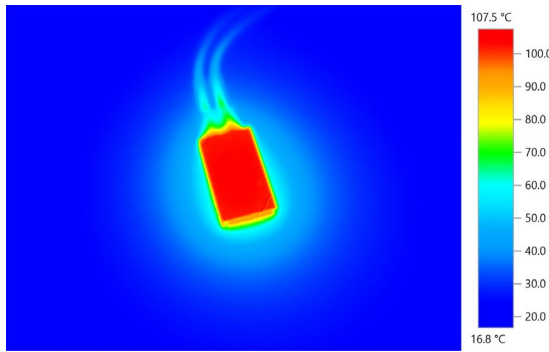
a-(3V)



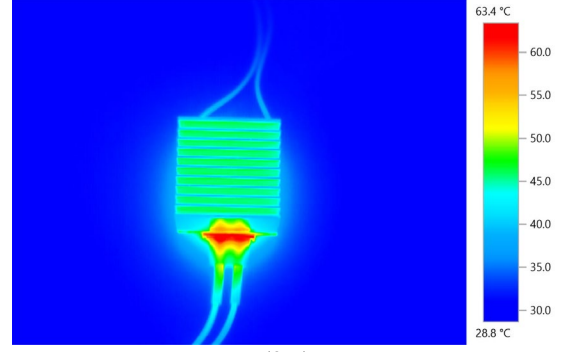
b-(6V)



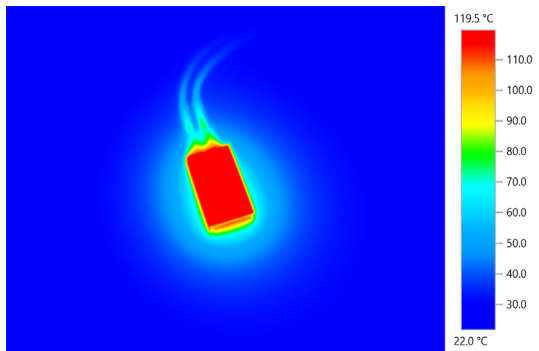
b-(6V)



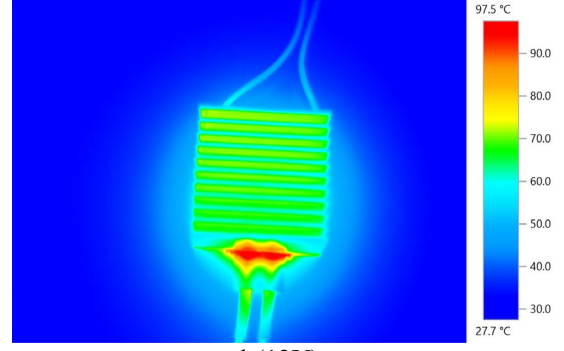
c-(9V)



c-(9V)



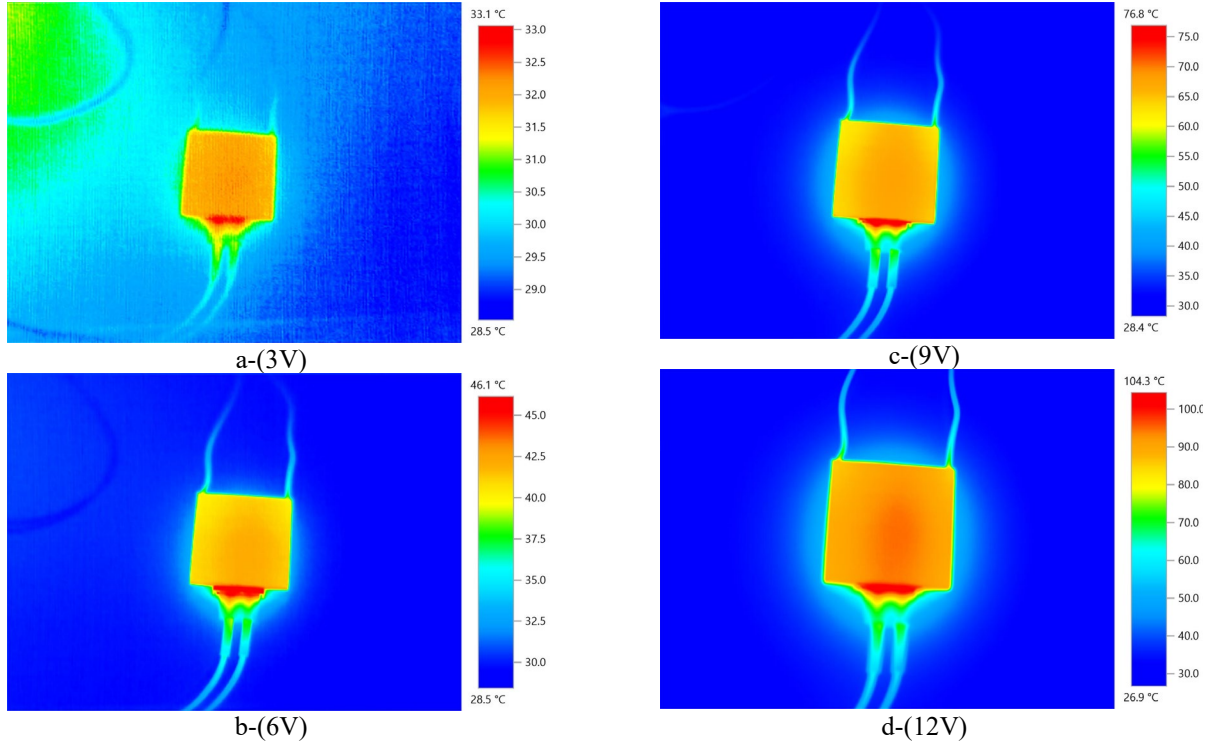
d-(12V)



d-(12V)

Şekil 11. Farklı voltajlardaki elektrikli ısıtıcının sıcaklıkları.

Şekil 12. Isı emici olduğu durum için sıcaklık dağılımı.



Şekil 13. Sadece TEG durumu için sıcaklık dağılımı

Yüzey sıcaklığı değerleri iki farklı durum için (TEG+ısı emici ve sadece TEG) Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. İki farklı sistem için sıcaklık değerleri.

Voltaj	Sıcaklık (°C)	
	Isı emici durumu için	Isı emici olmadığı durum için
3 V	30.5	32.1
6 V	36.5	42.1
9 V	45.9	67.9
12 V	69.9	94.5

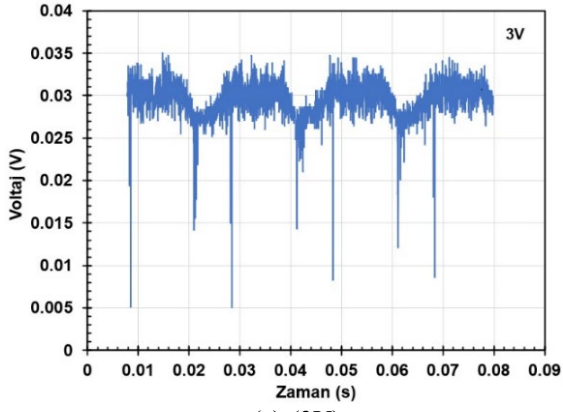
Burada iki durum için voltajlar arttırıldığı zaman yüzey sıcaklığı artmıştır. Ancak ısı emici olduğu durumu için yüzey sıcaklığı daha az olduğu görülmüştür. Bu durumun sebebi ise ısı emicinin temel işlevi olarak ısıyı azaltmak ve temas ettiği yüzeyden ısıyı gidermektir. TEG+ısı emici olduğu durum için sistem olarak voltajları ölçülmüştür. Güç kaynağından voltajlar değiştirerek (3V, 6V, 9V ve 12V), sensör vastasıyla TEG’den ölçülen voltaj değeri ısı emici olduğu durum için Şekil 14’de gösterilmiştir.

Burada, güç kaynağının voltajı (3V) olarak olduğu durumda sistemin voltajı yaklaşık olarak 0.03V değerindeyken, güç kaynağının voltajı (12V) olarak olduğu durumdaki sistemin voltajı yaklaşık olarak (0.6V) olduğunu Şekil 14’te verilmiştir. Bunun sebebi ise ayarlanabilir güç kaynağının voltajı arttığı zaman elektrikli ısıtıcının sıcaklığı artmaktadır. Buna göre

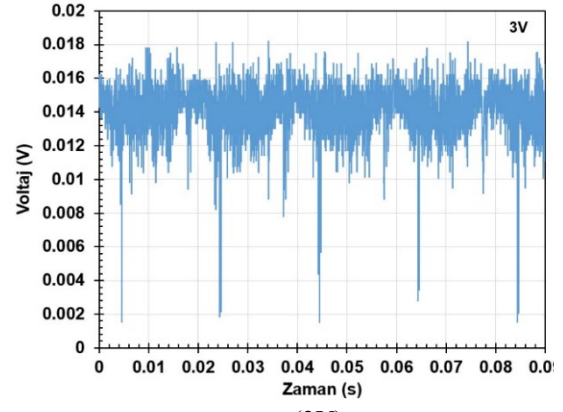
sıcaklık farkı oluştuğu zaman sistemin gücü (voltaj) yükseliyor.

Isı emici olmadığı durum için (sadece TEG), güç kaynağından voltajlar değiştirerek (3V, 6V, 9V ve 12V), sensör vastasıyla TEG’den ölçülen voltaj değeri Şekil 15’te gösterilmiştir.

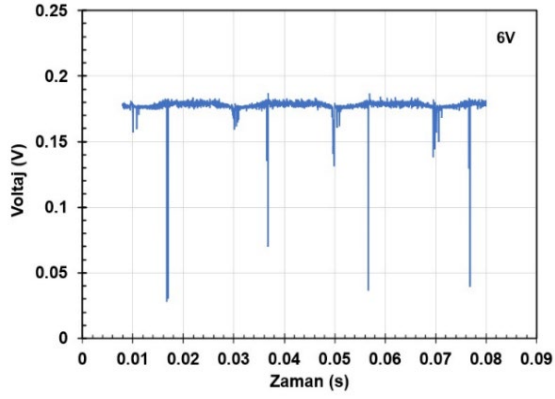
Benzer şekilde Güç kaynağından voltaj arttığı zaman sistemin (TEG) voltajı artmaktadır. Burada, güç kaynağının voltajı (3V) olarak olduğu durumda sistemin voltajı yaklaşık olarak (0.015V) değerindeyken, güç kaynağının voltajı (12V) olarak olduğu durumdaki sistemin voltajı yaklaşık olarak (0.23V) olduğunu Şekil 19’da verilmiştir. TEG ve ısı emici olduğu durumda sistemin daha iyi bir performans gösterdiği görülmüştür. Bunu sebebi ise TEG’in sıcak ve soğuk taraf arasındaki sıcaklık farkı ile doğrudan orantılıdır.



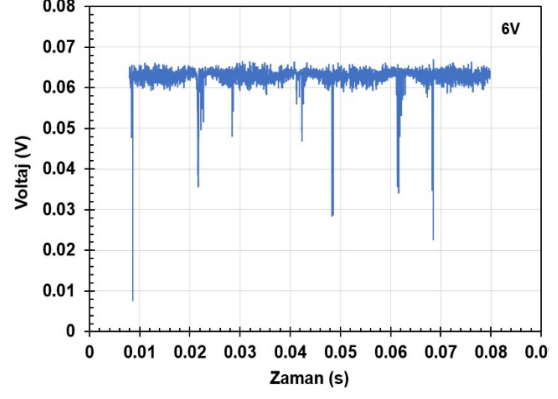
(a)-(3V)



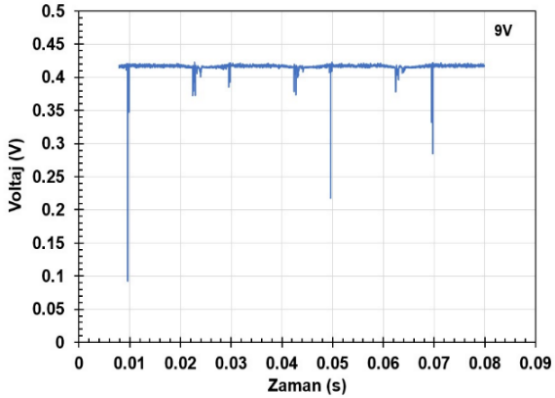
a-(3V)



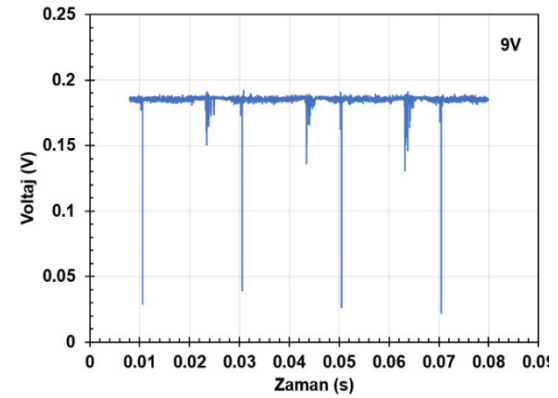
b-(6V)



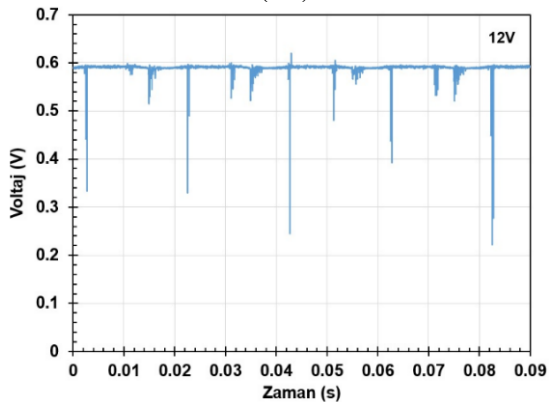
b-(6V)



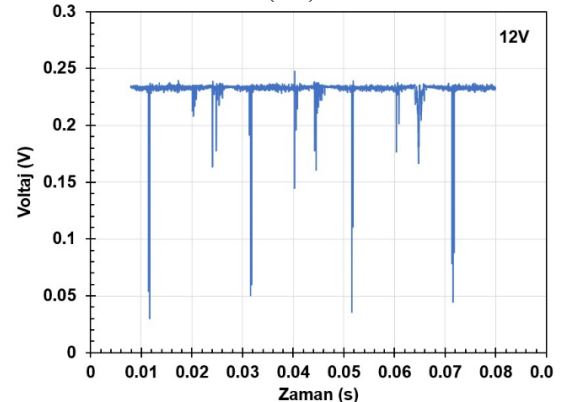
c-(9V)



c-(9V)



d-(12V)



d-(12V)

Şekil 14. TEG'den ölçülen voltaj değeri ısı emici olduğu durum.

Şekil 15. TEG'den ölçülen voltaj değeri ısı emici olmadığı durum.

4. SONUÇ

Yapılan deneysel çalışmalarda tüm TEG yüzeyi kullanılarak araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak, deneysel çalışmada iki farklı durum için (TEG+ ısı emici ve Sadece TEG) inceleme yapılmıştır. TEG+ ısı emici durum için, güç kaynağının voltajı (12V) olarak olduğu durumda elektrikli ısıtıcının sıcaklığı 119.5°C, soğuk taraf yüzey sıcaklığı 69.9°C ve sistemin voltajı yaklaşık olarak (0.6V) olduğu gösterilmiştir. Ancak, ısı emici olmadığı durum için, güç kaynağının voltajı (12V) olarak olduğu durumda elektrikli ısıtıcının sıcaklığı 119.5°C, soğuk taraf yüzey sıcaklığı 94.5°C ve sistemin voltajı yaklaşık olarak (0.23V) olduğu gösterilmiştir. TEG ve ısı emici olduğu durumda sistemin performansı arttığı gösterilmiştir.

TEG'in ısı performansını, bir dizi faktöre bağlıdır. Bunlar arasında kullanılan termoelektrik malzemenin özellikleri, sıcaklık gradyanı, soğutma sistemleri ve termal bağlantılar yer almaktadır. Termoelektrik malzemeler, termoelektrik etkiyi en iyi şekilde kullanabilmek için yüksek ısı iletkenlik ve düşük elektriksel iletkenlik özelliklerine sahip olmalıdır. Bu, ısıyı hızla ileten ancak elektriği engelleyen malzemeleri ifade eder. Yüksek performanslı termoelektrik malzemelerin geliştirilmesi, termoelektrik jeneratörlerin verimliliğini artırabilir.

Bu çalışma, atık ısılardan elektrik enerjisinin üretilmesi, üretilen enerjinin optimizasyonu ve ısı ve elektriksel katkılarının olacağını göstermiştir. Böylelikle, atık ısı elektriğe çevrilirken en verimli sistem parametreleri belirlenmiştir.

TEŐEKKÜR

Bu çalışma, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (MF-19009) tarafından finanse edilen bir projenin sonuçlarını sunmaktadır. Proje ekibi Aydın Adnan Menderes Üniversitesi'nin sağladığı desteğe teŐekkürlerini sunmaktadır.

KAYNAKLAR

1. EIA. U.S. Energy Information Administration, Annual Energy Outlook, 2018.
2. Melcor, Thermoelectric Engineering Handbook, <http://www.melcor.com>, Ocak 28, 2023.

3. Hodes, M., "Precision Temperature Control using Thermoelectric Module", Heat Transfer Calculation McGraw Hill, New York, 2004.

4. Ho Sung L., "Thermoelectrics: Design and Materials", Wiley, UK, 2016.

5. Twaha, S., Zhu, J., Yan, Y., Li, B., "A comprehensive review of thermoelectric technology: Materials, applications, modelling and performance improvement", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 65, Pages. 698-726, 2016.

6. Pourkiaei, S.M., Ahmadi, M.H., Sadeghzadeh, M., Moosavi, S., Pourfayaz, F., Chen, L., Yazdi, M.A.P., Kumar, R., "Thermoelectric cooler and thermoelectric generator devices a review of present and potential applications, modeling and materials", Energy, Vol. 186, Article 115849, 2019.

7. Hodes, M., "On One-Dimensional Analysis of Thermoelectric Modules (TEMs)", IEEE Trans. Components Packaging, Vol. 28, Issue 2, Pages 218-229, 2005.

8. Esarte, J., Min, G., Rowe, D.M., "Modelling heat exchangers for thermoelectric generators", Journal of Power Sources, Vol. 93, Issues 1-2, Pages 72-76, 2001.

9. Astrain, D., Vian, J. G., Martínez, A., Rodríguez, A., "Study of the Influence of Heat Exchangers' Thermal Resistances on a Thermoelectric Generation System", Energy, Vol. 35, Issue 2, Pages 602-610, 2010.

10. Hsu, C.T., Huang, G.Y., Chu, H.S., Yu, B., Yao, D.J., "Experiments and simulations on low-temperature waste heat harvesting system by thermoelectric power generators", Applied Energy Vol. 88, Issue 4, Pages 1291-1297, 2011.

11. David, B., Ramousse, J., Luo., "Optimization of thermoelectric heat pumps by operating condition management and heat exchanger design", Energy Conversion and Management, Vol. 60, Pages 125-133, 2012.

12. Date, A., Date, A., Dixon, C., Akbarzadeh, A., "Progress of thermoelectric power generation systems: prospect for small to medium scale power generation", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 33, Pages 371-81, 2014.

13. Matsumoto, M., Mori, M., Haraguchi, T., Ohtani, M., Kubo, T., Matsumoto, K., Matsuda, H., "Development of state of the art compact and lightweight thermoelectric generator using vacuum space structure", SAE International Journal of Engines, Vol. 8, Issue 4, Pages 1815-1825, 2015.