

Fotovoltaik Panellerde Verim İyileştirme Yöntemleri

^{1*} Hakan Karakaya and ² İzzettin Enes Şen

^{1*}Batman University Eng.-Arc. Fac. Mechanical Engineering Department hakan.karakaya@batman.edu.tr

²Batman University Eng.-Arc. Fac. Mechanical Engineering Department ienessen@gmail.com

Özet

Günümüzde artan nüfus miktarı beraberinde sanayileşme kentleşme ve beraberinde enerjiye olan talebi artırmıştır. Fosil yakıtların yanı sıra kullanılan temiz sürdürülebilir enerji kaynakları arasında yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin önemi git gide artmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmenin yollarından bir tanesi fotovoltaik panel kullanımıdır. Elektrik enerjisi üretiminde günümüzde maksimum %24 değerlerinde bir verimle güneşten gelen radyasyonun bir kısmını elektrik enerjisine çevrilebilir. Kullanılan bu enerjinin verimli olması yapılan yatırım ve geri dönüş için önem arz etmektedir. Araştırmacılar tarafından panel verimliliğinin artırılması için yüzey soğutma, yarı iletken malzeme değiştirilmesi, optimum açı yakalama, güneş takip sistemleri vb. çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda fotovoltaik panellere göre %47'e kadar verim artışı sağlanmıştır. Fakat verim artışının yanında maliyet artışı irdelenmesi önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Fotovoltaik panel, verim

1. Giriş

Günümüzde enerji üretimi açısından petrol kömür doğalgaz gibi fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Fosil yakıtların sınırlı olması ve çevreye duyarlı olmaması sebebiyle güneş, rüzgar, biyokütle vb. temiz, çevreci ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımı artış göstermiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alan güneş, en çok kullanılan sürdürülebilir kaynaklar arasında yer almaktadır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etme yöntemi ısı ve fotovoltaik olmak üzere ikiye ayrılır. Isıl enerji olarak güneşten gelen radyasyon bir merkezi alıcıda toplanarak yüksek ısı elde edilir ve sonrasında bu ısı ile kızgın buhar oluşturularak türbin çevrilir ve hareket enerjisi motora aktararak enerji üretimi gerçekleşir. Fotovoltaik hücrelerde ise, n ve p tipi yarı iletken malzeme kullanarak güneşten gelen radyasyon elektron hareketliliğine sebep olur ve hareket eden elektronlardan elektrik enerjisi elde etmiş oluruz. Günümüzde fotovoltaik panellerden elde edilen verimleri %17.4-24 civarındadır[1]. Enerjinin üretilmesinin yanı sıra verimli olması da önemlidir. Fotovoltaik panellerde üretimin daha verimli hale getirilmesi konusunda araştırmacılar tarafından birçok çalışma yapılmıştır.

Zhijun ve arkadaşları Birleşik Krallıkta yapmış oldukları çalışmada 2 adet fotovoltaik panel üzerinde su ile soğutma yaparak verim artışı olup olmadığını incelemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmalar sonucunda bir panelin su ile soğutulup diğer panelin su ile soğutulmaması sonucunda akım ve gerilim değerlerinde değişimler görüp verim artışında %47 gibi bir oran elde

*Corresponding author: Address: Eng.-Arc. Fac. Mechanical Engineering Department Batman University, 72060, Batman TURKEY. E-mail address: hakan.karakaya@batman.edu.tr, Phone: +904882174115

etmişlerdir[2].

Mazon ve arkadaşları İspanyada Politeknik Üniversitesinde yapmış oldukları çalışmada iki adet fotovoltaiik panel kullanarak hava ile soğutma yapmışlardır. İlk önce doğal taşınım ile sonrasında zorlanmış taşınım ile panel soğutulmuştur. Deneysel çalışmalar sonucu zorlanmış taşınım doğal taşınımına göre %3-5 arasında daha fazla verim artışı görülmüştür[3].

Arslan ve Kurukavak, Karabük'te yapmış oldukları çalışmada 1 adet güneş panelini saf su ile diğerini nano parçacık içeren saf su ile soğutmuşlardır. Deneyler sonucunda debileri sırasıyla 0,020 kg/s, 0,033 kg/s, 0,051 kg/s ve 0,063 kg/s değerlerinde alındığında, ortalama kolektör verimleri sırasıyla nano akışkan için %50,45, %52,74, %59,16 ve %56,61; herhangi bir nano parçacık içermeyen saf su için %36,51, %38,83, %43,53 ve %41,17 olarak hesaplamıştır[4].

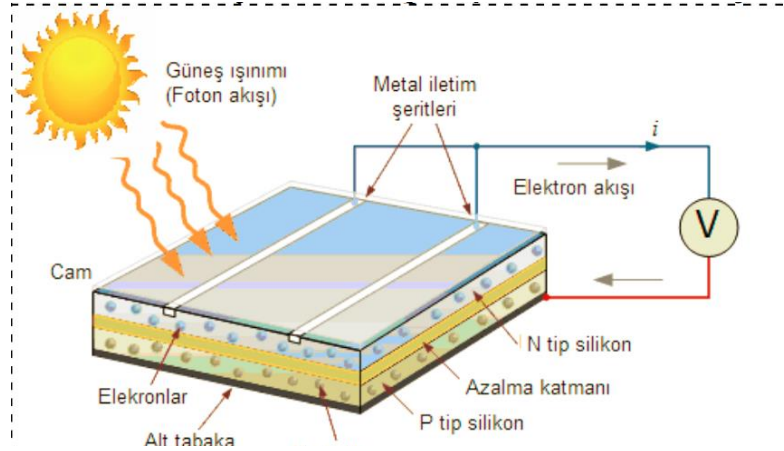
Bonkaney ve arkadaşları Nijer'de yapmış oldukları çalışmada 25W bir güneş paneli kullanarak 4 ay boyunca bulutlu günlerde elde edilen elektriksel enerjinin ortalamasını alarak maksimum verime oranla %25 kayıp elde edilmiştir. Ayrıca yapmış oldukları çalışmada haziran ayında 23 gün boyunca 2 adet fotovoltaiik panelin biri temizlenip diğeri temizlenmemiştir. Deney sonucunda elektriksel güç değerinde %10 değerinde bir düşüş meydana gelmiştir[6].

Kamanga ve arkadaşları Malavi'de yapmış oldukları çalışmada piranometre kullanarak 0, 15, 20 ve 25 derece açıyla yerleştirip günlük ışıınım değerlerini incelemişlerdir. Sonuç olarak panellerin güney yönünde 25 derece açıyla yerleştirildiğinde en yüksek ışıınım değerini elde edeceği sonucuna varmışlardır. Ek olarak şekilde 0 ile 25 derece açıların saat 12 civarında değerleri karşılaştırıldığında %20 verim artışı elde etmişlerdir[3].

Lazaraiu ve arkadaşları Romanya'da 142,4 W gücünde 2 adet fotovoltaiik panel kullanarak birini takip sistemli birini iste sabit gözlemlemişlerdir. Deneysel çalışmalar sonucunda sistemin sabit eksenli sisteme göre %12ile %20 arası bir verim artışı olduğunu göstermişlerdir[11].

2. Fotovoltaik panelden elektrik üretimi

Fotovoltaik panel yüzeyinde bulunan 3A ve 5A grubu olan n ve p tipi yarı iletkenler sayesinde üzerinde düşen güneş ışınlarından dolayı bir elektron hareketi olur. Elektronların yer değiştirmesiyle bir yarı iletken elektron koparılır ve diğerinin valans elektron yörüngesini doldurur. Bu işlem güneş ışınları panel yüzeyine geldikçe ve gölgelenme olmadığı sürece gerçekleşir. Şekil 2.1 de görüldüğü gibi oluşan elektron hareketliliğinden ötürü elektrik enerjisi üretimi gerçekleşir[5].



Şekil 2.1 Fotovoltaik enerji üretim grafiği[16].

3. PV Panelde verim iyileştirme metotları

Fotovoltaik paneller güneş ışığına direk maruz kalarak elektrik enerjisi elde edebilen cihazlardır. Doğrudan güneş ışığına maruz kalmaları sebebiyle panel üzerinde oluşan ısı miktarı artmakta ve verim kaybına yola açmaktadır. Bundan ötürü verim artırmak için çeşitli yollara başvurulmaktadır. Verim, sistemden çıkan enerjinin sisteme giren enerjiye oranıdır ve termodinamik kanunları gereği birden küçük bir değerdir. Verim daha çok % olarak ifade edilir. Fotovoltaik panel verimi hesaplanırken altta görüldüğü gibi panelden elde ettiğimiz maksimum verim güneşten gelen radyasyon değerine ve yüzey alanına bölündükten sonra 100 ile çarpılarak elde edilen değerdir [17].

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{E * A_c} \times 100 \%$$

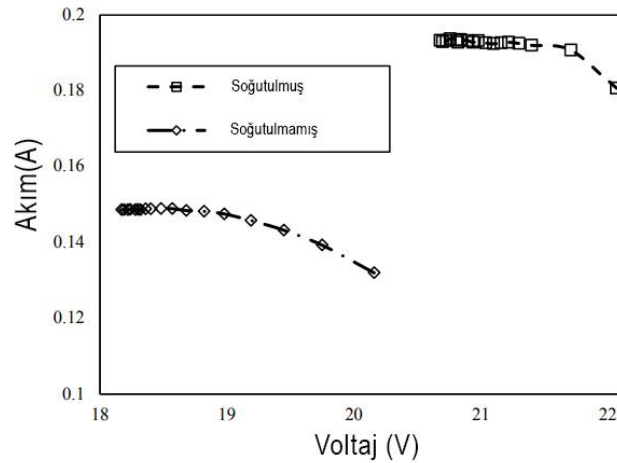
Fotovoltaik panellerde verim iyileştirme yöntemleri yüzey soğutma, yarı iletken malzemenin iyileştirilmesi ve diğer faktörler olarak 3 ana başlıkta incelenebilir. Yapılan çalışmalar konular üzerine odaklanmıştır[9].

3.1. Yüzey soğutma

Güneş panellerinin en iyi çalışma sıcakları 25 derecede gerçekleşmektedir. Yüzeyde meydana gelen artışlar 40 ile 45 dereceyi aştığında verimde ciddi azalmalar meydana gelmektedir. Oluşan kayıpların önlenmesi adına panel altından bir akışkan gezdirerek veya faz değiştiren malzeme konarak yüzeyde oluşan ısıyı akışkana veya faz değiştiren malzemeye transfer edip yüzeye sıcaklığında düşüş oluşturarak verim artırılır [7].

3.1.1. Su ile soğutma

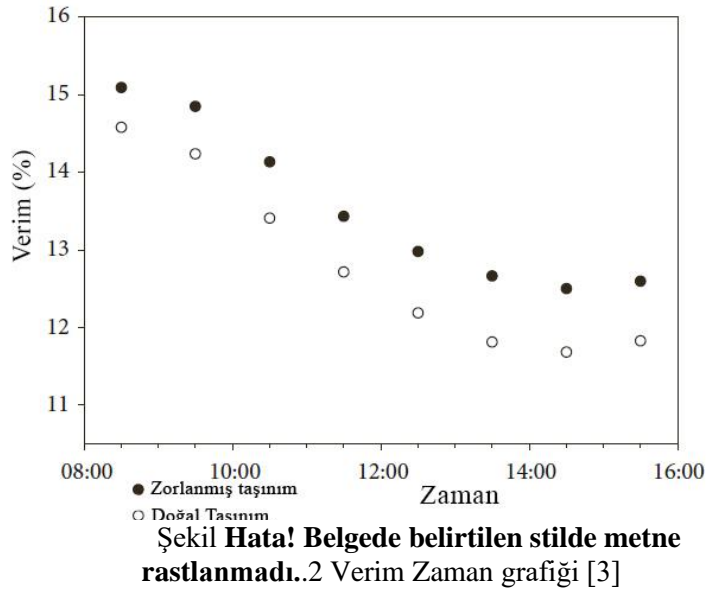
Panel altına su konarak veya su gezdirilerek panel yüzeyinde oluşan ısıyı suya aktararak yüzey sıcaklığında azalma gözlenir. Zhijun ve arkadaşları Birleşik Krallıkta yapmış oldukları çalışmada 2 adet fotovoltaik paneli kullanıp birini su soğutarak diğerini ise sadece kıyaslama yaparak incelemişlerdir. Deney sonucu Şekil 3.1 de görüldüğü üzere %47 verim elde edilmiştir[2].



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..1 Voltaj akım ilişkisi[2]

3.1.2. Hava ile soğutma

Panel hava sirkülasyonunun fazla olduğu bölgelere yerleştirilerek yüzeyde oluşan sıcaklık, rüzgar sayesinde doğal taşınım olarak düşürülür. Zorlanmış taşınım olarak harici bir pervane eklenerek panel üzerindeki sıcaklık azaltılır. Mazonve arkadaşları İspanyada Politeknik Üniversitesinde yapmış oldukları çalışmada iki adet güneş paneli kullanarak ilk önce doğal taşınım ile sonrasında zorlanmış taşınım ile güneş paneli soğutulmuştur. Şekil 3.2 incelendiğinde zorlanmış taşınım doğal taşınımına göre %3-5 arasında daha fazla verim artışı görülmüştür[3].



3.1.3. Nano akışkan ile soğutma

Nano akışkan çapları 1 ile 100 nm arasında değişen akışkan içerisine girip ısı transferini ve termal performansı artıran malzemedir. Akışkan ile soğutulan fotovoltaik panelin içerisinde konan bu akışkan ile verim artışı sağlanmaktadır[10]. Arslan ve Kurukavak, yapmış oldukları çalışmada 1 adet güneş panelini saf su ile diğerini nano parçacık içeren saf su ile soğutmuşlardır. Deneyler sonucunda debileri sırasıyla 0,020 kg/s, 0,033 kg/s, 0,051 kg/s ve 0,063 kg/s değerlerinde alındığında, ortalama kolektör verimleri sırasıyla nanoakışkan için %50,45, %52,74, %59,16 ve %56,61; herhangi bir nanoparçacık içermeyen saf su için %36,51, %38,83, %43,53 ve %41,17 olarak hesaplamıştır[4].

3.1.4. Faz değiştiren malzeme ile soğutma

Fotovoltaik panelin alt kısmına yerleştirilen faz değiştiren malzeme bölgeye göre değişen erime sıcaklığına ulaştığında yüzeydeki sıcaklığı gizli ısı olarak depo edip paneli soğutup verim artışı sağlar. Stropnik ve Stritih, yapmış oldukları çalışmada fotovoltaik paneli faz değiştiren malzeme kullanarak soğutmuşlardır. Deneysel çalışmalar sonucu ortalama olarak %1.1 ile %2.8 arasında verim artışı elde etmişlerdir. Ek olarak yıllık elektrik üretiminde kıyasladıkları soğutmasız fotovoltaik panele göre ortalama %7.3 daha fazla üretim gerçekleştirdiğini elde etmişlerdir[15].

3.2. Yarı iletken malzeme iyileştirilmesi

Üretilen hücre çeşidine göre fotovoltaik panellerde verim artışı görülmektedir.

3.2.1. Monokristal hücre

Monokristal silikon hücre üretiminde ‘Czochralski Metodu’ kullanılmaktadır. Bu yöntemde silisyum dioksit bir kaba konarak yüksek sıcaklıkta eritilir sonrasında küçük bir parça kristal eriyik halde bulunan malzemenin içine daldırılarak yavaş yavaş yukarı doğru soğuyan bölgeye çekilerek üretimi gerçekleştirilir. Üretilmiş malzeme 0.2 mm kalınlıklarında kesilerek hücre yapımı gerçekleştirilir. Genellikle koyu mavi-siyah renktedir. En yüksek verimlilikleri %24 olarak bilinmektedir[1].

3.2.2. Polikristal hücre

Polikristal hücre üretimi monokristal hücre üretimine benzer şekilde gerçekleşmektedir. Polikristal hücre eriyik halde iken soğutma kaplarında soğutulur. 0.2 mm kalınlıklarda dilimlenerek yarı iletken malzemelerin bir araya gelmesi ile oluşturulur. Açık mavi görünümüne sahiptir. En yüksek verimlilikleri %17.4 olarak bilinmektedir[1].

3.2.3. Bakır indiyum galyum selenit hücre

Bakır indiyum galyum ve selenit elementlerinden oluşmuş ince yapıda esnek bir fotovoltaik paneldir[14]. Verimlilikleri %15.2 ile %22.8 arasında değişkenlik göstermektedir[12,13].

3.3. Diğer faktörler

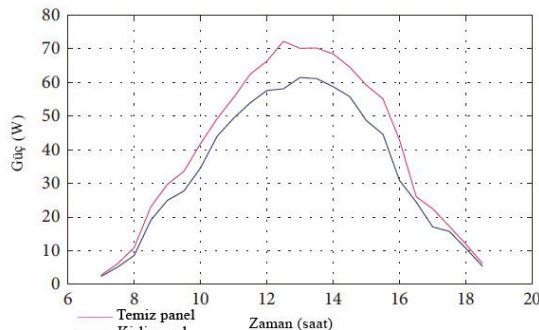
Fotovoltaik panellerin verimliliği etkileyen diğer faktörler gölgelenme, tozlanma, optimum açının belirlenmesi, güneş takip sistemi ve çalışma sıcaklığı olarak 5 farklı kategoride incelenebilir.

3.3.1. Gölgeleme faktörü

Güneş paneli üzerine güneş ışığı aldığı sürece elektrik enerjisi üretebilir. Gölgeleme durumunda da üretim gerçekleşebilir fakat verim ciddi anlamda düşmektedir. Bu açıdan verimli bir sistem için gölgeleme önemli bir rol oynamaktadır. Bonkaney ve arkadaşları Nijer’de yapmış oldukları çalışmada 25W bir güneş paneli kullanarak 4 ay boyunca bulutlu günlerde elde edilen elektriksel enerjinin ortalamasını alarak maksimum verime oranla %25 kayıp elde edilmiştir[6].

3.3.2. Tozlanma

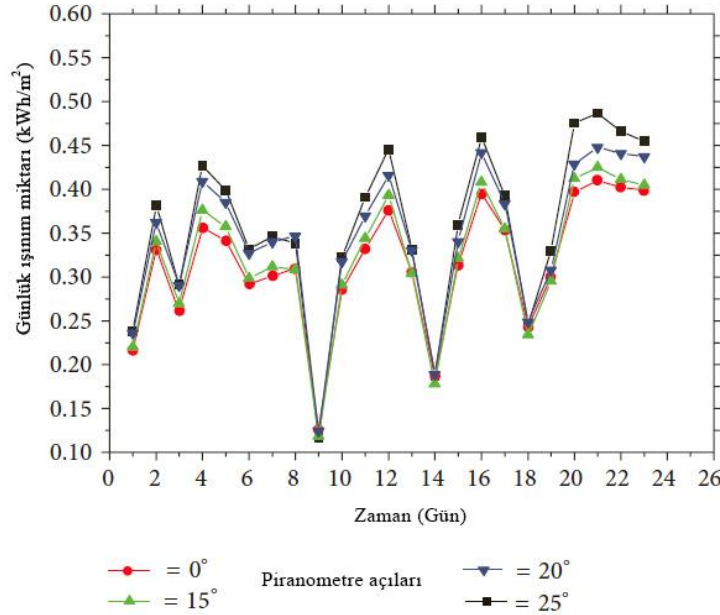
Fotovoltaik panellerde gölgeleme önemli bir rol almaktadır. Tozlu bölgelerde özellikle bu konu ciddi önem arz etmektedir. Güneş panelinin yüzeyinde bulunan cam kısmının tozlanması sonucu hücreler yeterince güneş ışığına maruz kalmaz ve bu sebepten ötürü verimliliklerinde azalma meydana gelir. Bonkaney ve arkadaşları Nijer’de yapmış oldukları çalışmada haziran ayında 23 gün boyunca 2 adet fotovoltaik panelin biri temizlenip diğeri temizlenmemiştir. Şekil 3.3’te görüldüğü üzere deney sonucunda elektriksel güç değerinde %10 değerinde bir düşüş meydana gelmiştir[6].



Şekil 3.3. Temiz panel ve kirdi panelin elektriksel güç değerindeki farkın zamanla değişimi. Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..3Zamana bağlı güç grafiği [6]

3.3.3. Optimum açı

Fotovoltaik panellerin elektrik üretiminde güneş ışığının açısına bağlı olarak verim de değişimler meydana gelmektedir. Sistemin üzerine gelen güneş ışınları dik olduğu zaman maksimum verim elde edilir. Kamanga ve arkadaşları Malavi'de yapmış oldukları çalışmada piranometre kullanarak 0, 15, 20 ve 25 derece açıyla yerleştirip günlük ışınım değerlerini incelemişlerdir (Şekil 3.4). Sonuç olarak panellerin, güney yönünde 25 derece açıyla yerleştirildiğinde en yüksek ışınım değerini elde edeceği sonucuna varmışlardır. Ek olarak şekilde 0 ile 25 derece açılarının saat 12 civarında değerleri karşılaştırıldığında %20 verim artışı elde etmişlerdir[3].



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..4
Zamana bağlı ışınım grafiği[3]

3.3.4. Güneş t

Fotovoltaik panellerin verimlerinin güneş ışınlarının yüzeye dik gelmesi ile birlikte artış sağlandığı bilinmektedir. Fakat panel optimum bir açıyla yerleştirilmesine rağmen güneşin doğuş ve batışı esnasında yüzeye dik açıyla gelmeyeceği için güneş takip sistemi kullanılması verimi kayda değer bir şekilde artıracaktır. Lazoraiu ve arkadaşları 142,4 W gücünde 2 adet fotovoltaik panel kullanarak birini takip sistemli birini iste sabit gözlemlemişlerdir. Deneysel çalışmalar sonucunda sistemin sabit eksenli sisteme göre %12 ile %20 arası bir verim artışı olduğunu göstermişlerdir[11].

3.3.5. Çalışma sıcaklığı

Fotovoltaik panellerin maksimum olarak %24 verimle çalıştığı bilinmektedir. Ülkemizde kullanılan güneş enerji santrallerinde monokristal ve polikristal hücreler kullanıldığından bu oran %20 lerin altındadır. Yani güneşten gelen radyasyonun %80 den fazlası elektriksel enerjiye çevrilememektedir.

Buna ek olarak her 1 C sıcaklık farkında enerjide dönüşümünde %0.4-0.5 arasında kayıp olmaktadır[9]. Sonuç olarak sıcaklığın verim ile ilişkisi panel verimliliği açısından önemlidir.

4. Sonuç

Fosil yakıtların tükenmesi, çevre kirliliğine sebebiyet vermesi ve sürdürülebilir olmaması bizi güvenli ve sınırsız kaynaklar olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Fotovoltaik paneller maliyetleri yüksek ve verimleri düşük olması sebebiyle verimlerinin artırılmasını, çalışmada önem arz etmektedir. Verim artırma amacıyla yapılan çalışmaların başarıya ulaşması hem maliyet hem de enerjinin verimli kullanılması açısından önem arz etmektedir. Günümüzde yapılan çalışmalarda fotovoltaik panele göre maksimum %47'ye varan verim artışı gözlemlenmektedir. Bu konuda yapılacak çalışmaların ilerletilmesi ve olumlu sonuçlar alınması ile fotovoltaik panelden elektrik üretiminin daha da yaygınlaşması sağlanabilir.

Kaynaklar

- [1]K. Başaran, K., Çetin, N. S., Çelik, H., “Rüzgar-Güneş Hibrit Güç Sistemi Tasarımı ve Uygulaması” 6. International Advanced Technologies Symposium (IATS’11), Sayfa 114-119, 2011.
- [2] Zhijun P., Mohammad R. Herfatmanesh, Yiming L., "Cooled solar PV panels for output energy efficiency optimisation", Journal of Energy Conversion and Management, Vol.150, pp.949-955, 2017
- [3]B. Kamanga, J. S. P. Mlatho, C. Mikeka, and C. Kamunda, “Optimum Tilt Angle for Photovoltaic Solar Panels in Zomba District, Malawi,” Journal of Solar Energy, vol. 2014, Article ID 132950, 9 pages, 2014.
- [4] Arslan, K., Kurukavak A., Çalışma Akışkani Olarak Ag/Saf Su Nanoakışkani Kullanılan Bir Vakum Tüplü U-Borulu Güneş Kolektörünün Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek lisans tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2019
- [5] Çolak, S. Ç., “Fotovoltaik Paneller Yardımı İle Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi Ve Gelecekteki Projeksiyonu” Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2010
- [6] Abdoulatif Bonkaney, Saïdou Madougou, and Rabani Adamou, “Impacts of Cloud Cover and Dust on the Performance of Photovoltaic Module in Niamey,” Journal of Renewable Energy, Vol. 2017, Article ID 9107502, 8 pages, 2017.
- [7] Thomas, R., Fordham, M., 2001. Photovoltaics and Architecture, Spon Press, London and Newyork.
- [8] R. Mazón-Hernández, J. R. García-Cascales, F. Vera-García, A. S. Káiser, and B. Zamora, “Improving the Electrical Parameters of a Photovoltaic Panel by Means of an Induced or Forced Air Stream,” International Journal of Photoenergy, vol. 2013, Article ID 830968, 10 pages, 2013.

- [9] B. J. Brinkworth, B. M. Cross, R. H. Marshall, and H. Yang, "Thermal regulation of photovoltaic cladding," *Solar Energy*, vol. 61, no. 3, pp. 169–178, 1997.— For Journals
- [10] K. V. Wong and O. De Leon, "Applications of nanofluids: current and future," *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 2, Article ID 519659, 2010
- [11] Lazaroiu Cristian George, Longo Michela, Roscia Mariacristina, Pagano Mario, (2015). "Comparative analysis of fixed and sun tracking low power PV systems considering energy consumption", *Energy Conversion and Management*, 92, pp.143-148
- [12] R. Kamada, T. Yagoika, S. Adachi, A. Handa, K. Fai Tai, T. Kato, and H. Sugimoto, "New World Record Cu(In,Ga)(Se,S)₂ Thin Film Solar Cell Efficiency Beyond 22%," *Proceedings of the 43th IEEE Photovoltaic Specialist Conference*, pp. 1287–1291, 2016.
- [13] T. Nakada, Y. Hirabayashi, T. Tokado, D. Ohmori, and T. Mise, "Novel device structure for Cu(In,Ga)Se₂ thin film solar cells using transparent conducting oxide back and front contacts," *Solar Energy*, vol. 77, no. 6, pp. 739–747, 2004.
- [14] Green, Martin A., et al. "Solar cell efficiency tables (version 50)." *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 25.7 (2017): 668-676
- [15] Rok Stropnik, Uroš Stritih, "Increasing the efficiency of PV panel with the use of PCM", *"Journal of Renewable Energy"*, Vol.97, pp.671-679, 2016
- [16] <https://www.kontrolkalemi.com/forum/konu/g%C3%BCne%C5%9F-pilleri.117695/>
- [17] <https://www.rfwireless-world.com/calculators/Solar-Cell-Efficiency-Calculator.html>