

Şebekeye Bağlı 1 MW Kurulu Güçteki Güneş Enerji Santralinin PVsyst ve PVSOL ile Performans Analizi

Muhammed Enes ÜRÜNDÜ¹  Mustafa Sacid ENDİZ^{2*} 

¹ Milli Eğitim Bakanlığı, Konya, Türkiye

² Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Electrical and Electronics Engineering, Konya, Türkiye

Makale Bilgisi

Geliş Tarihi: 04.08.2025
Kabul Tarihi: 21.08.2025
Yayın Tarihi: 31.12.2025

Keywords:

Güneş enerjisi,
Fotovoltaik,
PVSOL,
PVsyst,
Yenilenebilir enerji.

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli açısından öne çıkan illerinden biri olan Konya'da, 1 MW kurulu güce sahip bir fotovoltaik güneş enerji santralinin tasarımı gerçekleştirilmiş ve bu santralin performansı kapsamlı simülasyon analizleriyle detaylı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın fizibilite aşamasında, güneş enerjisi sektöründe yaygın biçimde kullanılan iki farklı simülasyon yazılımı olan PVsyst ve PVSOL programları kullanılmıştır. Bu yazılımlar aracılığıyla, bölgeye ait uzun yıllara dayanan güneş radyasyonu verileri temel alınarak, santralin yıllık enerji üretim kapasitesi ayrıntılı biçimde hesaplanmıştır. Simülasyon süreci yalnızca enerji üretimi üzerine odaklanmakla kalmayıp; aynı zamanda panel yerleşim düzeni, inverter seçimi, kablolama ve dönüşüm kaynaklı kayıplar, sistemin coğrafi konumu, çevresel etkiler ve meteorolojik koşullar gibi pek çok teknik ve çevresel parametre de dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu parametrelerin hesaba katılması sayesinde, santral modeli gerçek çalışma koşullarına olabildiğince yakın bir şekilde oluşturulmuştur. Simülasyon sonuçlarının doğruluğunu değerlendirebilmek amacıyla, elde edilen veriler Konya bölgesinde yer alan ve benzer teknik özelliklere sahip mevcut bir güneş enerji santralinin 2022 ve 2023 yıllarına ait gerçek üretim verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalı analiz sonucunda, PVsyst yazılımı 2022 yılı için %5,43 oranında, 2023 yılı için ise %13,44 oranında sapma göstermiştir. Öte yandan, PVSOL yazılımı aynı yıllarda sırasıyla %1,83 ve %9,58 oranında sapma ile daha düşük hata paylarına sahip sonuçlar üretmiştir. Bu çalışmada elde edilen veriler ışığında, PVSOL yazılımının daha düşük sapma oranlarıyla çalışması, yatırımcılara daha güvenilir öngörüler sunabileceğini göstermektedir. Bu da, sistem verimliliğinin artırılması, yatırımın geri dönüş süresinin daha doğru hesaplanması ve maliyetlerin optimize edilmesi açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Çalışma, güneş enerjisi yatırımlarında kullanılacak yazılım araçlarının seçiminde dikkat edilmesi gereken kriterlere ışık tutarak sektöre katkı sunmayı hedeflemektedir.

Performance Analysis of a 1 MW Grid-Connected Solar Power Plant Using PVsyst and PVSOL

Article Info

Received: 04.08.2025
Accepted: 21.08.2025
Published: 31.12.2025

Keywords:

Solar energy,
Photovoltaic,
PVSOL,
PVsyst,
Renewable energy.

ABSTRACT

In this study, the design of a photovoltaic solar power plant with an installed capacity of 1 MW was carried out in Konya, one of the leading provinces in Türkiye in terms of solar energy potential. The performance of the plant was thoroughly evaluated through comprehensive simulation analyses. During the feasibility phase, two widely used simulation software programs in the solar energy sector, PVsyst and PVSOL, were employed. Using these tools, the plant's annual energy production capacity was calculated in detail based on long-term solar radiation data specific to the region. The simulation process focused not only on estimating energy production but also took into account several technical and environmental parameters, such as panel layout, inverter selection, cabling and conversion losses, geographical location, environmental effects, and meteorological conditions. By considering these factors, the plant was modeled in a way that closely reflects real operating conditions. To assess the accuracy of the simulation results, the data obtained were compared with actual production data from an existing solar power plant in the Konya region with similar technical characteristics for the years 2022 and 2023. The comparative analysis revealed that PVsyst showed a deviation of 5.43% in 2022 and 13.44% in 2023. In contrast, PVSOL demonstrated lower error margins, with deviations of 1.83% and 9.58% for the same years, respectively. Consequently, the use of PVSOL-based analyses in investment planning could offer more reliable projections for investors, contributing to increased system efficiency, more accurate calculation of return on investment, and overall cost optimization. The study aims to shed light on the key criteria for selecting software tools in solar energy investments, thereby contributing to the development of the sector.

To cite this article:

Üründü, M. E., & Endiz, M. S. (2025). Şebekeye bağlı 1 MW kurulu güçteki güneş enerji santralinin PVsyst ve PVSOL ile performans analizi. Aerospace Research Letters (ASREL), 4(2), 131-143.

*Corresponding Author: Mustafa Sacid ENDİZ, msendiz@erbakan.edu.tr



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

GİRİŞ

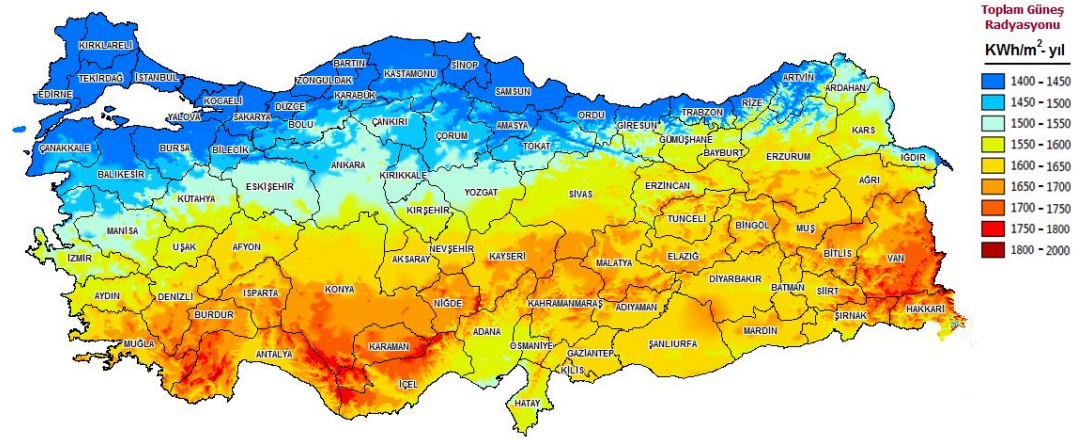
Elektrik enerjisi, doğada var olan bir olgu olup, binlerce yıl boyunca insanlar tarafından gözlemlenmiştir. Elektriğin bilimsel anlamda keşfi 1752 yılında Benjamin Franklin tarafından gerçekleştirilmiş olsa da, bu enerjinin günlük yaşamda yaygın olarak kullanılmaya başlanması, Thomas Edison'un 1878 yılında geliştirdiği elektrik lambasıyla mümkün olmuştur. Edison'un icadı, elektrik enerjisinin geniş çapta kullanılmasının önünü açmış ve bu gelişme, sanayileşme sürecinde önemli bir dönüm noktası olmuştur. Özellikle 1870-1970 yılları arasını kapsayan ve Endüstri 2.0 olarak adlandırılan dönemde, elektrik enerjisi üretiminde yoğun olarak kullanılmaya başlanmış; bu da üretim süreçlerinin verimliliğini büyük ölçüde artırmıştır. Elektriğin günlük yaşamda yaygınlaşmasıyla birlikte, insanlar üretim ve gelişim süreçlerini bu enerji kaynağına dayandırmaya başlamış ve bu durum enerjiye olan talebin hızla artmasına neden olmuştur (Barak, 2022; Kabeyi & Olanrewaju, 2022; Kılıç, 2023).

1973 yılında yaşanan petrol krizi, elektrik santrallerinde arz sıkıntılarına yol açmış ve bu durum, enerji üretiminde geleneksel yöntemlere alternatif çözümler arayışını gündeme getirmiştir. Bu kapsamda, 1980'li yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının önemine dikkat çeken pek çok uluslararası konferans düzenlenmiş; ardından, 1984 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde ilk güneş enerji santrali kurulmuştur. Bu gelişmeyle birlikte, yenilenebilir enerji sistemleri hızla yaygınlaşmış ve günümüze kadar gelişimini sürdürmüştür (Barak, 2022; Erenoğlu et al., 2019).

Tüm dünyada ve Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önem giderek artmakta ve çeşitli teşvik mekanizmaları devreye sokulmaktadır. Yenilenebilir enerjinin küresel enerji talebinin üçte ikisini karşılayabileceği öngörülmekte olup, bu hedefe ulaşılabilmesi için politika, altyapı ve teknoloji alanlarında kapsamlı düzenlemelere ihtiyaç vardır (Gielen et al., 2019; Hassan et al., 2024). Ancak, günümüzde hâlâ elektrik enerjisinin büyük bir kısmı geleneksel (fosil yakıtlı) yöntemlerle üretilmektedir. Türkiye'de de benzer bir durum söz konusudur (Çukurçayır & Sağır, 2008; Kıymaz & Oğuz, 2020). Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar ve yüksek maliyetleri nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yaygın olarak kullanılan güneş enerji sistemleri, hem ülkemizde hem de Avrupa ülkelerinde daha fazla yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, sadece çevre kirliliğini önlemekle kalmaz; aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma, ekonomik fayda, sosyal gelişim ve enerji arz güvenliği açısından da önemli katkılar sağlar. Güneş enerjisi, doğrudan güneş ışığından elde edilen ve çevreye minimum zarar veren temiz bir enerji kaynağıdır. Bu enerjiden yararlanmak amacıyla kullanılan fotovoltaik paneller, yarı iletken özellikteki silikon gibi malzemelerden üretilmekte ve güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Düşük karbon salımı sayesinde iklim değişikliği ve küresel ısınma ile mücadelede etkili bir araç olan güneş enerjisi, aynı zamanda yerli istihdamı artırma ve dışa bağımlılığı azaltma potansiyeline de sahiptir (Gyam et al., 2023). Günümüzde, güneş enerji sistemleri tarım alanlarında, ticari yapılarda ve konutlarda yaygın olarak kullanılmakta ve birçok farklı uygulama alanı bulmaktadır. Ancak bu sistemlerin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Güneş enerjisi üretimi hava koşullarına bağlı olduğu için bulutlu günlerde ya da gece saatlerinde enerji üretimi yapılamamakta, bu da enerji depolama ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Ayrıca, yüksek ilk yatırım maliyetleri, verimli tarım arazilerinin enerji üretimine ayrılması ve doğal yaşam alanlarının zarar görmesi gibi olumsuzluklar da göz önünde bulundurulması gereken hususlardır (Akgayev et al., 2024; Özkan & Demir, 2019). Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verilerine göre, ülkemizin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2741 saat iken, ortalama yıllık toplam ışıınım değeri 1.527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Şekil 1'de ülkemizin güneş enerjisi radyasyonu haritası, Şekil 2 ve Şekil 3'te ise sırasıyla aylara göre ülkemizdeki global radyasyon değerleri ve ülkemizin aylara göre ortalama güneşlenme süresi verileri gösterilmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2025). Ülkemizdeki global radyasyon değerleri ve aylık ortalama güneşlenme sürelerine bakıldığında, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksek ve büyük bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir (Endiz & Coşgun, 2023).

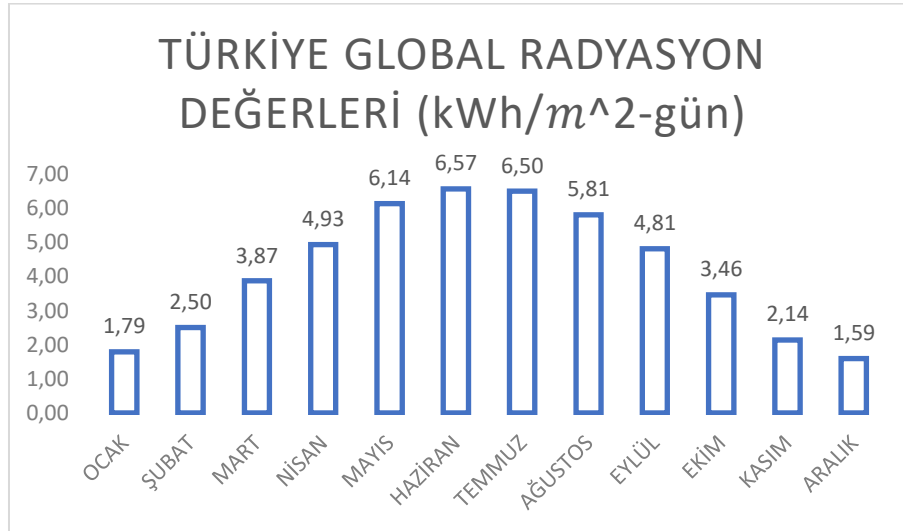
Şekil 1

Türkiye Güneş Enerjisi Radyasyonu Haritası

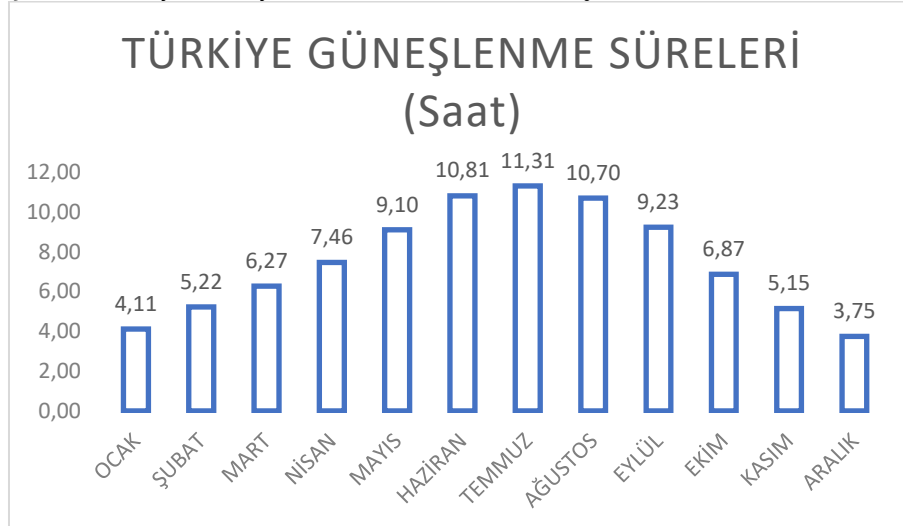


Şekil 2

Türkiye Global Radyasyon Değerleri



Şekil 3 Türkiye'nin Aylara Göre Ortalama Güneşlenme Süresi



Literatürdeki araştırmalar, güneş enerji sistemlerinin simülasyonu ve performans analizlerine dair çeşitli bulgular sunmaktadır. Arslan Murat (Arslan, 2022), iki farklı ilde yapılan çatı tipi ve arazi tipi güneş enerjisi sistemlerini PVSOL, PVsyst ve PVGIS programlarıyla simüle etmiş ve en düşük hata oranını %3,83 ile PVsyst programında, en yüksek hata oranını ise %19,71 ile PVsyst programında bulmuştur. Diğer bir çalışmada (Dip, 2023), Amasya'daki bir santral üzerinden yaptığı simülasyonlarla, gerçeğe en yakın sonuçları %8,96'lık bir hata payıyla PVSOL programından alırken, en büyük sapmayı %19,71'le PVsyst programında elde etmiştir. Al-shagea ve arkadaşları (Al-Shagea et al., 2021) 5,1 kW kurulu gücündeki bir sistemle ilgili simülasyonlarda, PVsyst'in performansını %87,5 ile %91 arasında, GSA programının ise %96,6 ile %100 arasında tespit etmiş; çift yüzeyli veya çift yönlü hareket eden sistemlerin verimliliği artıracağına dikkat çekmiştir. Türkyılmaz (Türkyılmaz, 2023), Bursa ilinde yıllık 126 MWh enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla PVSOL, PVsyst, PVGIS, Ez Designer ve Helioscope programlarıyla simülasyonlar yapmış ve 167 kWp gücündeki güneş santralinin yıllık enerji üretiminin 162 MWh ile 226 MWh arasında değişebileceğini öngörmüştür. Görüldüğü üzere, literatürde PVSyst ve PVSOL programları farklı uygulamalar ve sistem türlerinde kullanılmış; her iki yazılımın da simülasyon sonuçları, verimlilik ve hata payı açısından karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, Konya'da 1 MW kurulu güce sahip bir güneş enerji santrali tasarlanmış ve tasarım aşamasında fotovoltaiik paneller, inverterler, kablolama, konum, hava durumu ve gölgeleme koşulları dikkate alınarak PVsyst ve PVSOL yazılımlarıyla simüle edilerek performansı saha verileriyle karşılaştırılmıştır.

YÖNTEM

Bu çalışmada, 1 MW gücünde bir güneş enerji santrali tasarlamak ve performansını analiz etmek amacıyla, güneş enerjisi sistemlerinin simülasyon ve değerlendirilmesinde yaygın olarak tercih edilen PVsyst ve PVSOL yazılımları kullanılmıştır. Bu yazılımlar, santralin verimliliğini ve üretim potansiyelini belirlemek için kullanılan güçlü araçlar olup, tasarım ve simülasyon aşamalarında kapsamlı bir analiz imkanı sunmaktadır.

PVsyst Programı

PVsyst, İsviçre menşeli bir güneş enerji sistemi simülasyon yazılımıdır ve ilk kez 1992 yılında piyasaya sürülmüştür. O tarihten bu yana sürekli olarak güncellenmiş ve geliştirilmiş, sonunda endüstrinin standart yazılımı haline gelmiştir. PVsyst, şebekeye bağlı, şebekeden bağımsız ve sulama sistemleri için güneş enerji santrali tasarımları yapabilme ve mevcut sistemlerin performans analizlerini gerçekleştirme imkanı sunmaktadır. Simülasyon sonuçları, grafiklerle desteklenmiş raporlar halinde kullanıcıya sunulabilmektedir. PVsyst'in simülasyon raporları, Türkiye'de resmi bir belge olarak kabul edilmemekle birlikte, Avrupa ülkelerinde geçerli resmi belgeler olarak kabul edilmektedir. PVsyst, kullanıcı dostu bir arayüze sahip olup, yüksek doğruluk oranı ile dikkat çeker. Yazılım açıldığında, kullanıcıyı basit bir arayüz karşılar ve simülasyon adımları sırasıyla takip edilerek sisteme yeni bileşenler veya parametreler eklenebilir. Program, sisteme eklenen coğrafi koordinatlar sayesinde bölgedeki geçmiş yıllara ait hava durumu verilerini kullanarak iklim verileri oluşturabilir ve güneş panellerinin üretim değerlerini hesaplamak için eğim ve azimut gibi parametrelerden yararlanır. Panel ve inverter seçimi için geniş bir kütüphane sunulmakta olup, kullanıcılar ihtiyaca göre farklı modelleri de sisteme dahil edebilirler. Ayrıca, PVsyst ile 3D tasarımlar oluşturulabilir ve çevredeki yapılar tarafından oluşturulan gölgeleme etkisi simülasyona dahil edilerek daha gerçekçi analizler yapılabilir (Adrada Guerra et al., 2017; Sharma et al., 2014).

PVSOL Programı

PVSOL, 1993 yılında Almanya’da piyasaya sürülmüş ve günümüzde güneş enerji sistemlerinin tasarımı ve optimizasyonu için yaygın olarak kullanılan bir yazılımdır. PVsyst programına benzer şekilde, PVSOL da farklı tip Güneş Enerji Santralleri için simülasyon seçenekleri sunar. Panel ve inverter seçimi konusunda, geniş bir marka ve model kütüphanesine sahip olan PVSOL, inverter ve güneş paneli uyumluluğunu dikkate alarak kullanıcının daha verimli bir sistem tasarlamasına yardımcı olur. Ayrıca, kullanıcılar isteğe bağlı olarak gölgeleme hesapları, kablo kayıp hesapları ve finansal analizleri raporlarına dahil edebilirler. Hazırlanan tasarımlar, meteorolojik verilerle uyumlu bir şekilde detaylı ya da yüzeysel analizler ile PVSOL programı üzerinden simüle edilebilir. Finansal analizlerin kapsamlı şekilde raporlanması ve güneş panellerinin yıllık verim kayıplarının göz önünde bulundurulması gibi özellikleriyle PVSOL, PVsyst programına göre önemli farklılıklar sunmakta ve bu nedenle kullanılacak ikinci program olarak tercih edilmektedir (Adrada Guerra et al., 2017; Sharma et al., 2014).

Sistem Bileşenleri

Bu çalışmada, Konya ilinin Yunak ilçesinde 38°40’58” kuzey enlemi ve 31°39’55” doğu boyları koordinatlarında yer alan yerel yönetime ait şebekeye bağlı 1 MW kapasiteli arazi tipi güneş enerjisi santraline ilişkin saha ölçümleri ile PVsyst ve PVSOL simülasyon yazılımlarından elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen sistem tasarımında, 2912 adet Ödül marka 395 Wp gücünde monokristal fotovoltaik panel ile 4 adet Sungrow marka 250 kVA gücünde merkezi inverter kullanılmış olup, bu bileşenlerin teknik özellikleri Tablo 1 ve Tablo 2’de sırasıyla sunulmuştur.

Tablo 1
Güneş Paneli Verileri

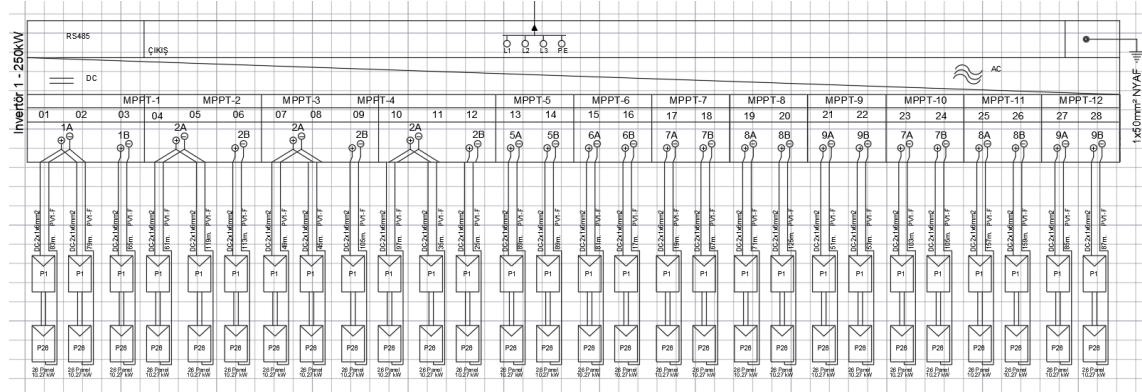
Elektriksel Veriler	Model: OSMp72-395W
Tepe Güç (Pmax)	395
Güç Toleransı	0 ~ +5W
Maksimum Güç Voltajı (Vmp)	40.48 V
Maksimum Güç Akımı (Imp)	9.76 A
Açık Devre Voltajı (Voc)	49.64 V
Kısa Devre Akımı (Isc)	10.27 A
Modül Verimliliği	19.77 %
Nominal Çalışma Hücre Sıcaklığı TC)	45°C (±2°C)
Sıcaklık Katsayısı (Pmax)	-0.4 %/°C
Sıcaklık Katsayısı (Voc)	-0.3409 %/°C
Sıcaklık Katsayısı (Isc)	+0.0447 %/°C

Tablo 2
İnverter Verileri

Elektriksel Veriler	Model: SG250HX
Maksimum verim	%99
Maksimum PV giriş voltajı	1500 V
Minimum PV giriş voltajı / Başlangıç giriş voltajı	500 V / 500 V
Nominal PV giriş voltajı	1160 V
MPP voltaj aralığı	500 V - 1500 V
Nominal güç için MPP voltaj aralığı	860 V – 1300 V
Bağımsız MPP giriş sayısı	12
MPPT başına maksimum giriş konnektör sayısı	2
Maksimum PV giriş akımı	30 A * 12
Maksimum DC kısa devre akımı	50 A * 12

Her biri 26 adet fotovoltaik panelden oluşan 28 stringin bağlandığı, 12 MPPT girişine sahip inverterlerin yer aldığı sistemin tek hat şeması Şekil 4'te verilmiştir. Görüldüğü üzere, her inverterde bulunan 12 MPPT girişinden 4'üne üçer string, kalan 8'ine ise ikişer string bağlanmış olup, fotovoltaik paneller düz bir arazi üzerine, 0° azimut açısı (coğrafi kuzey yönü) ve 25° eğim (tilt) açısı ile konumlandırılmıştır. Güneş enerji santralinin kurulu olduğu arazinin kuş bakışı görünümü ile fotovoltaik panel yerleşim planı Şekil 5'te gösterilmiştir.

Şekil 4
İnverter Tek Hat Şeması



Şekil 5
1 MW Kurulu Güçteki Santralin Kuş Bakışı Görünümü



BULGULAR

PVsyst Sonuçları

Tablo 3'te, PVsyst simülasyon programı kullanılarak gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen sistemin genel performans verileri detaylı bir şekilde sunulmuştur. Şekil 6'da sistemin yıl içerisindeki aylık performans değişimlerini ortaya koyan ve verimliliğin önemli bir göstergesi olan performans oranı (PR) değerlerinin aylık dağılımı görsel olarak aktarılmıştır.

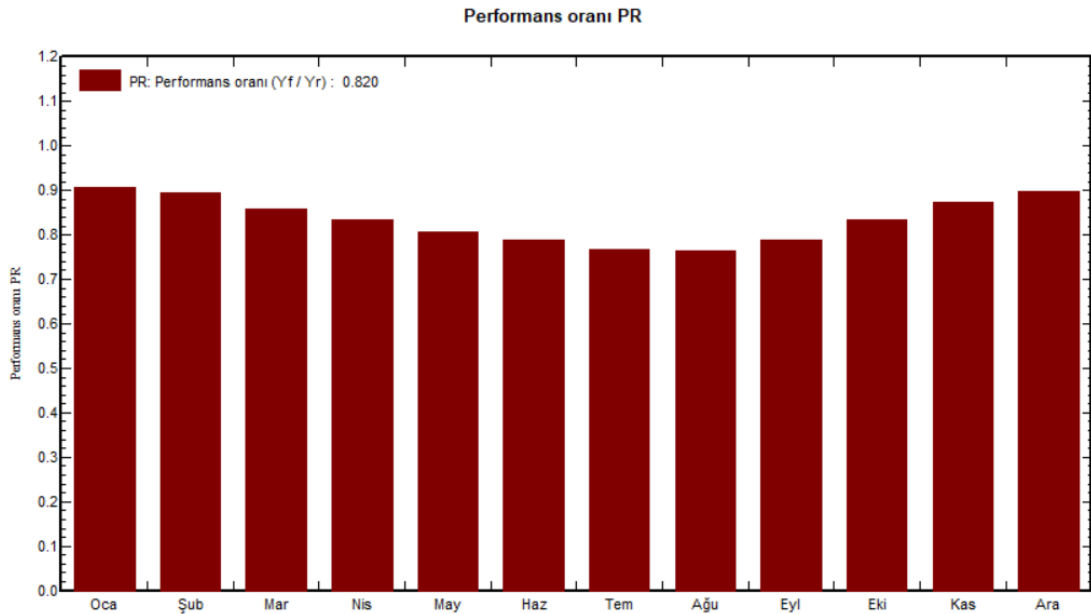
Tablo 3

PVsyst Sistem Performans Sonuçları

	GlobHor kWh/m²	T_Amb °C	E_Grid kWh	PR oran
Ocak	63.9	0.35	97.886	0.907
Şubat	79.3	2.25	107.506	0.896
Mart	122.7	6.96	142.259	0.857
Nisan	159.8	11.24	163.907	0.834
Mayıs	204.5	16.32	187.192	0.805
Haziran	219.5	20.95	189.727	0.787
Temmuz	223.1	25.09	190.313	0.768
Ağustos	199.5	24.88	184.025	0.763
Eylül	161.5	19.58	171.334	0.789
Ekim	109.4	13.68	135.344	0.835
Kasım	72.0	7.02	104.836	0.874
Aralık	56.5	2.09	90.521	0.897
Yıl	1671.8	12.59	1.764.851	0.820

Şekil 6

Aylara Göre Performans Oranları



Yaz aylarında PR değerlerinin düşük çıkmasının başlıca nedenleri arasında, artan ortam ve hücre sıcaklıklarına bağlı olarak PV panellerinin veriminde meydana gelen düşüş, rüzgarın azalmasıyla

birlikte doğal soğutma etkisinin yetersiz kalması, yağış eksikliği nedeniyle panellerin yüzeyinde biriken toz ve kirlerin ışınlı engellemesi, inverter ve kablolarda sıcaklığa bağlı ısı kayıplarının artması gibi faktörler yer almaktadır.

PVSOL Sonuçları

Tablo 4'te, PVSOL simülasyon programı kullanılarak yapılan analizler sonucunda elde edilen sistemin genel performans verileri detaylı olarak sunulmuştur. Tablo 5'te ise yine aynı simülasyon sonuçlarına dayanarak sistemin aylık ve yıllık bazda sağladığı enerji kazançları ile toplam enerji üretim değerleri ayrıntılı şekilde verilmiştir.

Tablo 4

PVSOL Sistem Performans Sonuçları

	GlobHor kWh/m²	T_Amb °C	E_Grid kWh	PR oran
Ocak	60.3	-0.2	87.275	0.861
Şubat	74.6	1.1	95.933	0.859
Mart	122.1	6.6	138.125	0.842
Nisan	155.3	10.7	152.551	0.811
Mayıs	196.3	16	175.272	0.795
Haziran	212.5	21	180.931	0.793
Temmuz	227.6	25	193.754	0.777
Ağustos	205.3	24.8	184.685	0.762
Eylül	163.5	18.8	174.967	0.801
Ekim	110.7	13.5	133.229	0.822
Kasım	74.1	6.6	102.938	0.846
Aralık	57.2	1.6	85.044	0.895
Yıl	1659.7	12.2	1.704.711	0.808

Tablo 5

PVSOL Kazanç ve Sistem Üretim Değerleri

Parametreler	Değerler
PV jeneratör çıkışı	1150,2 kWp
Yıllık özgül kazanç	1.481,97 kWh/kWp
Sistem kullanım oranı (PR)	%80,8
Gölgelemeden dolayı oluşan kazanç kaybı	1,1 %/Yıl
PV jeneratör enerjisi (AC şebekesi)	1.704.711 kWh
Şebeke beslemesi	1.692.918 kWh/Yıl
Güneş enerjisi oranı	%46,3
Doğrudan öz tüketim	11.792 kWh
Kişisel güç tüketimi	%0,7
Bekleme konumundaki tüketim (İnverterler)	92 kWh/Yıl
Önlenen CO ₂ emisyonu	801.171 kg/yıl

Üretilen elektrik enerjisi bakımından PVsyst ve PVSOL simülasyon programları ile gerçek saha verilerinin karşılaştırılması Tablo 6'da kapsamlı bir şekilde sunulmuştur. Gerçek saha verileri ile yapılan karşılaştırmalarda, 2022 yılına ait üretim değerleri baz alındığında, PVsyst simülasyonu %5,43, PVSOL simülasyonu ise %1,83 oranında sapma göstermiştir. 2023 yılı verileri doğrultusunda ise PVsyst programı %13,44, PVSOL ise %9,58 sapma oranı ile sonuç üretmiştir. İki yılın ortalamasına göre,

PVsyst %9,29 sapma ile tahmin yaparken, PVSOL %5,56 sapma ile daha yakın sonuçlar vermiştir. Bu veriler, her iki programın da gerçek üretim değerlerine yakın ve kabul edilebilir seviyede sapmalarla sonuçlar sunduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, PVSOL programının her iki yılda da daha düşük sapma oranları ile daha doğru tahminler yaptığı belirlenmiştir. İki yıl arasındaki sapma oranlarının artmasının nedeni, santralde meydana gelen arızalar nedeniyle sistemin geçici olarak devre dışı kalması ve üretimin durması olarak açıklanmıştır. Ayrıca, fotovoltaik modüllerinin yüzeyinde biriken toz ve olumsuz hava koşullarının da üretim verileri üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu düşünülmektedir. Bu karşılaştırmada, her iki programdan elde edilen performans değerleri ve sistemde meydana gelen kayıp oranları Tablo 7’de detaylı olarak verilmiştir. Tablo 7 incelendiğinde, ‘Sıcaklık Nedeniyle Kayıp’ ve ‘Düşük Işık Nedeniyle Kayıp’ parametreleri dışında, her iki simülasyon programının kayıp değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılıkların temel sebebi olarak, PVsyst programının iklim verilerini 2003-2013 yılları arasındaki 10 yıllık döneme dayandırması, PVSOL programının ise 1991-2010 yılları arasındaki 19 yıllık uzun dönem iklim verilerini referans alması gösterilmektedir. Dolayısıyla, kullanılan iklim veri setlerinin zaman aralığındaki farklılıkların simülasyon sonuçları üzerinde belirgin etkiler yarattığı anlaşılmaktadır.

Tablo 6
PVsyst ve PVSOL Sistem Performans Sonuçları ile Saha Verileri (kWh)

	PVsyst Raporu	PVSOL Raporu	2022 Yılı Saha Verileri	2023 Yılı Saha Verileri	Saha Verileri Ortalaması
Ocak	97.886	87.275	66.523	103.261	84.892
Şubat	107.506	95.933	89.363	110.630	99.996
Mart	142.259	138.125	117.59	112.443	115.016
Nisan	163.907	152.551	124.591	148.444	136.517
Mayıs	187.192	175.272	185.649	160.342	172.995
Haziran	189.727	180.931	174.523	162.921	168.722
Temmuz	190.313	193.754	205.553	192.734	199.143
Ağustos	184.025	184.685	198.017	199.731	198.874
Eylül	171.334	174.967	188.363	138.135	163.249
Ekim	135.344	133.229	127.377	85.320	106.348
Kasım	104.836	102.938	115.109	71.575	93.342
Aralık	90.521	85.044	81.257	70.109	75.683
Yıl	1.764.851	1.704.711	1.673.916	1.555.645	1.614.780

Tablo 7
Kayıp Oranları ve Değerler

Ölçülen Değer	PVsyst Sonucu	PVSOL Sonucu
Yatayda Toplam Işınım	1672 kWh/m ²	1659 kWh/m ²
STC’de Modül Verimi	%19,79	%19,77
STC’de Modül Üretimi	2.106.993 kWh	2.016.039 kWh
Düşük Işık Nedeni ile Kayıp	%0,58	%1,37
Sıcaklık Nedeni ile Kayıp	%7,64	%3,36
Modül/Diziler İçin Uyumsuzluk Kayıpları	%2,10	%2
İnverter Girişindeki Enerji	1.812.790 kWh	1.769.725 kWh
İnverterde Oluşan Kayıp	%1,58	%1,49

SONUÇ

Gerçek saha koşulları dikkate alınarak yapılan bu çalışmada, PVsyst ve PVSOL programlarının güneş enerji sistemlerinin performans analizinde etkin bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür. Özellikle PVSOL programı, daha düşük sapma oranlarıyla, sistemin gerçek performansını daha doğru şekilde yansıtmıştır. Bu bulgu, her iki programın da sistem tasarımı, bileşen seçimi ve kurulum sonrası optimizasyon süreçlerinde önemli birer mühendislik aracı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, fotovoltaik panel ve inverter verimleri, inverter-string uyumluluğu ve sistem eğimi gibi parametrelerin verimliliği doğrudan etkilediği anlaşılmış, bu unsurların dikkatle değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Elde edilen veriler ışığında, PVsyst ve PVSOL ile gerçekleştirilecek detaylı fizibilite çalışmalarının, santral kurulumundan sorumlu mühendis ve yatırımcılara rehberlik edeceği; aynı zamanda, santralin üretiminden yararlanacak özel veya tüzel kişilere daha güvenilir ve yüksek verimli bir enerji kaynağı sağlayacağı açıkça ortaya konmuştur.

Etik Beyan

Bu çalışma Mustafa Sacid ENDİZ danışmanlığında 09.01.2025 tarihinde sunulan “ŞEBEKEYE BAĞLI 1 MW KURULU GÜÇTEKİ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİNİN PVSYST VE PVSOL İLE PERFORMANS ANALİZİ” başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Yazar Katkıları

Araştırma Tasarımı (CRediT 1) Yazar 1 (%80) – Yazar 2 (%20)

Veri Toplama (CRediT 2) Yazar 1 (%90) – Yazar 2 (%10)

Araştırma - Veri Analizi - Doğrulama (CRediT 3-4-6-11) Yazar 1 (%70) – Yazar 2 (%30)

Makalenin Yazımı (CRediT 12-13) Yazar 1 (%70) – Yazar 2 (%30)

Metnin Tashihi ve Geliştirilmesi (CRediT 14) Yazar 1 (%40) – Yazar 2 (%60)

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG)

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: 7 Erişilebilir ve Temiz Enerji

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: 11 Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: 13 İklim Eylemi

REFERANSLAR

- Adrada Guerra, T., Amador Guerra, J., Orfao Tabernero, B., & De la Cruz García, G. (2017). Comparative energy performance analysis of six primary photovoltaic technologies in Madrid (Spain). *Energies*, 10(6), 772.
- Akgayev, B., Akbayrak, S., Yılmaz, M., Büker, M. S., & Unsur, V. (2024). Assessing the Feasibility of Photovoltaic Systems in Türkiye: Technical and Economic Analysis of On-Grid, Off-Grid, and Utility-Scale PV Installations. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(1), 69-92.
- Al-Shagea, E., Sezen, S., & Özdemir, E. (2021). Lisanssız elektrik üretiminde şebeke bağlantılı fotovoltaiik sistemlerin performans analizi. International Marmara Sciences Congress, Kocaeli, Turkey, May,
- Arslan, M. (2022). *Güneş enerji santrallerinin simülasyon ile üretim verilerinin karşılaştırılması ve analizi* Konya Teknik Üniversitesi].
- Axford, J.C. (2007). *What constitutes success in Pacific Island community conserved areas?* [Doctoral dissertation, University of Queensland]. UQ eSpace. <http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:158747>
- Barak, D. (2022). G20 Ülkelerinde Fosil Yakıt Sübvansiyonlarının Ekolojik Ayak İzi (EF) ve Büyüme Üzerindeki Etkisinin Ampirik Bir Araştırması. *Global Journal of Economics and Business Studies*, 11(21), 98-113.
- Center for Systems Science and Engineering. (2020, May 6). *COVID-19 dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU)*. Johns Hopkins University & Medicine, Coronavirus Resource Center. Retrieved May 6, 2020, from <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
- Chandler, N. (2020, April 9). *What's the difference between Sasquatch and Bigfoot?* howstuffworks. <https://science.howstuffworks.com/science-vs-myth/strange-creatures/sasquatch-bigfoot-difference.htm>
- Çukurçayır, M. A., & Sağır, H. (2008). Enerji sorunu, çevre ve alternatif enerji kaynakları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(20), 257-278.
- Davidson, R. J. (2019, August 8–11). *Well-being is a skill* [Conference session]. APA 2019 Convention, Chicago, IL, United States. https://irp-cdn.multiscreensite.com/a5ea5d51/files/uploaded/APA2019_Program_190708.pdf
- Dip, D. (2023). *Güneş enerji santrali üretim verileri ile benzetim programlarından elde edilen verilerin karşılaştırılması: İnceler GES örneği* Amasya Üniversitesi].
- Endiz, M. S., & Coşgun, A. E. (2023). Assessing the potential of solar power generation in Turkey: A PESTLE analysis and comparative study of promising regions using PVsyst software. *Solar Energy*, 266, 112153.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2025). *GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI*. Retrieved 16 December 2025) from <https://gepa.enerji.gov.tr/>
- Erenoğlu, A. K., Erdinç, O., & Taşcıkaraoğlu, A. (2019). History of electricity. In *Pathways to a Smarter Power System* (pp. 1-27). Elsevier.
- Fagan, J. (2019, March 25). *Nursing clinical brain*. OER Commons. Retrieved January 7, 2020, from <https://www.oercommons.org/authoring/53029-nursing-clinical-brain/view>
- Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M. D., Wagner, N., & Gorini, R. (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy strategy reviews*, 24, 38-50.
- Gyam, M., Ceylan, İ., Gürel, A. E., & Yıldız, G. (2023). Comparison of Payback Periods of Solar Power Plant in Türkiye and Europe. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(5), 2419-2444.

- Hassan, Q., Viktor, P., Al-Musawi, T. J., Ali, B. M., Algburi, S., Alzoubi, H. M., Al-Jiboory, A. K., Sameen, A. Z., Salman, H. M., & Jaszczur, M. (2024). The renewable energy role in the global energy Transformations. *Renewable Energy Focus*, 48, 100545.
- Horvath-Plyman, M. (2018). *Social media and the college student journey: An examination of how social media use impacts social capital and affects college choice, access, and transition* (Publication No. 10937367). [Doctoral dissertation, New York University]. ProQuest Dissertations and Theses Global.
- Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. (2022). Sustainable energy transition for renewable and low carbon grid electricity generation and supply. *Frontiers in Energy Research*, 9, 743114.
- Kaufman, K. A., Glass, C. R., & Pineau, T. R. (2018). *Mindful sport performance enhancement: Mental training for athletes and coaches*. American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0000048-000>
- Kılıç, R. (2023). Sanayi devrimlerinin serüveni: endüstri 1.0'dan endüstri 5.0'a. *Takvim-i Vekayi*, 11(2), 276-291.
- Kıymaz, Y. E., & Oğuz, H. (2020). *Güneş enerjisi santrallerinde derin öğrenme kullanılarak elektrik üretimi tahmininin yapılması* Necmettin Erbakan University (Turkey)].
- Latimier, A., Peyre, H., & Ramus, F. (2020). *A meta-analytic review of the benefit of spacing out retrieval practice episodes on retention*. PsyArXiv. <https://psyarxiv.com/kzy7u/>
- Machado, J., & Turner, K. (2020, March 7). *The future of feminism*. Vox. <https://www.vox.com/identities/2020/3/7/21163193/international-womens-day-2020>
- Mack, R., & Spake, G. (2018). *Citing open source images and formatting references for presentations* [PowerPoint slides]. Canvas@FNU. <https://fnu.onelogin.com/login>
- Morgan, R., Meldrum, K., Bryan, S., Mathiesen, B., Yakob, N., Esa, N., & Ziden, A. A. (2017). Embedding digital literacies in curricula: Australian and Malaysian experiences. In G. B. Teh & S. C. Choy (Eds.), *Empowering 21st century learners through holistic and enterprising learning: Selected papers from Tunku Abdul Rahman University College International Conference 2016* (pp. 11-19). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4241-6_2
- Neel, B. L. (2017). *Three flute chamber works by Alberto Ginastera: Intertwining elements of art and folk music* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Nebraska-Lincoln.
- Nicholl, K. (2020, May). A royal spark. *Vanity Fair*, 62(5), 56–65, 100.
- Obama, B. [@BarackObama]. (2020, April 7). *It's World Health Day, and we owe a profound debt of gratitude to all our medical professionals. They're still giving* [Tweet]. Twitter. <https://twitter.com/BarackObama/status/1247555328365023238>
- Özkan, A. O., & Demir, H. B. (2019). Fotovoltaik panellerde sıcaklık ve zenit açısının panel güç üretimine etkisi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(1), 1-9.
- Reynolds, G. (2019, April 9). Different strokes for athletic hearts. *The New York Times*, D4.
- Roberts, S. (2020, April 9). Early string ties us to Neanderthals. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2020/04/09/science/neanderthals-fiber-string-math.html>
- Rutledge, P. (2019, March 11). The upside of social media. *The Media Psychology Blog*. <https://www.pamelarutledge.com/2019/03/11/the-upside-of-social-media/>
- Sharma, D. K., Verma, V., & Singh, A. P. (2014). Review and analysis of solar photovoltaic softwares. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 4(2), 725-731.
- Türkyılmaz, A. (2023). *Çatı uygulamalı bir güneş enerji santralinin farklı yazılımlarda optimizasyon çalışması* Kütahya Dumlupınar Üniversitesi].
- Winthrop, R., Ziegler, L., Handa, R., & Fakoya, F. (2019). *How playful learning can help leapfrog*

progress in education. Center for Universal Education at Brookings.

[https://www.brookings.edu/wp-content/](https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2019/04/how_playful_learning_can_help_leapfrog_progress_in_education.pdf)

[uploads/2019/04/how_playful_learning_can_help_leapfrog_progress_in_education.pdf](https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2019/04/how_playful_learning_can_help_leapfrog_progress_in_education.pdf)

World Health Organization. (2014). *Comprehensive implementation plan on maternal, infant and young child nutrition*.

[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/113048/WHO_NMH_NHD_14.1_](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/113048/WHO_NMH_NHD_14.1_eng.pdf?ua=1)

[eng.pdf?ua=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/113048/WHO_NMH_NHD_14.1_eng.pdf?ua=1)

Zelege, W. A., Hughes, T. L., & Drozda, N. (2020). Home–school collaboration to promote mind–body health. In C. Maykel & M. A. Bray (Eds.), *Promoting mind–body health in schools: Interventions for mental health professionals* (pp. 11–26). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0000157-002>