

Fotovoltaik Panellerin Verimliliğini Toprak-Hava Isı Değiştirici Sistemi ile Artıran Deneysel Bir Çalışma

H. Bulut¹, Y. Demirtaş^{2*}, Y. İşiker³, M.A. İlkan⁴

^{1,2,3} Department of Mechanical Engineering, Harran University, Şanlıurfa, TURKEY

⁴ GAP-YENEV, Harran University, Şanlıurfa, TURKEY

* Corresponding author. Tel.: +90-414-3181077; fax: +90-414-3183799.

E-mail address: yunusdemirtas@harran.edu.tr

Abstract— It is well known that the efficiency of PV panels vary under temperature changes and the high temperature decreases the power output of PV panels. There are some technical solutions to lower the temperature of PV panels. One of them is using the Earth-Air Heat Exchanger (EAHX). EAHX systems used for cooling the air in summer and heating in winter by using the energy that soil has. EAHX can supply cool air in order to decline the temperature of PV panels. In this study, the PV panel was cooled with cool air which is obtained from EAHX. The temperatures of Monocrystalline PV panels with EAHX and without EAHX, air velocity and the solar radiation were measured in Şanlıurfa, Turkey which has hot and dry climatic conditions. The Current- Voltage (I-V) Characteristic Curves are also determined during the experimental study. The measured results of PV panels with EAHX and without EAHX were compared each other. It was determined that the surface temperature of the cooled PV panel decreased by about 20 °C and the power obtained from the panel increased by 5 %. Consequently, it was observed that the high temperature has negative effect on the power produced from PV panels and EAHX can be used for cooling PV panels in order to produce more energy.

Keywords— PV panel, temperature, earth-air heat exchanger, efficiency, I-V curve

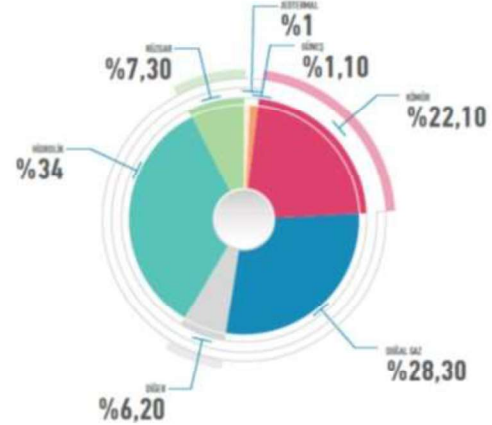
Özet—PV panellerin verimliliğinin sıcaklık değişimleri altında farklılık gösterdiği ve yüksek sıcaklığın PV panellerden elde edilen gücü olumsuz etkilediği bilinmektedir. PV panellerin sahip olduğu yüksek sıcaklığı düşürmek için bazı teknik çözümler bulunmaktadır. Bunlardan biri de Toprak-Hava Isı Değiştirici (THID) sistemlerinin kullanılmasıdır. THID; toprağın sahip olduğu enerjiyi kullanarak, yazın havanın soğutulması, kışın ise ısıtılması için kullanılan sistemlerdir. THID; PV panelin sıcaklığını düşürmek amacıyla soğuk hava sağlayabilir. Bu çalışmada PV panelin yüzey sıcaklığı THID' den elde edilen soğuk hava ile düşürülmüştür. THID sistemi kullanılan ve kullanılmayan monokristal PV panellerin sıcaklığı, hava hızı ve güneş ışınımı değerleri sıcak ve kuru bir iklime sahip olan Şanlıurfa ili için hesaplanmıştır. Ayrıca Akım-Gerilim (I-V) Karakteristik Eğrileri, deneysel çalışma sırasında tespit edilmiştir. THID kullanılan ve kullanılmayan PV panellere ait ölçüm sonuçları kendi içinde karşılaştırılmıştır. Soğutulan PV panelin yüzey sıcaklığının yaklaşık 20°C azaldığı, panelden elde edilen gücün ise % 5 arttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak yüksek

sıcaklığın PV panellerden üretilen gücü olumsuz etkilediği ve THID' nin daha fazla enerji üretmek için PV panelleri soğutmak amacıyla kullanılabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler —Fotovoltaik panel, sıcaklık, toprak-hava ısı değiştirici, verim, I-V eğrisi

I. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji çeşitleri çevreye zarar veren karbon salınımının azaltılması, yerli kaynaklar oldukları için ithal edilmeye ihtiyaç duyulmaması ve bu sayede enerji konusunda dışa bağımlılığın azaltılması gibi hususlar açısından oldukça önemlidir. Yenilenebilir enerji kaynakları başlıca güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik, biyokütle, dalga ve hidrojen enerjileri olarak gruplandırılmaktadır. Güneşin bu enerji çeşitlerinin büyük bir bölümünün ana kaynağı olduğu ve bunlara dolaylı veya dolaysız etkisinin bulunduğu söylenebilmektedir [1]. Türkiye' de kurulu gücün kaynak bazında dağılımı Şekil 1.' de gösterilmektedir [2].



Şekil 1. Kurulu Gücün Kaynak Bazında Dağılımı (ETKB, 2016)

Dünyanın farklı bölgelerinde şebekeye bağlı veya şebekeden bağımsız PV sistemlerinin kullanımı; düşen maliyet ve artan teşvikler ayrıca temiz enerji kaynakları olması sebebiyle her geçen gün artmaktadır. 2016 yılında

kurulan yenilenebilir güç kapasitesinin yaklaşık %47' sini - yaklaşık 75GW- PV sistemleri oluşturmaktadır [3].

Olumsuz iklim koşulları, PV sistemlerinin performansı üzerinde negatif etkilere sahiptir. Yüksek hava sıcaklığı, PV modüllerinin çıkış gücünde bir azalmaya neden olduğundan, enerji üretimini öngörürken veya PV sistemlerinin kayıplarını analiz ederken sıcaklık etkileri göz önünde bulundurulmalıdır.

Toprak-Hava Isı Değiştirici (THID) sistemleri toprağın sahip olduğu yüksek ısı kapasitesini kullanarak yazın soğutma kısmı ısıtma amaçlı kullanılan sistemlerdir. Hava hareketini sağlayan bir fan ve toprak altında belirli bir derinliğe gömülmüş boru veya hava kanalından meydana gelen THID sistemleri, PV panellerin yazın çok yüksek değerlere ulaşan yüzey sıcaklıklarını düşürmek için kullanılabilir PV panellerin performansına sıcaklığın olumsuz etkisi ile ilgili pek çok değerli çalışma yapılmıştır. Aşağıda bu araştırma ve uygulamalardan bazılarına yer verilirken bu çalışmada THID sistemlerinin fotovoltaiik panellerin verimine etkisi incelenmiştir.

Fotovoltaiik panelleri soğutma teknolojileri üzerine oldukça kapsamlı bir araştırma yapan Siecker vd., panel yüzeyini soğutmanın PV sistemlerinde yüksek verim eldesinde anahtar rol oynadığını ifade etmiştir. Ayrıca etkin bir soğutmanın, elektrik verimliliğini artırabileceğini ve zamanla hücrenin parçalanma oranını düşürerek fotovoltaiik modüllerin ömrünün maksimize edilmesine neden olacağını belirtmiştir. Aşağıda belirtilen soğutma yöntemlerinin incelendiği çalışmanın sonuçları her bir teknolojinin avantajları, dezavantajları, uygulama alanı ve tekno-ekonomik analizi göz önünde bulundurularak belirtilmiştir.

- Yüzen konsantrasyonlu soğutma sistemi,
- Su püskürtme ile soğutmalı Hibrid Fotovoltaiik / Termal sistem
- Isı alıcı tarafından soğutulan hibrid solar Fotovoltaiik / Termoelektrik sistemi;
- Zorlanmış su dolaşımı ile soğutulan hibrid solar Fotovoltaiik / Termal (PV / T);
- Faz değiştirme materyalleri kullanılarak güneş panellerinin performansını arttırmak
- Su daldırılmalı soğutma tekniği kullanılan güneş paneli
- Şeffaf kaplama ile soğutulan solar PV panel (fotonik kristal soğutma)
- Zorlanmış hava dolaşımı ile soğutulan hibrid solar fotovoltaiik / termal sistem
- Termoelektrik soğutmalı güneş panelleri

Sonuç olarak incelenen soğutma teknolojilerinin, kullanılan malzemeler, sermaye maliyeti ve performans temelinde umut verici olduğu, gelecekte yapılacak araştırmaların ise, PV panelin yüzeyinden etkili bir şekilde ısının toplanması ve bunun daha kontrollü ve istikrarlı bir şekilde soğutulması üzerine yapılması gerektiği ifade edilmiştir [4].

Chumpolrat vd. tarafından sıcaklığın şebekeye bağlı invertörün performansı ve Tayland'da kurulu bir fotovoltaiik

sistem üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ortam sıcaklığı 37 ° C' nin üzerindeyken inverterün azami verimliliğinin % 2.5 düşüş gösterdiği, 37 ° C' nin altındaki sıcaklıklarda ise nispeten yüksek bir performans elde edildiği belirlenmiştir. Yüksek sıcaklığın sadece PV sistemlerinde değil, aynı zamanda inverter performansında da olumsuz etkilere sebep olduğu görülmüştür. Bu nedenle, özellikle yüksek sıcaklık bölgelerinde enerji verimini tahmin ederken veya PV sistemlerinin kayıplarını analiz ederken sıcaklığın inverter verimi üzerindeki etkisinin göz ardı edilmemesi gerektiği ifade edilmiştir [5].

Fesharaki vd.'nin yaptıkları çalışmada fotovoltaiik sistemlerde sıcaklığın etkileri incelenmiş olup, verimlilik, güneş radyasyonu ve sıcaklık arasındaki ilişki araştırılmıştır. Havanın bulutlu olması durumunda fotovoltaiik sistemin verimliliğine sıcaklık etkisinin incelendiği çalışmada sıcaklık artışı ile fotovoltaiik sistemin verimliliğinde bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Belirli bir verimlilik değeri için fotovoltaiik sistemin sahip olması gereken ortam sıcaklığının bulunabileceğini belirtmiştir [6].

Üç farklı (amorfl silikon, poli-kristal ve hetero-eklem) fotovoltaiik sistemin sıcaklık bağımlılık katsayılarını bulmak için Tayland' da yapılan çalışmada doğrusal regresyon tekniği kullanılmıştır. Kamkird vd.' nin yaptığı çalışmada sıcaklığın akım, gerilim, güç ve verimlilik üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda a-Si PV panelin diğer panellere göre sıcaklığın olumsuz etkisinden daha düşük değerlerde etkilendiği belirlenmiştir [7]. Chander vd.; sıcaklığın seri ve paralel bağlanmış mono-kristal PV panellerin performansına etkisini incelemişlerdir. Deneysel çalışma; tek, seri ve paralel bağlanmış mono-kristal PV panelleri için 25-60 °C aralığında hücre sıcaklığı ile 550 W / m² sabit ışınımında gerçekleştirilmiştir. Açık devre gerilimi, maksimum güç, doluluk faktörü(FF) ve verimlilik gibi performans parametrelerinin hücre sıcaklığı ile birlikte düştüğü ve kısa devre akımının arttığı gözlenmiştir [8].

İşiker vd.; panel yüzey sıcaklığı, panel eğim açısı ve elektrikselsel yüke ait direnç değerinin, PV panel güç çıktısı üzerindeki etkisini; teorik ve deneysel olarak incelemiştir. Panel yüzeyinde farklı noktalardaki sıcaklık dağılımının belirlendiği çalışmada, ölçüm yapılan noktalar arasında, 7-8°C'ye ulaşan farklar olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca panel sıcaklığının PV panel boyutsuz akım, gerilim ve güç değerleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır [9].

PV yüzey sıcaklığının; etkinlik başta olmak üzere PV panele ait çıktıların performansı üzerindeki pratik etkilerinin araştırıldığı çalışmada; çıkış gerilimi, akım, çıkış gücü ve verimlilik değerleri farklı ışınım koşulları altında incelenmiştir. Peng vd. tarafından yapılan bu çalışmanın sonucunda;

- PV verimliliğinin, soğutma durumunda % 47 oranında artabileceği,
- Sistem performansı ve ömür boyu maliyet analizinin değerlendirilmesi ile yıllık PV elektrik çıkışı verimliliğinin % 35'e kadar çıkabileceği,

- Soğutma sistemine sahip olmayan bir sistemin 15 yıllık geri ödeme zamanına kıyasla, bu sürenin 12,1 yıla düşürülebileceği ifade edilmiştir [10].

Ike tarafından Nijerya’da yapılan çalışmada ortam sıcaklığının fotovoltaik sistem performansı üzerine etkisi incelenmiştir. Sonuçlardan, sistemin güç çıkışı performansı ile ortam sıcaklığı arasında dolaylı bir orantı olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, güneş enerjisinin elektrige dönüştürülmesinde fotovoltaik teknolojinin uygulanmasının yüksek sıcaklıklarda düşük sıcaklıklara göre uygun olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca PV güneş panellerinin daha fazla hava akımı alacakları bir yere kurulması gerektiği ve böylece güç çıkışı yüksek kalırken sıcaklığın düşük kalacağını ifade etmiştir [11].

Güneş ışınımı, rüzgar hızı ve ortam sıcaklığının PV panel sıcaklığına etkisinin araştırıldığı diğer bir çalışmada PV panellerinin sıcaklığının tahmin edilmesi için teorik modeller geliştirilmiştir. Du vd. tarafından yapılan çalışmada rüzgâr hızının 4 m / s’ den fazla olduğu günlerde, panel sıcaklığının 40 ° C’ nin altına düşürülebileceği, bunun da güneş pillerinin fotoelektrik verimliliği üzerindeki ısıtma etkisini azaltabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca fotovoltaik verimlilik üzerindeki ısıtma etkisi, gerçekçi hava koşullarında güneş pillerinin gerçek zamanlı sıcaklık ölçümüne dayanılarak değerlendirilmiştir [12].

Bu çalışmada THID’ den elde edilen soğuk hava ile PV panelin yüzey sıcaklığı düşürülmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada THID sistemi kullanılan ve kullanılmayan monokristal PV panellerin sıcaklığı, hava hızı ve güneş ışınımı değerleri sıcak ve kuru bir iklime sahip olan Şanlıurfa ili için hesaplanmıştır.

II. YÖNTEM

Fotovoltaik panel yüzey sıcaklığını düşürerek verimliliğini artırmak amacıyla bir çok farklı uygulama yapılmaktadır. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan PV sistemlerinden daha yüksek verim elde edebilmek amacıyla yine yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanan Toprak Hava Isı Değiştirici (THID) sistemi kullanılmıştır. Ölçüm yapılan saatlerde THID’ in yaklaşık 35-40 °C olarak sisteme giren dış havayı 20-25 °C’ye düşürdüğü tespit edilmiştir. Mühendislik Fakültesine ait arazide kurulan THID sistemine ait özellikler Tablo 1.’de gösterilmiştir.

TABLO 1
THID SİSTEMİNE AİT ÖZELLİKLER

Madde	Uzunluk (m)	Derinlik (m)	Çap (m)	Et Kalınlığı (m)
Çelik	12	3	0.15	0.003

Deneysel çalışmada ölçümler 2 farklı şekilde alınmıştır. 1. yöntemde tam gün soğutulan PV panele ait veriler alınarak PV panelin soğutulmadığı bir sonraki günün verileriyle

karşılaştırılmıştır. 2. yöntemde ise önce soğutulan hemen sonra soğutulmayan PV panele ait veriler aynı gün içinde farklı saatlerde alınarak değişen ışınım değerleri için ölçümler karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan mono-kristal PV panellerin voltaj ve güç değerleri sırasıyla 24 V, 230 W’ dir. Ayrıca PV panele ait V_{max} , I_{max} , P_{max} , V_{oc} , I_{sc} , FF, T_{mod} ve η_{eff} değerleri Şekil 2. de gösterilen EKO MP-11 I-V Checker cihazı ile ölçülmüştür.

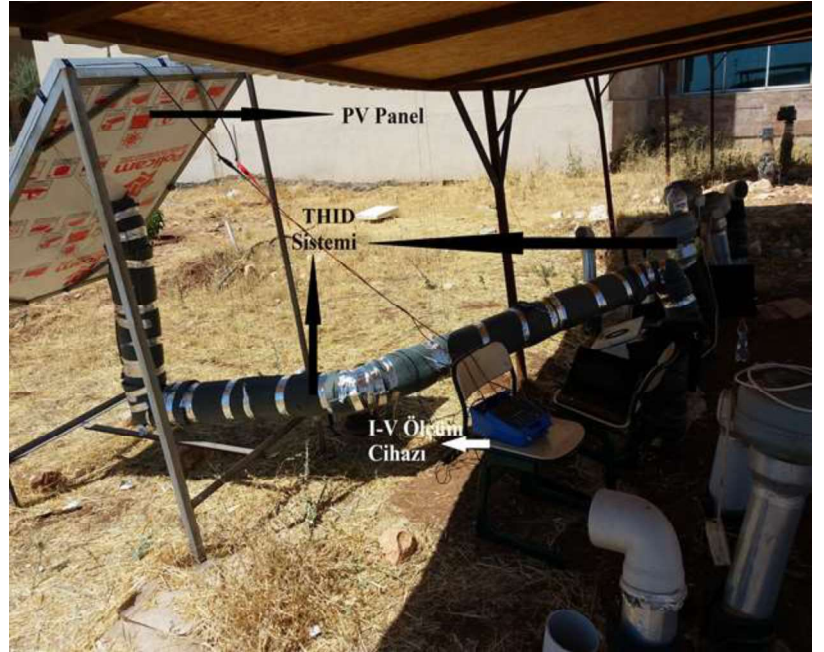


Şekil 2. I-V ölçüm cihazı

Yapılan deneysel çalışmaya ait görüntüler Şekil 3. ve Şekil 4.’de gösterilmektedir. THID sisteminden çıkan havanın dışardan ısı almasını engellemek amacıyla borular yalıtımla kaplanmıştır. Panele gelen soğuk havanın tüm panel yüzeyine eşit dağılması için Şekil 4.’ de gösterilen bir ara parça imal edilerek panelin arkasına montajı yapılmıştır.



Şekil 3. THID ile soğutulan PV system



Şekil 4. PV panele montajı yapılan ara parça, PV Panel, THID sistemi ve ölçüm cihazının gösterimi

III. ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapılan çalışmaya ait sonuçlar iki başlık altında toplanmıştır. Farklı günlere ait ölçümlerin sonuçları kendi aralarında karşılaştırılırken aynı günün farklı saatlerinde sırasıyla soğutulan ve soğutulmayan panelden alınan veriler de ayrıca karşılaştırılmıştır. Bununla beraber çalışmada hava hızının da ölçüldüğü ve değerlerin birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir.

Farklı Günlere ait Ölçüm Sonuçları

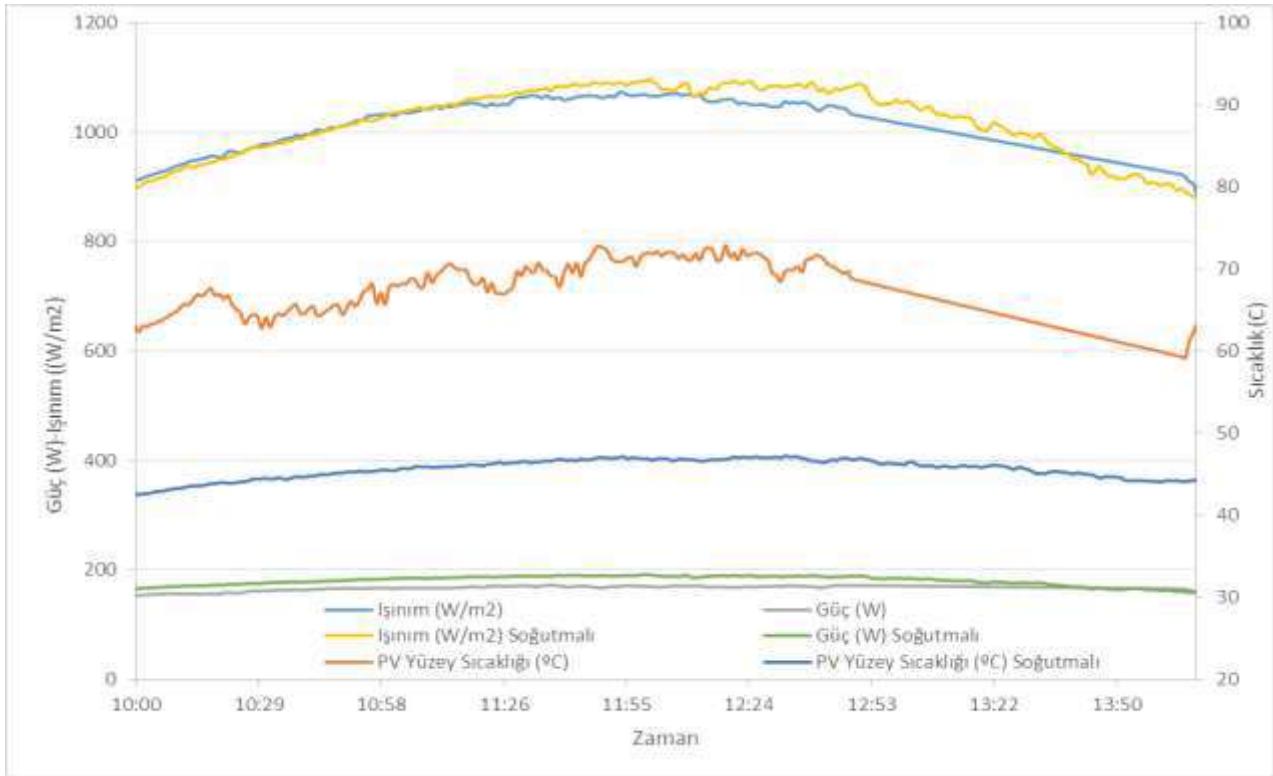
8 ve 9 Ağustos 2017 tarihinde alınan ölçüm sonuçları Şekil 5.'de gösterilmiştir. 8 Ağustos tarihinde normal şartlar altında bulunan ve soğutulmayan PV panele ait ölçümler alınmıştır. 9 Ağustos tarihinde ise THID sistemi ile soğutulan PV panele ait ölçümler alınmıştır. Ölçüm yapılan günler için hava hızının 0.5-1 m/s arasında olduğu tespit edilmiştir. Güneş ışınımı, güç, dış hava sıcaklığı ve panel yüzey sıcaklığına ait sonuçların

karşılaştırıldığı çalışmada ortalama ölçüm değerleri Tablo 2.'de belirtilmiştir. Sonuçlara bakıldığında ışınım değerlerinin ve dış hava sıcaklığının birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

Bununla beraber soğutulan panele ait yüzey sıcaklığının diğer panele göre yaklaşık 22°C daha düşük olduğu, elde edilen gücün ise 10 W daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

TABLO 2
8 – 9 AĞUSTOS 2017'e AİT ÖLÇÜM SONUÇLARI

PV Panel	Işınım (W/m ²)	Güç (W)	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)
Soğutmasız	1018	135	34.7	67.51
Soğutmalı	1014	145	34.9	45.2

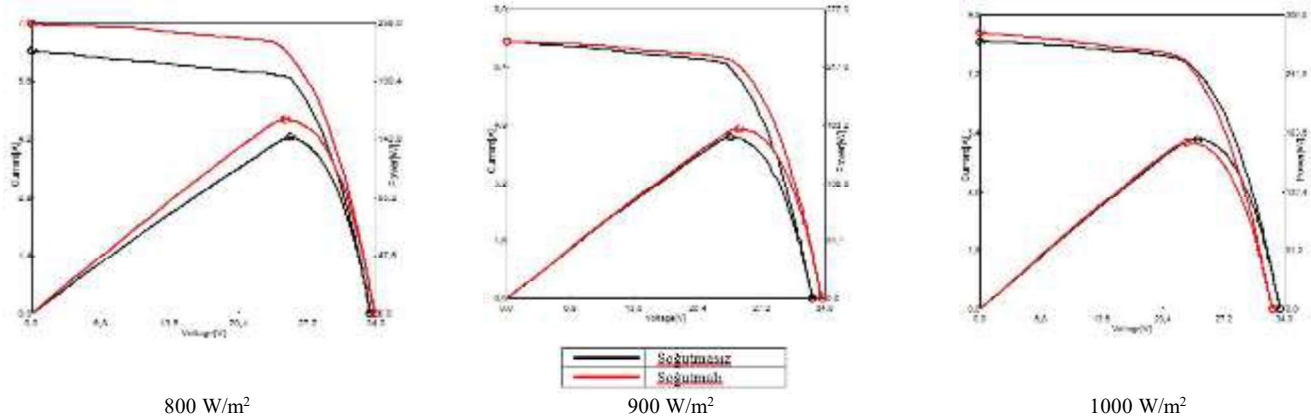


Şekil 5. Soğutulmayan ve THID ile soğutulan PV panele ait ölçümler

Aynı Gün Alınan Ölçüm Sonuçları

11 Ağustos tarihinde 3 farklı ışınım değeri için alınan sonuçlara ait I-V ve P-V eğrileri Şekil 6.'da belirtilmiştir. Farklı saatlerde alınan ölçümlere ait ışınım değerleri yaklaşık olarak 800 W/m², 900 W/m² ve 1000 W/m² olarak gözlemlenmiştir. Şekilden ışınım değeri arttıkça ölçülen maksimum gücün de arttığı belirlenmiştir. Ancak soğutulan ve soğutulmayan panellerin maksimum güç ve akım değerlerinin

ışınım şiddeti arttıkça birbirine yaklaştığı görülmüştür. Aynı gün içinde yapılan ölçümler sırasında hava hızının yaklaşık 0.5 m/s olduğu belirlenmiştir.



Şekil 6. Soğutulmayan ve THID ile soğutulan PV panele ait ölçümler

Tablo 3.'de bu ışınım değerleri için soğutmalı ve soğutmasız panellere ait yüzey sıcaklığı, kısa devre akımı, açık devre voltajı, maksimum güç, dolun faktörü(ff) ve dönüşüm etkinliği gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde soğutmalı panel ile soğutmasız panel arasında; yüzey sıcaklığında 10-20 °C arasında bir düşüş olduğu, maksimum güçte ise 10 W' a kadar artış olduğu gözlemlenmiştir.

TABLO 3

11 AĞUSTOS 2017'e AİT ÖLÇÜM SONUÇLARI ÖLÇÜM PARAMETRE LERİ	800 W/m ²		900 W/m ²		1000 W/m ²		
	Soğut malı	Soğut masız	Soğut malı	Soğut masız	Soğut malı	Soğut masız	
YÜZEY SICAKLI ĞI	[°C]	48.2	58.6	54.1	66.7	52.9	68.2
MAKSİM UM GÜÇ	[W]	158.5	144.5	165.9	154.1	176.4	173.9
KISA DEVRE AKIMI	[A]	6.9	6.3	7.9	7.0	8.44	8.18
AÇIK DEVRE VOLTAJI	[V]	33.8	33.3	33.1	32.7	33.4	32.6
DOLUM FAKTÖR Ü(FF)	-	0.68	0.63	0.66	0.64	0.64	0.63
DÖNÜŞ ÜM ETKİNLİ Ğİ	-	17.9	17.3	17.1	16.9	16.9	16.7

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada sıcaklığın PV panel verimliliğine etkisi incelenmiş olup yüksek sıcaklığın PV panellerden elde edilen gücü olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan PV panellerin sahip olduğu yüksek sıcaklığı düşürmek amacıyla Mühendislik Fakültesi arazisinde kurulan THID sistemi kullanılmıştır. 3 m derinlikte bulunan 12 m boru uzunluğuna sahip THID sisteminden elde edilen soğuk hava ile PV panelin yüzey sıcaklığı düşürülmüştür. Ayrıca farklı ışınım değerleri için soğutmalı ve soğutmasız panellere ait yüzey sıcaklığı, kısa devre akımı, açık devre voltajı, maksimum güç, dolun faktörü(ff), dönüşüm etkinliği ve Akım-Gerilim (I-V) ve Güç-Gerilim (P-V) Karakteristik Eğrileri deneysel çalışma sırasında tespit edilmiştir. THID kullanılan ve kullanılmayan PV panellere ait ölçüm sonuçları kendi içinde karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma ve analizler sonucunda;

- Yüksek sıcaklığın panel verim ve etkinliğini olumsuz etkilediği,
- THID ile soğutulan PV panelin yüzey sıcaklığının yaklaşık 20°C azaldığı,
- Soğutulan panelden elde edilen gücün % 5 arttığı görülmüştür.

Çalışma sonucunda yenilenebilir enerji çeşitleri arasında oldukça yaygın bir kullanım alanına sahip olan PV sistemlerinin veriminin THID' den alınan soğuk hava ile artırılacağı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] E. T. Karagöl, İ. Kavaz "Dünyada ve Türkiye'de yenilenebilir enerji Nisan 2017 Sayı: 197 SETA
- [2] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Yılı Faaliyet Raporu, 2017
- [3] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century "Renewables 2016 Global Status Report" Available: <http://www.ren21.net>

- [4] J. Siecker, K. Kusakana, B.P. Numbi “A review of solar photovoltaic systems cooling technologies” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79 (2017) 192–203
- [5] K. Chumpolrat, V. Sangsuwan, N. Udomdachanut, S. Kittisontirak, S. Songtraai, P. Chinnavornrungrsee, A. Limmanee, J. Sritharathikhun, and K. Sriprapha. “Effect of Ambient Temperature on Performance of Grid-Connected Inverter Installed in Thailand” *International Journal of Photoenergy*, Volume 2014, Article ID 502628, 6 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/502628>
- [6] V.J. Fesharaki, M. Dehghani, J. J. Fesharaki “The Effect of Temperature on Photovoltaic Cell Efficiency” *Proceedings of the 1st International Conference on Emerging Trends in Energy Conservation - ETEC Tehran, Iran, 20-21 November 2011*
- [7] P. Kamkird, N. Ketjoy, W. Rakwichian, S. Sukchai “Investigation on Temperature Coefficients of Three Types Photovoltaic Module Technologies under Thailand Operating Condition” *Procedia Engineering* 32 (2012) 376 – 383
- [8] S. Chander, A. Purohit, A. Sharma, S.P. Nehra, M.S. Dhaka “Impact of temperature on performance of series and parallel connected mono-crystalline silicon solar cells” *Energy Reports* 1 (2015) 175–180
- [9] Y. Işiker, B. Yeşilata ve H. Bulut “Fotovoltaik Panel Gücüne Etki Eden Çalışma Parametrelerinin Araştırılması” *UGHEK’2006: I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi 21-23 Haziran 2006, ESOGÜ, Eskişehir*
- [10] Z. Peng, M. R. Herfatmanesh, Y. Liu. Cooled solar PV panels for output energy efficiency optimisation *Energy Conversion and Management* 150 (2017) 949–955
- [11] Ike, C. U. “The Effect of Temperature on the Performance of A Photovoltaic Solar System In Eastern Nigeria” *International Journal Of Engineering And Science* Vol.3, Issue 12(December 2013), PP 10-14
- [12] Y. Du, C. J. Fell, B. Duck, D. Chen, K. Liffman, Y. Zhang, M. Gu, Y. Zhu “Evaluation of photovoltaic panel temperature in realistic scenarios” *Energy Conversion and Management* 108 (2016) 60–67