

# Güneş Enerjili Isı Borusunda Bitkisel Atık Yağ Kullanılarak Bir Termoelektrik Jeneratörde Elektrik Üretiminin Deneysel İncelenmesi

Ousama Okla<sup>1</sup>, Engin Özbaş<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Yeşilyurt Demir Çelik Meslek Yüksekokulu, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

\*[engin.ozbas@omu.edu.tr](mailto:engin.ozbas@omu.edu.tr)

(Geliş Tarihi: 12 Ekim 2024, Kabul Tarihi: 30 Ekim 2024)

**ATIF/REFERENCE:** Okla, O., Ozbas, E. (2024). Güneş Enerjili Isı Borusunda Bitkisel Atık Yağ Kullanılarak Bir Termoelektrik Jeneratörde Elektrik Üretiminin Deneysel İncelenmesi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 8(9), 463-469.

**Özet** – İnsan faaliyetleri sonucu oluşan atıklar çevreye kontrolsüz olarak bırakıldığında insan sağlığı başta olmak üzere tüm canlılara zarar verebilmektedir. Söz konusu atıklardan birisi de kritik seviyelerde su kirliliğine neden olabilen bitkisel atık yağdır. Bitkisel atık yağ, biyolojik ve/veya kimyasal bir takım işlemlerden sonra geri dönüşümü/kazanımı sağlanabilmekte ancak fiziksel olarak basit bir süzme işleminin dışında herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan tekrar kullanımına pek rastlanmamaktadır. Herhangi bir ısı kaynağı ile çalışabilen termoelektrik jeneratör (TEJ) elektrik üretebilen elektronik bir cihazdır. Aynı zamanda sessiz ve güvenli olmaları nedeniyle de tercih edilen TEJ'in iki yüzeyi arasında meydana getirilen sıcaklık farkı ile elektrik üretilmektedir. Bu çalışmada çevresel etkiler dikkate alınarak yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ısı kaynağı olarak, güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürmek için kullanılan ısı borusunda ise bitkisel atık yağ çalışma akışkanı olarak birlikte ele alınmıştır. Böylece bitkisel atık yağ geri dönüşüm/kazanım sürecine yeni bir yöntemin eklenebilmesi amaçlanmıştır. Yapılan deneylerde bitkisel atık yağ ile ısı borusunun alt ucunda yaklaşık 260°C'ye, üst ucunda ise yaklaşık 160°C'ye kadar ulaşılmıştır. Isı borusundaki bu sıcaklık dağılımı ile TEJ'in sıcak yüzeyinde yaklaşık 135°C'ye kadar sıcaklık değerleri elde edilmiştir. TEJ'in ucuna 6,2ohm'luk direncin bağlandığı deneyler süresince ortalama 0,22V DC gerilim üretilmiştir.

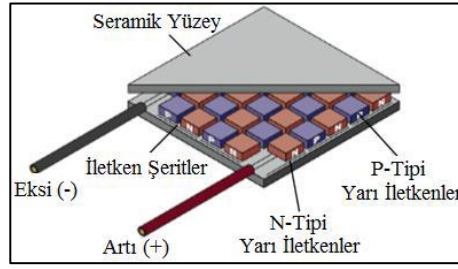
**Anahtar Kelimeler** – Termoelektrik jeneratör, Güneş enerjisi, Termosifon, Isıtma, Bitkisel atık yağ

## I. GİRİŞ

Akademik çalışma alanı olarak günümüzün önemli konularından birisi elektrik üretimidir. Elektrik üretimi için tasarlanan sistemlerde verim kadar sistemde kullanılan materyallerin çevreye dost yapıda olması, sisteme akademik anlamda bir üstünlük ortaya koyabilmektedir. Bundan dolayı elektrik üretiminde enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına öncelik verilmesi istenen bir durumdur. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi için kullanılan enerji türlerinden birisi de güneş enerjisidir. Güneş enerjisi ile farklı teknolojiler kullanılarak elektrik üretimi yapmak mümkündür.

Söz konusu teknolojilerden birisi de termoelektrik jeneratördür (TEJ). Termoelektrik jeneratör (TEJ) ilk olarak 1821 yılında Alman bilim adamı Thomas Seebeck tarafından ortaya konulmuştur [1]. TEJ, mekanik olarak hareketli parçaları olmayan, sessiz, güvenilir ve çevre dostu katı hal elektronik cihazlardır [2]. Şekil

1’de verilen görselden anlaşılacağı üzere TEJ iki yüzeye sahiptir. Yüzeyler arasında meydana gelen sıcaklık farkı ile DC elektrik gerilimi üretimi gerçekleşmektedir [2,3].



Şekil 1. Termoelektrik Jeneratör [3]

TEJ’in yüzeyleri arasında sıcaklık farkının olabilmesi için ısıtma ve soğutma işlemlerinin uygulanması gerekmektedir. Isıtma işlemi için çeşitli ısı kaynakları kullanılabilir. Otomobil egzozundan, soba ve/veya kazan gibi ısıtma sistemlerine kadar her türlü atık ısıdan ve ayrıca jeotermal ve güneş enerjisi vb. yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan her türlü ısı ile TEJ ısıtılabilir [2].

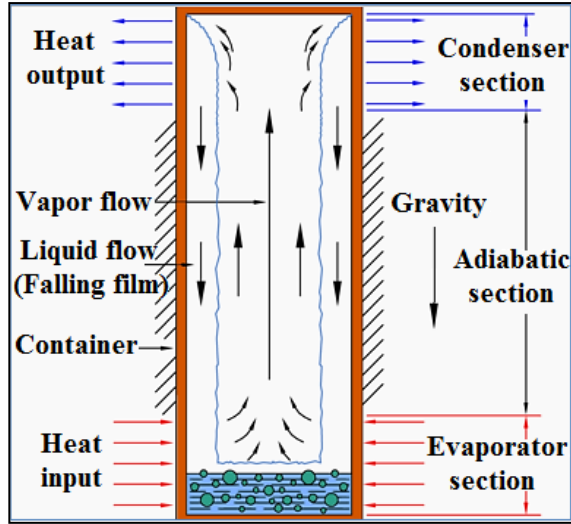
TEJ’de soğutma işlemi aktif ve pasif olmak üzere iki farklı şekilde sağlanabilir. Enerji sarfiyatının olduğu soğutma sistemleri aktif, enerji sarfiyatının olmadığı soğutma sistemleri ise pasif olarak açıklanabilir. Ayrıca hava soğutma, termosifon uygulamaları ve diğer yöntemler olmak üzere de bir sınıflandırma yapılabilmektedir [4].

Çevresel etkilerinden dolayı kontrolsüz bir şekilde çevreye bırakılan atıkların yeniden değerlendirilebilmesi son derece önemlidir. Özellikle kullanılmış bitkisel atık yağların geri dönüşüm/kazanım süreçlerinde farklı seçeneklerin geliştirilmesi çevresel ve sürdürülebilirlik açısından önem arz etmektedir [5].

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ısı kaynağı olarak kullanılmış ve termoelektrik jeneratörden (TEJ) elektrik üretimi deneysel olarak incelenmiştir. TEJ’in sıcak yüzeyinin ısıtılması güneş enerjili termosifon tip ısı borusu ile sağlanmıştır. Termosifon tip ısı borularında bir çalışma akışkanının kullanılması gerekmektedir. Bu tasarımdaki ısı borusunda bitkisel atık yağ çalışma akışkanı olarak kullanılmıştır. TEJ’in soğuk yüzeyi ise alüminyum kanatçık yapıdaki hava temaslı pasif bir soğutucu tarafından soğutulmuştur.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

TEJ’de ısıtma işlemi için yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerji kullanılmıştır. Güneş enerjisinin TEJ’in sıcak yüzeyine aktarımı için ise iki fazlı kapalı termosifon tip ısı borusu tercih edilmiştir. Şekil 2’de çalışma yapısı verilen termosifon tip ısı borusu evaporatör, adyabik ve kondenser bölgelerinden oluşmaktadır. Bir çalışma akışkanı ile doldurulan ısı borusundaki akışkan evaporatör bölgesinde aldığı enerjisinin etkisiyle buharlaşıp yerçekimi kuvvetini yenerek yukarı yükselir. Isı transferinin olmadığı adyabatik bölgeden geçerek kondenser bölgesine ulaşır. Kondenser kısmında üzerindeki ısı enerjisini dış ortama aktaran çalışma akışkanı yoğunlaşarak sıvılaşır. Böylece yerçekimi etkisiyle tekrar evaporatör bölgesine dönerek çevrimi tamamlanmış olur [6,7].



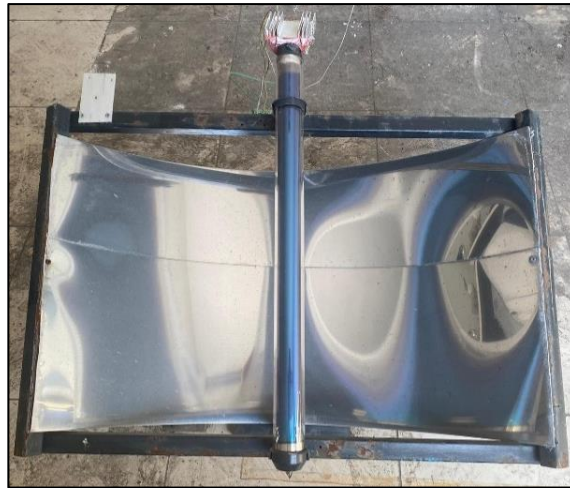
Şekil 2. İki fazlı kapalı termosifon tip ısı borusu [6,7]

TEJ'in sıcak yüzeyinin ısıtılması işlemi için kullanılan ısı borusu bakır malzemeden imal edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. İmal edilen termosifon tip ısı borusu

Şekil 4'de görüldüğü gibi ısı borusunun buharlaştırıcı (evaporator) kısmı cam tüp içerisine yerleştirilirken yoğuşturucu (condenser) kısmı ise TEJ'in sıcak yüzeyine temas ettirilmiştir. Ayrıca ısı borusunda daha yüksek sıcaklıklar elde edebilmek için vakumlu cam tüp parabolik yansıtıcı içine yerleştirilmiştir.



Şekil 4. Yansıtıcı içerisine yerleştirilen ısı borusu

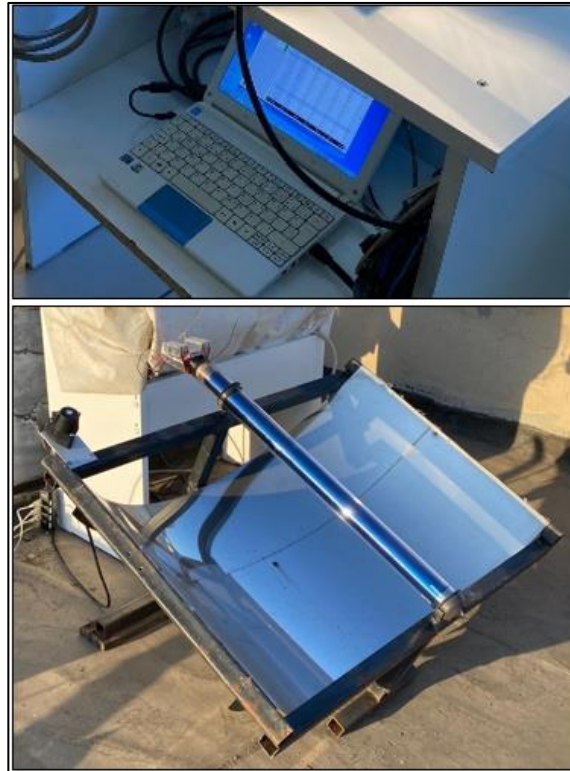
Deneylerde kullanılan termosifon tip ısı borusuna çalışma akışkanı olarak hacminin 1/3'ü kadar bitkisel atık yağ konulmuştur. TEJ için ısıtma işlemi ısı borusu ile sağlanırken soğutma işlemi için pasif hava soğutucu kullanılmıştır. Şekil 5'de alüminyum kanatçık yapıya sahip soğutucu görülmektedir.



Şekil 5. Hava soğutmalı pasif soğutucu

Deney sonuçlarının analizi için gerekli sıcaklık ölçümleri K-type thermocouples kullanılarak, sistem üzerine gelen ışınım miktarı ise bir pyranometre sensörü ile ölçülmüştür. TEJ tarafından üretilen gerilim miktarı, tüm sıcaklıklar ve ışınım miktarı (I) verileri otomatik olarak ORDEL UDL100 data logger ile bilgisayara aktarılmıştır.

Deneyler 41°14'K ve 36°26'D GPS koordinatlarına sahip Samsun'da yapılmıştır. Sistem yaz aylarında test edildiğinden güney yönünde yer ile 26° açı oluşturacak şekilde konumlandırılmıştır. TEJ'in çıkış uçlarına 1/4W-6,2ohm direnç bağlanarak kapalı devre meydana getirilmiş ve bu şekilde deney sisteminin kurulumu tamamlanmıştır. Şekil 6'da kurulan deney düzeneği görülmektedir.

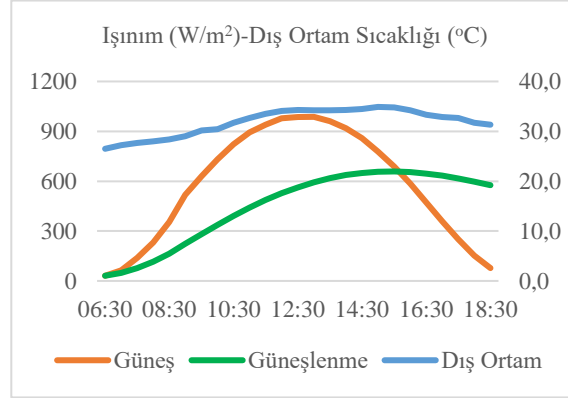


Şekil 6. Deney düzeneği

### III. BULGULAR

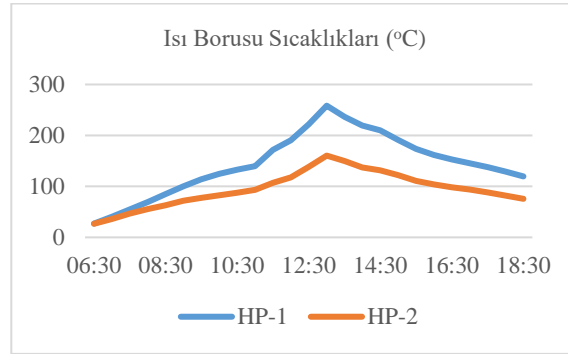
Deneyler sabah 06:30 ile akşam 18:30 arasında yapılmış olup, deney boyunca güneşten gelen ışınım miktarı, dış ortam sıcaklığı, güneş enerjili ısı borusu üzerindeki sıcaklıklar, TEJ'in sıcak ve soğuk yüzeylerinin sıcaklıkları ve TEJ tarafından üretilen kapalı devre (dirençli) gerilim miktarı ölçülmüştür.

Şekil 7’de güneş ışınım miktarı (Güneş), sistemin deney boyunca maruz kaldığı ortalama ışınım miktarı (Güneşlenme) ve dış ortam sıcaklığının dağılımı görülmektedir. Deney süresince ortalama güneşlenme miktarı yaklaşık  $450\text{W}/\text{m}^2$  olurken ortalama dış ortam sıcaklığı yaklaşık  $32^\circ\text{C}$  olmuştur.



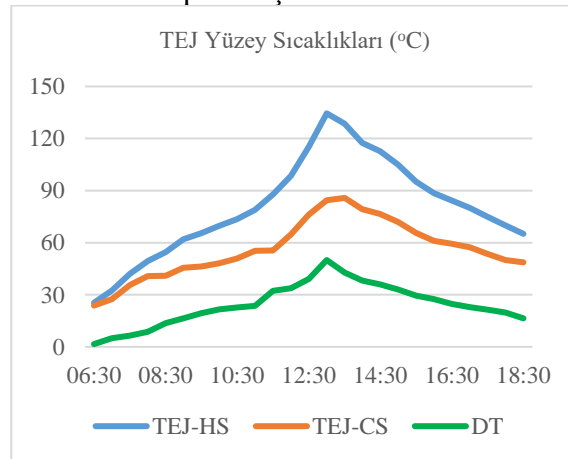
Şekil 7. Işınım ve dış ortam sıcaklığı dağılımı

Şekil 8’de TEJ için gerekli ısının elde edildiği güneş enerjili ısı borusu üzerindeki sıcaklık dağılımı görülmektedir. Isı borusunun alt ucu (HP1) ve üst ucu (HP2) arasındaki sıcaklık farkı ortalama  $50^\circ\text{C}$  olarak hesaplanmıştır.

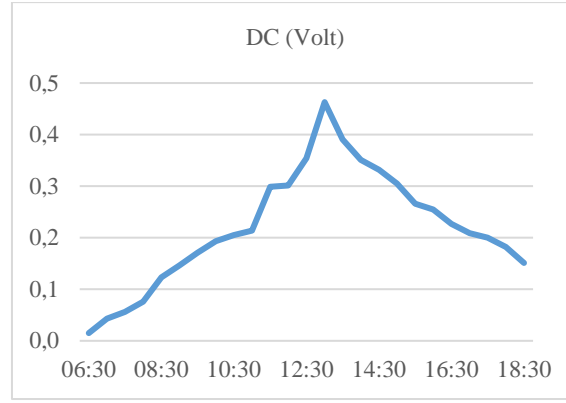


Şekil 8. Isı borusu sıcaklık dağılımı

TEJ’in sıcak yüzey sıcaklığı (TEJ-HS), soğuk yüzey sıcaklığı (TEJ-CS) ve yüzeyler arası sıcaklık farkının (DT) dağılımı Şekil 9’da verilmiştir. TEJ-HS ortalama  $80^\circ\text{C}$  olurken, TEJ-CS  $56^\circ\text{C}$  olarak ölçülmüş ve yüzeyler arası sıcaklık farkı  $24^\circ\text{C}$  olarak hesaplanmıştır.



Şekil 9. TEJ yüzeylerinin sıcaklık dağılımı



Şekil 10. Kapalı devre TEJ gerilim dağılımı

Şekil 10 ile TEJ tarafından üretilen kapalı devre gerilim miktarının dağılımı verilmiştir. En yüksek gerilim miktarına saat 13:00'de ulaşılmış ve 0,46V olarak ölçülmüştür. Deney boyunca ortalama 0,22V elektrik üretimi gerçekleşmiştir.

#### IV. TARTIŞMA

Bu çalışmada çevresel açıdan önem arz eden “yenilenebilir enerji” ve “atık” başlıkları birlikte ele alınmıştır. Bu bağlamda güneş enerjisi ile elektrik üretimi ve atık olarak bitkisel atık yağ birlikte düşünülmüştür. Sonuç olarak deneysel çalışma konusu olarak herhangi bir ısı kaynağı ile çalışabilen termoelektrik jeneratör (TEJ) ile elektrik üretimi teknolojisi tercih edilmiştir. Tasarlanan sistemde güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüşümü için termosifon tip ısı borusu, ısı borusunda çalışma akışkanı olarak da bitkisel atık yağ kullanılmıştır.

TEJ yapısı gereği yüzeyleri arasında sıcaklık farkının oluşturulması sonucu elektrik üretebilmektedir. Yapılan deneysel çalışmada yüzey ısıtması için güneş enerjili ısı borusu kullanılırken, yüzey soğutması için hava temaslı alüminyum pasif soğutucu kullanılmıştır.

#### V. SONUÇLAR

Deneysel çalışmada güneş enerjili ısı borusunda çalışma akışkanı olarak kullanılan bitkisel atık yağ ile TEJ üzerinde ısıtma işlemi sağlanmıştır. Sistemde en yüksek sıcaklık değerlerine saat 13:00 civarında ulaşılmış ve TEJ'in yüzeyleri arasında ortalama 24°C sıcaklık farkı meydana gelmiştir. TEJ'in çıkışına bağlanan direnç ile kapalı devre meydana getirilmiş ve 10 saat süren deneyler süresince ortalama 0,22V elektrik üretilmiştir.

Diğer atıklara göre çevresel anlamda farklı bir geri kazanım/dönüşüm sürecine sahip bitkisel atık yağın tekrar kullanımına yönelik yeni bir seçenek ortaya konulmuştur.

#### KAYNAKLAR

- [1] M. Özkaymak, Ş. Baş, B. Acar, C. Yavuz, K. Boran, A.S. Tabak, H.İ. Variyenli, Ö. Asal. “Atık Baca Gazı Kullanımı ile Termoelektrik Jeneratörlerde Elektrik Üretimine Faydalı Kullanımının Deneysel İncelenmesi”. *GU J Sci Part: C*, 2(4), pp. 289-298, 2014.
- [2] E. Özbaş. “Experimental investigation of passive water cooling in solar heating thermoelectric generator”. *Politeknik Dergisi*, 23(4), pp. 1231-1236, 2020.
- [3] E. Özbaş. “Güneş Enerjili Isı Borulu Termoelektrik Jeneratörde Durgun Su Soğutmasının Elektrik Üretimine Etkisinin Deneysel İncelenmesi”. *1st International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies Proceedings*, pp. 141-144, 2017.
- [4] E. Özbaş, M. Bozkurt. “Designs of Cooling Methods in Thermoelectric Generator”. *6th International Congress on Life, Social, and Health Sciences in a Changing World*, pp. 5-11, 2022.
- [5] E. Ozbas. “Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri İçin Termosifon Tip Isı Borusunda Çalışma Akışkanı Olarak Bitkisel Atık Yağ Kullanımının Deneysel İncelenmesi”. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 45, pp. 131-134, 2022.
- [6] E. Ozbas. “Experimental study of thermal performance and pressure differences of different working fluids in two-phase closed thermosyphons using solar energy”. *Journal of Polytechnic*, 22 (1), pp. 121-128, 2019.

- [7] E. Ozbas, S. Selimli, M. Ozkaymak, A.S.S. Frej. “Evaluation of Internal Structure Modifications Effect of Two-Phase Closed Thermosyphon on Performance: An Experimental Study”, *Solar Energy*, 224, pp. 1326-1332, 2021.