



Düz Çatılarda Kullanılan Fotovoltaik Sistemlerin Simülasyon Yoluyla Tasarımı ve Performans Karşılaştırılmasının Yapılması

Süleyman Şimşek^{1*}, Muhammed Uçum^{2*}

^{1*}İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0593-8036),
suleymansimsek@aydin.edu.tr

²İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0500-492X),
muhammeducum@stu.aydin.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 18 Nisan 2022 ve Kabul Tarihi 9 Mayıs 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1105492)

ATIF/REFERENCE: Şimşek, S., Uçum, M., (2022). Düz Çatılarda Kullanılan Fotovoltaik Sistemlerin Simülasyon Yoluyla Tasarımı ve Performans Karşılaştırılmasının Yapılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38), 529-533.

Öz

Son yıllarda alternatif enerji kaynaklarına yönelim dünyada olduğu gibi ülkemizde de giderek artmaktadır. Enerji ihtiyacına artan talep, mevcut enerji kaynaklarındaki yetersizlik ve fosil yakıtların bu talepleri karşılayamaması bu yönelimin açık bir göstergesidir. Günümüzde fosil yakıtların çevreye, doğaya ve atmosfere verdiği zararlar göz önüne alındığında temiz ve çevre dostu kaynakların önemini ortaya koymaktadır. Bu bakımdan yenilenebilir enerji kaynaklarının sıklıkla tercih edilmesi artan enerji taleplerinin karşılanması açısından oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada düz bir çatıya 0° azimut değerine sahip 7° ve 25° yönelim açısında iki farklı panel türü yerleştirilerek 6 farklı simülasyon çalışması ile sistem tasarımı ve performansı incelenmiştir. Yapılan simülasyon çalışması incelendiğinde, fotovoltaik sistemde yıllık enerji üretim değerinin en düşük 7° ve en yüksek 25° eğim açısına sahip panellere ait olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Monokristal, Polikristal, Fotovoltaik Sistemler, PVsyst.

By Simulation Design and Performance Comparison of Photovoltaic Systems Used in Flat Roofs

Abstract

In recent years, the tendency towards alternative energy sources has been increasing in our country as well as in the world. The increasing demand for energy, the inadequacy of existing energy resources and the inability of fossil fuels to meet these demands are clear indications of this trend. Considering the damages caused by fossil fuels to the environment, nature and atmosphere, it reveals the importance of clean and environmentally friendly resources. In this respect, the frequent preference of renewable energy sources is very important in terms of meeting the increasing energy demands. In this study, system design and performance were investigated with 6 different simulation studies by placing two different types of panels on a flat roof with 0° azimuth values at 7° and 25° orientation angles. When the simulation study was examined, it was concluded that the annual energy production value in the photovoltaic system belongs to the panels with the lowest 7° and the highest 25° inclination angle.

Keywords: Monocrystalline, Polycrystalline, Photovoltaic Systems, PVsyst.

* Sorumlu Yazar: muhammeducum@stu.aydin.edu.tr

1. Giriş

İnsanoğlu teknolojik gelişmelere uyum sağlamak için doğada bulunan fosil yakıtlı enerjilerden yararlanarak enerji ihtiyacını karşılamıştır. Ancak, Fosil yakıtlardan elde edilen enerji çevre kirliliğine ve küresel ısınmaya yol açmasından dolayı gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler; temiz, çevre dostu ve sürdürülebilir yeni enerji kaynakları arayışına başlamıştır. Dünya nüfusunun hızla artması, mevcut enerji potansiyelinin yetersiz kalması ve sınırsız kaynağa ihtiyaç duyulması ile devletlerin bu yönde politikalar geliştirmesi bu arayışın açık bir göstergesi olmuştur.

Güneş Enerjisi Sistemleri çokça tercih edilen alternatif enerji kaynaklarıdır. Doğayı kirletmeyen, temiz ve ekonomik olması tercih edilme sebeplerindedir. Fotovoltaik sistemler (PV), güneş ışınlarını yarı iletken bir malzemeden yapılmış PV modüller aracılığıyla doğrudan elektriğe dönüştüren sistemlerdir. Bu sistemlerin bileşenleri; güneş panelleri, aküler, şarj regülatörleri ve inverter (dönüştürücü) gibi ana elamanlardan oluşmaktadır. Bu sistemler şebekeden bağımsız (off-grid) ve şebekeye bağlı (on-grid) olmak üzere iki türdür. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı verilerine göre ülkemizde güneş enerji sistemleri kurulu güç 2010 yılında 6 MW, 2014 yılında 40 MW, 2015'te 249 MW ve 2020 yılında 6.667 MW seviyelerine ulaşmıştır (IRENA, 2021).

Çalışmada sistem tasarımı için PVsyst 7.1.1 yazılım programı kullanılmıştır. PVsyst, uluslararası düzeyde güvenilirliği ile kabul görmüş bir yazılım programıdır (Muñoz, Y., Vargas, O., Pinilla, G., & Vásquez, J., 2017). Bu program, sistem tasarımı için öncelikle iklim ve coğrafi verilerini sunmakta, sonra uygun sistem bileşenlerini ve boyutlarının seçilmesini sağlayıp performans incelemesi yapmaktadır. Ayrıca sistemin performansını etkileyen tüm parametreleri (sistem kayıpları vb.) ayrıntılı bir şekilde diyagram halinde göstermektedir.

Literatür incelendiğinde, Isparta iline ait farklı çatı tiplerinde tasarlanan fotovoltaik sistemlerin karşılaştırılması yapılmış ve en düşük elektrik üretim değerinin eğimli çatı üstlerinde olduğu, en yüksek üretimin ise düz çatı üstlerinde olduğu sonucuna varılmıştır (Sancar, M.R., & Altınkaynak, M., 2021). Mevcut binalarda kullanılan Fotovoltaik sistemler farklı çatı türleri başlığı altında incelenmiş ve verimlilik analizi yapılmıştır.

En verimli olan uygulama seçilerek Afyon Kocatepe Üniversitesinin çatısında uygulanmıştır. Uygulama sonucunda panel verimlilik değerleri hesaplanmış ve dünyadaki örneklerle karşılaştırması yapılmıştır (Karkan, A., & Oğuz, Y., 2015). Mersin ilinde ofis olarak kullanılan şantiye konteynerinin güneş paneli sistemi tasarlanıp maliyet analizi yapılmıştır (Gözmen Şanlı, B., & Turna Dilsel, E. (2018). Burdur'da güneş pili kullanılarak bir evin ortalama elektrik ihtiyacının karşılanması maliyet yönünden incelenmiştir (Çiftçi, A., Kırbaş, İ., & İşyarlar, B., 2014). Balıkesir İl'inde maksimum güç takip sistemli ve iki eksenli iki fotovoltaik güneş enerji sisteminin kurulumu yapılmış ve sistem verimlilikleri karşılaştırmıştır (Beyoğlu, M.F., 2011).

Romanya'nın Brasov kentinde 2 yıl boyunca doğal koşullar altında iki ticari fotovoltaik panellerin (Monokristal ve amorf silikon olmak üzere) güç ve verimlilik değerleri incelenmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır (Cofas, D.T., & Cofas, P.A., 2019). Fotovoltaik sistem yardımıyla elektrik enerjisi üretimi ve

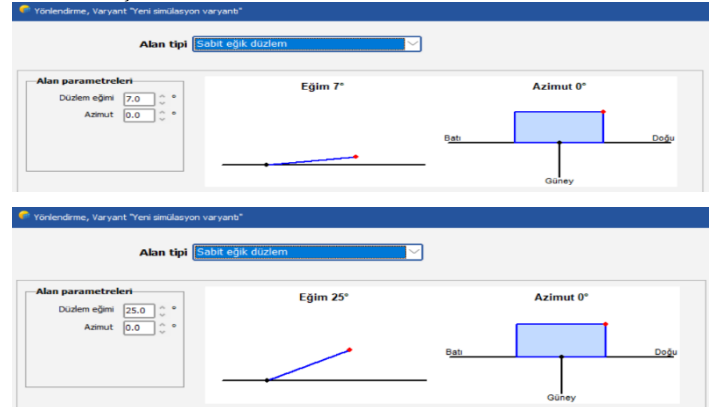
performansını etkileyen faktörler incelenmiştir. Fotovoltaik panellerin elektrik üretimini etkileyen etkenleri belirlenmiş bununla birlikte havanın serin ve sıcaklığın düşmesiyle elektrik üretiminde artış, ancak panelin tozlanması, dönüştürücü kaybı ve gölgelemesinden dolayı elektrik üretiminde azalma görüldüğü sonucuna varılmıştır (Gökçe, İ., & Karakılçık, M., 2020). Temperli cam esaslı olan monokristal ve polikristal PV panellerin elektrik performansları deneysel olarak incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; gerçek zamanlı hava koşullarında elektriksel karakteristik eğrisi çıkarılmış, iki farklı panelin elektriksel verimleri sırasıyla %10,54 ve %12,23 olarak analiz edilmiştir (Huot, M., Kumar, L., Selvaraj, J., Hasanuzzaman, M., & Rahim, N. A., 2021).

Bu çalışmada düz çatılarda kullanılan fotovoltaik sistemlerin simülasyon yoluyla tasarımı ve performans karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmada İstanbul İli'nde bulunan bir binaya ait çatıya 114 kWp gücünde iki farklı panel (Monokristal ve Polikristal) kullanılarak şebekeye bağlı fotovoltaik sistem tasarımı PVsyst 7.1.1 yazılım programı ile simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Çalışma İstanbul İli için, 41,01384° enleminde, 28,94966° boylamında, 34 m rakımda, kuzey ve güney yönleri baz alınarak 7° ve 25° derece eğim açısına sahip çatılarda fotovoltaik sistemlerin tasarım simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Yapılan simülasyonlarda belirlenen açılarda gölgelemenin olmadığı düz çatılarda 6 farklı analiz yapılmıştır.

Simülasyon başlangıcında öncelikli olarak panel yönelim açıları ve azimut değerleri PVsyst yazılımı içerisinde bulunan "Yönlendirme Varyantı" bölümünde 7° ve 25° derece ve gölgeleme olmadığı için azimut değeri ise 0° olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.1. Yönlendirme Varyantı Arayüzü (Figure 2.1. Orientation Variant Interface)

Tablo 2. 1 Panel ve İnverter Özellikleri (Table 2.1. Panel and Inverter Features)

Panel Özellikleri	
Panel Modeli	AXIprotect AC-285MG/60S
Modül Sayısı	400 birim
Nominal Güç	114 kWp
Modül	20 Zincir x 20 Seri
Hücre Yüzey Alanı	590 m ²
İnverter Özellikleri	
İnverter Modeli	Huawei- SUN2000-100KTL-M1-400Vac
Toplam Güç	100 kWac
Çalışma Gerilimi	200-1000 V
Kablo Kesiti	Bakır 1 x 3 x 95 mm ²
Kablo Uzunluğu	15 m

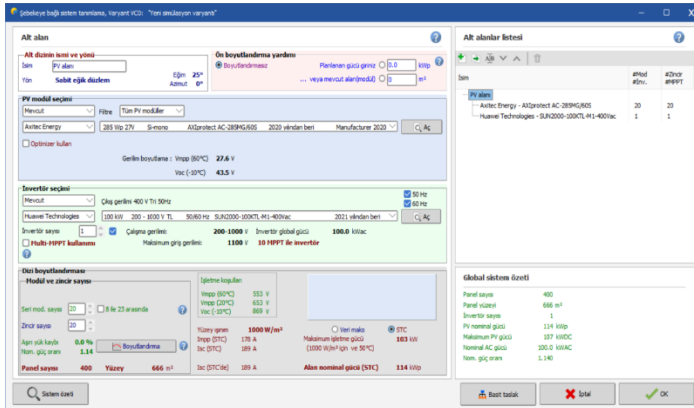
Tablo 2.1' de fotovoltaik sistemi oluşturan panel ve invertere ait özellikler belirlenmiştir. Çalışmada sistem kurulumunun yapılacağı çatı için 400 adet panel kullanılmış, panellerden 20'li diziler oluşturulmuş ve 1'er adet inverter kullanılmıştır. Toplam sistem kurulumu farklı paneller için aynı olup 114 kWp' dir.

Simülasyon uygulamasının yapılabilmesi için coğrafi konum parametreleri (coğrafi koordinatlar ve hava durumu) PVsyst yazılımının sunduğu Meteororm 8.0 uygulamasından alınmıştır.

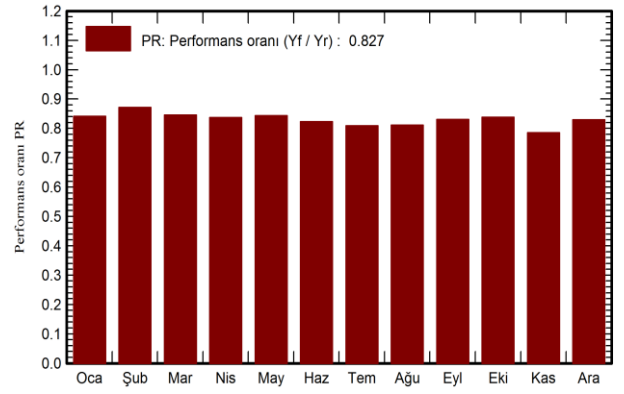
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

7° ve 25° yönelim açısına ait Monokristal ve Polikristal paneller kullanılarak 6 farklı simülasyon uygulaması yapılmış ve sistem performans değerleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

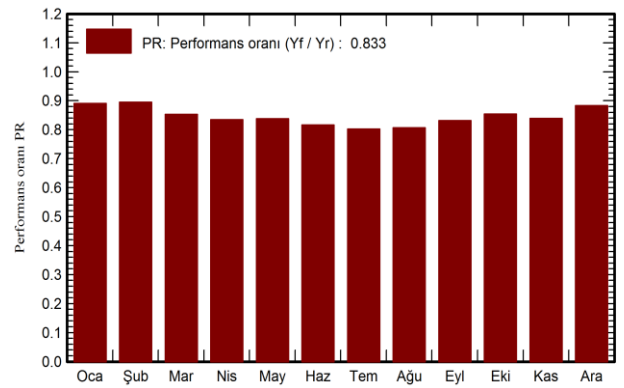
Sistem karşılaştırılması yapılabilmesi için farklı çatı eğimlerine ait panel sayısı, panel ve inverter güç türleri PVsyst yazılımı içerisinde bulunan "Sistem Tanımlama" butonu altında bulunan alanda tüm değerler aynı olacak şekilde girilmiştir.



Şekil 2.2. Sistem Tanımlama Arayüzü (Figure 2.2. System Identification Interface)

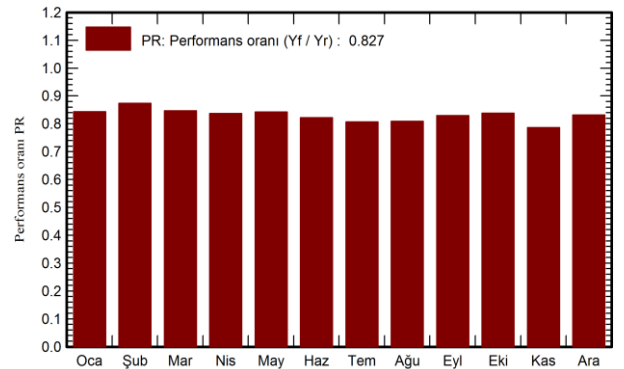


Şekil 3.1. 7° Kuzey yönü Monokristal panelli sistemin yıllık ortalama performans oranı (Figure 3.1 Average annual performance rate of system with north facing 7° orientation Monocrystalline panel)

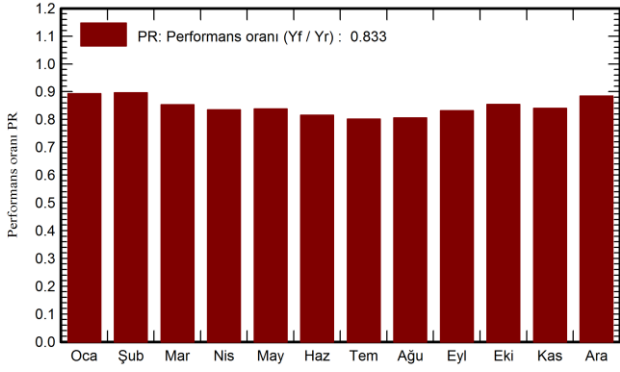


Şekil 3.2 7° Güney yönü Monokristal panelli sistemin yıllık ortalama performans oranı (Figure 3.2 Average annual performance rate of system with south facing 7° orientation angle Monocrystalline panel)

Yukarıdaki şekiller incelendiğinde 7° yönelim açısına ait kuzey-güney yönlerindeki monokristal panellerin kullanılmasıyla elde edilen performans oranları gösterilmiştir. Yıllık performans oranı güney yönde %83,33 kuzey yönde %82,74 değerinde olduğu görülmektedir.

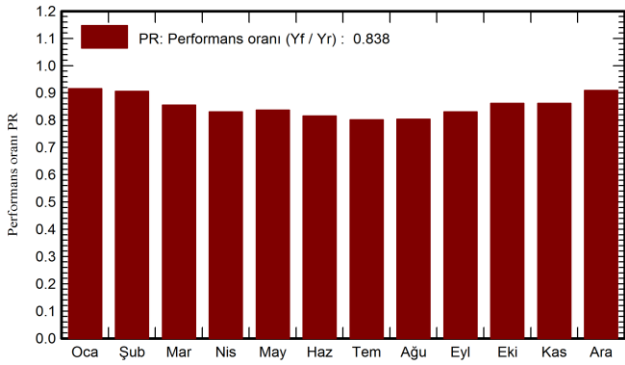


Şekil 3.4 7° Güney yönü Polikristal panelli sistemin yıllık ortalama performans oranı (Figure 3.4. 7° Average annual performance rate of system with south facing 7° orientation angle Polycrystalline panel)

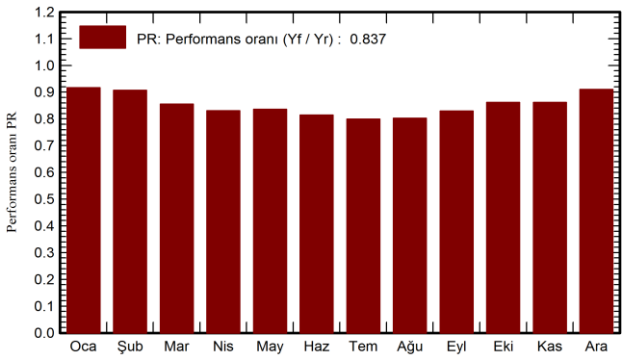


Şekil 3.5 25° Monokristal panelli sistemin yıllık ortalama performans oranı (Figure 3.5 Average annual performance rate of system 25° orientation angle Monocrystalline panel)

Şekil 3.3 ve 3.4 'de 7° yönelim açısına ait kuzey-güney yönlerindeki polikristal panellerin kullanılmasıyla elde edilen performans oranları gösterilmiştir. Yıllık performans oranı güney yönde %83,29 kuzey yönde %82,72 değerinde olduğu görülmektedir. 7° yönelim açısına ait monokristal panel ile polikristal panellerin kurulduğu sistemlerin yıllık performans oranı değerleri arasında çok küçük bir fark olduğu görülmektedir.



Şekil 3.3 7° Kuzey yönü Polikristal panelli sistemin yıllık ortalama performans oranı (Figure 3.3. Average annual performance rate of system with north facing 7° orientation angle Polycrystalline panel)

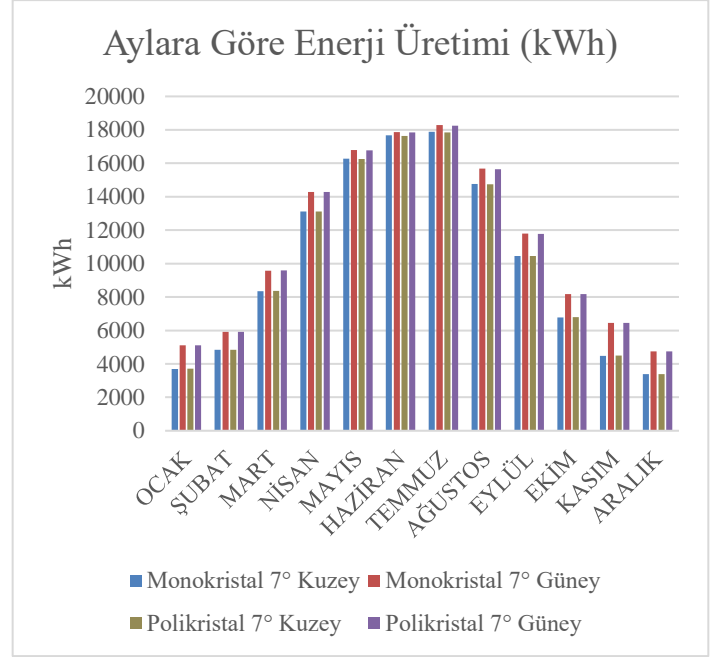


Şekil 3.6 25° Polikristal panelli sistemin yıllık ortalama performans oranı (Figure 3.5 Average annual performance rate of system 25° orientation angle Polycrystalline panel)

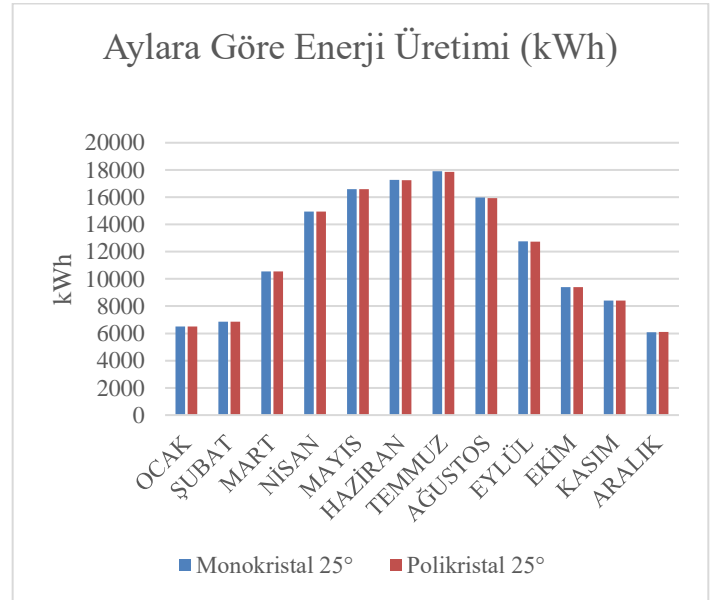
Şekil 3.5 ve 3.6' da 25° yönelim açısına ait monokristal ve polikristal panellerin kullanılmasıyla elde edilen performans oranları gösterilmiştir. Yıllık performans oranı monokristal panel için %83,79, polikristal panel için %83,75 değerinde olduğu görülmektedir. Performans oranı karşılaştırıldığında 7° yönelim

açısına sahip sistemlerin oranının 25° yönelim açısına ait performans oranına çok yakın olduğu sonucuna varılmaktadır.

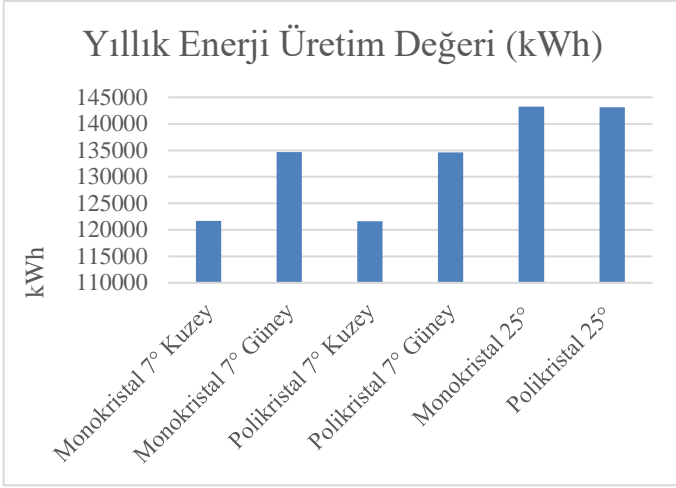
Aşağıdaki 3.7, 3.8 ve 3.9 Şekillerde 7° ve 25° yönelim açılarında göre aylık ve yıllık enerji üretim değerleri gösterilmiştir.



Şekil 3.7 7° yönelim açısına göre aylık enerji üretim değerleri (Monthly energy production values according to 7° orientation angle)



Şekil 3.8 25° yönelim açısına göre aylık enerji üretim değerleri (Monthly energy production values according to 25° orientation angle)



Şekil 3.9 7° ve 25° yönelim açılarına göre yıllık toplam enerji üretim değerleri (Figure 3.9. Annual total energy production values according to 7° and 25° orientation angles)

Yukarıdaki şekiller incelendiğinde, monokristal panel kullanım arasında 25° yönelim açısına ait monokristal panel kullanılan sistemlerin en yüksek verimliliğe sahip performans değeri %83,79, bunu 7° güney yönlü olan yönelim açısına sahip monokristal panel kullanılan sistem verimliliği performans değeri %83,33 olarak takip etmektedir. 7° güney yönlü yönelim açısına sahip polikristal panel kullanılan sistem verimliliği %83,29 ve 25° yönelim açısına ait polikristal panel kullanılan sistem performans değeri %83,75 olduğu görülmektedir. Aylık performans verileri incelendiğinde, 7° monokristal kuzey ve güney yönlerinde en yüksek Aralık ve Ocak aylarında görülürken, en düşük Haziran ve Temmuz aylarında olduğu ve aylık enerji üretim performans verilerine bakıldığında Aralık ayında en düşük, Temmuz ayında en yüksek olduğu performans oranlarından anlaşılmaktadır.

Performans değerlerine bakıldığında, fotovoltaik sistemlerin güneş ışığı alma yönüne ve eğim açısına göre artma veya azalma gösterdiği görülmektedir. Sistem tasarımı için simülasyon yapılan bu çalışmada, düz çatı özelliğine sahip olan binalarda panel eğim açısının fazla olmasıyla sistemden alınan enerji miktarında ve elektrik üretim değerlerinde artış olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

4. Sonuç

Son yıllarda fotovoltaik sistemlerin giderek yaygınlaştığı ülkemizde bilhassa çatılara kurulacak sistemlerde gölgeleme faktörü göz önüne alınarak simülasyon çalışmalarının dikkatli şekilde yapılması gerekmektedir. Ayrıca fotovoltaik sistem kurulumu yapılmadan önce tasarım için yapılan simülasyon uygulaması sistem kurulumu ve iyi bir performans göstermesi açısından büyük önem arz etmektedir.

Yapılan simülasyon çalışmasının sonuçları incelendiğinde, sistemden alınan enerji miktarında seçilen panel türü, yönelim açısı ve panel yüzeyine gelen ışınım miktarına bağlı olarak artma veya azalma meydana geldiği, bununla birlikte sıcaklığın artmasıyla kayıpların arttığı görülmektedir. Performans karşılaştırılması yapıldığında yıllık enerji üretim miktarları; 7° monokristal paneller için en yüksek değer 134660 kWh, en düşük 121680 kWh aynı yönelim açısına sahip polikristal panellerde, en yüksek değer 134600 kWh, en düşük 121640

kWh çıkmıştır. 25° monokristal paneller için üretilen enerji miktarı 143250 kWh, aynı yönelim açısına sahip polikristal paneller için bu değer 143150 kWh olarak bulunmuştur. Bu verilere bakıldığında, düz çatılar için panel eğim açısının artmasıyla sisteme verilen enerji miktarında artış olduğu gözlemlenmektedir.

5. Teşekkür

ReSoIT Enerji A.Ş. Teknik Müdürü Habip Atila Bey'e ve Proje Mühendisi Numan Bilir Bey'e bu çalışmanın ortaya çıkmasında katkı sağladıkları için kendilerine teşekkürü bir borç bilirim.

Kaynakça

- Beyoğlu, M.F. (2011). Balıkesir İlinde Çift Eksenli Güneş Takip Sistemi İle Sabit Eksenli PV Sistemin Verimlerinin Karşılaştırılması, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir, Türkiye
- Cotfas, D.T., & Cotfas, P.A. (2019). Comparative Study of Two Commercial Photovoltaic Panels under Natural Sunlight Conditions, *International Journal of Photoenergy*, Volume 2019, Article ID 8365175, 10 pages, <https://doi.org/10.1155/2019/8365175>
- Çiftçi, A., Kırbaş, İ., & İşyarlar, B. (2014). Güneş Pili Kullanılarak Burdur'da Bir Evin Ortalama Elektrik İhtiyacının Karşlanması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 5 (1): 14-17, (2014)
- Gökçe, İ., & Karakılçık, M. (2020). Fotovoltaik (PV) Hücreler Yardımıyla Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi ve Performansını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi" *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Yıl 2020 Cilt: 39-1, s. 50-59
- Huot, M., Kumar, L., Selvaraj, J., Hasanuzzaman, M., & Rahim, N. A. (2021). Performance Investigation of Tempered Glass-Based Monocrystalline and Polycrystalline Solar Photovoltaic Panels. *International Journal of Photoenergy*, 2021.
- International Renewable Energy Agency (IRENA,2021), Erişim Tarihi: 03.02.2022 <https://irena.org/solar>
- Karakan, A., & Oğuz, Y. (2015). Mevcut Yapılara Uygulanan Fotovoltaik Sistemlerin İncelenmesi: Afyonkarahisar Örneği, 2. International Sustainable Buildings Sysposium, ISBS 28-30 May 2015, s. 887-897, Ankara
- Muñoz, Y., Vargas, O., Pinilla, G., & Vásquez, J. (2017). Sizing and study of the energy production of a grid-tied photovoltaic system using PVsyst software. *Tecciencia*, 12(22), 27-32.
- Sancar, M.R., & Altınkaynak, M. (2021). Isparta İli İçin Farklı Çatı Tiplerinde Tasarlanan Fotovoltaik Sistemlerin Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (32), 1024-1028
- Gözmen Şanlı, B., & Turna Dilsel. E. (2018). Mersin İlinde Kullanılan Yer Değiştirilebilir Ofis-Konteyner Elektrik İhtiyacının Güneş Pili Sistemi İle Karşlanması ve Maliyet Analizi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2), ss. 93-100, DOI: 10.21605/cukurovaummfd.508932