



Makale / Research Paper

**Güneş Enerjisi Santrallerinde Sehpa Seçiminin Performansa Etkisinin
Analiz Edilmesi ve Sıcaklık Etkisi**

Yavuz Selim İŞLER, Metin SALİHMUHSİN*

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye.
yavuzselimisler@yahoo.com, msalihmuhsin@ksu.edu.tr

Received/Geliş: 11.09.2018

Accepted/Kabul: 15.10.2018

Öz: Güneş enerjisi çevre dostu, stabil ve verimli bir elektrik enerjisi üretim kaynağıdır. Güneş enerjisi ile elektrik üreten santrallerin sayısı hızla artmış ve artmaktadır. Güneş enerjisi santralleri kurulurken performans değerlerinin analiz edilmesi de büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada güneş enerjisi santrallerinin performansına etki eden en önemli faktörlerden biri olan sehpa seçiminin performansa etkisi detaylıca analiz edilmiştir. Bu analiz yaygın olarak kullanılan beş farklı sehpa sistemi modellenerek yapılmıştır. Her sehpa türünün ürettiği enerji miktarındaki farklılıklar kaydedilmiştir. Üretilen elektrik enerjisinin aylara göre değişimi, performans değerleri, watt başına düşen elektrik enerjisi üretim değerleri ve sıcaklığın etkisi detaylı olarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca, CO₂ emisyon değerleri üzerine etkisi de analiz edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Güneş enerjisi, sehpa montajları, performans, sıcaklık.

**Analysis on the Performance Effect of Mounting Selection in Solar Energy
Power Plants and Temperature Effect**

Abstract: Solar energy is an environmentally friendly, stable and efficient source among of the renewable energy sources. The number of power generation plants with solar energy has increased and is rapidly increasing. It is also important to analyze performance value of solar power plants during the construction. In this study, the performance effect of the mounting selection which is one of the most important factors affecting the performance of the solar energy plants has been analyzed as detailed. This analysis was made by modelling five different widely used mounting systems. Differences of energy amount produced by each mounting type were recorded. The alteration of generated electricity energy per month, the performance values, the generation values of electric energy per watt and the effect of temperature were compared and discussed as detail. In addition, the effect on CO₂ emission values was also analyzed.

Keywords: Solar energy, solar mounting, performance, temperature.

1. Giriş

Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında en bol bulunan, stabil ve çevre dostu bir kaynaktır. Hayat var olduğu sürece güneş enerjisi de daima var olacaktır. İnsanlar hayatları boyunca daima güneş enerjisinden yararlanma yolunda çalışmalar yapmıştır ve yapmaktadır [1,3].

Elektrik enerjisi ihtiyacı ise her geçen yıl yaklaşık olarak %5 oranında artmaktadır. Teknolojinin gelişmesi, hızlı nüfus artışı ve sanayileşme bu ihtiyacın artmasının ana nedenlerindedir. Artan elektrik enerjisi ihtiyacı ise güneş enerjisinden sağlanabilmektedir [4,6]. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi iki farklı ana yöntemle sağlanabilmektedir. Bunlar termal ve fotovoltaik yöntemlerdir. Bu

Bu makaleye atıf yapmak için

İşler Y.S., Salihmuhsin M., "Özel Üretim Performansının Belirlenmesi" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2019, 6(1); 97-107.

How to cite this article

İşler Y.S., Salihmuhsin M., "Performance of Production of Special Section Profiles" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2019, 6(1); 97-107.

çalışmada fotovoltaik yöntem ile güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi hakkında bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Fotovoltaik yöntemde, güneş panelleri üzerine gelen güneş ışınları panel içerisindeki elektronlara ışınım enerjisini vererek bu elektronların hareket etmesini ve hareket eden elektronlar ile de elektrik akımının oluşması sağlanmaktadır. Fotovoltaik etki ile elektrik üreten modüllere PV adı da verilebilmektedir.

Güneş panelinin bir PV modülüne kapsüllenmesinin istenmeyen bir yan etkisi, kapsüllemenin PV modülüne giren ve çıkan ısı akışını değiştirmesi ve böylece PV modülünün çalışma sıcaklığını arttırmasıdır. Sıcaklıktaki bu artışlar, güneş panelinin voltajını azaltarak PV modülünde önemli bir etkiye neden olur ve bu da çıkış gücünü düşürür. Ek olarak, yüksek sıcaklıkların termal genleşmeyle ilişkili gerilimleri arttırdığı ve ayrıca sıcaklıkta her 10 °C'lik bir artış için yaklaşık iki kat daha fazla bozulma olduğu gözlemlenmiştir.

Bir modülün çalışma sıcaklığı, PV modülünün ürettiği ısı, çevreye verilen ısı ve ortamdaki çalışma sıcaklığı arasındaki dengeyle belirlenir. Modül tarafından üretilen ısı, modülün çalışma noktasına, modülün ve solar hücrelerin optik özelliklerine ve PV modülündeki güneş hücrelerinin paketleme yoğunluğuna bağlıdır. Çevreye yayılan ısı iletim, konveksiyon ve radyasyon olarak adlandırılan üç mekanizmadan biriyle ilerleyebilir. Bu kayıp mekanizmaları, modül malzemelerinin ısıl direncine, PV modülünün yayıcı özelliklerine ve modülün monte edildiği ortam koşullarına (özellikle rüzgar hızına) bağlıdır. Çünkü PV modülün kurulduğu ortamda rüzgar hızı olması modül sıcaklığı üzerinde bir hava sirkülasyonu olmasını sağlar. Bu hava sirkülasyonu ise modül sıcaklığının azalmasına yardımcı olur. Azalan modül sıcaklığı da PV modülün veriminin artmasını sağlamaktadır.

Güneş panellerinde sehpa seçimi büyük önem arz etmektedir. Sehpaların açısı değerine göre güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretim kazancı değişmektedir. Bu açı değeri de lokasyona göre farklılık kazanmaktadır. Örneğin Kahramanmaraş lokasyonunda maksimum üretim kazancı elde edebilmek için gereken optimum açı değeri 29°'dir. Bu farklılık güneşin yıl içerisindeki pozisyonuna göre değişmektedir. Bundan dolayı sehpalarda açı seçimi önemlidir. Literatürde bu konu hakkında yapılan çalışma sayısı çok az olup, makalemizde detaylı olarak incelenmiştir.

Literatürde güneş panelinin sıcaklık üzerine etkisini araştıran çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazılarında değinilmiştir. Abdin ve diğerleri modüller arasında değişkenlik ve fotovoltaik bir dizinin davranışını doğru bir şekilde tahmin eden bir model geliştirmiştir. Modeli 912 modülden oluşan gerçek bir çatı dizisine (298 kW) uygulamışlardır. Ölçtükları dizi akımlarına dayanarak, tahmin edilen ortalama dizi sıcaklığı, bir drone'a monte edilmiş IR kamera kullanılarak radyometrik inceleme ile ölçülen sıcaklığı karşılaştırmışlardır [7].

Cengiz ve diğerleri çalışmasında Dünya'da ve Türkiye'de güneş enerji potansiyeli, güneşten elektrik üretme yöntemleri ve literatür bilgilerine değinerek, geçmişten günümüze güneşten elektrik üretiminin gerek maliyet gerekse verimlilik-performans ilişkisini analiz etmiştir [8].

Altınışik ve diğerleri çalışmasında 100 Watt çıkış gücü veren PV paneli bir konstrüksiyon üzerinde kurarak çalışma yapmıştır. Panelin soğutulması için su kullanılan çalışmada, panelin çıkış akım, gerilim değerleri ve sıcaklık ölçümleri için data logger, suyun akış hızını ölçmek için de flow metre cihazları kullanmıştır. Sıcaklığın panel üzerine olan etkisi incelemiş ve soğutulması ile ilgili analiz çalışmaları gerçekleştirmiştir [9].

Okumuş H. çalışmasında fotovoltaik sistemler için modelleme yapmış olup simülasyonlar ışınım ve sıcaklık etkenleri göz önüne alarak gerçekleştirmiştir [10].

Toygar U. çalışmasında fotovoltaik panellerin yüzey sıcaklığı için örtük korelasyonların güvenilirliğini doğrulamaktır. Ortam sıcaklığı, güneş ışınımı ve rüzgâr hızı açısından sıcaklık sapmalarını değerlendirmek için bir güneş enerjisi santralinden elde edilen gerçek veriler kullanılarak toplam on yedi farklı örtük korelasyonu incelemiştir [11].

Bu çalışmada güneş enerjisi santrallerinin performansına etki eden en önemli faktörlerden biri olan sehpa seçiminin performansa etkisi detaylıca analiz edilmiştir. Bu durum için beş farklı sehpa sistemi modellenmiştir. Üretilen elektrik enerjisinin aylara göre değişimi, performans değerleri, watt başına düşen elektrik enerjisi üretim değerleri ve sıcaklığın etkisi detaylı olarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca, CO₂ emisyon değerleri üzerine etkisi de analiz edilmiştir.

2. Sıcaklık Değişiminin Panel Hücresi Üzerine Etkisi

Güneş panelleri, özellikle güneş ışınımının etkili absorbanı olarak tasarlanmıştır. Hücreler, genellikle modül kapsülleri ve arka sırt tabakasından daha yüksek ısı üretecektir. Bu nedenle güneş hücreleri daha fazla birim alan başına üretilen ıyı artırır.

Bir PV modülü tipik olarak 1000 W/m² altında 25 °C'de değerlendirilmektedir. Ancak santralde çalışırken, tipik olarak daha yüksek sıcaklıklarda ve biraz daha düşük yalıtım koşullarında çalışırlar. Solar hücrenin güç çıkışını belirlemek için, PV modülünün beklenen çalışma sıcaklığını saptamak önemlidir. Nominal İşletim Hücre Sıcaklığı (NOCT), aşağıda listelenen koşullar altında bir modülde hücreler tarafından ulaşılan sıcaklık olarak tanımlanır.

Hücre yüzeyinde ışınım = 800 W/m²
 Hava Sıcaklığı = 20 °C
 Rüzgâr hızı = 1 m/s
 Montaj = Arka tarafı açık şekilde belirtilir.

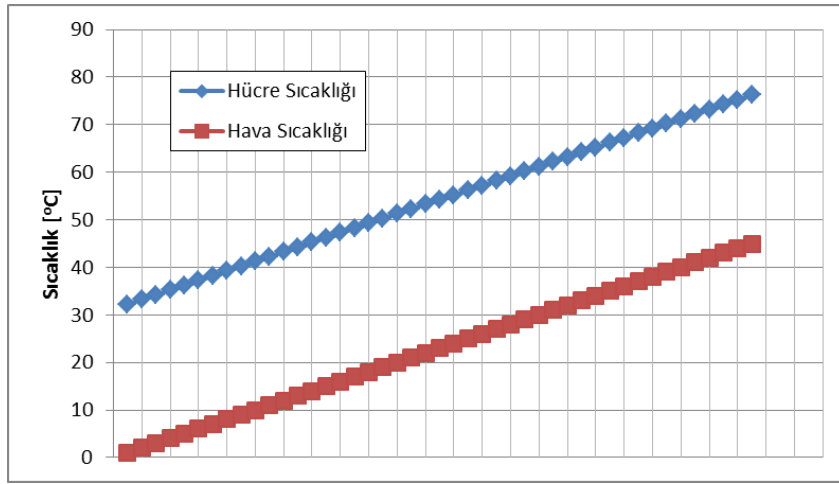
Modül ve hava arasındaki güneş radyasyonu ve sıcaklık farkı denklemleri, ısı direnci ve ısı transfer katsayısının sıcaklıkla kuvvetli bir şekilde değişmemesi koşuluyla, belirli bir rüzgâr hızı için, hem iletim hem de konvektif kayıpların, gelen güneş enerjisi ile doğrusal olduğunu göstermektedir. En iyi durum, en kötü durum ve ortalama PV modülleri için NOCT aşağıda gösterilmiştir. En iyi durum, soğutma için modülün arkasındaki alüminyum soğutucuları içerir, bu da termal direncini azaltır ve konveksiyon için yüzey alanını artırır.

$$T_{Hücre} = T_{Hava} + \frac{NOCT-20}{80} \cdot S \quad (1)$$

Burada;

NOCT: Nominal İşletim Hücre Sıcaklığı (°C), T_{HAVA} : Hava Sıcaklığı (°C),
 T_{HÜCRE} : Hücre Sıcaklığı (°C), S : Işınım (mW/cm²)

Şekil 1' de PV sistemlerde hava sıcaklığı ile hücre sıcaklığı arasındaki ilişki görülmektedir. Hücre sıcaklığı her zaman teorik olarak hava sıcaklığından 31,25°C yüksektir. Ancak pratikte rüzgârın ve açık alanın etkisiyle bu değer 15-20 °C civarındadır.



Şekil 1. Hava ve hücre sıcaklıkları değişimleri

Termal genleşme, modüller tasarlandığında dikkate alınması gereken bir başka önemli sıcaklık etkisidir. Sıcaklık artışı ile hücreler arasındaki genişlemeyi karşılamak için stres giderme döngüleri kullanılır. Hücreler arasındaki boşluk ile genleşme miktarı (δ) tolere edilir.

$$\delta = (\alpha_C \cdot C - \alpha_C \cdot D) \cdot \Delta T \quad (2)$$

Burada;

δ : Genleşme Miktarı

D: Hücre Genişliği

α_C : Camın Genleşme Katsayısı

C: Merkeze uzaklığı

α_C : Hücrenin Genleşme Katsayısı

ΔT : Sıcaklık Değişimi olarak ifade edilir.

Ara bağlantı gerilmelerine ek olarak, tüm modül ara yüzleri, sonuçta delaminasyona yol açabilen sıcaklığa bağlı döngüsel strese maruz kalır. Sıcaklığın çıkış gücü üzerindeki etkisi için denklem (3)' de verilen eşitlik geçerlidir. Panel 25 °C olan ortam sıcaklığı için 275 W çıkış gücü verirken, bu ortamda panel sıcaklığı 45 °C olmaktadır.

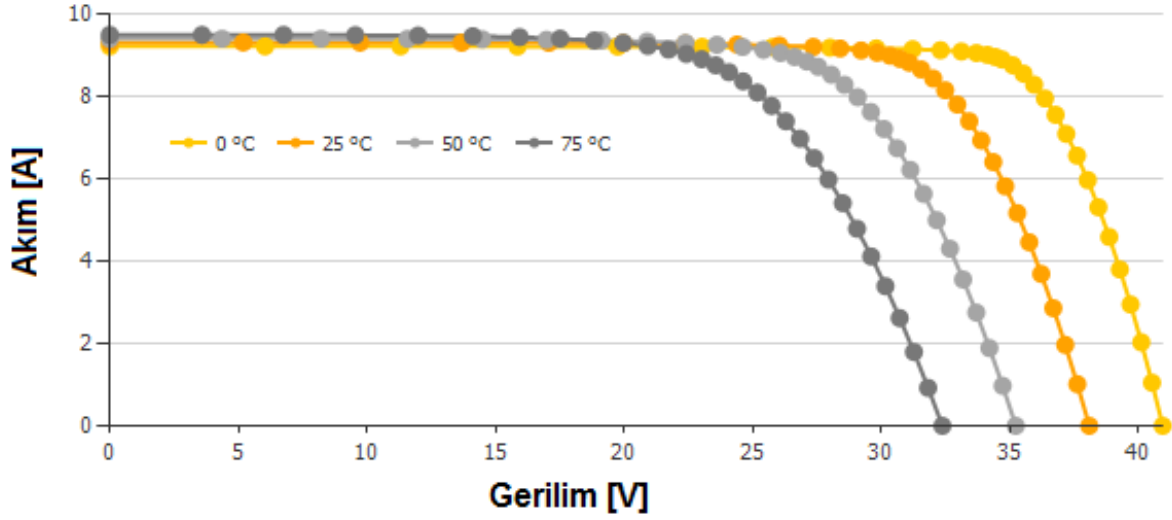
$$P_{Qi} = P_Q \cdot ((1 - (T_{HÜCRE} - 25) \cdot P_m)) \quad (3)$$

P_{Qi} : Panelin anlık çıkış gücü

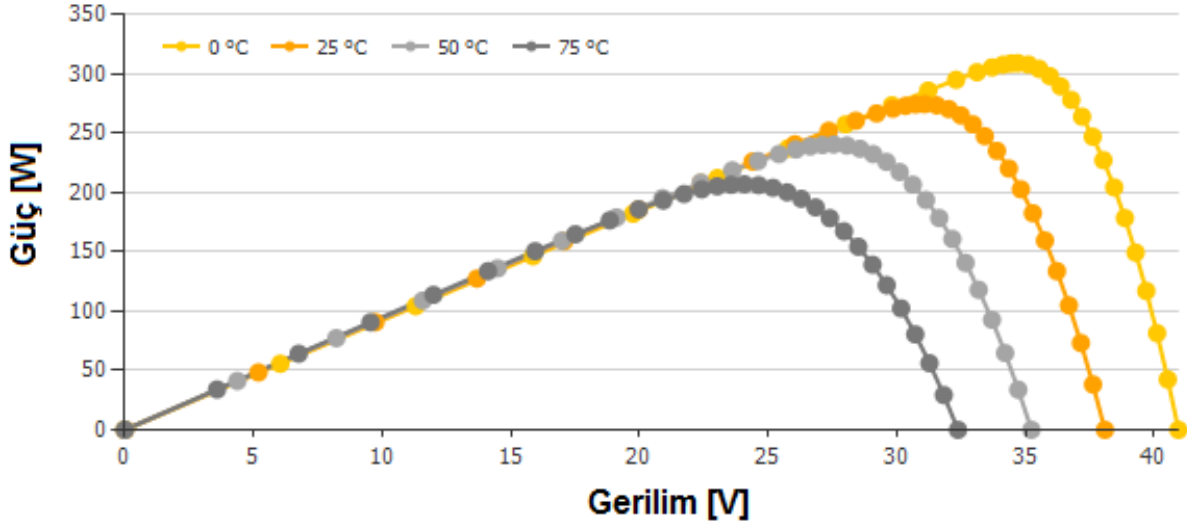
P_Q : Panelin ideal çıkış gücü

P_m : Panel Sıcaklık Güç Katsayısı

PVSOL ile yapılan modellemede Axitec marka 275 W paneller kullanılmıştır. Paneller 60 hücre olup polikristaldir. MPP voltajı 31,25 V, MPP akımı 8,83 A, açık devre voltajı 38,29 V, kısa devre akımı ise 9,32 A' dir. Sistemde toplam 42 adet panel kullanılmış ve DC güç 11,55 kWp seçilmiştir. İntvertör olarak ABB marka 10 kWe PVI-10.0-TL-OUTD seçilmiştir. Şekil 2' de PVSOL yardımıyla Axitec 275 W panelin akım-gerilim karakteristiğinin sıcaklıkla değişimi görülebilmektedir. Şekil 3' te panelin güç-gerilim karakteristiğinin sıcaklık ile değişimi görülmektedir. PV Panel 0 °C de 310 W üretirken, 25 °C de 275 W, 50 °C de 248 W ve 75 °C de 210 W üretmektedir. Sıcaklığın güneş enerjisinden elektrik üretimine olumsuz etki ettiği açıkça görülmektedir.



Şekil 2. Akım-gerilim karakteristiğinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 3. Güç-gerilim karakteristiğinin sıcaklık ile değişimi

3. Sehpa Seçiminin Performansa Etkisinin Analiz Edilmesi Ve Modellenmesi

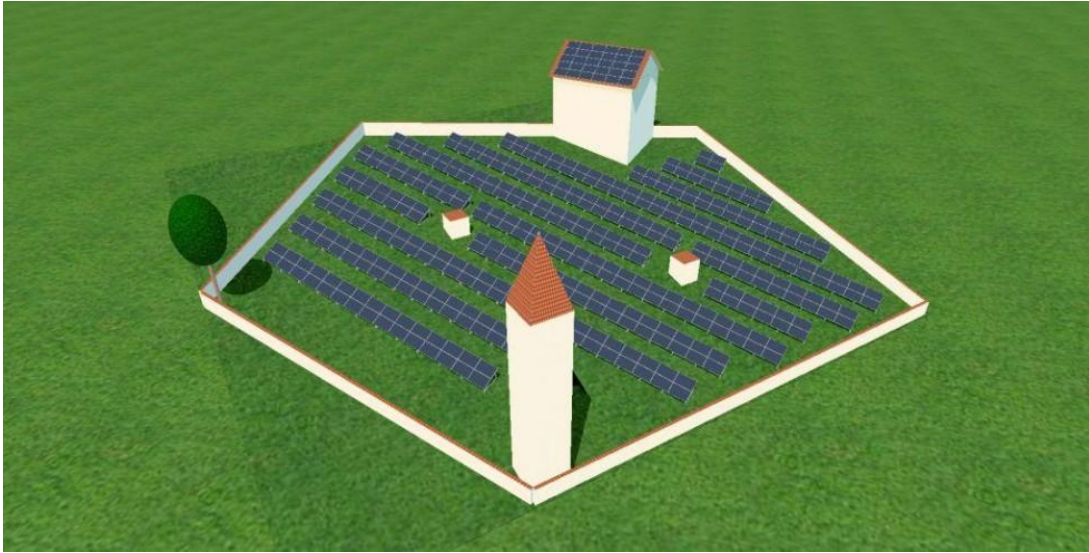
Güneş enerjisi sistemlerinde sehpa seçimi sıcaklığın değişimi açısından önemlidir. Çatı tipi güneş enerjisi santrallerinin üretim düşüklüğünün sebebi çatıdan kaynaklanan sıcaklığın daha yüksek olmasıdır. Bu çalışmada sehpa çeşitleri; çatıya paralel konstrüksiyon, çatı üzerine yakın montaj, çatı üzerine sıfır montaj, düz çatı üzeri sehpa ve arazi sehpa olmak üzere 5 çeşit olarak incelenmiştir. PVSOL ile yapılan modellemelerde her 5 çeşit sehpa için yıllık üretim değerleri ve performans oranları karşılaştırılmıştır [12]. Şekil 4' te güneş enerjisi panelleri için sehpa çeşitleri görülmektedir. Yapılan modellemede her 5 sehpa için toplam panel gücü 11,55 kWp, invertör gücü 10 kWe, eğim 30 °C ve azimut 180 °C olarak alınmıştır. Aynı şartlar altında sehpa çeşitlerinin verime olan etkileri detaylı olarak analiz edilmiştir.

Yapılan simülasyon sonuçlarına göre aylık üretilen elektrik enerjisi miktarları Şekil 6' da görülmektedir. Ocak ayında çatıya paralel konstrüksiyon olan sistem 1080,8 kWh, çatı üzerine yakın montaj olan sistem 1072,8 kWh, çatı üzerine sıfır montaj olan sistem 1043,4 kWh, düz çatı üzeri sehpa olan sistem 1083,4 kWh ve arazi sehpa olan sistem 1099,2 kWh elektrik enerjisi üretmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; yıl boyunca arazi sehpa tipi sistem daha fazla elektrik

	Çatıya Paralel Konstrüksiyon	Azimet:180°C Eğim:30°C Toplam Panel Gücü:11.55 kWp İnvertör Gücü:10 kWe
	Çatı Üzerine Yakın Montaj	Azimet:180°C Eğim:30°C Toplam Panel Gücü:11.55 kWp İnvertör Gücü:10 kWe
	Çatı Üzerine Sıfır Montaj	Azimet:180°C Eğim:30°C Toplam Panel Gücü:11.55 kWp İnvertör Gücü:10 kWe
	Düz Çatı Üzeri Sehpa	Azimet:180°C Eğim:30°C Toplam Panel Gücü:11.55 kWp İnvertör Gücü:10 kWe
	Arazi Sehpa	Azimet:180°C Eğim:30°C Toplam Panel Gücü:11.55 kWp İnvertör Gücü:10 kWe

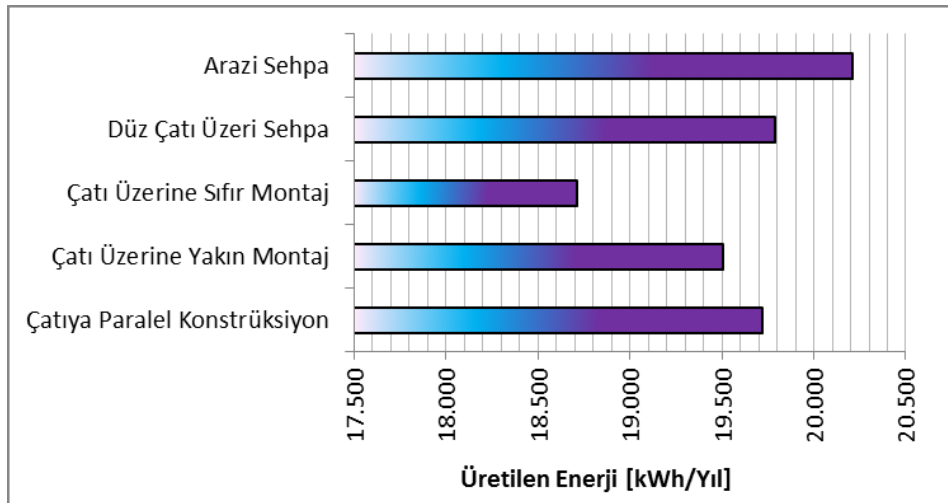
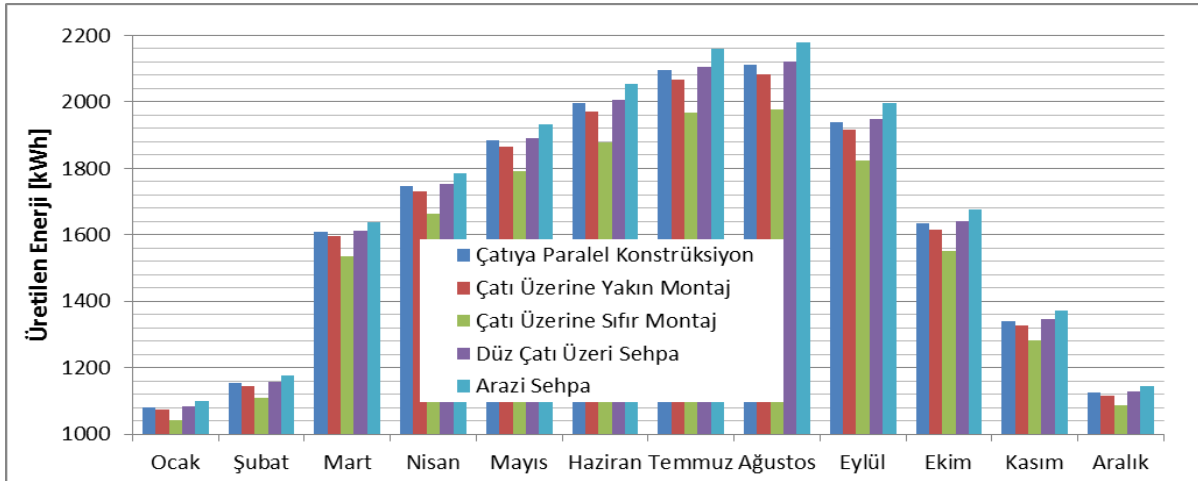
Şekil 4. Modellenen sehpa çeşitleri ve sistem parametreleri

enerjisi üretmekte ve çatı üzeri sıfır montaj sistemi ise en az elektrik enerjisini üretmektedir. Yaz aylarında sıcaklığın etkisi arttığı için farklılık daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle güneş ışınımının daha yoğun ve güneşlenme süresinin daha fazla olduğu yaz aylarında elektrik



Şekil 5. Modellenen sehpa çeşitleri ve sistem parametreleri

enerjisi üretimi de en yüksek seviyeye çıkmaktadır. Üretimin en fazla olduğu bu yaz aylarında çatı üzerine sıfır montaj şeklinde kurulu olan güneş panelleri en az seviyede elektrik enerjisi üretmektedir. Çünkü hava sirkülasyonu asgari düzeyde kalmış olup modül sıcaklığı da azami seviyeye çıkmıştır.

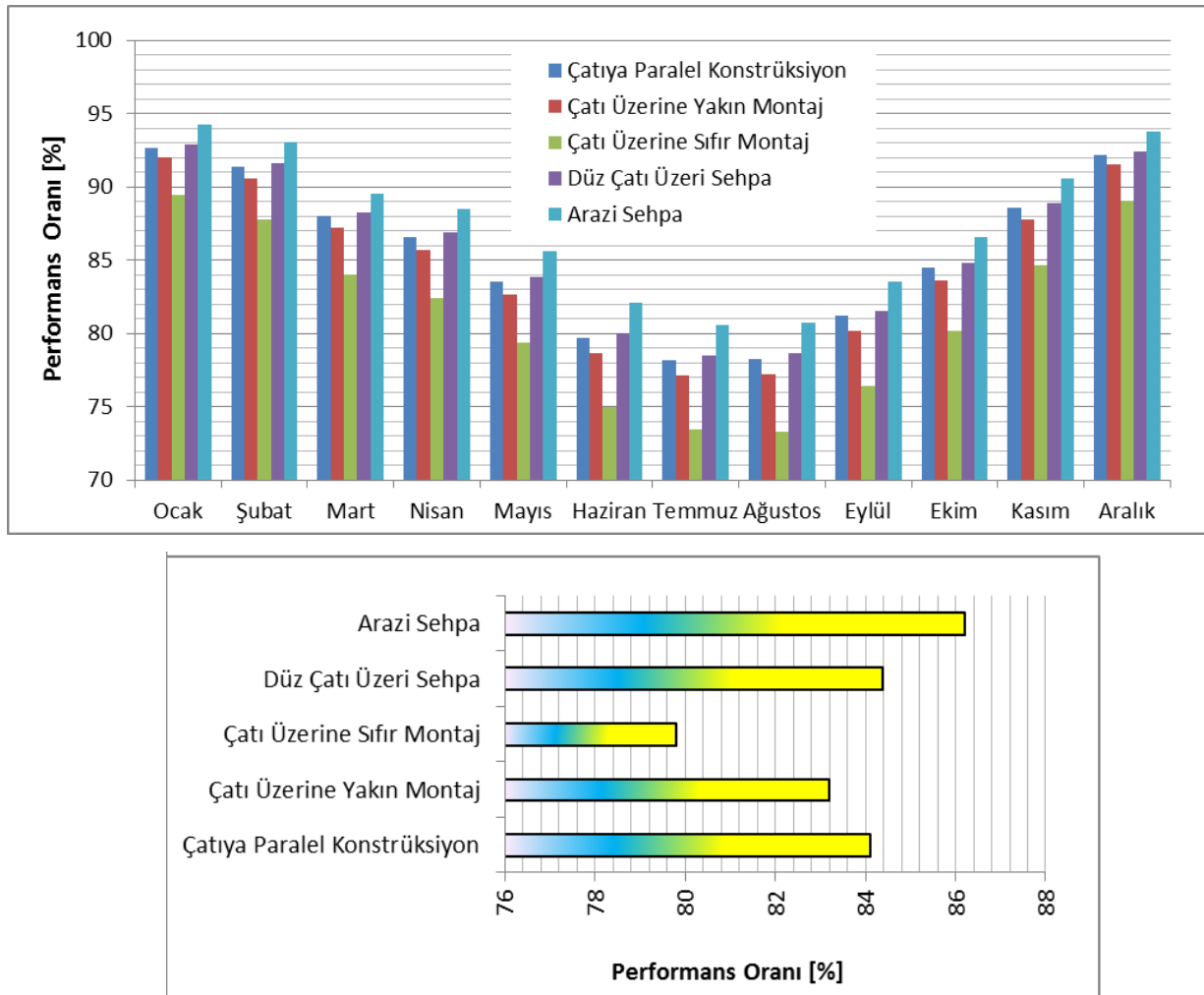


Şekil 6. Sehpa çeşitlerine göre üretilen elektrik enerjisinin aylık ve yıllık değerleri

Beş farklı sehpa tipinin yıllık ürettikleri elektrik enerjisi miktarlarına bakıldığında üretim farkları Şekil 6' te belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir. Arazi sehpa tipi güneş paneli sisteminin yıllık ürettiği elektrik enerjisi 20.250 kWh, düz çatı üzeri sehpa tipi panelli sisteminin yıllık ürettiği elektrik enerjisi 19.750 kWh, çatı üzerine sıfır montaj tipi güneş paneli sisteminin yıllık ürettiği elektrik enerjisi 18.750 kWh, çatı üzerine yakın montaj tipi güneş paneli sisteminin yıllık ürettiği elektrik enerjisi 19.500 kWh ve çatıya paralel konstrüksiyon tipi güneş paneli sisteminin yıllık ürettiği elektrik enerjisi 19.600 kWh civarlarında olmaktadır.

Yaptığımız çalışmada sehpa çeşitlerinin, güneş paneli sisteminin performans değerleri üzerine etkisi aylara göre detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre aylık performans oranları Şekil 7' de görülmektedir. Arazi sehpa tipi güneş paneli sisteminin yıllık ortalama performans oranı %86, düz çatı üzeri sehpa güneş paneli sisteminin performans oranı %84, çatı üzerine sıfır montaj güneş paneli sisteminin performans oranı %80, çatı üzerine yakın montaj güneş paneli sisteminin performans oranı %83, çatıya paralel konstrüksiyon güneş paneli sisteminin performans oranı %83 civarlarında olmaktadır.

Performans değeri bir güneş paneli sistemi için en önemli göstergelerden biri olduğu gibi, yapılan yatırımın geri dönüşümünü de doğrudan etkilemektedir. Sistemin iklim şartlarından bağımsız olarak verimini ifade eden ve güneş paneli sistemlerinin karşılaştırılmasında en belirgin faktördür.



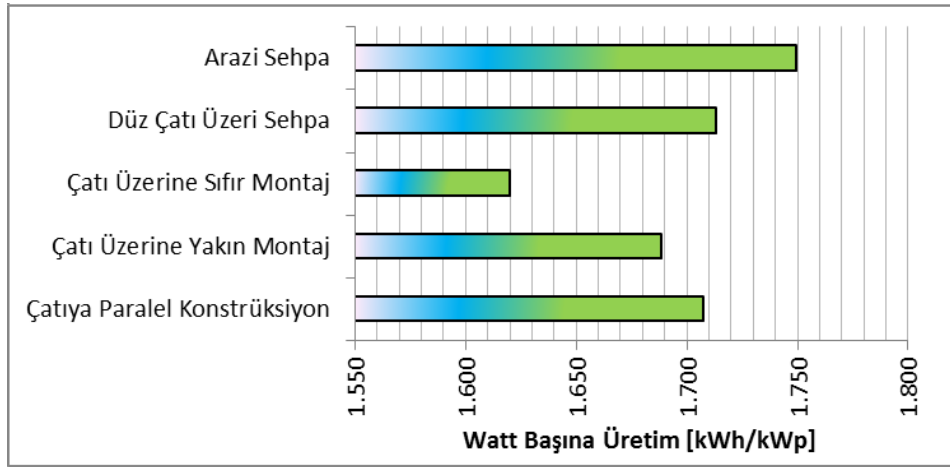
Şekil 7. Sehpa çeşitlerine göre performans değerlerinin aylara göre dağılımı

Ayrıca Tablo 1’de her sehpa tipi için modellenen güneş paneli sistemleri arasındaki fark belirgin bir şekilde görülmektedir. Burada referans olarak çatı üzerine sıfır montaj tipi güneş enerjisi santrali alınmıştır. Bu referansa göre diğer sistemlerdeki üretim farklılık ve oranları açık bir şekilde belirtilmiştir. Elde edilen verilere göre en fazla üretim farkı arazi sehpa tipi güneş enerjisi santrallerinde meydana gelmektedir.

Tablo 1. Şebekeye verilen enerji miktarları

	Toplam [kWh/Yıl]	Fark [kWh/Yıl]	Yüzde [%]
Çatıya Paralel Konstrüksiyon	19.716	1.008	5,11
Çatı Üzerine Yakın Montaj	19.502	794	4,07
Çatı Üzerine Sıfır Montaj	18.708	0	0,00
Düz Çatı Üzeri Sehpa	19.788	1.080	5,46
Arazi Sehpa	20.206	1.498	7,41

Şekil 8’de sehpa çeşitlerine göre watt başına üretim değerlerinin değişimi ve kWh/kWp değişimi gözlemlenmektedir. Güneş paneli sistemlerinde performans oranının yanında, watt başına üretim değerlerinin değişimi de sistemlerin performansını gösteren belirgin ölçütlerden biridir. Watt başına üretim oranları incelendiğinde en yüksek değeri 1.75 ile arazi sehpa tipi güneş paneli sistemi alırken, en düşük değeri ise 1.62 ile çatı üzerine sıfır montaj tipi güneş paneli sistemi almıştır.



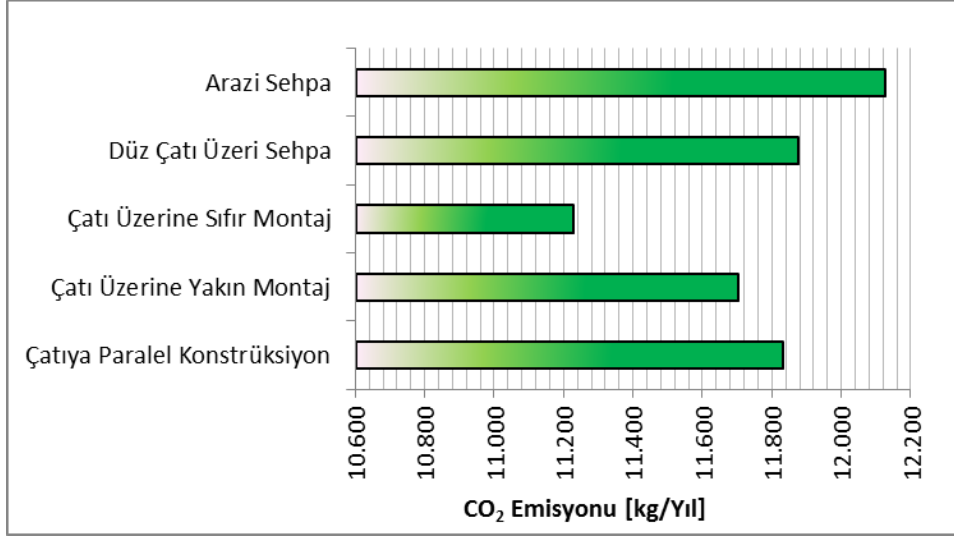
Şekil 8. Sehpa çeşitlerine göre watt başına üretim değerlerinin değişimi, kWh/kWp

Ek olarak Şekil 9’ de beş farklı sehpa tipi güneş paneli sisteminin CO₂ emisyonu üzerine katkıları detaylı olarak analiz edilmiştir. Arazi sehpa tipi güneş paneli sistemi 12.100 kg/yıl CO₂ emisyonu önlerken, düz çatı üzeri sehpa tipi güneş paneli sistemi 11.900 kg/yıl CO₂ emisyonu önlemekte, çatı üzerine sıfır montaj tipi güneş paneli sistemi 11.200 kg/yıl CO₂ emisyonu önlemekte, çatı üzerine yakın montaj tipi güneş paneli sistemi 11.700 kg/yıl CO₂ emisyonu önlemekte ve çatıya paralel konstrüksiyon tipi güneş paneli sistemi 11.850 kg/yıl CO₂ emisyonu önlemektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Modül tarafından üretilen ısı, modülün çalışma noktasına, modülün ve solar hücrelerin optik özelliklerine ve PV modülündeki güneş hücrelerinin paketleme yoğunluğuna bağlıdır. Literatürde sıcaklığın güneş paneli üzerine etkileri konusunda çeşitli çalışmalar mevcuttur. Fakat sehpa

modelinin performans analizi konusunda pek çalışma yapılmamıştır. Hızla artan güneş enerjisi santrallerinde sehpa çeşidinin performansa etkisinin detaylı bir şekilde analiz edilmesi kurulacak santraller için önemli bir parametre teşkil etmektedir.



Şekil 9. Sehpa çeşitlerine göre önlenecek CO₂ emisyon değerleri, kg/yıl

Bu yüzden çalışmamızda; arazi sehpa tipi güneş paneli sistemi, düz çatı üzeri sehpa tipi güneş paneli sistemi, çatı üzerine sıfır montaj tipi güneş paneli sistemi, çatı üzerine yakın montaj tipi güneş paneli sistemi ve çatıya paralel konstrüksiyon tipi güneş paneli sistemi ayrı ayrı modellenmiş ve karşılaştırılmıştır. Bu analizde her sehpa tipi için diğer parametreler aynı kalmak koşulu ile aylara göre üretim farklılıkları, sistem performans oranları, yıllık üretim farkları ve engelledikleri emisyon değerleri detaylı bir şekilde irdelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek verim arazi sehpa tipi güneş panelinden alınırken, en düşük verim ise çatı üzerine sıfır montaj tipi güneş paneli sisteminden alınmıştır. Böyle bir çalışma kurulacak yeni güneş enerjisi santralleri için önemli bir kaynak teşkil edecektir.

Kaynaklar

- [1] İşler Y. S., Salihmuhsin M., “Yenilenebilir Enerji Kaynakları için Yazılım Araçlarının Sınıflandırılması”, International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE’16), 2016, March 19-20: 2419-2426.
- [2] İşler Y. S., Salihmuhsin M., “Şebekeden Bağımsız PV Sistemin TRNSYS ile Gerçek Zamanlı Modellenmesi”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2018, 21 (1): 66-76.
- [3] Weldekidan H., Strezov V., Town G., “Review of Solar Energy for Biofuel Extraction”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018, 88: 184-192.
- [4] Ciriminna R., Meneguzzo F., Pecoraino M., Pagliaro M., “Rethinking Solar Energy Education on The Dawn of The Solar Economy”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 63: 13-18.
- [5] Nematollahi O, Kim K, C., “A Feasibility Study of Solar Energy in South Korea”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 77: 566-579.
- [6] Kar S. K., Sharma A., Roy B., “Solar Energy Market Developments in India”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 62: 121-133.
- [7] Abdin Z., Webb C. J., Gray E., “Simulation of Large Photovoltaic Arrays”, Solar Energy 2018, 161: 163-179.

- [8] Cengiz M. S., “Stirling Motorlu Güneş Takip Sisteminin Tasarımı ve Fotovoltaik Panel Sistemiyle Verim Yönünden Karşılaştırılması”, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, 2016.
- [9] Altınışık U., “Su Soğutma ile Fotovoltaik Panellerin Verimliliğinin Arttırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, 2016.
- [10] Okumuş H., “Fotovoltaik Sistemlerin Elektrik Enerjisi Üretim Modeli”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği, 2016.
- [11] Toygar U., “Fotovoltaik Güneş Panellerinin Yüzey Sıcaklıklarını Tespit Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Yeni Model Sunulması”, Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, 2017.
- [12] <https://www.valentin-software.com/en/support-service/faq/photovoltaik/can-ground-mounted-systems-be-simulated-pvsol-pro-expert>, Erişim Tarihi: 10.10.2018