

## Solar Panellerde Arıza Analizi

Abdulkadir Dağlı<sup>1\*</sup>, Ercan Karaköse<sup>2</sup> ve Ali Durmus<sup>1+</sup>

<sup>1</sup>Elektrik ve Enerji Bölümü, Meslek Yüksekokulu, Kayseri Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

<sup>2</sup>Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri, Meslek Yüksekokulu, Kayseri Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

\*Corresponding author: [abdulkadirdagli@kayseri.edu.tr](mailto:abdulkadirdagli@kayseri.edu.tr)

+Speaker: [alidurmus@kayseri.edu.tr](mailto:alidurmus@kayseri.edu.tr)

Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper

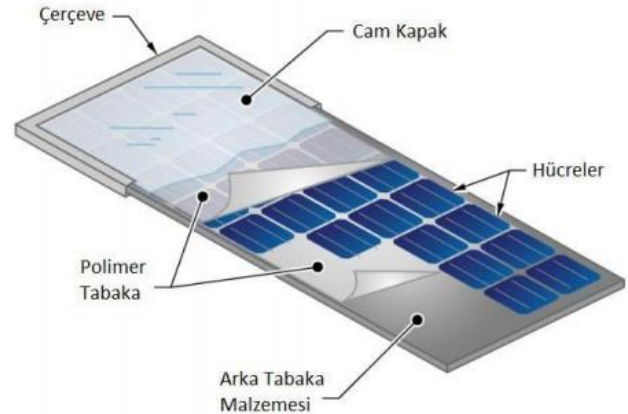
**Özet** – Teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte insanların konforlu yaşama olan ilgisi ve buna bağlı olarak da enerji tüketimi artmıştır. Enerji kullanımındaki artış dünya üzerinde enerji sorununa neden olmuş böylece enerji ihtiyacını karşılamak için farklı enerji kaynakları arayışları başlamıştır. Geleneksel yakıt türlerinin sınırlı potansiyelleri ve tüketim hızına bağlı olarak çok hızlı bir şekilde bitme tehlikesiyle karşı karşıya kalması ayrıca çevresel zararları da farklı enerji türlerine olan ilgiyi artırmıştır. Tükemeyen enerji kaynağı olarak bilinen yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretiminde kullanımı her geçen gün daha da önemli hale gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde özellikle güneş ışınlarından elektrik enerjisi elde etme teknolojilerindeki gelişmeler tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ilgi çeken bir alan olmuştur. Solar paneller, fotovoltaik hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşan, hareketli parçaları olmayan ve güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken yapıya sahip elektronik sistemlerdir. Bu tür yapılarda elektrik üretimi ve verimliliğin sürekli olarak sağlanması önemlidir. Solar panellerin kullanım süreleri her ne kadar uzun ömürlü olsa da gerek panel üretimi esnasında gerekse santral tesisi kurulurken çeşitli problemlerden dolayı panel verimleri düşer böylece enerji üretim miktarı azalır. Güneş enerjisi üretim santrallerindeki kayıplardan biri de hücre bozukluklarından kaynaklanan kayıplardır. Hem solar panel üretiminde hem de elektrik üretim sahasında, enerji üretim kayıplarına neden olan hücre bozuklukları, yapılan testlerle kolayca tespit edilebilmektedir. Bu çalışmada Ödül Solar Enerji tesisinde üretilen polikristal panelin standart test koşulları ( $E$  (Işım) =  $1000\text{W/m}^2$ , AM(Hava Kütlesi) = 1,5T (Modül Sıcaklığı) =  $25\text{ }^\circ\text{C}$ ) altında flash testi gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** – Solar Panel, I-V Testi, elektrolüminesans, hücre bozuklukları

### I. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilginin son yıllarda artmasıyla birlikte özellikle güneş enerjisinin potansiyelinin yüksek oluşu, kullanım kolaylığı ve çevreci yapısı nedeniyle güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretim çalışmaları yaygınlaşmıştır. Güneş ışınları, fotovoltaik malzemeler yardımıyla elektrik enerjisine dönüşebilme özelliğine sahiptir. Fotovoltaik hücrelerin güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürme kabiliyetinin yanı sıra yapısında hareketli parçaları olmayan, yarı iletken teknolojisiyle çalışan uzun ömürlü sistem olma özellikleri de vardır. P-N bileşim yüzeyli diyot olarak çalışan hücreler üzerine düşen güneş ışınlarını elektrik enerjisine kolayca dönüştürürler. Solar paneller gelişen teknolojiye ve kullanılan malzemenin yapısına bağlı olarak %5 ile %20 aralığındaki verim oranıyla çalışırlar. Fotovoltaik hücreler fiziksel olarak esnek yüzeyli olabileceği gibi her türlü geometrik şekilde de üretimi yapılmaktadır [1]. Fotovoltaik hücreler belirli bir tasarım tekniğine bağlı olarak seri veya paralel bağlanarak en küçük değerlerden MWatt büyüklüklerine kadar istenilen seviyelerde güç çıkışı değerlerinde tesis edilebilirler. Şekil 1’de fotovoltaik modül yapısı görülmektedir. Uygulamada kullanılan silisyum malzemenin yapılmış bir hücre 0,5 volt değerine kadar gerilim üretebilmektedir. Yaklaşık 30-36 adet hücrenin birleşimiyle 15-17 voltluk bir enerji çıkışı elde edilebilir. Elde edilen bu doğru akım değeri 12 voltluk bir akü-batarya elemanını rahatlıkla şarj etmeye yetecektir. Teknolojinin gelişmesiyle solar panel hücreleri yapımında farklı malzemelerden

yararlanılarak çok daha verimli ve güçlü modüller üretmek mümkündür [2].



Şekil 1. Fotovoltaik modül yapısı

Hücrelerin birleşimiyle oluşan yapıya modül denilmektedir. Modüller birkaç wattlık çıkış verebilen hücre birleşimli yapılardır. Modüllerin belli bir sistematik yapıyla birleştirilmesinden paneller elde edilir. Paneller, kullanılan malzemenin ve üretim tekniğinin yapısına göre farklı güçlerde üretilirler [3]. İstenilen güç büyüklükleri panellerin çeşitli bağlantı yöntemleriyle kolayca elde edilebilir. Şekil 2’de fotovoltaik hücre, modül ve dizi tasarımları bağlantı şeması görülmektedir [1].

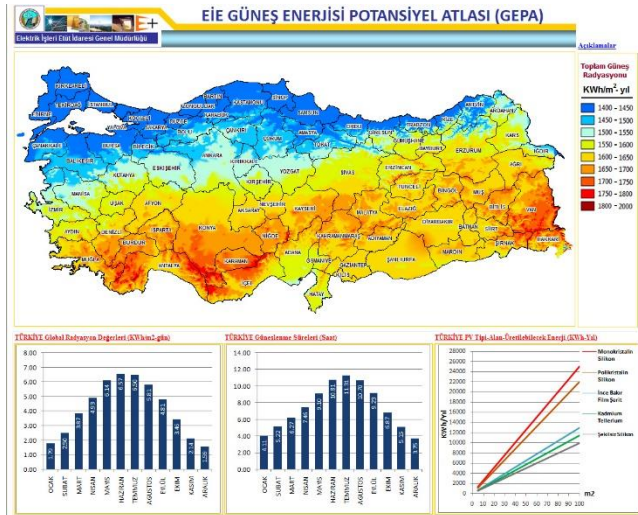


Şekil 2. Fotovoltaik hücre, modül ve dizi tasarımı örnek bağlantı şeması

Solar panellerin çıkışlarından elde edilen doğru akım elektrik enerjisi invertörler aracılığıyla alternatif akıma dönüştürülürler. Gelişen teknolojiyle birlikte güneş enerjisinden elektrik üretiminin daha da verimli olması için yapılan çalışmalar devam etmektedir [4]. Solar panellerin çevre koşullarından ve atmosferik olaylardan kaynaklı yüzey kirlenme sorunlarının giderilmesi, panel kurulumu esnasında yapılan hesaplamalarla gölgelenmelerin önlenmesi gibi tedbirler de solar panel verimlerini artırmaktadır. Fotovoltaik hücre üretiminde yaygın olarak galyum arsenit, kristal silisyum, amorf silisyum, bakır indiyum di-selenid ve kadmiyum tellürid gibi pek çok malzeme kullanılarak hücre üretimi yapılmaktadır [5].

## II. SOLAR PANELLERDE HÜCRE TESTLERİ

Güneş enerji santralleri için tesis sahası tespit edilirken Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) verilerinden yararlanılır. Bu veriler aracılığıyla santralin kurulacağı bölgenin güneş ışınım değerlerine göre santral bölgesi belirlenir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) Şekil 3'de görülmektedir [6].



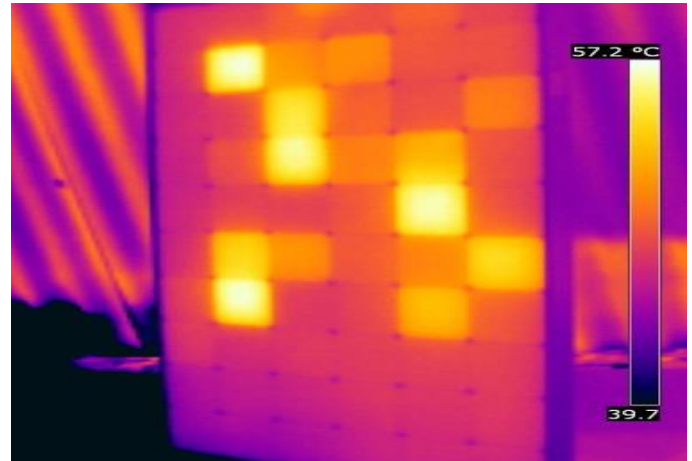
Şekil 3. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)

Kurulum maliyetlerinin yüksek oluşu nedeniyle yatırım bedellerinin geri dönüş sürelerini azaltmak için panellerin en verimli olacak şekilde çalışması istenir. Solar panellerde üretim sürecinde meydana gelecek arızalar olabileceği gibi sahaya montaj sırasında veya enerji üretimi yapıldığı esnada da birçok nedenden dolayı arızalar oluşabilir. Büyük yatırımlarla kurulan santrallerin olası arızalarını önceden tespit edip önlem almak veya işletme esnasında meydana gelebilecek problemlerin tespiti için uygulanan en etkili

yöntemlerden biri de temas kurmadan termal görüntüleme cihazları yardımıyla sistem elemanları üzerinde ölçüm ve analiz yapma olarak ifade edilen infrared Termografi arıza tespit yöntemidir. Bu yöntemle çalışan tüm mekanik sistem ve makinaların durum izlemeleri, sağlık ve savunma sanayi alanlarında çalışan cihazların termal kontrollerinin yanı sıra güneş panellerinin de takip edilmesi mümkün olmaktadır.

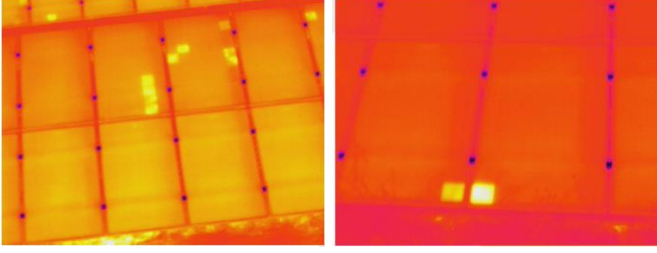
Güneş panellerinde çok sıklıkla rastlanan kırık bağlantı, korozyon, kırık cam, kırık hücre, kaplama hatası vb. bir takım arızalar vardır. Üretim hatalarının da dâhil olduğu, çatlak, çizik, kuş pislemesi ve kırık hücre gibi sebeplerden dolayı panellerin üzerinde oluşan sıcak noktalara Hotspot denir [6]. Meydana gelen bu ısılar üretim kapasitelerinde düşürlere neden olabileceği gibi yan hücreleri de etkileyerek onların da enerji üretmesine engel olurlar. Taşınabilir termal kameralarla bu arızaları tespit etmek mümkündür ancak arazi yapısının uygun olmadığı sahalarda, çatı uygulaması olan alanlarda veya çok geniş üretim alanlarında el ile bu tespitler ya çok zaman alır ya da ölçüm yapmak mümkün olmayabilir. Böyle durumlarda yaygın olarak, yüksek çözünürlüklü kameralara sahip hava araçlarıyla bu panellerde termal arıza tespiti çok kısa sürede yapılabilir. Üzerinde hd termal kamera bulunan ve çok eksenli uçuş kabiliyetine sahip dronlarla arıza tespiti yapan sistemlere "Kamerallı Multikopter Sistem" denir [7].

Cismin yüzey sıcaklığına bağlı olan ısı ışınım spektrumu ve miktarı, ölçüm yapan kameranın panel yüzeyindeki sıcaklığı görüntülemesini mümkün kılmaktadır [8]. Solar panellerin termal kamerayla görüntülenen bir uygulama ve sıcaklık değerleri Şekil 4'te görülmektedir [9].



Şekil 4. Solar Panel Termal Kamera Görüntüsü ve Sıcaklık Değeri

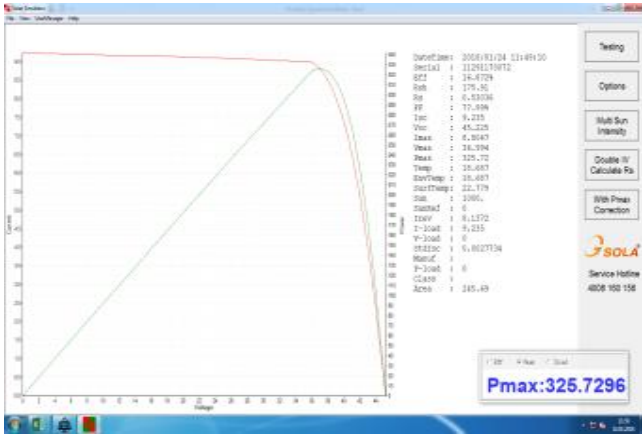
Solar panellerde en sık rastlanan arıza tipleri, hücrelerde kısa devre ve diyot kısa devresidir. Hücrelerde kısa devre genellikle panellerin üretim aşamasında ya da kalitesinden dolayı sahada montajından sonra ortaya çıkabilmektedir. Bu arıza sonucunda solar panel enerji üretmek yerine bunu ısıya çevirerek tüketmektedir. Bu tür arızalarda genel enerji üretimini düşürmektedir. Solar panellerin yapıları basitçe bir PN jonksiyonuna benzer ki buna da diyot diyebiliriz. Solar panellerde ayrıca diyot kısa devre arızaları da meydana gelebilmektedir. Bu arıza tipleri Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5. Solar Panel İçi Hücre Bozulmaları

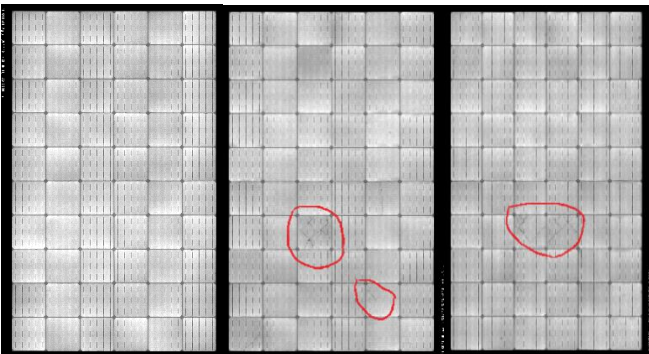
Bu çalışmada konumuz olan solar panellerde meydana gelen hücre bozukluklarının tespiti için çeşitli testler yapılmaktadır. Güneş paneli üretiminin son safhasında yapılan bu testlerin bazıları flash (I-V Curve Test-IEC 60891) ve elektrolüminesans (IEC 61215- IEC 61646) testleridir. Güneş ışınması simülasyonu olan bir flash ışınması panel yüzeyine uygulanarak fotovoltaik hücrelerdeki elektriksel değerler ölçülür. Elektrolüminesans test yönteminde de panel iç hücrelerine elektrik akımı verilerek ilgili bölgenin röntgeni çekilir [10].

Kayseri bölgesinde fotovoltaik panel üreten Ödül Solar Enerji tesisinde polikristal panel standart test koşulları (E (Işınım) = 1000W/m<sup>2</sup> , AM(Hava Kütle) = 1,5T (Modül Sıcaklığı) = 25 °C) altında iki teste tabi tutulmuştur. Tesiste üretilen 320 w panel gücüne sahip herhangi bir panel alınarak flash testi yapılmış ve test sonucuna göre Şekil 6'da görüldüğü üzere 325.7296 wattlık çıkış değeri ölçülmüştür.



Şekil 6. 320 Wattlık Polikristal Panele ait I-V Eğrisi

Şekil 7'de ise Polikristal panelin elektrolüminesans test sonucu görülmektedir. Röntgen çıktısını andıran bu test sonucu üretim bandındaki uzman tekniker tarafından incelenerek varsa kılcal çatlaklar ve hasarlar tespit edilir. Böylece arızalı panel üretim bandından çıkarılır.



Şekil 7. Sağlam ve Bozuk Hücreler

### III. SONUÇ

Son yıllarda enerjiye olan talebin artması insanları geleneksel kaynaklardan ziyade yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirilmektedir. Dünyadan ve ülkemizde yaygın bir şekilde kullanılan güneş enerjisinden elektrik üretimi dikkatleri üzerine çekmektedir. Solar panellerde elektrğin verimli bir şekilde üretilmesi panellerdeki hücrelerin sağlamlığına bağlıdır. Solar panellerin hem üretim hem de montaj esnasında hücre yapılarındaki bozuklukların tespit edilmesi sistemin verimli çalışması açısından önemlidir. Solar panellerin kullanım süreleri her ne kadar uzun ömürlü olsa da gerek üretim aşamasında gerekse sahada enerji üretimi esnasında çeşitli problemlerden dolayı panel verimleri düşer böylece elektrik üretim miktarı azalır. Güneş paneli üretiminde panellerde oluşan hücre bozuklukları yapılan testlerde kolayca tespit edilebilmektedir. Ayrıca enerji üretim sahasında solar paneller enerji üretirken bir takım ölçümler yapmak mümkündür. Bu ölçümleri yüksek çözünürlüklü termal kamera bulunan ve çok eksenli uçuş kabiliyetine sahip dronlarla gerçekleştirebiliriz. Panellerin üretim esnasında flash testlerin yapılması ve üretim santrallerinde periyodik zamanlarda ölçümlerinin dronlarla yapılması enerji verimliliğini ve kalitesini artıracak bir uygulamadır.

### KAYNAKÇA

- [1] H. H. Öztürk, "Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi Ve Etkili Etmenler," EMO homepage. [Online]. Available: [http://www.emo.org.tr/ekler/3a921ffad054cb0\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/3a921ffad054cb0_ek.pdf)
- [2] Y. Biçer, "Fotovoltaik modüllerin TS EN 45011ve TS EN ISO/IEC 17065ürün belgelendirme sistemi kapsamında sertifikalandırılmasının araştırılması ve uygulanması," M. Eng. Thesis, İTÜ Enerji Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, Mayıs, 2014.
- [3] F. Canka Kılıç, "Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri," *Engineer & The Machinery Magazine*, vol. 671, pp 28-40, 2015.
- [4] S. Abdallah, S. Nijmeh, "TwoAxes Sun TrackingSystemwith PLC Control," *Energy Conversion and Management*, vol. 45, pp. 1931-1939. 2004.
- [5] H. Kocakaya, Gunes Paneli Uretim Tesisi Analizi ,Alfa Solar Enerji [Online]. Available: [http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/ba5492f3bc2f401\\_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=2](http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/ba5492f3bc2f401_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=2)
- [6] (2019) T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı website. [Online]. Available: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>
- [7] (2016) Yenienenerji website. [Online]. Available: <https://www.yenienenerji.com/uygulama/pv-panellerde-termal-muayene>
- [8] M. Çalışan, & İ. Türkoğlu, "Termal Kameralar Ve Uygulamaları," Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Bilgisayar Sempozyumu (FEEB 2011), Elazığ 5-7 Ekim 2011.
- [9] (2018) Kontrol Kalemi website. [Online]. Available: <https://www.kontrolkalemi.com/forum/konu/g%C3%BCnc%C5%9F-panellerinin-termal-kamera-ile-kontrol%C3%BC.66445/>
- [10] A.Durmus, A.Dağlı, T. Karakoc, "Fotovoltaik Sistemlerdeki Hücre Bozukluklarının Tespiti," International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies (ISAS 2018), 11-13 Nisan 2018 Antalya.