

## Fotovoltaik(PV) Panellerde Sıcaklık Etkisinin İncelenmesi

Taner ÇARKIT

ASPİLSAN Enerji San.Tic.A.Ş.

Mustafa ALÇI

ERÜ Müh. Fak. Elektrik Elektronik Müh. Bölümü

### Abstract

The gap between energy production and the amount of energy which is needed in the world is increasing steadily. On the other hand, Traditional energy production methods are triggering environmental pollution and sources of these fossil fuel based methods are decreasing day by day. Limited fossil resources increase energy production costs and external dependency. For this reason, importance of renewable energy resources and energy storage systems(ESS) are growing steadily. In this study, Solar energy from renewable energy sources which are used in our country frequently in recent years is examined in order to decrease the effects of increasing production costs on the economies. While the results of applied test simulations of Photovoltaic (PV) panels which are used to product electricity from the sun have been analyzed, in PV panels, it shows that how effective it is to warm up depending on enlightenment on the power that transferred to the load

*Keywords: Energy storage, enewable energy, PV panel, solar panel, solar modul*

### Özet

Dünyada enerji üretimi ile ihtiyaç duyulan enerji miktarı arasındaki fark giderek artmaktadır. Öte yandan geleneksel enerji üretim yöntemleri çevre kirliliğini tetiklemekte ve fosil yakıt tabanlı bu yöntemlerin kaynakları gün geçtikçe azalmaktadır. Fosil kaynakların sınırlı olması, enerji üretim maliyetlerini ve dışa bağımlılığı artırmaktadır. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynaklarının ve enerji depolama sistemlerinin(EDS) önemi giderek artmaktadır. Bu çalışmada, artan üretim maliyetlerinin ekonomiler üzerindeki etkilerinin azalması için son yıllarda ülkemizde sıklıkla kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi incelenmektedir. Güneş'ten elektrik enerjisi üretim aracı olan fotovoltaik(PV) panellerin uygulamalı test simülasyon sonuçları analiz edilerek, PV panellerde aydınlanmaya bağlı olarak ısınmanın, yüke aktarılan gücün üzerinde ne kadar etkin olduğu gösterilmektedir.

*Anahtar Kelimeler: Enerji depolama, yenilenebilir enerji, PV panel*

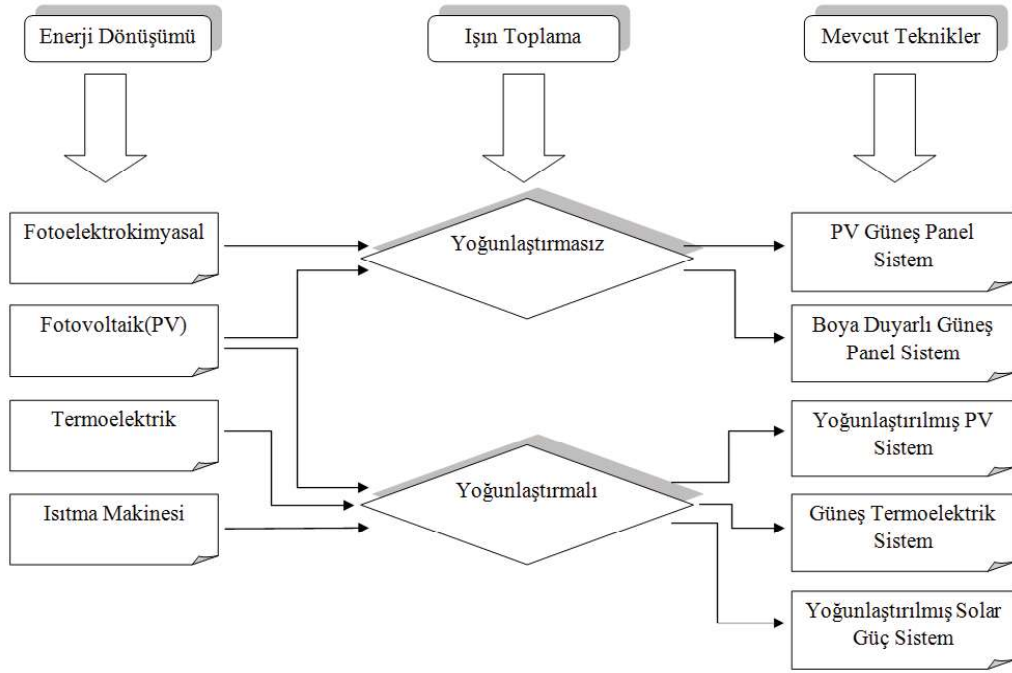
### 1. Giriş

Günümüzde ülkelerin ve bilgi toplumlarının, her alanda ve her yerde ihtiyaç duyduğu enerjinin önemi giderek artmaktadır. Enerji temel girdi olup, enerjinin üretim ve tüketimi gelişmişlik düzeyini ölçmede kullanılan uluslararası en geçerli

göstergelerden biri olarak görülmektedir. Sürekli artan enerji ihtiyacı karşılama mevcut kaynakların yetersiz kalması sonucunda alternatif enerji kaynaklarını bulma ve geliştirme çalışmaları hız kazanmaktadır. Klasik/geleneksel yöntemlerle yapılan fosil yakıt kaynaklı enerji üretimi ve tüketimi, doğada onarılması imkansız ve geniş ölçekli zararlara yol açmaktadır. Dünyadaki habitatın korunması, iklim değişikliğinin sebep olduğu zararlı etkilerin giderilmesi, enerji üretim ve tüketiminden kaynaklanan çevre tahribatının azaltılması gibi konular tüm insanlığı ilgilendirmekte ve bütün bireylere sorumluluk yüklemektedir. Bu sorumluluğun gereği olarak ulusal ve uluslararası hukuki düzenlemelerin yapılması, enerji üretim teknolojilerinde ve kaynak seçiminde çevresel etkilerin öncelikle dikkate alınması, enerji kullanımında verimliliğe azami özenin gösterilmesi gibi hususlar giderek öncelik ve ağırlık kazanmaktadır. Bundan dolayı, büyük ölçekte çevre kirliliğine ve iklim değişikliğine sebep olan klasik fosil yakıt kaynaklı enerji üretim sistemleri ve alışlagelmiş üretim teknolojileri yerine, çevresel etkileri daha az olan, sürdürülebilirlik ve yenilenebilirlik özelliği olan enerji kaynaklarını bulmak, yeni teknolojiler geliştirmek zorunlu hale gelmektedir. Fosil kaynakların sınırlı olması, yerine yenisi konulamayacak bir enerji kaynağı olması, bu kaynakların üretim ve tüketim yöntemlerinden kaynaklanan çevre kirliliğine sahip olması gibi negatif etkileri, yenilenebilir, sınırsız, çevreye uyumlu kaynak ve teknolojilerin araştırılmasını, geliştirilmesini gerekli ve zorunlu hale getirmektedir. Güneş enerjisinin de dahil olduğu yenilenebilir enerji kaynakları bu nedenle önem kazanmaktadır[1]. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketim merkezlerine uzak olması, üretimin kararlı olmaması, iklim şartlarından etkilenmesi ve hava tahminlerinin yeteri kadar doğru yapılamaması nedeniyle enerji depolama sistemlerinin de önemi giderek artmaktadır[2]. Günümüzde bütün modern enerji sistemleri arz güvenilirliği, sistem kararlılığı, enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması, iletim/dağıtım problemlerinin ve maliyetlerinin minimize edilmesi gibi birçok neden enerjinin depolanmasını zorunlu kılmaktadır[3]. Yenilenebilir enerji depolama sistemleri, üretimin fazla olduğu durumlarda depolama yaparken, üretimin yeterli olmadığı durumlarda ise sistemi desteklemektedir[4].

### 2. Güneş Enerjisi

Dünya'ya Güneş'ten gelen enerji, Dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20.000 katıdır. Güneş ışınımının tamamı yer yüzeyine ulaşamamakta, %30 kadarı atmosfer tarafından geriye yansıtılmaktadır. Güneş ışınımının %50'si atmosferi geçerek



Fotovoltaik Güneş Panel Sistem	Günümüz pazarında en çok kullanılan teknik
Yoğunlaştırılmış PV Sistem	Laboratuvar ortamında en yüksek verimlilik elde edilen teknik
Boya Duyarlı Güneş Panel Sistemi	Ucuz organik materyallere dayalı biyomimik bir teknik
Güneş Termoelektrik Sistem	Termoelektrik materyallerin uygulanmasına dayalı bir teknik
Yoğunlaştırılmış Solar Güç Sistemi	Genellikle ısı motoru uygulamalarına dayalı bir teknik

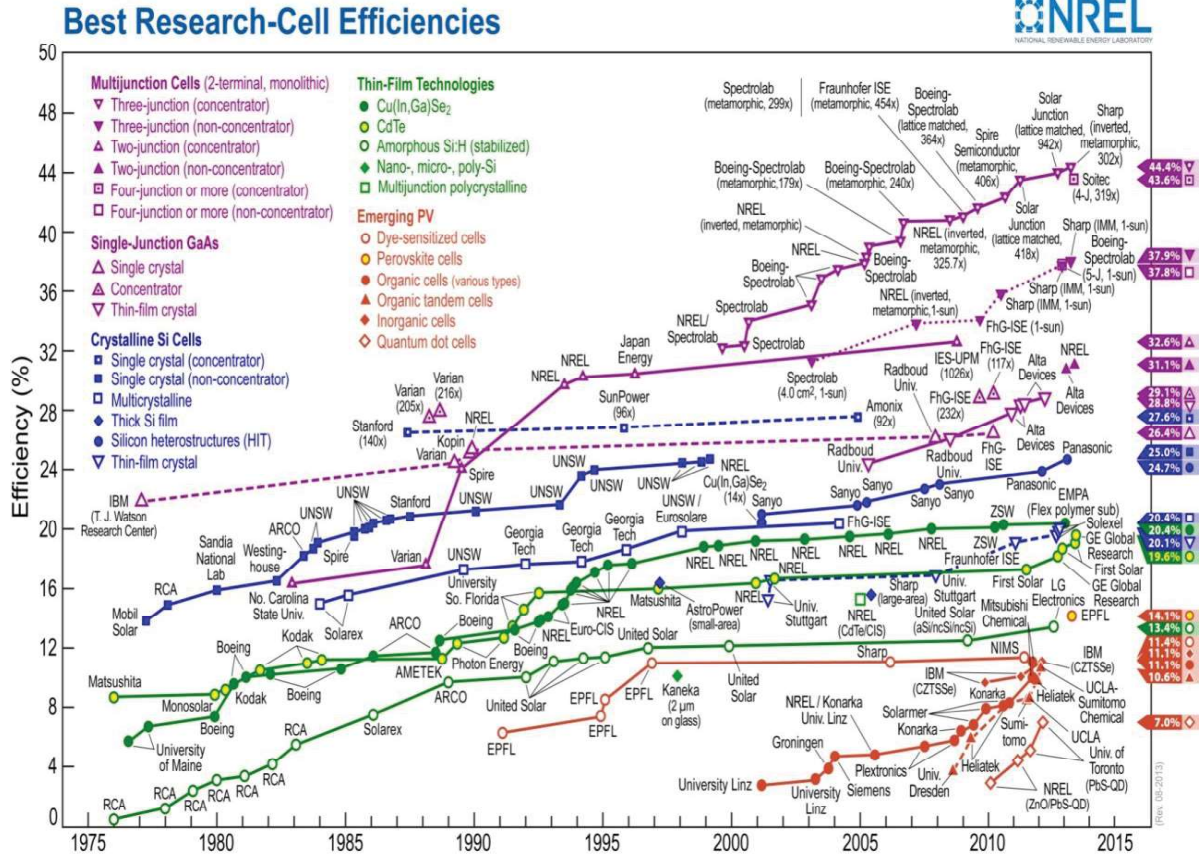
Şekil-1: Güneş teknolojilerinin çeşitleri

dünya yüzeyine ulaşmaktadır. Bu enerji ile Dünya'nın sıcaklığı yükselerek yeryüzünde yaşam mümkün olmaktadır. Rüzgar hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olmaktadır[5]. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından Şekil-1'de görüldüğü gibi çok çeşitlilik göstermektedir. Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik enerjisi üreten santrallere güneş enerji santrali(GES) denilmektedir. GES kendi içinde iki ayrı teknolojiye dayanmaktadır. Bunlar güneş ışığının ısı etkisinden yararlanan güneş kolektörleri/ısıtıcıları ile güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştüren ve fotovoltaik teknolojisine dayanan güneş pilleri olarak adlandırılmaktadır[6]. Fotovoltaik teknolojinin gelişmesi ile güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren güneş pillerinin kullanımı daha verimli ve yaygın hale gelmektedir. Bu teknolojinin temeli, gelen güneş ışınımının fotovoltaik yüzeylerde foton yayılımına sebep olması yoluyla elektrik elde edilmesine dayanmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanma oranının hesaplanmasında,

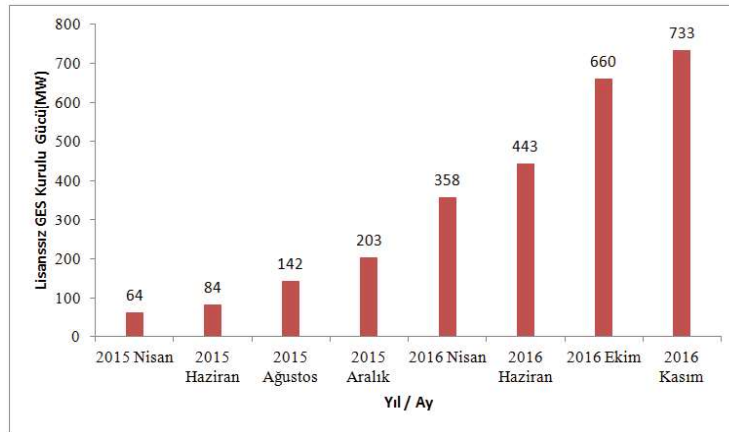
- Birim alana düşen güneş ışınımı,

- Güneş panelinin verimliliği,
- Güneşlenme süresi,
- Panelin güneşe göre yönü ve konumu dikkate alınmaktadır.

Güneş panel teknolojisinde verimliliği yüksek ve şık görümlü ince film güneş hücrelerinin/pillerinin, monokristal güneş pillerinin, polikristal güneş pillerinin uygulama alanları her geçen gün artmaktadır ve kullanılacak olan teknolojinin belirlenmesinde Şekil-2'de verilen güneş hücrelerine ait etkinlik tablosundan yararlanılmaktadır. Bunun yanı sıra hücreler için var olan alanı en etkin bir şekilde kullanabilmek için esneklik ve yapıya entegre olabilme kriterleri de önemini korumaktadır. Türkiye Elektrik İletim A.Ş.(TEİAŞ)'nden alınan verilere göre, ülkemizin lisanssız güneş santrali kurulu gücü 732 MW'lar seviyesinde, lisanslı güneş santrali kurulu gücü 12 MW'lar seviyesinde olduğu görülmektedir. Şekil-3'teki grafikte de görüldüğü gibi kurulu güneş santrali gücü her geçen gün artmaktadır.



Şekil-2: Güneş panellerinin yapısına göre etkinlik tablosu[7]



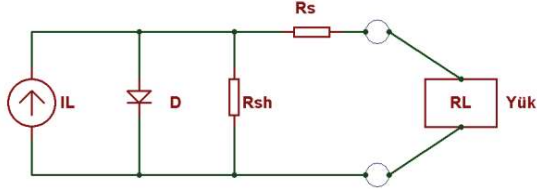
Şekil-3: Türkiye'nin lisanssız GES kurulu gücü

### 3. PV Panellerden Elektrik Üretimi

Güneş paneli üzerine gelen güneş ışığı, fotovoltaik hücreler tarafından absorbe edilmektedir. Radyasyon etkisiyle polarize olan katkılı Silisyum maddesi (üzerinde elektriksel boşluklar oluşmuş Bor katkılı p tipi silisyum maddesi ve elektronların biriktiği Fosfor katkılı n maddesi), fotonların enerjisini alarak serbest hale gelen elektronlar nedeniyle bir enerji kaynağına dönüşmektedir.

P tipi maddeden ayrılarak n tipi maddede birikmiş olan elektronlar, dış devre yoluyla p tipi madde üzerinde oluşmuş olan boşluklara tekrar dönmek için hareket etmektedirler. Bu sabit ve tek yönlü hareketle/akıyla DC (Direkt Current) akım oluşmaktadır. Çıkışa bir yük bağlandığında, bu yük üzerinden bir akım akmaktadır. Bu akımın şiddeti sıcaklığa, eleman üzerine ve eleman yüzey alanına düşen ışık şiddetine bağlıdır.

Bu tip etkilerle değişen akım, panel gerilimini ve çıkış gücünü de değiştirmektedir. PV hücreler/piller seri ya da paralel bağlanarak elde edilecek olan akım ve gerilimin değeri değiştirilebilmektedir. Gerçek bir PV hücresinin performansını kısa devre akımı ( $I_{sc}$ ) ve açık devre gerilimi ( $V_{oc}$ ) belirlemektedir. Bir PV hücresinin temel elektriksel eşdeğer modeli Şekil-4'de görülmektedir. Burada D, herhangi bir bağlantıda akımın ters yönde akmasını engellemek için kullanılan diyotu temsil ederken,  $R_s$  seri iç direnci,  $R_{sh}$  paralel iç direnci ve  $R_L$  yükü temsil etmektedir.



Şekil-4: Bir PV hücresinin temel elektriksel eşdeğer modeli

#### 4. PV Panel Testi ve Simülasyonu

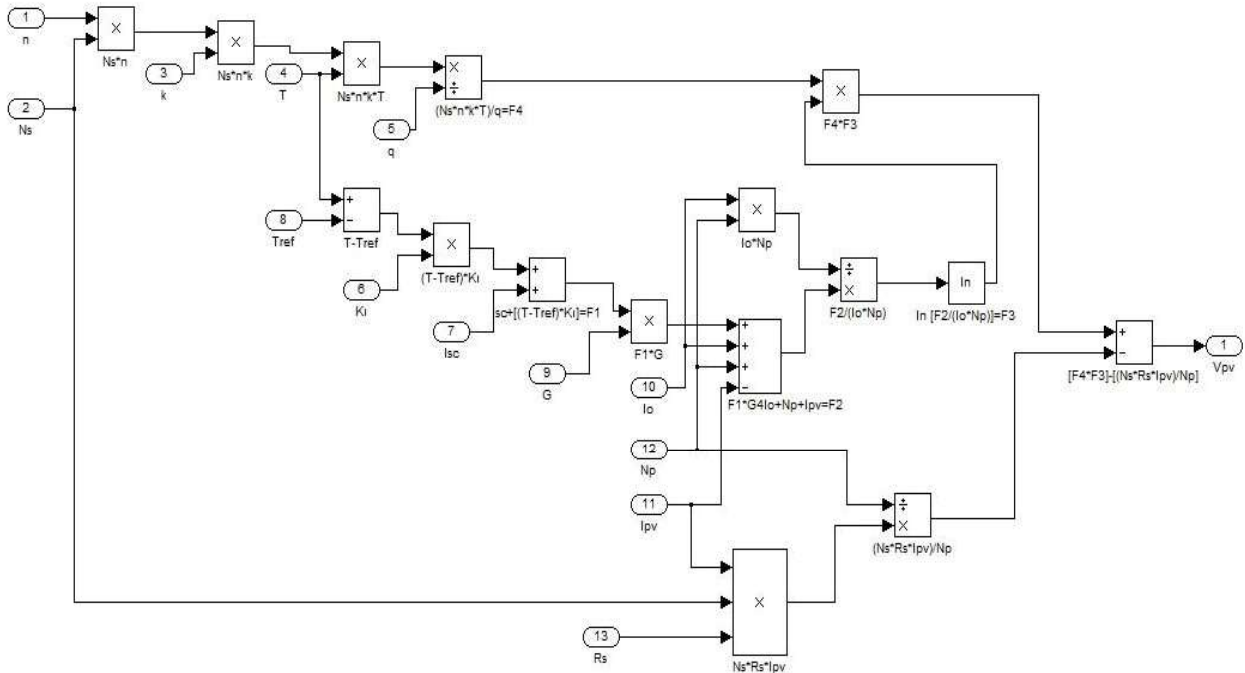
PV hücresinin/pilin Şekil-4'deki tek diyotlu devre yapısına göre çıkış geriliminin güneş ışınımına bağlı olarak değişen foton akımına, diyotun ters doyum akımına ve yük akımına göre değişmesiyle ilgili elde edilen eşitlik Denklem 1' deki gibi ifade edilebilmektedir.

$$V_{pv} = \frac{N_s \cdot n \cdot k \cdot T}{q} \cdot \ln \left[ \frac{I_{sc} + K_1 \cdot (T - T_{ref}) \cdot G + I_0 - I_{pv} + N_p}{I_0 \cdot N_p} \right] - \frac{N_s \cdot R_s \cdot I_{pv}}{N_p} \quad (1)$$

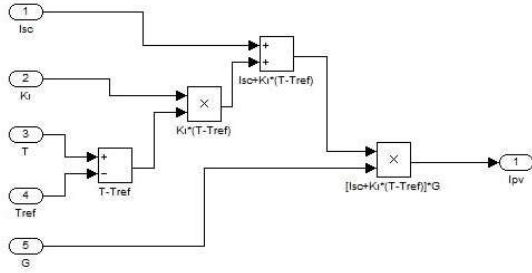
Denklem 1' in matlab/simulink eşdeğer modeli Şekil-5'te gösterilmektedir. Aynı şartlarda PV pilin/hücresinin ürettiği akım ifadesi de Denklem 2'deki gibi ifade edilebilmektedir.

$$I_L = [ I_{sc} + K_1 \cdot (T - T_{ref}) ] \cdot G \quad (2)$$

Denklem 2'nin matlab/simulink eşdeğer modeli Şekil-6'da gösterilmektedir. PV panellerin çıkışındaki akım ve gerilim değerleri, değişen çevresel koşullara bağlı olarak değiştiği için ilgili koşullar altında maksimum güç üretecek şekilde çalıştırılmaları gerekmektedir[8]. Sıcaklık etkisinin çıkış gücüne (P), hücre veya modül çıkış akımına ( $I_{pv}$ ), hücre veya modül çıkış gerilimine ( $V_{pv}$ ) etkisinin incelenmesi için test ve ölçümlerde XH250P(72) model numaralı panel kullanılmıştır. Testin değiştir-gözetle algoritması Şekil-7'de verilmektedir. İlgili algoritma PV sistemlerin çalışma noktasının değiştirilmesi sonucunda meydana gelecek olan değişimin gözlenmesi ve böylece maksimum güç noktasına doğru, sonraki değişimin belirlenmesi prensibine dayanmaktadır. Algoritmada güce göre gerilimin ya da akımın değişimi göz önüne alınarak uygulama yapılabilir olup, aynı zamanda maksimum güç noktasına (MGN) ulaşmayı sağlayacak bir sonraki darbe genişlik modülasyonunun oranına da karar verilebilmektedir. Algoritma sistemde sürekli olarak değiştir-gözetle işlemini yaptığından MGN'na ulaştığında, burada sabitlenmediği için maksimum güç noktasında sürekli olarak salınım yapmasına yol açmakta ve sistemde bir miktar güç kaybına neden olmaktadır[9]. PV sistemlerde elektriksel performans modül/panel tipine göre değişmekte ve üzerine düşen güneş ışığını %5-26 oranında elektriğe çevirmektedir. Modül çalışma sıcaklığı, PV sistemlerin uzun süreli yüksek performans sağlamasını ve verimini etkileyen en önemli parametrelerden birisidir[10]. PV modül güç çıkışı ile modül sıcaklığı arasında ters orantı, simülasyon sonucunda elde edilen Şekil-8'de gösterilmekte. Bu şekilden anlaşılacağı üzere, belirli bir sıcaklık aralığının dışında modül sıcaklığı yükseldikçe PV modülden alınan güç azalmaktadır. Sıcaklıktan kaynaklanan kayıplar, direkt olarak hücre sıcaklığı ile doğru orantılıdır.

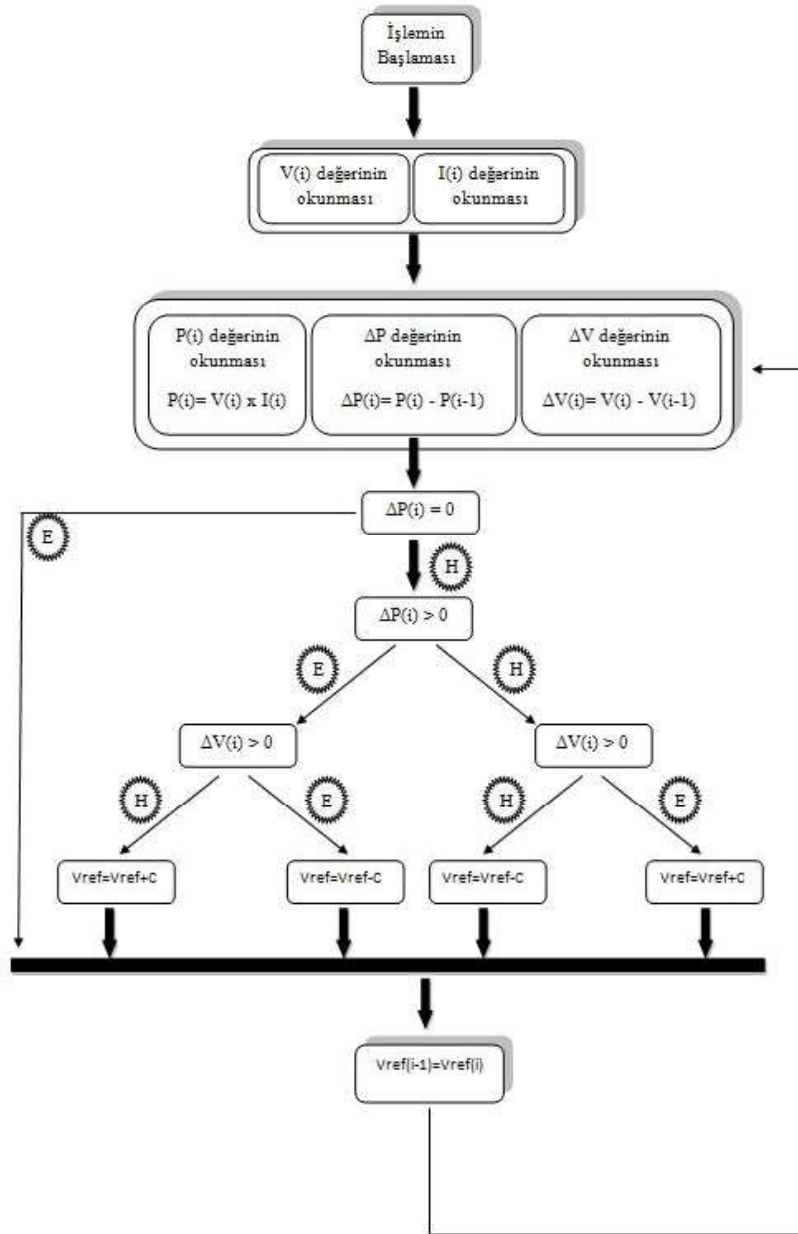


Şekil-5: Bir PV hücresinin Denk.1'e göre  $V_{pv}$  matlab/simulink eşdeğer modeli



Şekil-6: Denk.2'nin  $I_{pv}$ 'nin matlab/simulink eşdeğer modeli

Eğer ortam sıcaklığı yükselirse, hücre sıcaklığı da yükselmekte, bu da üretilen enerjinin azalmasına neden olmaktadır. Sıcaklığın artması ile PV hücresinin kısa devre akımı artarken açık devre gerilimi azalmaktadır. Denklem 3'te,  $I_0$  ve  $V_0$  sırası ile referans sıcaklıktaki akım ve gerilim,  $\alpha$  ve  $\beta$  akım ve gerilimin sıcaklık katsayıları olarak kabul edilmektedir.



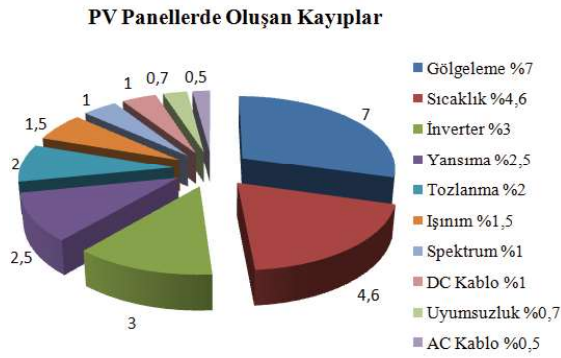
Şekil-7: Kullanılan panelin güç testinin değiştir-gözetle algoritması

Eğer işletme sıcaklığı  $\Delta T$  kadar artar ise yeni akım ve gerilim Denklem 3'te ifade edilen güç formülündeki gibi olmaktadır. Denklem 3'ten anlaşılacağı üzere, sabit güneş radyasyonu karşısında PV hücreler,  $I_{sc}$  (Kısa devre akımı) pozitif sıcaklık katsayısına sahipken  $V_{oc}$  (Açık devre gerilim) ve  $P_{mp}$  (Maximum güç) negatif sıcaklık katsayısına sahiptirler[11]. PV panellerin akım ve gerilim üretiminde göz önüne alınması gereken kayıp faktörleri de bulunmaktadır, PV panellerin verimini ve üretimini etkileyen kayıp faktörleri Şekil-9'da gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere en büyük iki etkiye gölgeleme(%7) faktörünün ve sıcaklık(%4.6) faktörünün sahip olduğu görülmektedir.

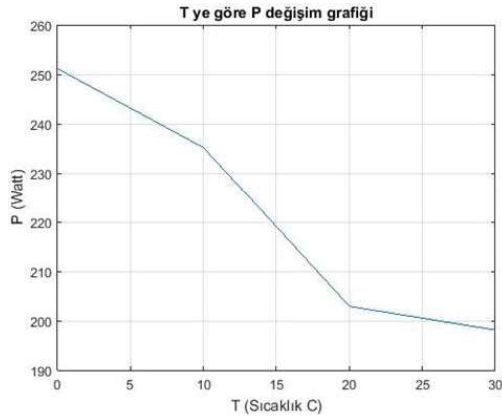
$$I = I_o \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$V = V_o \cdot (1 - \beta \cdot \Delta T)$$

$$P = I \cdot V = [I_o \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)] \cdot [V_o \cdot (1 - \beta \cdot \Delta T)] \quad (3)$$



Şekil-9: PV panellerde oluşan kayıplar



Şekil-8: Test için kullanılan PV modülün sıcaklığa göre değişen güç çıkışı

## 5. Sonuç

Çalışmanın sonucunda genel olarak bilinen "Güneş alan sıcak bölgelerde daha fazla enerji üretimi olur." düşüncesinin tam olarak doğru olmadığı görülmüştür. Güneş alan sıcak yerlerde hava sirkülasyonu sonucu panel sıcaklığı azaldığında enerji üretiminin ve verimin arttığı, hava sirkülasyonu olmayan bölgelerde enerji üretiminin ve verimin azaldığı tespit edilmiştir. Gelişen teknoloji sonucunda yenilenebilir enerji alanında yapılan yatırım ve gelişmelerin artması sonucu, yenilenebilir

enerji her alana girmeye başlamıştır. Yenilenebilir enerji ve bu enerji türünün içerisinde bulunan güneş enerjisi, günlük hayatın vazgeçilmez haline gelmiştir. Bu gelişmeleri destekler biçimde, ülkemizde 2016 son çeyreği itibarı ile toplam kurulu güneş santrali gücü 750 MW'lar seviyesine ulaşmıştır. Ülkemizde gelecek 10 yıl içerisinde, güneş enerji santrali(GES) kurulu gücünün 5 GW'lar seviyesine ulaşacağı öngörülmektedir. Bu gelişmelerle paralel olarak ilerleyen elektrikli araç teknolojisinde ve bu teknoloji içerisinde yer alan şarj istasyonlarında, güneş enerjisi ve yenilenebilir enerji depolama sistemlerinin kullanımının kaçınılmaz olacağı düşünülmektedir.

## 6. Kaynakça

- [1]World Energy Council Turkish National Committee "Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi", pp:1-212, 2009
- [2]Çetinkaya H.B., "Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği Açısından Akıllı Şebekeler ve SCADA Uygulamaları", 3. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı, 2012
- [3][http://www.normenerji.com.tr/menu\\_detay.asp?id=7965](http://www.normenerji.com.tr/menu_detay.asp?id=7965)
- [4]World Energy Statistics 2011, International Energy Agency, 2011
- [5]Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, [http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g\\_enj\\_tekno.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx)
- [6] İ.Arslan, T.Çarkıt, " Nem Kontrollü Solar Sulama Sistemi", Elektrik Elektronik Mühendisliği Bitirme Tezi, ERÜ, 2015
- [7]National Renewable Energy Laboratory, "Best Research-Cell Efficiencies", [www.nrel.gov](http://www.nrel.gov), 2015
- [8]S.Duman, N.Yörükeren, İ.H.Ataş, "Fotovoltaik Enerji Sitemlerinin Modellenmesi, Benzetimi ve Uygulaması", Journal of Advanced Technology Sciences, Vol 3, No 1, pp:9-11, 2014
- [9]Hashimoto, O., Shimizu, T., Kimura, G., A novel high performance utility interactive photovoltaic inverter system, in Conf. Record of the 2000 IEEE Ind. Applicat. Conf., 2255-2260, 2000
- [10]E.Arıkan, "Mono Kristal Fotovoltaik Modüllerin Sıcaklık Katsayılarına Genel Bakış", Solarex Fuarı , 2015
- [11]A.Q. Jakhrani, A.K.Athman, A.R.H.Rigit, S.R.Samo, "Comparison of Solar Photovoltaic Module Temperature Models", World Applied Sciences Journal 14, pp:01-08, 2011