

Fotovoltaik Panelde Farklı Baca Tasarımlarının Pasif Soğutucu olarak Kullanımının Elektrik Üretimine Etkisinin Deneysel İncelenmesi

Nazım Emre Şenyılmaz¹, Engin Özbaş^{2*}

¹Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

²Yeşilyurt Demir Çelik Meslek Yüksekokulu, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

*engin.ozbas@omu.edu.tr

(Received: 14 May 2025, Accepted: 20 May 2025)

ATIF/REFERENCE: Şenyılmaz, N. E. & Özbaş, E. (2025). Fotovoltaik Panelde Farklı Baca Tasarımlarının Pasif Soğutucu olarak Kullanımının Elektrik Üretimine Etkisinin Deneysel İncelenmesi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 9(5), 298-303.

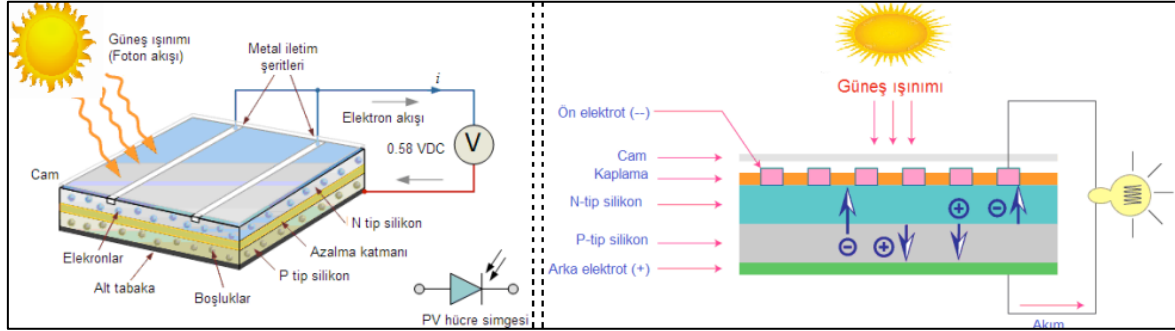
Özet – Yaşantımızı kolaylaştıran cihazların çok büyük bir oranı elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. Bundan dolayı elektrik üretiminin sağlanması son derece önem arz etmektedir. Çeşitli yöntemlerle elektrik üretimi yapılabilmektedir. Bunlardan birisi de güneş enerjisi ile fotovoltaik panelden elektrik üretildiği yöntemidir. Fotovoltaik panelde elektrik üretimi çevreci ve sürdürülebilir olmakla beraber, panel yüzey sıcaklığının gün içerisinde artması elektriksel verimi düşürmektedir [1]. Bu verim düşmesini azaltmaya yönelik pek çok akademik çalışmaya rastlamak mümkündür. Literatür incelendiğinde panel yüzey sıcaklığını düşük tutmaya yönelik farklı tasarımların geliştirildiği görülmektedir. Tasarımları ve kullanılan yöntemleri genel olarak aktif ve pasif olarak sınıflandırılabilirler [2]. Bu çalışmada pasif soğutma yöntemleri üzerinde durularak iki farklı baca tasarımı geliştirilmiştir. Birinci tasarımda tüm paneli kuşatıcı bir baca tasarımı yapılırken, ikinci tasarımda iki adet alüminyum dörtgen profil panelin yarısını etkisini alacak şekilde yerleştirilmiştir. Deneyler sonucunda referans panele göre birinci tasarımda panel yüzeyinde daha yüksek sıcaklık değerlerine ulaşılırken, ikinci tasarımda panel yüzeyinde daha düşük sıcaklık değerlerine ulaşılmıştır. Birinci baca tasarımının tüm paneli kuşatıcı şekilde olması nedeniyle panel yüzeyini soğutmadan ziyade ısıttığı anlaşılmıştır. Bu da üretilen elektrik miktarında düşüşe neden olmuştur. İkinci tasarımda ise referans panele göre daha düşük yüzey sıcaklıkları ölçülmüş ve bunun sonucu olarak daha fazla elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Fotovoltaik Panel, Güneş Enerjisi, Pasif Soğutma, Elektrik Üretimi.

I. GİRİŞ

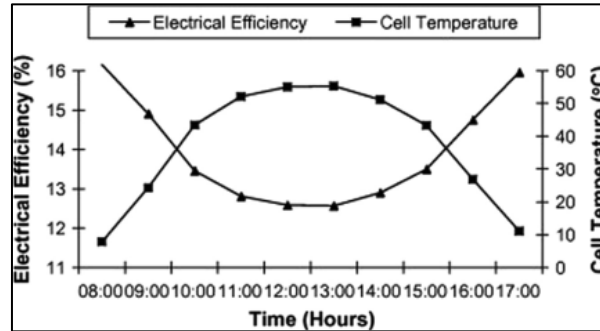
Enerji, iş yapabilme yeteneğidir ve kullandığımız cihazlar dikkate alındığında önemini her zaman korumaktadır. Enerji vardan yok edilemeyen, yoktan da var edilemeyen bir özelliğe sahiptir ve enerji varlığını kendi türleri arasında dönüşerek korumaktadır [3]. En önemli enerji türünün ise yaygın kullanım alanından dolayı elektrik enerjisi olduğunu söyleyebiliriz. Elektrik enerjisi diğer enerji türlerinden çeşitli yöntemler ile elde edilebilir. Elektrik üretimi ve çevre birlikte düşünüldüğünde temiz enerji türü olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ön plana çıkmaktadır. En yaygın kullanıma sahip yenilenebilir enerji kaynağı ise güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinde çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır, bunlardan birisi de fotovoltaik panel teknolojisidir.

Fotovoltaik panel, yarı iletken malzemelerden oluşan ve güneş enerjisini doğrudan elektriğe dönüştürebilen elektronik bir cihazdır. Hareketli ve mekanik parçaları olmadığından bakımları kolaydır ve ömürleri uzundur. Güneş ışınımındaki fotonlar yarı iletken malzemeden oluşan panel yüzeyine çarparak atomlardan elektronların serbest kalmasına neden olur. Böylece ortaya çıkan elektron hareketi sayesinde güneş enerjisinden doğrudan doğru akım (DC) elektrik enerjisine dönüşüm sağlanmış olur. Fotovoltaik panel ile güneş enerjisi, %5 ile %20 arasında bir verimle elektriğe dönüştürülebilir [4,5].



Şekil 1. Fotovoltaik hücrenin çalışma prensibi ve yapısı [5]

Her sistem gibi fotovoltaik panelin de verimli çalışması istenen bir durumdur. Fotovoltaik panelin verimini/performansını etkileyen çeşitli unsurlar bulunmaktadır. Panelin ısınması, panel camının kirlenmesi, panelin konumlanması gibi unsurlar fotovoltaik panel performansını olumsuz etkileyebilen unsurlara örnek verilebilir [1,6].



Şekil 2. Yaz ayları için hücre sıcaklığının verime etkisi [6]

Şekil 2’de görüldüğü gibi fotovoltaik panelin performansı hücre/panel yüzey sıcaklığına önemli ölçüde bağlıdır. Panel tarafından emilen güneş ışınımından kalan kısım, hücre sıcaklığının artmasına neden olan ısı enerjisine dönüşür. Söz konusu ısı sayesinde panel yüzey sıcaklığı artarak yaklaşık %15 olan panelin verimliliğini daha da düşülebilmektedir [6].

Dış ortam sıcaklığı güneş panellerinin tüm performansı etkileyen hücre sıcaklığını yeterince düşüremediğinden, verimi arttırmaya yönelik yenilikçi çözümlerin üretilmesi gerekmektedir [7]. Literatürde aktif veya pasif şeklinde sınıflandırılabilen soğutma yöntemleri ile panel yüzeyindeki ısınmayı gidermek ve böylece fotovoltaik panelin performansını arttırmak mümkündür [8].

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada literatürdeki pasif soğutma teknikleri/tasarımları incelenerek farklı baca tasarımları geliştirilmiştir. Bunun için iki farklı baca tipi pasif soğutucu tasarlanıp imal edilerek fotovoltaik panelde kullanımının elektrik üretimine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde güneş enerjisinin yerine tasarlanıp imal edilen güneş simülasyonu kullanılmıştır. Deney sonuçlarının analizi için gerekli sıcaklık ölçümleri K-type thermocouples kullanılarak, güneş simülasyonundan sistem üzerine gelen ışınım miktarı

ise bir pyranometre sensörü ile ölçülmüştür. Panel tarafından üretilen gerilim miktarı, tüm sıcaklıklar ve ışıyım miktarı (I) verileri otomatik olarak ORDEL UDL100 data logger ile bilgisayara aktarılmıştır.

Photovoltaic Module	
Maximum Power (P _{max}):	5W
Power Tolerance:	0 to +5W
Open Circuit Voltage (V _{oc}):	10,55V
Short Circuit Current (I _{sc}):	0,718A
Maximum Power Voltage (V _{mp}):	8,65V
Maximum Power Current (I _{mp}):	0,578A
Dimension:	185x255x20mm

Şekil 3. Deneyde kullanılan panellerin teknik özellikleri

Deneylerde teknik özellikleri Şekil 3’de verilen 5W gücünde fotovoltaiik paneller kullanılmıştır. Referans panelin yanında yine aynı özelliklere sahip diğer fotovoltaiik panel için iki ayrı baca tipi pasif soğutucu tasarımı yapılmıştır. Birinci baca tasarımı paneli tümüyle kuşatıcı bir yapıda olup aynı zamanda güneş ışıyımını panele odaklayacak şekilde parabolik yapıda imal edilmiştir.



Şekil 4. Birinci baca tasarımı ve deneyinden genel görünüm

Şekil 4’de paslanmaz çelik sacın kullanıldığı birinci baca tasarımı görülmektedir. Paslanmaz çelik sacın ayna gibi yansıtıcı yüzeyi tüm paneli kuşatacak şekilde parabolik odak olarak kullanılmıştır. İmal edilen birinci baca tasarımı ile hem ışıyımın panel üzerine odaklanması hem de alt kısımda meydana gelen baca ile pasif soğutmanın sağlanması amaçlanmıştır.



Şekil 5. İkinci baca tasarımı

İkinci baca tasarımında Şekil 5’de görüldüğü gibi alüminyum malzemeden iki adet kutu profil fotovoltaiik panele yapıştırılmıştır. Profiller panel uzunluğunun yaklaşık 2/3’ü kadar uzun tutularak sıcak havanın baca şeklinde profil içinden çekilişi amaçlanmıştır.



Şekil 6. İkinci baca tasarımı deneyinden genel görünüm

Şekil 6’da ikinci baca tasarımıyla yapılan deneyden genel görünüm verilmiştir. Birinci tasarımda paslanmaz çelik sac ile paneli alttan kuşatılması ile yarım ay kesitinde bir baca oluşturulmuştur. Parabolik odaklama hesabına göre yapılan bu tasarımda sac fotovoltaik paneli kuşatıcı şekilde olduğundan aynı zamanda ışıının panel üzerine odaklanmasını sağlaması da beklenmiştir. İkinci tasarımda ise genelde soğutucu olarak kullanılan kanatçıklı alüminyum yerine içi boş dörtgen alüminyum profil kullanılmıştır. Böylece profilin doğal yapısında bulunan dörtgen kesitindeki boşluğun deneyde baca etkisi göstermesi düşünülmüştür.

Bütün deneylerde sıcaklık ölçümleri K-type thermocouples ile panel üzerine gelen ışıının miktarı ölçümü ise DeltaOhm LP PYRA 02 pyranometer ile yapılmıştır. Tüm sıcaklıklar, ışıının miktarı (I) ve panellerden üretilen elektriksel gerilim (DC-Volt) verileri otomatik olarak bilgisayara ORDEL UDL100 data logger ile aktarılmıştır.

Baca tipi soğutucuların verime etkisini görebilmek için ışıının miktarı ve paneller tarafından üretilen açık gerilim miktarları ölçümleri kullanılmıştır. Paneller arasındaki verim artışı aşağıdaki formüller yardımıyla ile hesaplanmıştır. P, panelden elde edilen gücü; V, ölçülen açık gerilim miktarını ve R ise direnci ifade etmektedir [2].

$$P=V^2/R \quad (1)$$

Q, güneş simülasyonu tarafından paneller üzerine gönderilen ışık (güneş) enerjisini, yani sisteme verilen gücü; A, her bir panelin ışıına maruz kalan yüzey alanı; I, ışıının şiddetini ifade etmektedir [2].

$$Q=A.I \quad (2)$$

Verim kısaca elde edilen gücün verilen güce oranı şeklinde tanımlanabilir [9]. Bu durumda aşağıdaki formül ile verim hesaplanabilir.

$$\eta=P/Q \quad (3)$$

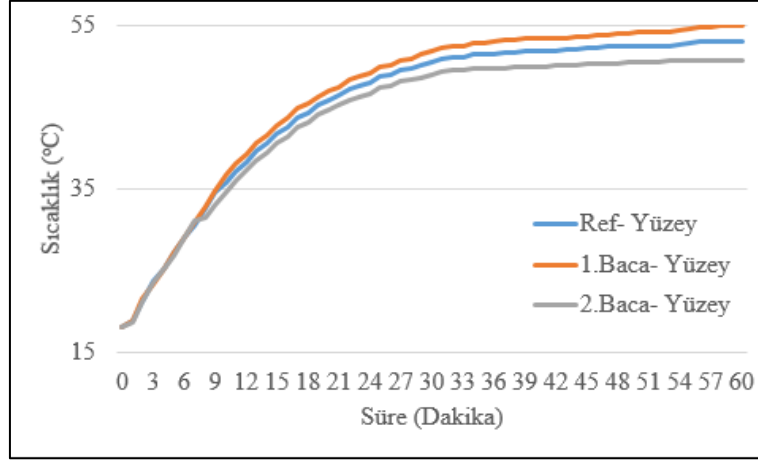
Bu çalışmada panellerin çıkışına bir direnç bağlanmadan açık gerilim miktarları ölçüldüğünden, her bir panelin verim hesabı yapılamamıştır. Ancak literatür incelendiğinde açık gerilim ile aynı tip direnç kullanılarak kapalı gerilim karşılaştırması yapıldığında panellerin verimleri arasındaki oranın aynı olduğu görülmüştür [2,10]. Sonuç olarak soğutuculu panelden elde edilen güç Ps ile referans panelden elde edilen güç ise Pr ile sembolize edilecek olursa, oransal olarak verim artışı aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$\text{Verim artışı} = P_s/P_r \quad (4)$$

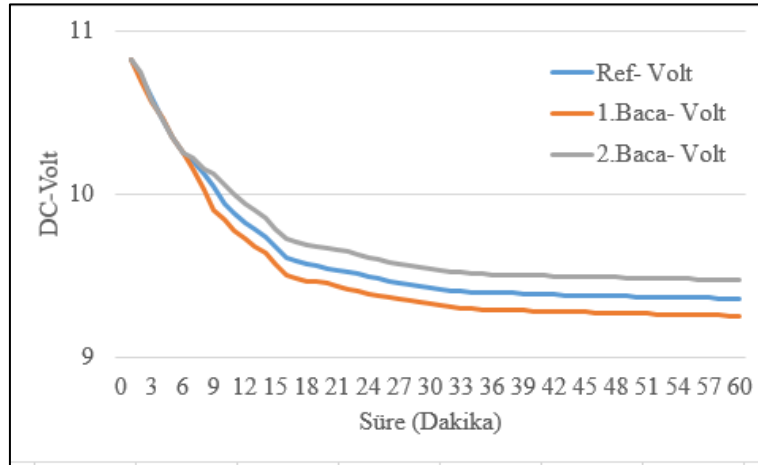
Yapılan deneysel çalışma sonucunda, panel yüzeylerinin sıcaklıkları, ortam sıcaklığı, panellere verilen ışıının miktarı ve panellerden elde edilen açık gerilim miktarları ölçülmüştür. Baca tipi soğutucu kullanımının referans panelin verimine etkisi ise 1 ve 4 numaralı formüller ile hesaplanmıştır.

III. BULGULAR

Deneyler laboratuvar şartlarında güneş simülasyonu ile yapılmıştır. Hem birinci baca tasarımında hem de ikinci baca tasarımında kullanılan paneller ile referans panel aynı teknik özelliklere sahiptir. Her iki tip baca için deneyler 60 dakika boyunca yapılmıştır.



Şekil 7. Panellerin yüzey sıcaklıklarının dağılımı



Şekil 8. Paneller tarafından üretilen gerilim dağılımı

Deneyler boyunca dış ortam sıcaklığı ortalama 19°C, güneş simülasyonundan sağlanan ışıyım miktarı ise ortalama 450W/m² olarak ölçülmüştür. Şekil 7'de panellerin ön yüzeylerinden ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana bağlı dağılımı görülmektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere referans panele göre Birinci Baca Tasarımında panel yüzey sıcaklığında artış meydana gelirken, İkinci Baca Tasarımında panel yüzey sıcaklığının referans panele göre daha düşük kaldığı görülmüştür. Buna bağlı olarak, Şekil 8'de verilen dağılımda da görüldüğü gibi, referans panele göre Birinci Baca Tasarımında üretilen gerilim miktarı düşerken, İkinci Baca Tasarımında artmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda referans panele göre Birinci Baca Tasarımında ortalama %2 verim kaybı meydana gelirken, İkinci Baca Tasarımında ortalama %2,5 verim artışı meydana gelmiştir.

IV. TARTIŞMA

Deneyisel çalışmada iki farklı "Baca Tipi Pasif Soğutucu" tasarlanmıştır. Birinci Baca Tasarımında, panelin yüzey sıcaklığı referans panele göre daha yüksek kalmıştır. Bunun sebebi olarak iki neden düşünülmektedir. İlk neden olarak bacanın aynı zamanda parabolik odaklama yapacak şekilde hesaplanarak imal edilmesi ve daha fazla ışıyımın panel yüzeyine ulaşarak gereksiz sıcaklık artışına yol açmasıdır. Diğer

neden olarak da tasarlanan parabolik bacada yeterli hava akımının oluşmadığıdır. Her iki nedenden dolayı panel yüzey sıcaklığının referans panele göre daha yüksek kaldığı ve verimde düşüşe sebep olduğu sonucuna varılmıştır.

İkinci Baca Tasarımında ise genel kullanıma sahip kanatçıklı alüminyum soğutucu yerine dörtgen profil kullanılmıştır. Alüminyum yüzey soğutucu olarak görev yaparken, dörtgen profilin doğal yapısında bulunan boşluğun baca etkisi gösterebileceği düşünülmüştür. Yapılan deneylerde referans panele göre yüzey sıcaklığı daha düşük kaldığı ve verim artışının sağlandığı görülmüştür.

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada güneş enerjisi ile elektrik üretimi yapılabilen fotovoltaik panel teknolojisi üzerine deneysel bir çalışma yapılmıştır. Literatür incelendiğinde fotovoltaik panelde yüzey ısınmasına bağlı olarak gün içerisinde zamanla panel veriminin azaldığı anlaşılmaktadır. Yapılan akademik çalışmalarda bu sorunun çözümüne yönelik çeşitli soğutucu tasarımlarının uygulandığı/araştırıldığı görülmektedir. Literatür taramasına dayanarak fotovoltaik panel yüzey sıcaklığını düşük tutabilecek ve böylece paneldeki verim kaybını azaltabilecek tasarımlara bir yenisinin eklenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda iki farklı “Baca Tipi Pasif Soğutucu” tasarlanarak imal edilmiştir. Deneysel çalışmanın analizi sonucu, literatüre uygun olarak panel yüzeyinin soğutulmasının sağlanması durumunda düşük yüzey sıcaklığına bağlı olarak verim artışının gerçekleştiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Rahmanov, T. Fotovoltaik Panellerde Performans Arttırma Yöntemlerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2019.
- [2] E. Özbaş, “A novel design of passive cooler for PV with PCM and two-phase closed thermosyphons”, *Solar Energy*, 245, 19-24, 2022.
- [3] Vikipedi website. [Online], 2025. Available: https://tr.wikipedia.org/wiki/Portal:Enerji/Enerji_nedir%3Fİçerik
- [4] Vikipedi website. [Online], 2025. Available: https://tr.wikipedia.org/wiki/Güneş_paneli
- [5] Website. [Online], 2025. Available: https://www.emo.org.tr/ekler/3a921ffad054cb0_ek.pdf
- [6] E. Özbaş, M. Alkış, “Fotovoltaik Modüle Uygulanan Soğutma Tekniklerinin İncelenmesi”, *ISAS Winter 2018, Samsun, Türkiye*, 2018.
- [7] H.M.S. Bahaidarah, A.A.B. Baloch, P. Gandhidasan. “Uniform cooling of photovoltaic panels: A review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 1520–1544, 2016.
- [8] P. Sudhakar, G. Kumaresan, R. Velraj. “Experimental analysis of solar photovoltaic unit integrated with free cool thermal energy storage system”, *Solar Energy*, 158, 837–844, 2017.
- [9] Vikipedi website. [Online], 2025. Available: https://tr.wikipedia.org/wiki/Elektriksel_verimlilik
- [10] V. Çakıştaş, E. Özbaş, “Bir Kuru Tip Pasif Soğutucunun Fotovoltaik Panelin Verimi Üzerine Etkisinin Deneysel İncelenmesi”, *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 8(10), 218-217, 2024.