



**Elbistan Meslek Yüksekokulu Çatı Üstü Güneş Enerjisi Santrali
Kurulum Simülasyonu: Performans Analizi**

Kerim MARTİN^{1*}

Öz

Günümüzde dünya enerji talebini karşılamak için yaygın olarak kullanılan fosil yakıtların olumsuz etkileri ve sınırlı rezervleri nedeniyle daha çevre dostu ve sürdürülebilir enerji kaynakları arayışı hız kazanıyor. Bu bağlamda güneş enerjisi uygulamaları ön plana çıkmaktadır. Türkiye güneş enerjisi açısından kayda değer bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyelin değerlendirilmesi ile enerjide dışa bağımlılığımız azaltılarak daha sürdürülebilir bir enerji arzı sağlanacak ve daha çevreci bir enerji üretimi gerçekleştirilecektir. Bu çalışmada Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi Elbistan Meslek Yüksekokulu binalarının güneşe bakan çatılarına kurulabilecek bir çatı üstü güneş enerjisi santrali projesi planlanmış ve simülasyonu yapılmıştır. Simülasyon PVSOL yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Simülasyonda güneş enerjisi santrali kurulabilecek 4 çatı değerlendirilmiş ve toplam çatı alanı 684,3 m² olarak dikkate alınmıştır. Bu alana yerleştirilebilecek PV modül sayısı 220 ve toplam kurulu güç 148,5 kW olarak hesaplanmıştır. Elbistan'ın yıllık güneş radyasyonu değerleri dikkate alındığında santralin yıllık toplam elektrik üretimi 225459 kWh'dir. Enerji üretiminin yanı sıra engellenen CO₂ emisyon miktarı 105867 kg/yıl olarak hesaplanmıştır. Mevcut maliyetler ve elektrik birim fiyatı verilerine göre projenin geri ödeme süresi 7,2 yıl olarak hesaplanmıştır. Geri ödeme sürelerinin 10 yılın altında uygulanabilir olduğu varsayıldığında, bu projenin geri ödeme süresinin oldukça iyi olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: PV Sistemleri, PVSOL Yazılımı, Yenilenebilir Enerji, Simülasyon.

**Elbistan Vocational School Roof Top Solar Power Plant Installation
Simulation: Performance Analysis**

Abstract

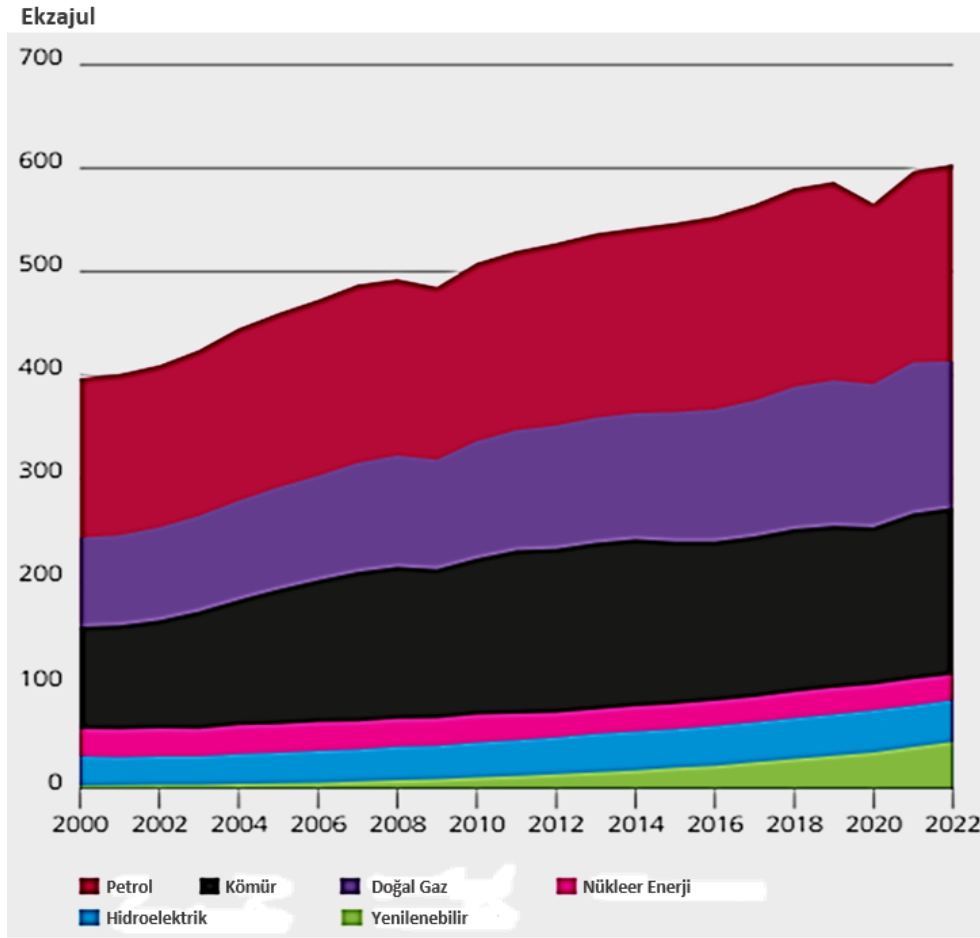
Nowadays, the search for more environmentally friendly and sustainable energy sources is gaining momentum due to the negative effects and limited reserves of fossil fuels, which are widely used to meet the world's energy demand. In this context, solar energy applications come to the fore. Turkey has a remarkable potential in terms of solar energy. Utilizing this potential will provide a more sustainable energy supply by reducing our dependence on foreign energy and a more environmentally friendly energy production will be achieved. In this study, a rooftop solar power plant project that can be installed on the south-facing roofs of Kahramanmaraş İstiklal University Elbistan Vocational School buildings was planned and simulated. The simulation was performed by using PVSOL software. In the simulation, 4 roofs on which solar power plant could be installed were evaluated and the total roof area was taken into account as 684.3 m². The number of PV modules that can be placed in this area is calculated as 220 and the total installed power is 148.5 kW. Considering Elbistan's annual solar radiation values, the power plant has a total annual electricity production of 225459 kWh. In addition to energy production, the amount of CO₂ emissions prevented was calculated as 105867 kg/year. According to current costs and electricity unit price data, the payback period of the project is calculated as 7.2 years. Assuming that payback periods under 10 years are feasible, it is understood that the payback period of this project is quite good.

Keywords: PV Systems, PVSOL Software, Renewable Energy, Simulation.

¹Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi, Elbistan Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, martinkerim@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1960-8070>

1. Giriş

Enerji geçmişten günümüze, toplumların sürdürülebilirliği, kalkınması ve gelişmesi için her zaman en temel ihtiyaç olarak görülmüştür. Gelişen teknoloji ve artan nüfus daha fazla bir enerji tüketimi ortaya çıkarmış ve bu enerjinin büyük bir kısmı hâlen geleneksel fosil yakıtlardan karşılanmaktadır (Arı & Yılmaz, 2023). Şekil 1'deki grafikten yıllar içerisinde hem kullanılan toplam enerji miktarının hem de fosil yakıt kullanımının arttığı anlaşılmaktadır. Fosil yakıtların kullanılmasıyla çevreye olan karbon ve sera gazı salınımı artış göstermekte ve başta küresel ısınma olmak üzere çeşitli çevre sorunlarına yol açmaktadır. Bu salınımların büyük bir kısmı insan kaynaklı faaliyetlerden doğmaktadır (Şencan, 2021).



Şekil 1. Kaynak Bazında Dünya Enerji Tüketimi (Energy Institute, 2022)

Artan dünya nüfusu da dikkate alınır ise bu sorunun önümüzdeki yıllarda daha da artarak devam edeceği aşikârdır. Ancak bunun yanında son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına ciddi bir yönelim vardır ve bu durum ümit vericidir.

Ülkemiz fosil enerji kaynakları bakımından oldukça yetersiz bir durumda olmasına rağmen yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir (Kan Kaynar, 2016). 7,5 saatlik günlük ortalama güneşlenme süresi ile Türkiye Almanya'dan %60 daha fazla bir ışınım miktarına

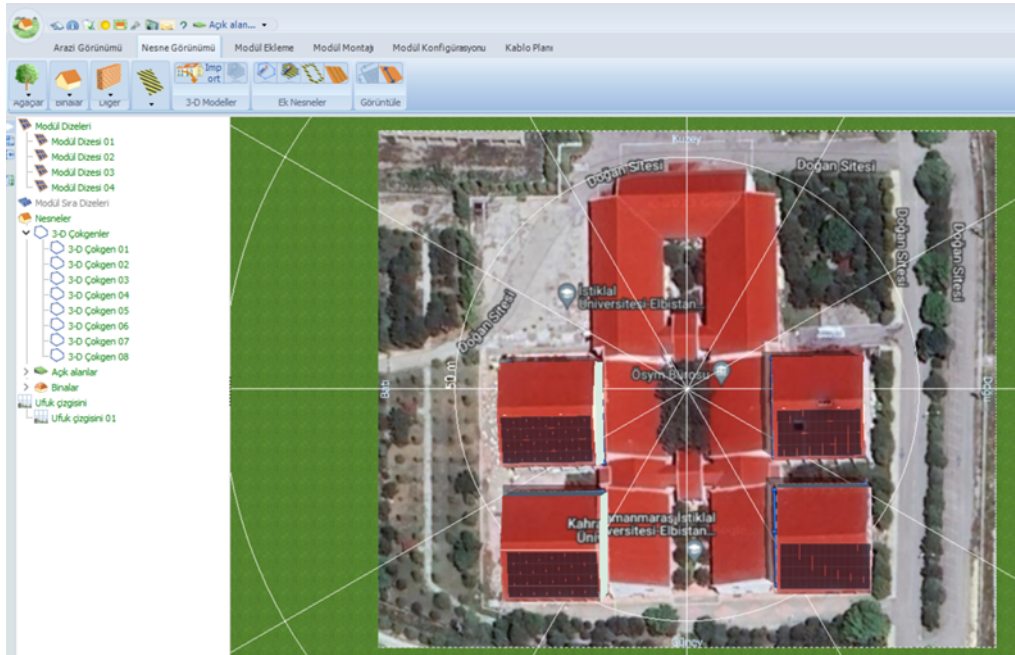
sahiptir (Taktak & Ili, 2018). Sahip olduğumuz bu potansiyelin en verimli şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Ülkemizin toplam kurulu gücü 2024 Mart ayı sonu itibariyle 107959 MW'a ulaşmış ve güneş enerjisinin buradaki payı %11,7 olmuştur (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024). Bu yükselişin devam ettirilmesi ülkemizin enerji talebinin karşılanması açısından önem arz etmektedir.

GES kurulumu için geniş alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kurulumlar yapılırken verimli tarım arazilerinin kullanılmaması gerekmektedir. Çünkü milli gelir, istihdam ve dış ticaret açısından bakıldığında tarım sektörü ülkemizde önemli bir yer tutmaktadır (Ceylan & Mizirak, 2023). Bu bağlamda çatı GES projeleri önem kazanmaktadır. GES kurulumu planlamada çeşitli simülasyon programları gerek araştırmacılara gerekse yatırımcılara büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu programlar sayesinde çatı alanı hesabı, güneş radyasyonu hesabı, GES bileşenlerinin ve yatırımın geri dönüş sürelerinin hesaplanması gerçeğe oldukça yakın bir şekilde kolaylıkla yapılabilmektedir. Literatürde bu programların kullanımıyla alakalı çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Büyükzeren vd. RETScreen programıyla yaptıkları çalışmada Konya Meram ilçesinde yer alan Tıp Fakültesi Hastanesinin çatısına kurulabilecek bir GES'in simülasyonunu ve çevresel analizini yapmışlardır. Analize göre GES Kurulu gücü 900 kW, yatırımın geri ödeme süresi de 5.1 yıl olarak tespit edilmiştir (Büyükzeren et al., 2016). Başka bir çalışmada Dal yine RETScreen ile, Kayseri ilinde yer alan Yamula Barajının %10 luk bir kısmına kurulabilecek yüzer GES projesini simüle etmiş ve elde ettiği sonuca göre kurulu gücü 576,4 MW, üretilebilecek elektrik miktarını 802,4 GWh ve azaltılacak olan CO₂ miktarını ise 378336,3 ton olarak tespit etmiştir (Dal, 2021a). Diğer bir çalışmada Aksangör vd., Ankara ilinde yer alan bir kampüsteki bazı binaların çatılarının GES için uygunluğunu araştırmak için PVsyst programından yararlanmıştır. Çalışmada uygun çatılara 2160 adet PV panel yerleştirilerek toplam 604.8 kW'lık bir kurulu güç değeri elde edilebileceği ve şebekeye yıllık 712,3 MWh'lik enerji beslemesi yapılabileceği belirtilmiştir (Aksangör et al., 2019). Çalık ve Emre ise Isparta ilinde yer alan bir kamu binasının çatısına 10 kW kurulu güce sahip GES projesinin değerlendirmesini PVSOL programını kullanarak yapmıştır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada böyle bir GES projesinin bu kamu binasının enerjisini kolaylıkla karşılayabilecek potansiyelde olduğunu ve yatırımın geri ödeme süresinin yaklaşık 4 yıl olduğunu saptamışlardır (Çalık & Emre, 2022). Literatürde bu çalışmalara benzer şekilde, çeşitli programlar kullanılarak yapılan farklı fizibilite çalışmaları da mevcuttur (Akkaya & Akkaya, 2021; Dal, 2021b; Kalay vd., 2023; Öztürk vd., 2023). Görüldüğü gibi simülasyon programları sayesinde planlanan GES projeleri hakkında kolaylıkla bilgi sahibi olunabilmekte ve fizibilite çalışmaları yapılabilmektedir. Bu çalışmada da Kahramanmaraş Elbistan ilçesinde

yer alan Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi Elbistan MYO binalarının güneye bakan cephelerine kurulumu yapılabilecek bir GES projesinin simülasyonu PVSOL programı kullanılarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır.

2. Materyal ve Metot

GES kurulumunda bina çatılarının kullanımı tarım arazilerinin kullanımından daha doğru olacaktır. Ayrıca çatılara kurulacak GESler sayesinde enerjinin tüketim yerinde üretilmesi söz konusu olacak ve iletim kayıpları en aza inecektir. Ancak her çatı alanı GES kurulumu için yeterli değildir. Kamu binaları konut olarak kullanılan binalara nazaran daha geniş bir çatı alanı sunmaktadır. Bu çerçeveden değerlendirilerek kurulumun Elbistan MYO binalarının güneye bakan cepheleri üzerine yapılması planlanmış ve böylece farklı amaçlar için kullanılabilecek olan bir alan yerine çatı alanından yararlanılmış olacak ve üniversitenin enerji giderinin bir kısmı buradan karşılanabilecektir. Sistem PVSOL programı kullanılarak tasarlanmıştır. Bu program güneş enerjisi sistemlerini verimli bir şekilde tasarlamalarına ve performanslarını analiz etmelerine olanak tanır. Programın sistem tasarımı, simülasyon ve performans analizi, gölge analizi ve raporlama gibi özellikleri vardır. GES kurulum lokasyonu olarak Elbistan kampüs alanı seçilmiş ve iklim verileri programın veri tabanından sağlanmıştır.



Şekil 2. 3D Tasarım ara yüzü

PVSOL Programı 3D tasarım yapılmasına, alan ve hacim hesaplamalarına olanak sağlamaktadır (Şekil 2). Şekil 3'te PV panel yerleşimi için kullanılabilecek olan güney cepheli çatılar görülmektedir. Bu çatıların alanları hesaplanmış ve paneller sanal olarak çatılara yerleştirilmiştir. Panel seçiminde Türk firmaların tercih edilmesi planlanmaktadır. Bu yerleşime

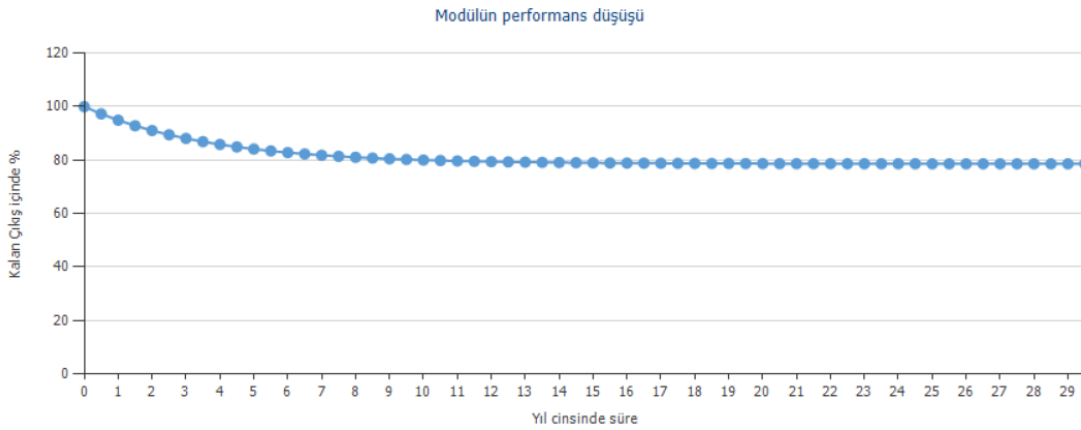
göre ortaya çıkan panel sayısı 220 adet olup yüzey alanı ve toplam kurulu güç değeri sırasıyla 683,4 m² ve 148,5 kW olmuştur. Ayrıca kullanılan evirici sayısı da 8 adettir. Sistem şebeke bağlantılı olarak planlanmış ve herhangi bir akü grubuna ihtiyaç duyulmamıştır.



Resim: Genel Görüntü, 3D Tasarım

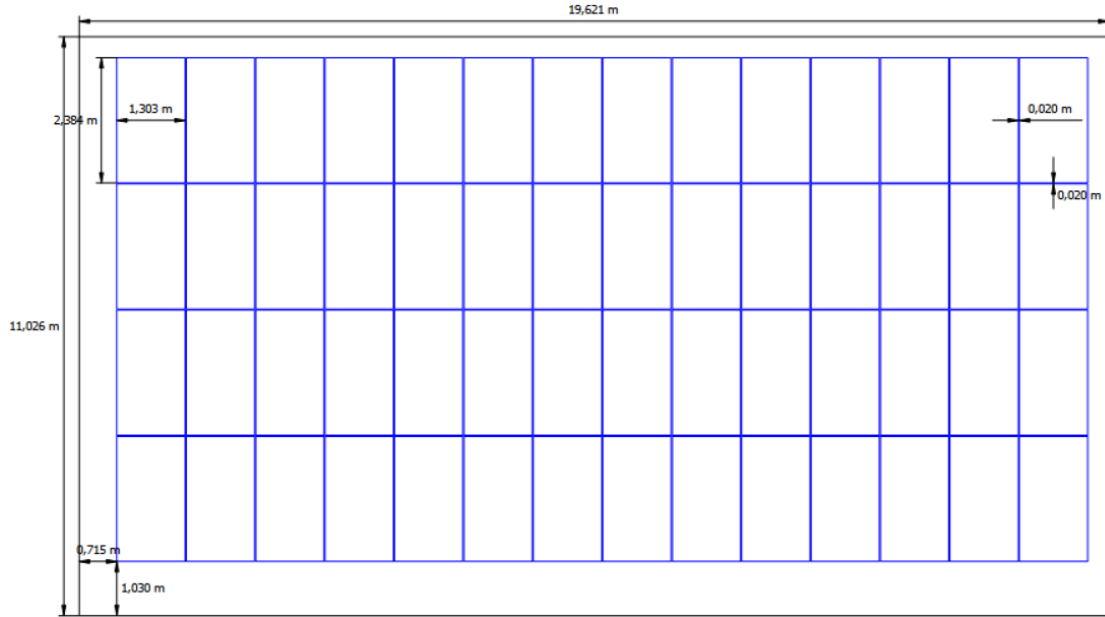
Şekil 3. Elbistan MYO genel görünümü

Programın iklim verilerine göre seçilen konum için yıllık ortalama sıcaklık değeri ve yıllık toplam ışıınım değeri sırasıyla 12,9 °C ve 1683 kWh/m² olarak dikkate alınmıştır. Ayrıca panellerin yıllar içerisindeki performans düşüşleri de hesaba katılmıştır (Şekil 4).

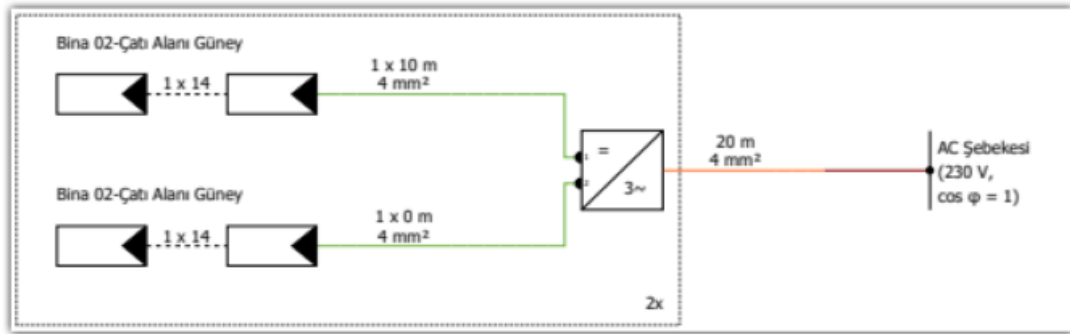


Şekil 4. Modülün performans düşüş grafiği

Paneller arasında ve kenarlarda gerekli boşluklar bırakılarak yerleşim ve kablolama işlemi yapılmıştır. Panel yerleşim ve kablolama detayları Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmektedir.



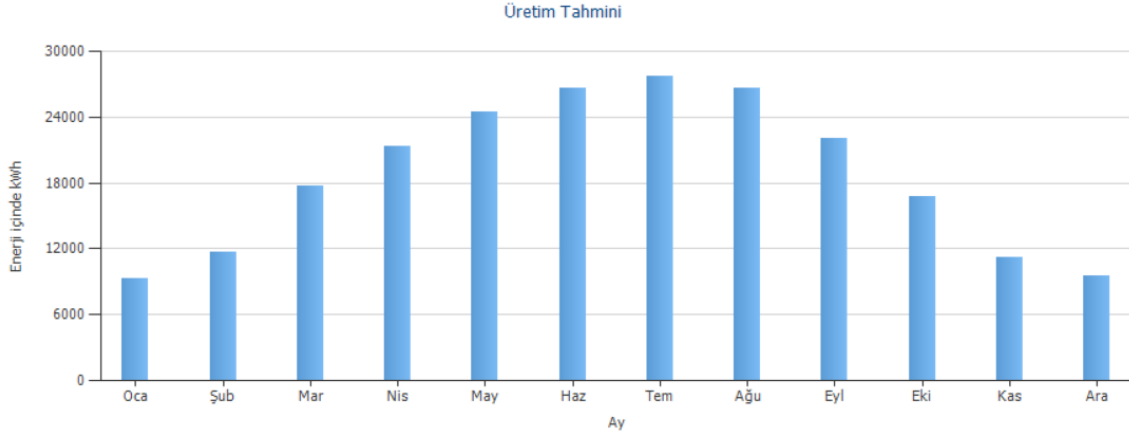
Şekil 5. Panel yerleşimi detayı



Şekil 6. Kablolama detayı

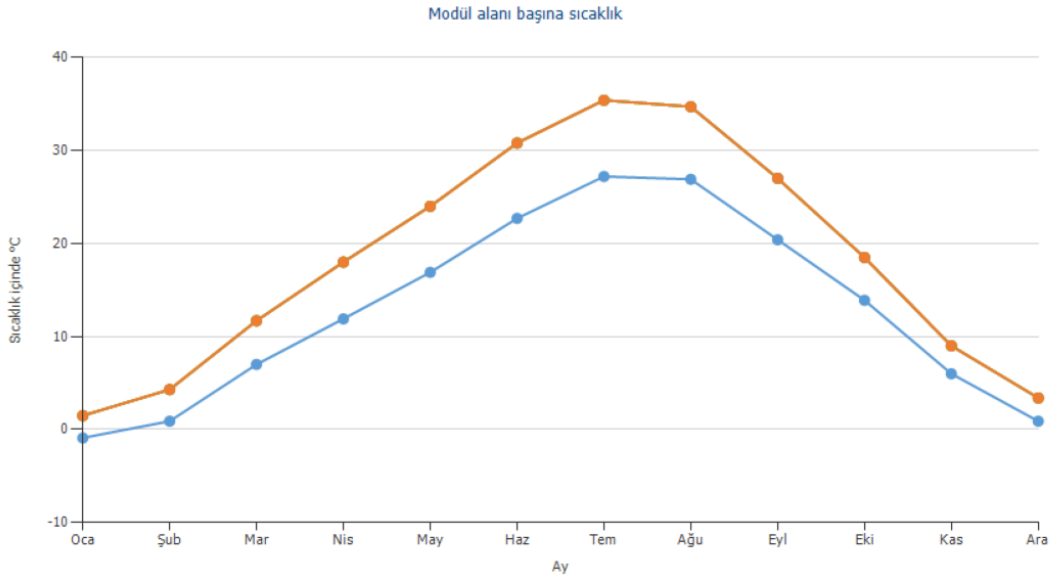
3. Bulgular ve Tartışma

Simülasyon sonuçlarına göre PV panellerin enerji üretimi yıl içinde aylara göre değişiklik göstermiştir. Aylık enerji üretim grafiği Şekil 7’de gösterilmektedir. Grafik incelendiğinde yılın en sıcak ayları olan yaz aylarında enerji üretiminin diğer aylara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Maksimum üretim ise temmuz ayında yaklaşık 2800 kWh olarak gerçekleşmiştir.

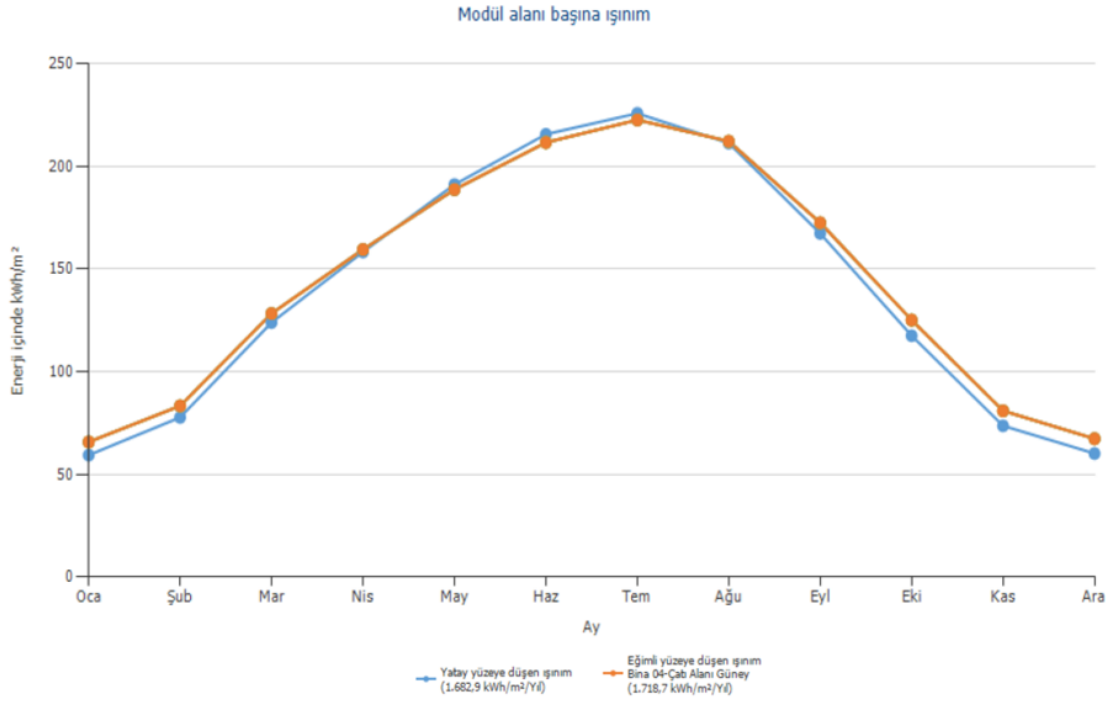


Şekil 7. Aylık enerji üretimi

PV panellerin sıcaklıkları verimi etkileyen faktörlerden biridir. Panel verimi belli bir sıcaklığın üstünde olursa verim kaybı yaşanmaktadır (Başay vd., 2019). Şekil 8’de PV modül alanı başına aylara göre sıcaklık değişimleri, şekil 9’da ise modül alanı başına ışınım miktarları aylık olarak gösterilmektedir. Şekil 7, 8 ve 9 birlikte düşünüldüğünde yazın en sıcak aylarında panel sıcaklığı artmasına rağmen üretilen enerjinin de arttığı görülmektedir. Burada panel verimleri sıcaklıkla azalmış olsa da birim alana gelen ışınım miktarı bu aylarda fazla olduğu için üretilen enerjinin de fazla olduğu yorumu yapılabilir. Bunun yanı sıra yaz aylarında güneşlenme sürelerinin uzun olması da üretilen enerji miktarının fazla olmasını sağlamıştır.

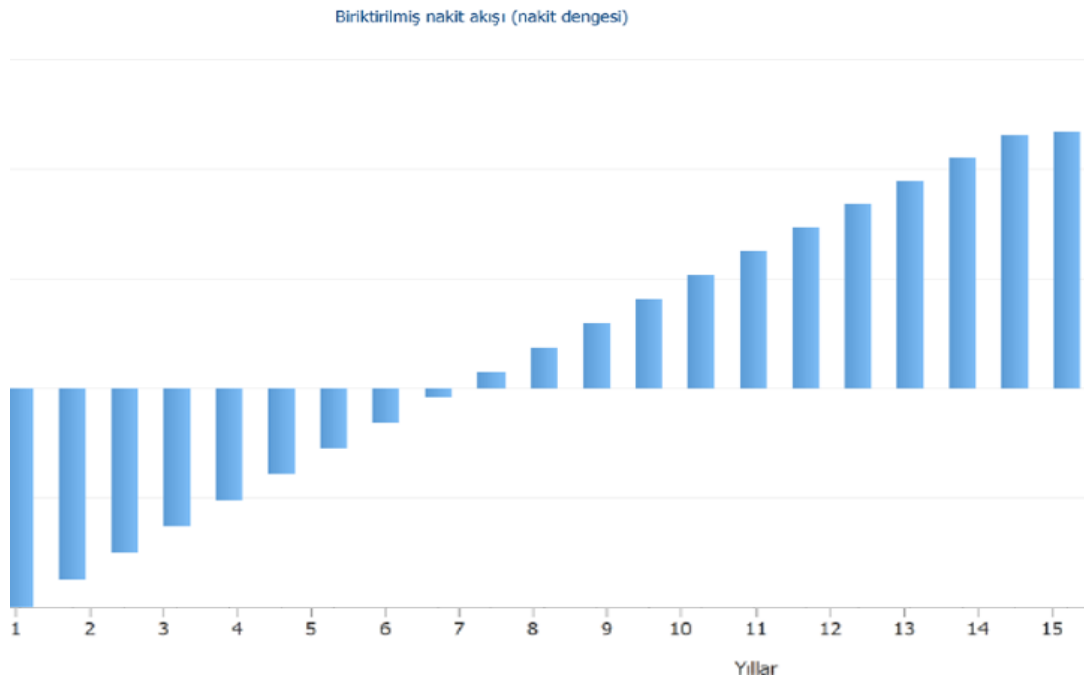


Şekil 8. Modül alanı başına sıcaklık değişimi



Şekil 9. Modül alanı başına ışınım miktarı

Şekil 10'da gösterilen grafik 15 yıllık bir periyot için birikimli nakit akışını göstermektedir. Grafik incelendiğinde şebeke bağlantılı olarak planlanan projenin kâra geçme süresinin 7. yıldan sonra başladığı görülmektedir. Simülasyon verilerine göre projenin geri dönüş süresi 7,2 yıl olarak saptanmıştır. Benzer çalışmalarla (Atalay Ayran & Aslan, 2019; Diken & Kayışoğlu, 2022; Kumruoğlu & Ateş, 2022) kıyaslandığında bu sürenin makul bir aralıkta olduğu görülür.



Şekil 10. Biriktirilmiş nakit akışı

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada Kahramanmaraş'ın Elbistan ilçesinde yer alan Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi Elbistan MYO kampüsünde yer alan binaların güney cephelerine uygulanabilecek GES kurulumunun simülasyonu yapılmıştır. Simülasyon neticesinde MYO binalarının güney cephelerine 220 adet PV panelin yerleştirilebileceği ve sistemin 148,5 kW'lık kurulu güce sahip olacağı belirlenmiştir. Ayrıca şebekeye beslenecek olan enerji miktarı, önlenen CO₂ salınımı miktarı ve projenin geri ödeme süresi sırasıyla 225459 kWh/yıl, 105867 kg/yıl ve 7,2 yıl olarak ortaya çıkmıştır. Bu değerler böyle bir GES kurulumunun makul bir sürede kendini geri ödeyeceğini ve hem üniversite açısından hem de çevre açısından oldukça yararlı bir projenin hayata geçirilmiş olacağını göstermektedir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

Akkaya, S., & Akkaya OY, S. (2021). Samsun, Bayburt ve Mersin illerine kurulabilecek güneş enerjisi santrallerinin modellenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(2), 759-773. <https://doi.org/10.29130/dubited.785908>

Aksangör, N. N., Martin, K., & Boran, K. (2019). *PVsyst simülasyon aracı kullanarak Ankara'da fotovoltaik güneş sistemlerin performans ve maliyet analizi*. 3rd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies.

Arı, F., & Yılmaz, V. (2023). Türkiye'de ve Dünya'da enerji kaynaklarının genel görünümü ve alternatif enerji kaynaklarının önemi. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 34, 496-519. <https://doi.org/10.15182/diclesosbed.1340642>

Atalay Ayran, Z., & Aslan, Y. (2019). Kütahya ili güneş enerji potansiyelinin araştırılması ve örnek bir güneş enerji santralinin ekonomik analizi.

Başay, V., Akyüz, C., & Yılmaz, G. (2019). Uludağ çevresinde ormanlık ve orta yükseklikte dağlık bölgelerde kurulan güneş enerjisi santralının verimliliğini belirleyen etkenler. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 24(1), 181-192. <https://doi.org/10.17482/uumfd.444536>

Büyükzeren, R., Altıntaş, H. B., Martin, K., & Kahraman, A. (2016). Binalardaki fotovoltaik uygulamasının teknik, çevresel ve ekonomik incelenmesi: Meram Tıp Fakültesi Hastanesi örneği. *EMO Bilimsel Dergi*, 5(10).

Çalık, A., & Emre, Ö. (2022). Isparta ili için güneş enerjisi santrali (fotovoltaik) çatı uygulamasından elde edilen simülasyon verilerinin ekonomik analizi. *Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Akademi Dergisi*, 12-35. <https://doi.org/10.55205/joctensa.12202261>

Ceylan, A., & Mizirak, Z. (2023). 100. Yılında Türkiye'deki Tarım Politikalarının Yapısal Değişimi. <https://doi.org/10.51124/jneusbf.2023.53>

Dal, A. R. (2021a). Göl ve barajların güneş enerji santrali olarak kullanım potansiyelinin incelenmesi: Yamula Barajı örneği. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 9(4), 726–738. <https://doi.org/10.29109/gujsc.1002791>

Dal, A. R. (2021b). Yat Limanlarındaki güneş enerji santralleri panel eğim açısı değişiminin elektrik üretimi açısından incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(4), 1113–1127. <https://doi.org/10.29130/dubited.869639>

Diken, B., & Kayışoğlu, B. (2022). RetScreen programı kullanılarak Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi ziraatbiyotek binasına uygulanabilecek fotovoltaik tasarımın fizibilite analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3), 656–667. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1058491>

Energy Institute. (2022). *EI Statistical Review of World Energy*. Retrieved April 30, 2024, from <https://www.energinet.org/statistical-review/home>

Kalay, A., Ağçal, A., & Ulgen, K. (2023). Yatağan-Muğla Türkiye' de kurulu olan 1 Mw şebeke bağlantılı bir Pv güç santralinde Matlab-Simulink portalında Statcom yoluyla performans iyileştirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 11(1), 113–125. <https://doi.org/10.21923/jesd.1168233>

Kan Kaynar, N. (2016). Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin Amasya ilindeki potansiyeli. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4(2), 48–54.

Kumruoğlu, C. L., & Ateş, S. B. (2022). Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ve İskenderun için örnek üretim projeksiyonu. *Cukurova University Journal of the Faculty of Engineering*, 37(1).

Öztürk, B., Akyazı, Ö., Şahin, M., & Yılmaz, G. (2023). Şebeke bağlantılı güneş enerji santralinin modellenmesi ve simülasyon analizi: Ağrı/Çukurçayır Köyü 999 kW güneş enerjisi santrali örneği. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 13(4), 1623–1647. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1327312>

Şencan, D. (2021). Çevresel sorunların önlenmesinde karbon vergisi üzerine genel bir bakış. *Türkiye Mesleki ve Sosyal Bilimler Dergisi*, 6, 50–58. <https://doi.org/10.46236/jvosst.966313>

Taktak, F., & Ilı, M. (2018). Güneş enerji santrali (GES) geliştirme: Uşak örneği. *Geomatik Dergisi Journal of Geomatics*, 3(1), 1–21.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2024). <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>