



Design and Economic Assessment of a Building-Integrated Photovoltaic System at the Faculty of Engineering, Sivas Cumhuriyet University

Esra Başpınar^{1,a}, Vekil Sarı^{2,b,*}

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 58140, Sivas, Türkiye

² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas, Türkiye

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 15/04/2025

Accepted: 03/06/2025

Copyright



This work is licensed under
Creative Commons Attribution 4.0
International License

ABSTRACT

Electricity generation from solar energy through photovoltaic systems has attracted significant attention both globally and in Turkey, leading to the establishment of solar power plants for electricity production. In this study, the design, performance analysis, and economic evaluation of a rooftop solar power plant for the Faculty of Engineering building at Sivas Cumhuriyet University were conducted. The buildings suitable for the installation of solar power plants were examined, and studies were carried out on the appropriate roof area using PVsyst and Helioscope software. The results obtained were then compared. The proposed solar power plant was planned to meet the electricity demand of the Faculty of Engineering building at Sivas Cumhuriyet University. The number of PV modules was calculated as 624, with a total power generation capacity of 343 KWp. The total energy production of the plant in its first year was estimated to be 506.101 KWh. The production forecasts derived from Helioscope and PVsyst software were analyzed using current electricity prices and the Regulation on Unlicensed Electricity Generation in the Electricity Market. Based on 2025 market prices and a market analysis, the cost of the solar power plant installation was calculated to be \$122.480 + VAT, with annual operating expenses estimated at \$1.400. Assuming a lifespan of 25 years for the plant, the analyses and calculations indicated that the investment would pay off in 2 years and 7 months.

Keywords: Solar Power Plant, Renewable Energy, Economic Analysis, PVsyst, Helioscope.

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde Çatıya Entegre Güneş Enerjisi Santrali Tasarımı ve Ekonomik Değerlendirmesi

Araştırma Makalesi

Süreç

Geliş: 15/04/2025

Kabul: 03/06/2025

ÖZ

Fotovoltaik sistemler aracılığıyla güneş enerjisinden elektrik üretimi hem dünyada hem de Türkiye'de büyük bir ilgi görmektedir ve güneşten elektrik üretimi yapılabilmesi için güneş enerji santralleri kurulmaktadır. Bu çalışmada Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binasına çatı tipi güneş enerji santralinin tasarımı, performans incelenmesi ve ekonomik analizi yapılmıştır. Güneş enerji santrali kurulacak binalar incelenmiş, uygun çatı alanına PVsyst ve Helioscope programları aracılığıyla çalışmalar yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kurulması düşünülen güneş enerji santrali Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binasının elektrik ihtiyacını karşılayabilecek şekilde planlanmıştır. PV modül sayısı 624 ve panellerin üreteceği güç 343 KWp olarak hesaplanmıştır. Santralin ilk yılda üreteceği toplam enerji miktarı 506.101 KWh'dır. Santralin Helioscope ve PVsyst programları kullanılarak elde edilen üretim öngörüler, güncel elektrik fiyatları ve Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği kullanılarak yapılmıştır. Tesis kurulumu için, 2025 yılı piyasa fiyatı göz önüne alındığında ve pazar araştırması yapıldığında güneş enerjisi santralinin maliyetinin 122.480 \$ + KDV olarak ve yıllık işletme giderlerinin de 1.400 \$ olduğu hesaplanmıştır. Kurulacak olan santralin ömrünün 25 sene olduğu varsayılmış, gerekli analizler ve hesaplamalar sonucunda 2 yıl 7 ayda amorti edebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerji Santrali, Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Analiz, PVsyst, Helioscope.

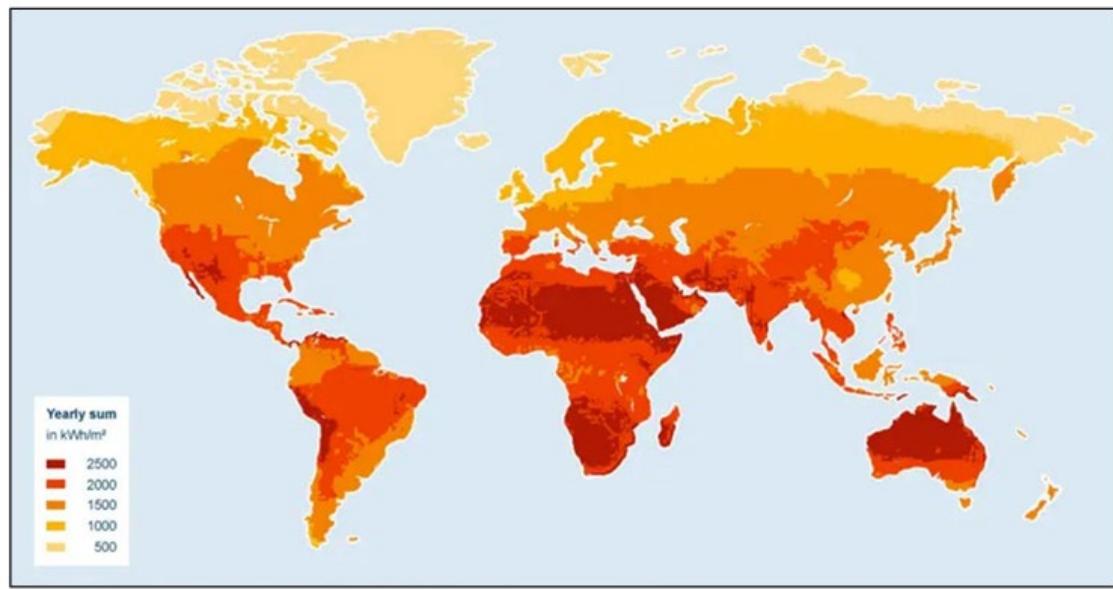
Giriş

Dünyada ve ülkemizde son yıllarda artan enerji tüketimi ile birlikte enerji üretiminde kullanılan kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil kaynakların azalması ve fiyatlarının artması nedeniyle yenilenebilir enerjiye olan talep artmıştır. Yenilenebilir enerji, güneş ve atmosferik olaylar var oldukça bitmeyecek enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir (Alkan, S. 2019). Yenilenebilir enerji kaynakları güneş, jeotermal, rüzgâr, hidrolik ve dalga, biokütle olarak kabul edilmektedir, fakat tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının temelini güneş enerjisi oluşturur. Bu yüzden Dünyada enerji üretiminde kullanılabilecek olan en önemli enerji kaynağı güneştir. Şekil 1'de Dünya güneş enerjisi potansiyeli haritası görülmektedir.

Türkiye, kendi ülke sınırları içerisinde incelendiğinde Akdeniz bölgesi, İç Anadolu bölgesinin güney kesimi ve Güneydoğu Anadolu bölgesi fotovoltaiik sistemler için en

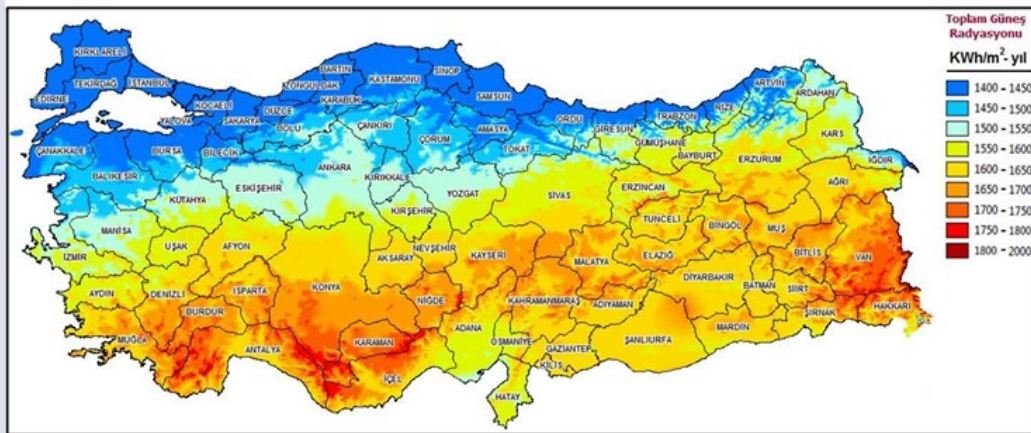
uygun bölgelerdir. Güneş enerji ortalamasının en düşük olduğu Karadeniz ve Marmara bölgelerinde dahi 1.400-1.500 KWh/m²-yıl değerlerinde güneş enerjisi potansiyeli olması Türkiye'nin güneş enerjisi alanındaki büyük potansiyelini gözler önüne sermektedir. Şekil 2'de bu dağılımı gösteren Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verilmiştir (EİGM, 1999 (a)).

T.C. Enerji Bakanlığı verilerine göre, 2025 yılı Nisan ayı sonu itibarı ile Türkiye'nin kurulu gücü 118.668 MW'a ulaşmış olup toplam santral sayısı da 35.620'ye yükselmiştir. Mevcut santrallerin 768 adedi hidroelektrik, 332 adedi doğal gaz, 378 adedi rüzgâr, 66 adedi jeotermal, 71 adedi kömür, 33.545 adedi güneş, 460 adedi ise diğer kaynaklı santrallerdir. Kurulu gücümüzün kaynaklara göre dağılımı; % 27,2'si hidrolik enerji, % 20,7'si doğal gaz, % 18,5'i kömür, % 11,2'si rüzgâr, % 18,7'si güneş, % 1,5'i jeotermal ve % 2,2'si ise diğer kaynaklar şeklindedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2025). Şekil 3'de bu verilerin grafiği gösterilmiştir.



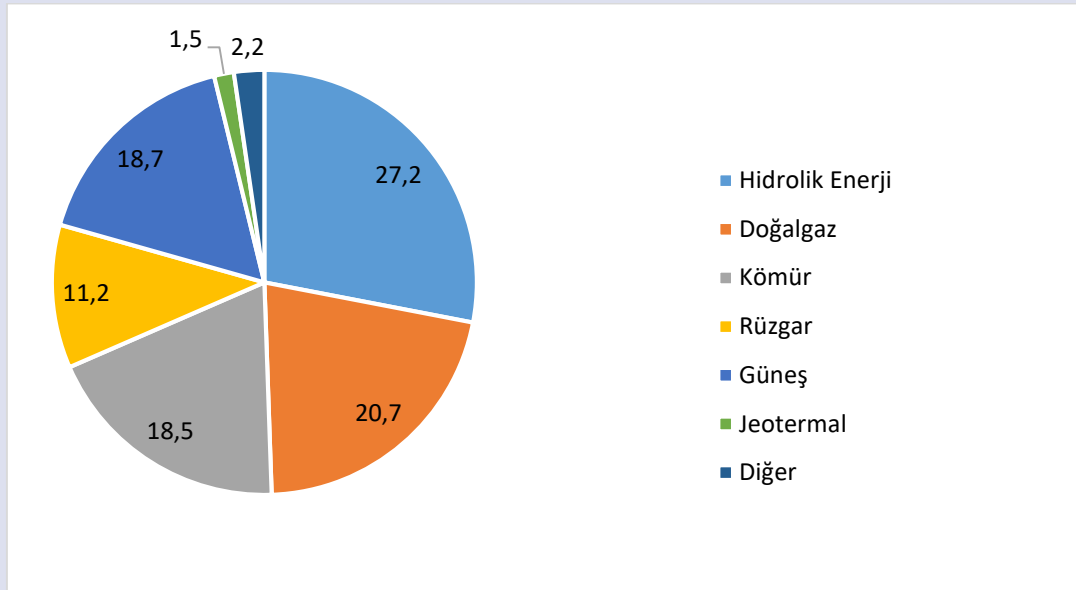
Şekil 1. Dünya güneş enerjisi potansiyeli haritası (Zientara, B. 2024)

Figure 1. World solar energy potential map



Şekil 2. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası (EİGM 1999 (a))

Figure 2. Türkiye solar energy potential map



Şekil 3. 2025 yılı Nisan ayı sonu itibarı ile kurulu güç dağılım grafiği
Figure 3. Installed power distribution chart as of the end of April 2025

Sivas İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Güneş enerji santrali kurulumu için önemli etkenlerden birisi kurulacağı yerin iklimsel verileridir. Sivas iline ait Meteonorm programından elde edilmiş iklimsel veriler Şekil 4-7'de gösterilmektedir.

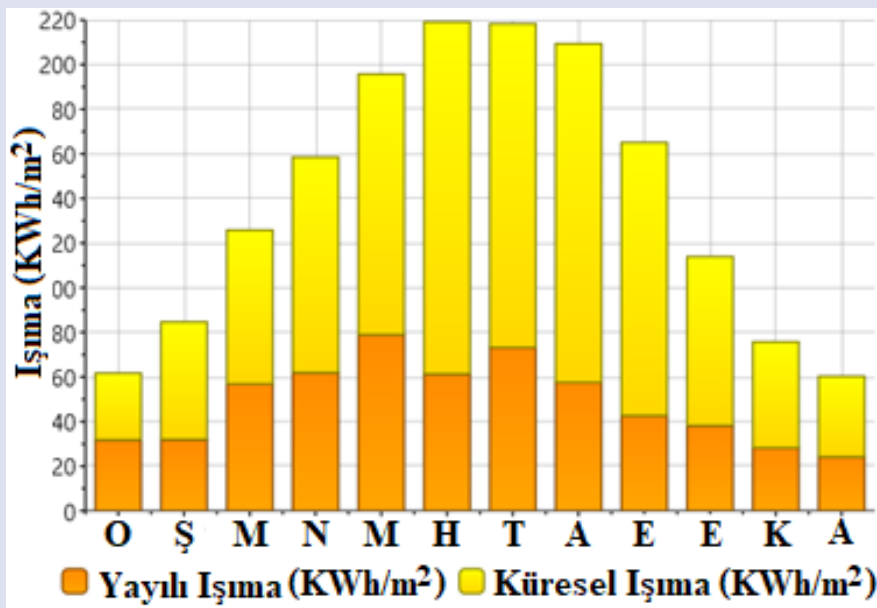
Şekil 4'de Sivas'a ait aylık güneş ışıma grafiği verilmiştir. Bu grafik incelendiğinde, en yüksek ışımanın Haziran ve Temmuz ayında, en düşük ışımanın ise Aralık ayında olduğu görülmektedir.

Şekil 5'de Sivas ili için aylık sıcaklık değerleri verilmiştir. Aylık sıcaklık değerleri incelendiğinde, en yüksek sıcaklığın 36 °C ile

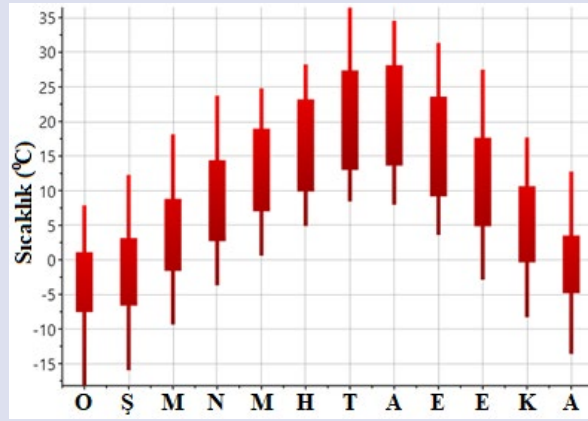
Temmuz ayında, en düşük sıcaklığın ise -18 °C ile Ocak ayında olduğu görülmektedir.

Şekil 6'da Sivas iline ait güneşlenme haritası verilmiştir. Bu haritaya göre Sivas'ın yıllık güneş radyasyonu ortalama 1.600 KWh/m² civarındadır.

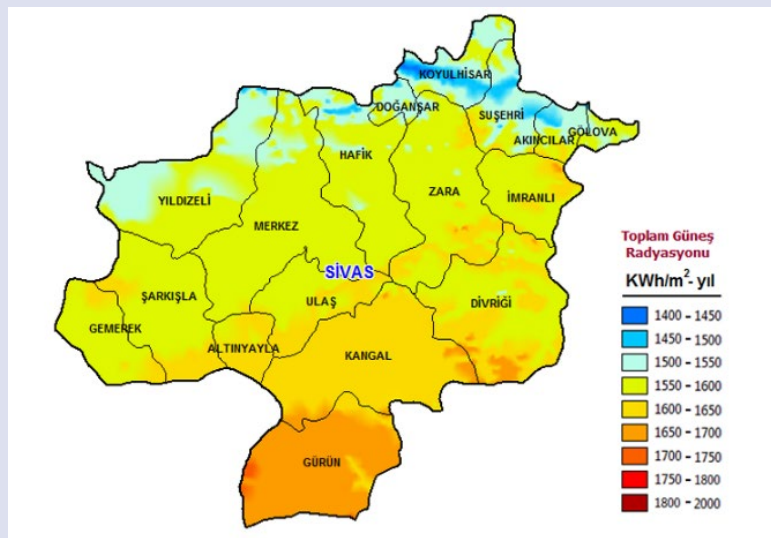
Şekil 7'de Sivas iline ait aylık yağış grafiği verilmiştir. Bu grafiğe göre en fazla yağış Nisan ve Mayıs aylarında olmaktadır (yaklaşık 60 mm civarında). En az yağış ise Temmuz ve Ağustos aylarında olmaktadır (yaklaşık 5 mm civarında).



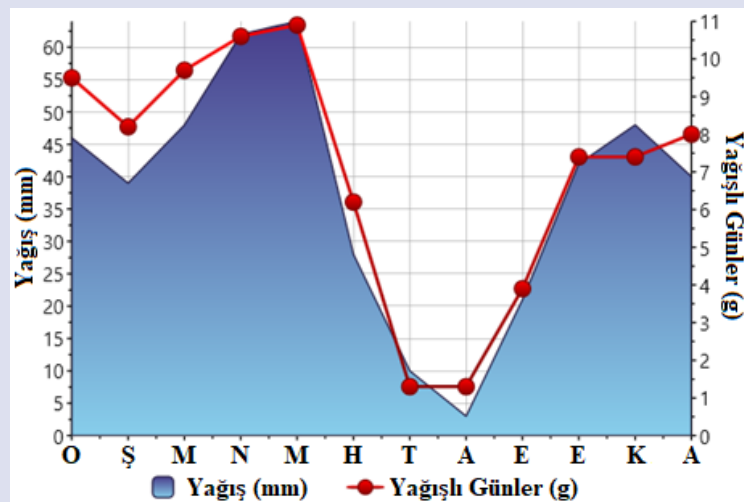
Şekil 4. Sivas/Merkez aylık güneş ışıma grafiği
Figure 4. Sivas/Central monthly solar radiation graph



Şekil 5. Sivas/Merkez aylık hava sıcaklığı grafiği
Figure 5. Sivas/Central monthly air temperature graph



Şekil 6. Sivas ili güneşlenme haritası (EİGM, 1999 (b))
Figure 6. Sivas province sunshine map

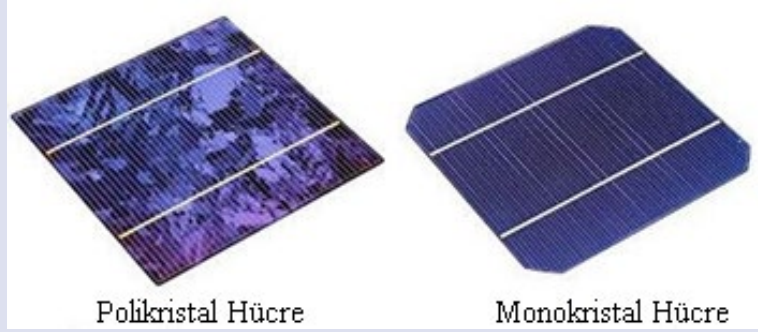


Şekil 7. Sivas/Merkez aylık yağış grafiği
Figure 7. Sivas/Central monthly precipitation chart

Fotovoltaik Teknolojisi

Fotovoltaik paneller güneş ışınlarının elektrik enerjisine dönüşmesini sağlar. Silisyum, bolca bulunan ve yarıiletken özellik gösteren bir element olduğu için fotovoltaik panel üretiminde en yaygın kullanılan malzemelerden biridir. Ancak saf halde mevcut olmadığından, çeşitli teknolojilerle saflaştırılarak kullanıma uygun hale getirilir. Bu süreçte kristal yapılarında farklılık gösterdiğinden, kristal silisyum özellikleri monokristal ve polikristal olarak sınıflandırılmıştır (Uçar, S. 2018).

Monokristal fotovoltaik hücrelerin materyal yapıları homojen özelliğe sahiptir ve bu sayede uzun bir süre performanslarını devam ettirebilirler. Ayrıca, yüksek verimlilik sunar ancak maliyetleri de yüksektir (Sekuçoğlu, S. A. 2012). Laboratuvar ortamında verimleri % 26 oranlarında olan bu hücrelerin ticari olanlarında ise verim % 18 üstüdür. Monokristal hücreler, büyütüldükten sonra 200 mikron kalınlığa inceltilecek monokristalin silisyum blokların tabakalar halinde bölünmesiyle üretilirler (Kılıç, U. 2018). Şekil 8’de polikristal ve monokristal hücre örneği görülmektedir.



Şekil 8. Polikristal ve monokristal hücre örneği (The Solar Future, 2017)
Figure 8. Example of polycrystalline and monocrystalline cells

Metot

Bu konuda yapılan daha önceki çalışmalarda PVsyst (Çolak, Ş. Ç. 2010, Girgin, M. H. 2011, Keskin, E. 2012, Küçükgoze, O. M. 2016, Çekirdek, M. 2017, Tekkale, G. 2018, Sarı, V. ve Özyiğit F. Y. 2020 (a), Sarı, V. ve Özyiğit F. Y. 2020 (b)), Helioscope (Ceylan, O. ve Taşdelen, K. 2018), Homer (Kahraman, M. Ü. 2018, Yücel, N. 2018), PV*SOL (Atay, S. 2020, Emre, Ö. 2023, Tunçez, H. O. 2022) gibi birçok program kullanılmıştır. Bu çalışmada ise GES kurulumu ve analizi için PVsyst ve Helioscope programları kullanılmıştır.

PVsyst programı İsviçre’nin Cenevre Üniversitesi tarafından geliştirilmiş kapsamlı bir fotovoltaik sistem simülasyon yazılımıdır. Şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemler, fotovoltaik sulama sistemleri ve doğru akım şebekesi gibi fotovoltaik sistemlerin tasarımı ve performans analizinde kullanılır. Benzer programlara kıyasla daha detaylı programlamalar yapabilmesi ve farklı kayıt işlemleri imkânı sunmasıyla öne çıkmaktadır (Aksangör, N. N. 2019).

PVsyst simülasyon yazılımı ile gerçekleştirilebilecek araştırmalar ve programın temel özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

- Şebeke dışı fotovoltaik sistem tasarımı,
- Finansal hesaplamaların gerçekleştirilebilmesi,
- Fotovoltaik sistem bileşenlerinin özelliklerini içeren veri tabanı sayesinde pratik erişim,
- Şebeke içi fotovoltaik sistem tasarımı,
- Veri ve hesaplamaların CSV formatında aktarılabilmesi,

- PVGIS, NASA gibi kaynaklardan ışınlam verilerine erişim sağlanabilmesi,
- 3D simülasyon ile yakın gölgelerin analiz edilmesi ve modellenmesi,
- Meteonorm veri tabanından alınan iklim verilerine hızlı erişim (Haydaroğlu, C. 2017).

Helioscope programı güneş dizilerinin tasarımı ve mühendisliği basitleştirilmek için geliştirilmiştir. Helioscope programı, kapsamlı parametre seçenekleriyle simülasyon yaparak, güneş enerjisi santrali montajında hızlı tasarım olanağı sunar. Helioscope yazılımında fotovoltaik sistem tasarımı yaparken, adım adım; harita üzerinden enlem ve boylam belirleme, panellerin teknik özellikleri, toplam kapasite ve montaj bilgileri, invertör sayısı, özellikleri ve düzeni, sistem kurulumu için kablolarının uzunlukları ve kesit bilgileri, son olarak 3D görselleştirme aracılığıyla fotovoltaik bileşenlerin görselleştirilmesi yapılmaktadır. 5 MW'a kadar olan sistemler için simülasyon ve performans incelemesi yapılabilir. Helioscope yazılımında iklim veri kaynağı olarak NSRDB / NREL bağlantısı mevcuttur (Ceylan, O. ve Taşdelen, K. 2018).

Güneş Enerji Santralinin Konumu

Bu çalışmada Sivas ilinde bulunan Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binasının çatısına kurulacak güneş enerji santralinin tasarımı ve analizi yapılmıştır. Tasarlanan GES’in simülasyonu PVsyst ve Helioscope programları ile gerçekleştirilmiş ve ekonomik analizi yapılmıştır. Kurulacak güneş enerji santralinin koordinatları 39° 42' 22" N ve 37° 01' 46" E’dir. Şekil 9’da santralin kurulacağı yerin görüntüsü verilmiştir.

Tasarım

Sistem tasarımı için CW Enerji markasının ürettiği panel seçilmiştir. İnvertör olarak ise Huawei markasının ürettiği invertör seçilmiştir. Panelin ve invertörün özellikleri sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

Kurulması planlanan santralde her biri 550 W gücünde 624 adet monokristal panel kullanılmış olup, Helioscope programındaki görünümü Şekil 10’da, PVsyst programındaki görünümü Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 9. GES’in kurulacağı konumun uydu görüntüsü

Figure 9. Satellite image of the location where the solar power plant will be installed

Tablo 1. Kullanılan güneş panelinin özellikleri (CW Enerji, 2024)

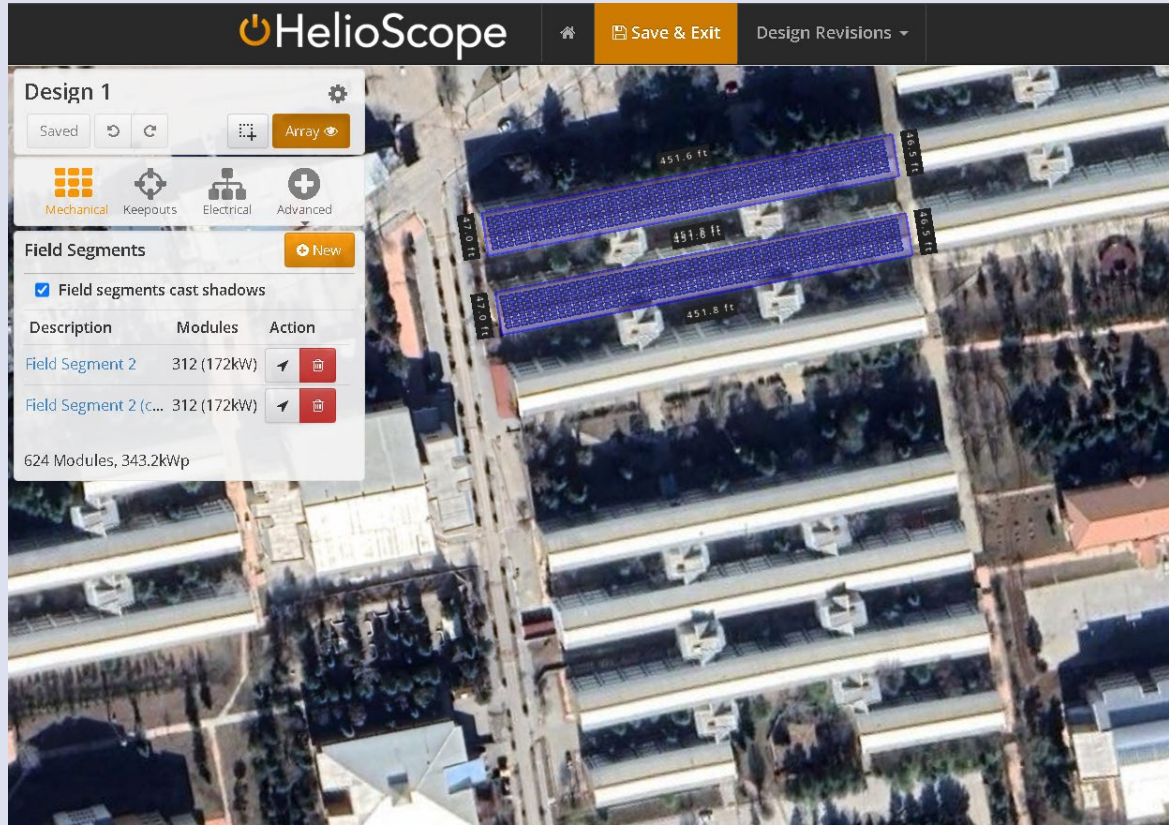
Table 1. Features of the solar panel used

Üretici	CW ENERJİ
Ürün	Monokristal FV modül
Model	CWT550W-108PM12
Kullanılan Adet	1.786
Verim	% 21,48
Çıkış Gücü	550 W
Çalışma Sıcaklığı	-40°C~, +85
Hücre Sayısı	144
Ürün Garantisi	12 yıl

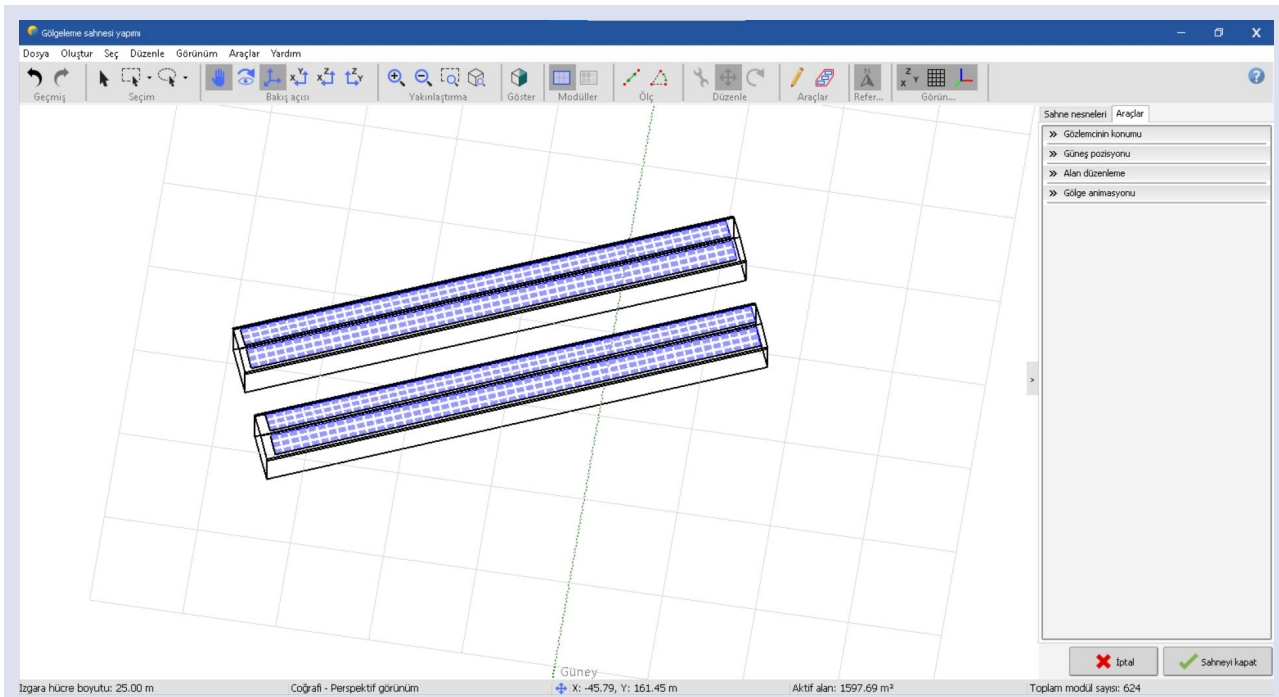
Tablo 2. Kullanılan invertörün özellikleri (Huawei, 2024)

Table 2. Features of the inverter used

Üretici	HUAWEI
Ürün	SUN2000-50KTL-M3
Mpp Aralığı	200-1000 V
Verim	% 98,5
Mpp Takipçi Sayısı	4
Ürün Garanti	10 yıl



Şekil 10. Kurulması düşünülen santralin Helioscope programındaki görünümü
 Figure 10. View of the proposed power plant in the Helioscope program



Şekil 11. Kurulması düşünülen santralin PVsyst programındaki görünümü
 Figure 11. View of the proposed power plant in the PVsyst program

Ekonomik Analiz

Tablo 3’de verilen 10.01.2025 tarihli Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankasının kur değerleri kullanılarak pazar araştırması yapılmış ve Tablo 4’de görülen santrale ait maliyet tablosu oluşturulmuştur.

Bu çalışmada ilgili abonelikte bağlantılı elektrik tüketimi, mevcut enerji sayaçları üzerinden ölçülmekte ve bu doğrultuda fatura işlemleri yapılmaktadır. Geçerli yönetmelik dahilinde, aylık tüketilen elektrik miktarı kadar satış yapılabilmektedir ve mahsuplaşma işlemi her ay

sonunda üretilen ve tüketilen enerji miktarlarının ölçülmesiyle aylık bazda gerçekleştirilmektedir (EPDK 2018). Bu doğrultuda, elde edilen veriler kullanılarak Tablo 5’de aylık bazda üretilen, tüketilen ve mahsuplaşılan elektrik enerjisi miktarı verilmiştir.

Ortaya çıkan mahsuplaşma işlemi ve yapılan maliyet analizleri sonucunda hesaplamalar yapılarak kurulacak olan santralin amortisman süresi 2 yıl 7 ay olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3. ABD doları kur değeri

Table 3. Exchange rate

ABD Doları (\$) / TL
35,35

Tablo 4. Santralin maliyet tablosu

Table 4. Cost table of the power plant

Panel fiyatı	68.640 \$
İnvertör	9.000 \$
Kablolar AC-DC	18.000 \$
Etüt/Analiz	3.500 \$
İşçilik/Nakliye	5.500 \$
Konstrüksiyon	6.240 \$
Diğer	11.600 \$
Toplam Kurulum Maliyeti	122.480 \$
İşletme maliyeti(yıllık)	1.400 \$

Tablo 5. Üretilen, tüketilen ve mahsuplaşılan elektrik enerjisi

Table 5. Electrical energy produced, consumed and offset

Ay	İlk Yıl Üretilen Elektrik Enerjisi Miktarı (KWh)	2024 Yılında Tüketilen Elektrik Enerjisi Miktarı (KWh)	Mahsuplaşılan Elektrik Enerjisi Miktarı (KWh)
Ocak	19.351	29.621	-10.270
Şubat	26.532	27.572	-1.040
Mart	39.003	25.263	13.740
Nisan	48.546	20.213	20.213
Mayıs	58.208	19.937	19.937
Haziran	64.496	17.755	17.755
Temmuz	64.258	14.818	14.818
Ağustos	60.535	17.675	17.675
Eylül	49.301	17.590	17.590
Ekim	34.904	26.991	7.913
Kasım	22.907	27.881	-4.974
Aralık	18.328	32.605	-14.277
Toplam	506.101	277.921	99.080

Bulgular

Mühendislik fakültesi çatısı için tasarımı gerçekleştirilen fotovoltaik santralin enerji üretim kapasitesi, enerji kayıpları, aylık performans oranları PVsyst simülasyon programı kullanılarak elde edilmiştir. Şekil 12’de santralin üretim ve performans verileri verilmiştir.

Dizi kayıpları, panellerin performansını etkileyen bir faktördür. İnverter kayıpları, DC enerjinin AC enerjiye

dönüştürülmesi sırasında oluşan enerji kaybı olarak ifade edilir. Kullanılan inverterlerin verimliliği arttıkça, sistemdeki toplam enerji kayıpları da o oranda azalır. Şekil 13’de yapılan çalışmanın PVsyst programında elde edilen kayıp diyagramı verilmiştir.

Şekil 13’de verilen PVsyst programında yapılan simülasyon sonucunda elde edilen diyagramdan da görüldüğü gibi sistem kurulumu için belirlenen bölgeye yatay düzlemde düşen yıllık global ışıma miktarı 1.713 KWh/m²’dir. Fotovoltaik paneller, monte edildikleri

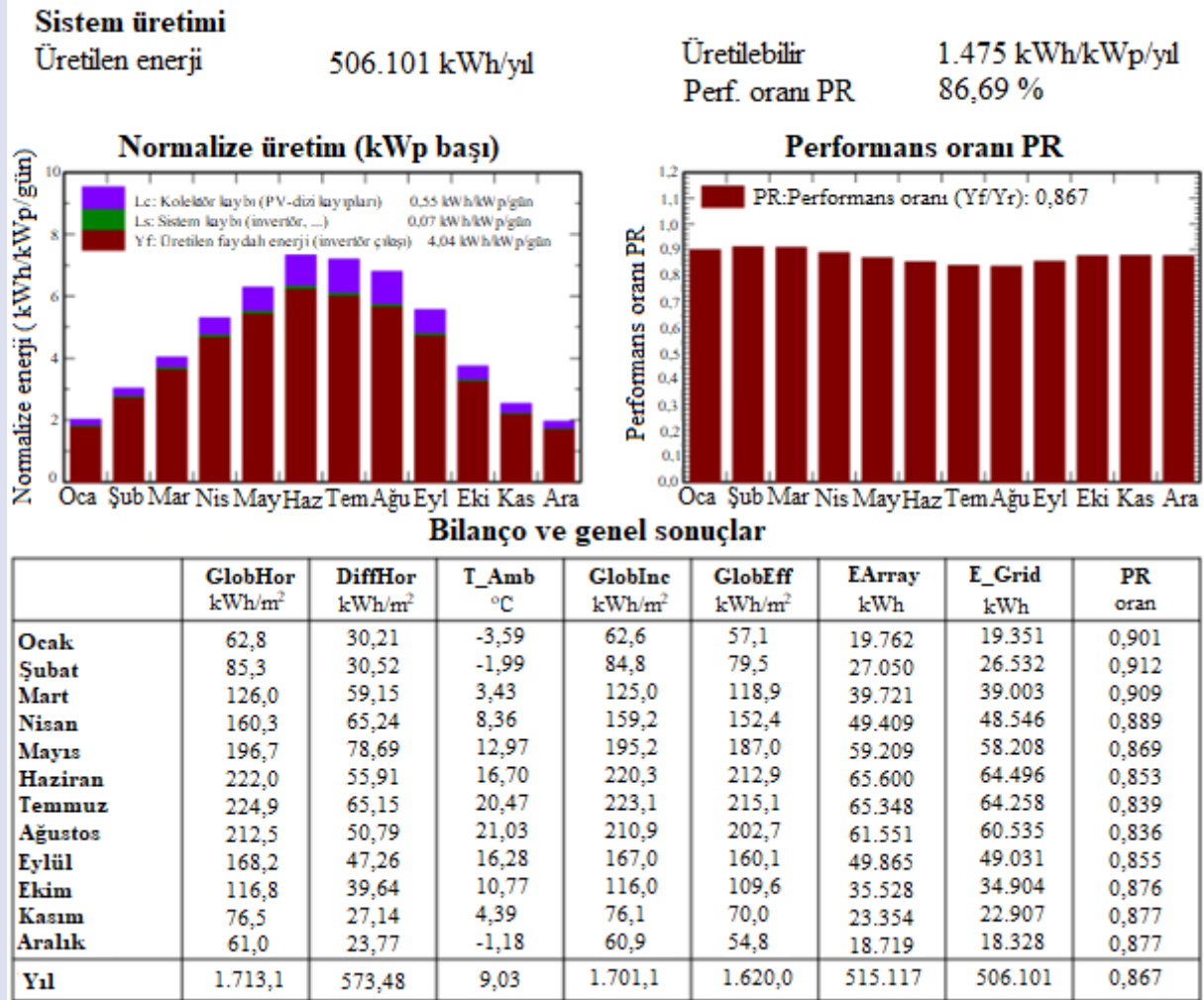
binanın çatı eğimi nedeniyle 10°'lik bir açıyla yerleştirilmiştir. Ancak, bu açı en uygun eğim olmadığından, panel yüzeyine ulaşan ışınlm miktarında % 0,7'lik bir azalma meydana gelmiştir.

Panelin yüzeyine düşen ışınlm, Güneş'ten geliş açısının her zaman dik olmaması nedeniyle bir kayıp yaşamaktadır ve toplam ışınlm kaybı % 3,5 olarak hesaplanmıştır. Optik kayıplar olarak adlandırılan bu kayıpların bir araya gelmesiyle, seçilen coğrafi konumda yatay düzleme düşen küresel ışınlmın % 5,50'si kaybolmuş ve panel yüzeyine ulaşan etkin ışınlm miktarı 1.620 KWh/m² olarak hesaplanmıştır. Tasarlanan bu sistemde kullanılan panelin standart test koşulları altındaki verimi de % 21,48'dir ve panel dizisi nominal enerjisi 555.962 KWh olarak belirlenmiştir.

Panelin standart test koşulları altında çalıştığı göz önüne alındığında, düşük ışıma seviyelerinden

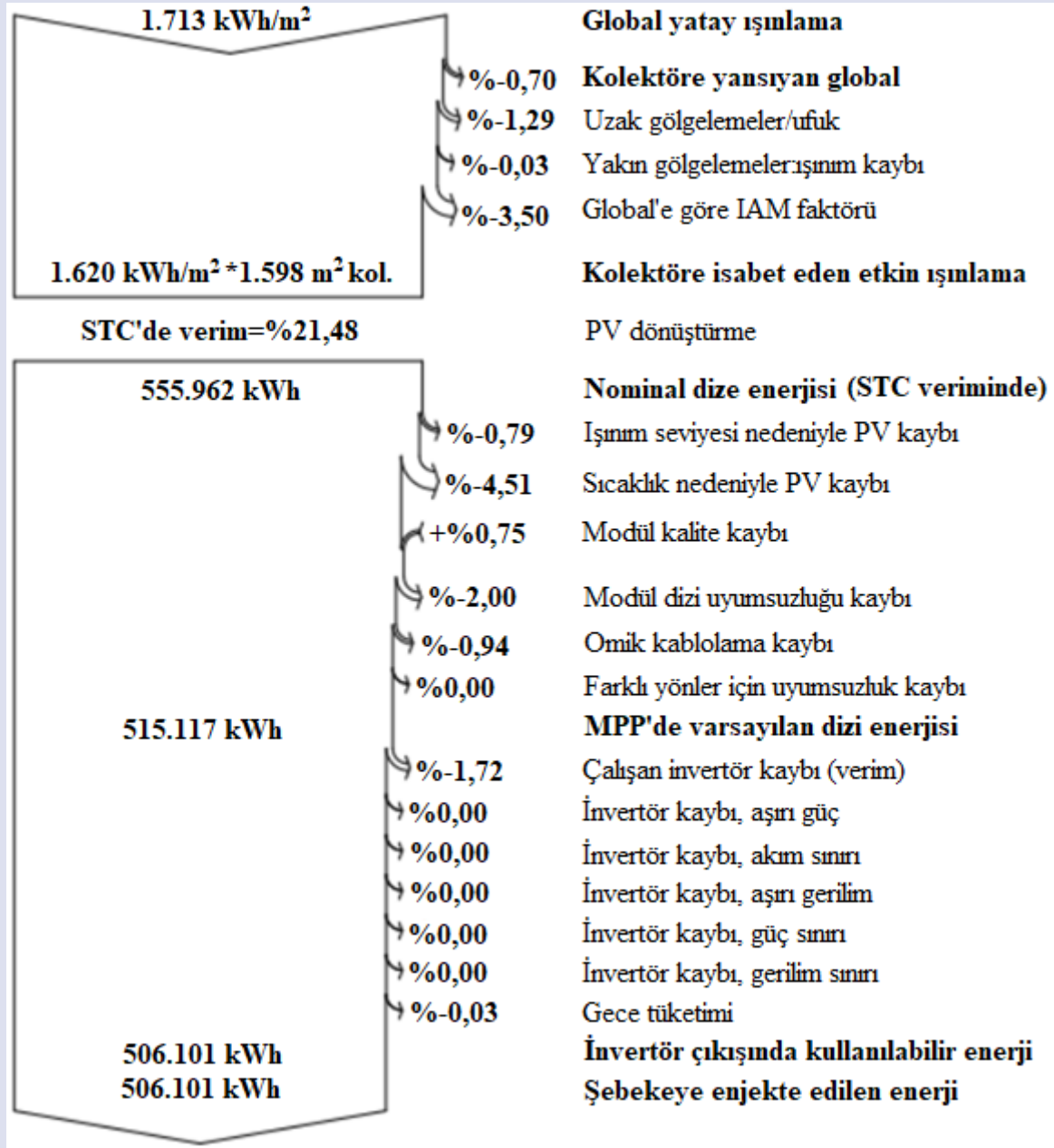
kaynaklanan kayıp % 0,79, sıcaklık etkisinden kaynaklanan kayıplar ise % 4,51 olarak hesaplanmıştır. Diziyi oluşturan her bir panelin dizideki konumu ve panellerin birbirine bağlanmasından kaynaklanan elektriksel kayıplar % 2'dir. Omik kayıplar % 0,94 olarak hesaplanırken, toplamda % 8,24'lük dizi kayıpları sonucunda MPP (maksimum güç noktası) seviyesinde dizi çıkışındaki enerji miktarı 515.117 KWh olarak hesaplanmıştır.

Evirici ve şebeke bağlantılarından kaynaklanan kayıplar, sistem kayıpları olarak kabul edilmiştir. Eviriciden kaynaklanan kayıp % 1,72 olup evirici çıkışındaki kullanılabilir enerji 506.101 KWh olarak hesaplanmıştır. Tüm bu kayıplar ve fotovoltaik panel verimi dikkate alındığında, simülasyonu yapılan şebeke bağlantılı sistemin yılda şebekeye 506.101 KWh enerji aktarabileceği hesaplanmıştır.



Şekil 12. Santrale ait üretim ve performans verileri

Figure 12. Production and performance data of the power plant



Şekil 13. PVsyst programından alınan kayıp diyagramı
Figure 13. Loss diagram from PVsyst program

Sonuç

Bu çalışmada, PVsyst ve Helioscope programları kullanılarak Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binası çatısına güneş enerjisi santrali tasarımı, analizi ve fizibilitesi yapılmıştır. Bu uygulamalar aracılığıyla tasarlanan bir sistemin yıllık enerji üretim miktarı ve performans oranı belirlenmiştir. Ayrıca, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nin aylık elektrik tüketim verileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Yerleşkenin elektrik tüketim verileri dikkate alınarak, lisanssız olarak kurulması planlanan santral her iki programda da yapılan tasarımlarda 550 W'lık 624 adet panelden 343 KWp kapasiteli santral tasarlanmıştır. Bu kapasite, mühendislik fakültesinin ihtiyaç duyduğu

elektrik üretildikten sonra, tüketim fazlası enerjinin mahsuplaşma ile satılacak şekilde planlanmıştır. PVsyst programında üretilen güç miktarı 343 KWp olurken, sisteme aktarılan yıllık enerji miktarı 506.101 KWh olarak hesaplanmıştır ve sistemin performans verimi % 86'dır. Tesis kurulumu için, 2025 yılı piyasa fiyatı göz önüne alındığında güneş enerjisi santralinin kurulum maliyetinin 122.480 \$ + KDV olacağı hesaplanmıştır. Yıllık işletme giderlerinin 1.400 \$ olduğu hesaplanmıştır. Kurulacak olan santralin ömrünün 25 sene olduğu varsayılmıştır. Gerekli analizler ve hesaplamalar sonucunda 2 yıl 7 ayda amorti edebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Arta kalan yıllarda elde edilen kazanç göz önüne alındığında, projenin ekonomik açıdan uygulanabilir olduğu düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) Komisyonu tarafından M-2025-883 Nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynakça

- Aksangör, N. N. 2019. Ankara Şartlarında Bir Fotovoltaik Sistemin PVsyst Programı Yardımı ile Performans Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Alkan, S. 2019. Çatı Üzeri Doğu-Batı Yönelimli Optimizerli Güneş Enerji Santralini Pilot Uygulaması ve Güney Yönelimli Güneş Enerji Santraline Göre Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Atay, S. 2020. Çatı Tipi Güneş Panellerinin Verimini Etkileyen Çevresel Parametrelerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye.
- Ceylan, O., Taşdelen, K. 2018. Isparta İli için Fotovoltaik Programlarının Simülasyon Sonuçlarının Doğruluğunun İncelenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 2018, 18(3), 895 – 903.
- CW Enerji. 550Wp 108PM M12 HC-MB Solar Panel. 2024. Şu adresten erişilebilir: <https://cw-enerji.com/en/product/cw-enerji-550wp-108pm-m12-hc-mb-solar-panel-831.html> [Erişim Tarihi 10 Nisan 2025].
- Çekirdek, M. 2017. Fotovoltaik Güç Santrallerinin Tekno-Ekonomik Analizi: Türkiye Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
- Çolak, Ş.Ç. 2010. Fotovoltaik Paneller Yardımı ile Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi ve Gelecekteki Projeksiyonu. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- EİGM 1999 (a). Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA). Şu adresten erişilebilir: <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/> [Erişim Tarihi 10 Nisan 2025].
- EİGM 1999 (b). Sivas ilinin güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA). Şu adresten erişilebilir: <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/58.aspx> [Erişim Tarihi 10 Nisan 2025].
- Emre, Ö. 2023. Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye.
- EPDK. 2018. Elektrik Piyasasında Tüketim Tesisi ile Aynı Ölçüm Noktasından Bağlı ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisleri İçin Lisanssız Üretim Başvurularına ve İhtiyaç Fazlası Enerjinin Değerlendirilmesine İlişkin Usul ve Esaslar. Resmi Gazete. 18.01.2018.
- Girgin, M.H. 2011. Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralini Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali için Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Enerji Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Haydaroğlu, C. 2017. Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralini Performans Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye.
- Huawei, 2024. SUN2000-50KTL-M3. Şu adresten erişilebilir: <https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100265241/dbf82720/technical-specifications> [Erişim Tarihi 10 Nisan 2025].
- Kahraman, M.Ü. 2018. Kütahya Bölgesi Güneş ve Rüzgâr Enerji Potansiyellerinin Tekno-Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye.
- Keskin, E. 2012. Türkiye İklim Koşullarında Fotovoltaik Güç Sistemlerinin Tasarımı ve Maliyet Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Kılıç, U. 2018. Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Enerji Üretim Sistemlerinin Tasarlanması ve Türkiye'de Farklı Coğrafik Bölgelerdeki Performans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Küçüköze, O. M. 2016. Erzincan İlinde Güneş Enerjili Elektrik Üretim Sisteminin Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan Üniversitesi, Erzincan, Türkiye.
- Sarı, V., Özyiğit, F. Y. 2020 (a). Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Yerleşkesinde Güneş Enerjisi Santralini Ekonomik Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 22(65), 517-526.
- Sarı, V., Özyiğit, F. Y. 2020 (b). Sivas İlinin Farklı İlçelerinde Şebeke Bağlantılı Güneş Enerji Santrallerinin Tasarımı ve Analizi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 20, 425-437.
- Sekuçoğlu, S. A. 2012. Fotovoltaik (PV), Rüzgâr ve Hibrit Sistemlerin Tasarımı ve Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2025). Türkiye'nin kurulu gücü. Şu adresten erişilebilir: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik> [Erişim Tarihi 22 Mayıs 2025].
- Tekkale, G. 2018. Türkiye'nin Çeşitli İllerinde Yapılacak Arazi Tipi Lisanssız Güneş Enerjisi Santrali Yatırımlarının Teknik ve Finansal Analizi Yüksek Lisans Tezi, Enerji Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- The Solar Future. 2017. How exactly do solar panels work? Şu adresten erişilebilir: <https://www.thesolarfuture.co.za/2017/12/03/exactly-solar-panels-work> [Erişim Tarihi 10 Nisan 2025].
- Tunçez H.O. 2022. Çatı Üstü Güneş Enerji Santrallerinde Verimliliği Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye.
- Uçar, S. 2018. Çatı ve Cephelerde Fotovoltaik Panel Uygulamaları Üzerine Bir Çalışma: Burdur Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Yücel, N. 2018. Minimum Tasarım ve İşletme Maliyetli Fotovoltaik Sistemin Çatı Üstü Uygulaması: Denizli Teknobil Lisesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye.
- Zientara, B. 2024. Countries That Use the Most Solar Energy in 2024. Şu adresten erişilebilir: <https://www.solarreviews.com/blog/where-is-solar-power-used-the-most> [Erişim Tarihi 10 Nisan 2025].