

RetScreen Programı Kullanılarak Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraatbiyotek Binasına Uygulanabilecek Fotovoltaik Tasarımın Fizibilite Analizi


Feasibility Study of Photovoltaic System that can be Applied to Tekirdağ Namık Kemal University Ziraatbiyotek Building using RetScreen Program


Bahar DİKEN^{1*} Birol Kayışoğlu

Öz

Fosil kökenli yakıtların hızla azalması ve artan enerji talebi sonucunda ülkeler alternatif enerji kaynaklarına yönelmiştir. Fosil kaynaklara alternatif ve çevre dostu olan yenilenebilir kaynaklar ise temiz ve tükenmeyen enerji kaynaklarıdır. Güneş enerjisi de bu alternatif enerji kaynaklarından birisidir. Bu çalışma; RetScreen programı ile PV sistemi kurulumu yapılmadan önce, sistemin uygunluğunu analiz etmeyi ve performansını gözlemleyebilmeyi amaçlamıştır. PV sistemlerin performansını etkileyen özellikler; panelin konumu, eğim açısı, gölgelenme ve panel tipi gibi etmenler dikkate alınarak tasarlanmıştır. Gölge analizi Helioscope programı ile yapılmıştır. Gölge analizinde, ilk olarak coğrafi konum tanımlanmıştır ve belirlenen parametreler sisteme girilmiştir. Ziraatbiyotek binası için 14 kW'lık güneş sistemin teknik, enerji ve ekonomik analizi yapılmıştır. Analiz 2 farklı senaryo şeklinde yapılarak, binada kurulacak güneş sistemin olumlu ve olumsuz yönleri ortaya koyulmuştur. Çalışmanın yapıldığı Ziraatbiyotek binası Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesi Naip Mahallesi'nde kurulmuştur. Ziraatbiyotek laboratuvar binası için GES santrali 405 m² alana sahip 60 adet panel kullanılmıştır. Seçilen panelin markası Astronergy Solardır ve her biri 240 W güç kapasitesine sahiptir. RetScreen programına panel eğimi 30°, azimut açısı 0° olarak girilmiştir. İki farklı senaryoda da panel tipi olarak polikristal kullanılmıştır. İlk senaryoda emisyon azaltım desteği dahil edilmemiş ve sistemin geri ödeme süresi 10.4 yıl, diğerinde ise 15\$ tCO₂⁻¹ ile yıllık 142\$ destek dahil edilmiş ve sistemin geri ödeme süresi 9.8 yıl olarak elde edilmiştir. Program ile elde edilen sonuçlara göre güneş paneli sistem ile üretilen 20.1 Wh'lık enerji 9.5 tCO₂ sera gazı azalımı görülmüştür. Ziraatbiyotek binasına 14 kW'lık güneş enerjisi sistemi yapıldığı takdirde yıllık elektrik ihtiyacının yaklaşık %40'ını güneş enerjisinden karşılanmış olacağı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: RetScreen, Helioscope, Ziraatbiyotek, Sera gazı, PV sistem

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Bahar DİKEN, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) ANKARA/TÜRKİYE. E-Mail : bahar.diken@tubitak.gov.tr  ORCID:0000-0002-8087-7595

²Birol KAYIŞOĞLU, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, 59030 Tekirdağ/ TÜRKİYE.E-Mail: bkayisoglu@nku.edu.tr  ORCID: 0000-0002-2885-3174

Atıf/Citation: Diken,B ve Kayışoğlu,B. RetScreen Programı Kullanılarak Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraatbiyotek Binasına Uygulanabilecek Fotovoltaik Tasarımın Fizibilite Analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (3), 656-667.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ, 2022

Abstract

As a result of the rapid decrease in fossil fuels and increasing energy demand, countries have turned to alternative energy sources. Renewable resources, which are alternative to fossil resources and are environmentally friendly, are clean and inexhaustible energy resources. Solar energy is one of these alternative energy sources. This study; With the RetScreen program, it is aimed to analyze the suitability of the system and observe its performance before the PV system is installed. Features affecting the performance of PV systems; It has been designed by considering factors such as the position of the panel, the angle of inclination, shading and panel type. Shadow analysis was performed with the Helioscope program. In the shadow analysis, firstly, the geographical location is defined and the determined parameters are entered into the system. Technical, energy and economic analysis of the 14 kW solar system for the Ziraatbiyotek building was made. The analysis was made in 2 different scenarios and the positive and negative aspects of the solar system to be installed in the building were revealed. The Ziraatbiyotek building, where the study was carried out, was established in the Naip District of the Süleymanpaşa district of Tekirdağ province. For the Ziraatbiyotek laboratory building, 60 panels of the GES power plant with an area of 405 m² were used. The brand of the selected panel is Astronergy Solar and each has a power capacity of 240 W. The panel inclination is 30° and the azimuth angle is 0° in the RetScreen program. Polycrystalline was used as the panel type in two different scenarios. In the first scenario, emission reduction support was not included and the payback period of the system was 10.4 years, and in the other, \$15 tCO₂⁻¹ and annual support of \$142 were included and the payback period of the system was 9.8 years. According to the results obtained with the program, 20.1 Wh energy produced by the solar panel system decreased 9.5 tCO₂ greenhouse gas emissions. It has been obtained that if a 14 kW solar energy system is installed in the Ziraatbiyotek building, approximately 40% of the annual electricity need will be met from solar energy.

Keywords: RetScreen, Helioscope, Ziraatbiyotek, Greenhouse gas, PV system

1. Giriş

Hızla artan nüfusun enerji ihtiyacının karşılanabilmesi ve gelişen teknoloji faaliyetlerini sürdürülebilmesi için enerji talebinin karşılanması gerekmektedir. Enerji ihtiyacı en fazla fosil kökenli kaynaklardan elde edilmektedir. Bu kaynaklar ise hem hızla tükenmesi hem de çevreyi olumsuz etkilemesi gibi dezavantajlara sahiptir. Ayrıca, enerji talebini karşılamayan dışa bağımlı ülkeler için fosil kökenli kaynaklar ciddi bir ekonomik maliyete mâl olmaktadır. Fosil kaynaklara alternatif ve çevre dostu olan yenilenebilir kaynaklar ise temiz ve tükenmeyen enerji kaynaklardır.

Yenilenebilir enerji tüketimi biyoyakıtlar ve hidro dışında hızlı bir şekilde artmıştır. 2018 yılındaki bu artış birincil enerjideki küresel büyümenin %40'ından fazlasını oluşturmuştur ve bu, diğer tüm yakıtlardan daha fazla oranda olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, yenilenebilir enerji kaynakları enerjideki payını 2018'de %4.5'ten %5'e çıkarmıştır. Enerji kaynağına göre, en büyük büyüme 1.4 EJ rüzgâr üretiminde gerçekleşirken ardından güneş enerjisi 1.2 EJ katkı sağlamıştır. Diğer kaynaklar yenilenebilir elektrik (biyokütle ve jeotermal gibi) 0.3 EJ artarken, biyoyakıt tüketimi 0.2 EJ veya günde 100000 varil petrol eşdeğeri artmıştır (BP, 2020).

Giderek gelişen elektrik enerjisi sistemi ile enerji sektörü talebi etkileşim içindedir. 2050'ye kadar elektrik üretiminin %86'sı yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanacağı ve bunun %60'ını güneş ve rüzgâr enerjisinden sağlanacağı öngörülmüştür. Rüzgâr ve güneş (PV), 2050'de sırasıyla 6000 GW ve 8500 GW'ın üzerinde kurulu kapasiteler ile genişlemeye hâkim olacaktır (IRENA, 2019).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan güneş enerjisinden en fazla yararlanan ülkelerin başında Çin gelmektedir. Bu ülkeyi sırayla Japonya, Almanya ve ABD takip etmektedir. Ülkemiz ise güneş enerjisinden yararlanma açısından Dünyada 19. sırada yer almaktadır. Almanya, ülkemizin yarısı kadar güneş enerjisi potansiyeline sahip olup 40000 MW GES kurulu gücü bulunmaktadır. Güneş enerjisinden 50000 GWh yıl⁻¹ elektrik enerjisi üretmektedir. Ülkemiz ilk aşamada güneş enerjisinden yılda 50000 GWh elektrik enerjisi üretecek olursa, elektrik enerjisi tüketiminin %18'ini güneş enerjisinden elde etmiş olacaktır (Kayışoğlu ve Diken, 2019).

Dünya'da yenilenebilir enerji maliyetleri hızla düşmeye devam etmektedir. Genel olarak, kamu hizmeti ölçeğindeki güneş fotovoltaik (PV) projelerinden elektrik maliyetlerindeki düşüş, küresel ortalama maliyetin %73 düşmesiyle dikkat çekicidir (IRENA, 2018). Rüzgâr ve güneş PV maliyetlerinin kilovat saat (kWh) başına 2-3 ABD sentine yaklaştığı Suudi Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri'nden Brezilya ve Amerika Birleşik Devletleri'ne (ABD) kadar çeşitli ülkelerde maliyet düşüşleri görülmüştür. Türkiye'de, hâlihazırda 2023 ulusal hedefini aşan toplam 5.1 GW için 1.6 GW kurulum gerçekleşmiş durumdadır. Bununla birlikte, Türkiye'nin, ulusal destek programlarına ilişkin belirsizlikler, arazi edinimi ile ilgili sorunlar, izin gibi çeşitli faktörler ve finansman kaynaklı gecikmeler nedeniyle 2017'ye göre %37 azalmıştır (REN21, 2020).

Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının teşvik edilmesi, kaynak çeşitliliğini artırılması, çevre kirliliğinin azaltılması ve yenilenebilir teknoloji üretim endüstrisinin artması için 6094 sayılı kanun ile enerji üretim sübvansiyonlarını artırılmış, GES için 13.3 ABD \$ cent kWh⁻¹'ye çıkarmıştır (Anonim, 2018). Örneğin, Danimarka'da elektrik ihtiyacının yaklaşık %30'unu RES'den karşılamakta olup, sabit fiyat garantisi 8.06 Euro kWh⁻¹'dir. Ülkemizde ise bu destek miktarı 7.3 Cent kWh⁻¹'dir (Şen, 2017).

Yapılan çalışmalarda, UENR Nsoatre Kampüsü'ndeki 50 MW'lık şebekeye bağlı bir güneş fotovoltaik santralinin teknik ve ekonomik fizibilitesini araştırması amaçlanmıştır. Ekonomik analiz, RETScreen yazılımı ile üç PV sisteminde yapılmıştır. Sistemler tarafından üretilen enerjinin maliyeti mono-kristal, polikristalin ve ince film sistemleri için sırasıyla 12.4 cent kWh⁻¹, 12.3 cent kWh⁻¹ ve 10.9 cent kWh⁻¹'dir. Saha değerlendirme sonuçları, kampüs için alınan 2000 dönümlük alanın sırasıyla %9, %10 ve %13'ünü kapladığını göstermiştir (Obeng ve ark., 2020). Yapılan çalışmada; çatı alanı için teknik PV sistemi tasarımı yapılmıştır. Bu tasarım için PVsyst ve RETScreen programları kullanılmıştır. Elde edilen verilere göre, 1219 kWh kWp⁻¹yıl⁻¹ (mono-si), 1280 kWh kWp⁻¹yıl⁻¹ (poly-si) ve 1291 kWh kWp⁻¹yıl⁻¹ (a-si) olarak elektrik üretimi elde edilmiştir (Eremkere ve Aktaş, 2020). Bu çalışmada, Irak'taki 20 lokasyon, Irak ulusal şebekesini ek nesillerle desteklemek için 100 MW'lık bir PV enerji santrali inşa etmek için test edildi. Bu lokasyonlar, güneş radyasyonu tahminleri, Irak'ın iklim koşulları, çevresel ve ekonomik yönleri, kurulum için arazi mevcudiyeti ve gelecekteki gelişmeler, su kaynakları ve iletim hatlarına, trafo merkezlerine ve otoyollara olan mesafeye göre farklı yerlerde seçilmiştir. Sonuçlar, RETScreen Expert paketi ile elde edildi. Sonuçlardan açıkça görüldüğü gibi, ortalama güneş ışıması 5.00394 kWh m⁻² gün⁻¹

iken, güneş ışınması ve yıllık üretilen enerji Nəcəf bölgesinde sırasıyla 5.2546 ve 169.732 GWh değeriyle maksimum seviyededir (Al-akayshee ve ark., 2020). Bu çalışmada, Doğu Azerbaycan ilindeki bir köyde bir fotovoltaik sistem incelenmiştir. Bu çalışma önce RetScreen programıyla simülasyonu gerçekleştirilmiş ve ardından sonuçlar test prototipi ile doğrulanmıştır. Simülasyonun sonuçlarına göre sistem yılda 8373 kWh enerji üretmektedir. Deneysel çalışmada ise, simülasyonda elde edilen sayıya çok yakın değer (8334 kWh) elde etmişlerdir (Darian ve ark., 2020).

Çevresel yönüyle literature bakıldığında; (Ahmed ve ark., 2020), NASA Meteorological Data, MATLAB / Simulink, Helioscope ve RETScreen yazılımı gibi araçları kullanarak tekno-ekonomik analizi yoluyla, enerji kullanıcılarının GHG azaltmadaki kilit rolünü araştırmaktır. Pakistan'da 25 yıllık ömrü boyunca 10 kW'lık PV sistemi, 7337 \$ sermaye maliyetini yaklaşık yıllarda geri kazanmış ve yılda 16832 kWh enerji üreterek kullanıcıya yıllık 1683 \$ kazanmıştır. Sistem, sera gazı emisyonlarını 2.4 ton geri dönüştürülmüş atığa, tüketilmeyen 16 varil ham petrol ve tüketilmeyen 2958.7 litre benzine eşdeğer azalttığı belirtilmiştir. Bu çalışmada ise, RETScreen yazılımını kullanarak her konum için enerji ve maliyet modelleri geliştirildi ve tabandan güneş PV tesisleri kaynaklanan GHG emisyonları analiz edildi. Yüksek enlem konumları için önerilen sistemlerin, düşük enlem konumlarına göre daha karlı olduğu görüldü. 25 lokasyon arasında, Gusau'da önerilen 100 MW'lık PV tesisi (11.88° N enlem 6.65 ° E boylam), 167307 MWh elektrikle en yüksek yıllık enerji üretimine sahip olduğu görülmüştür ve yıllık 41195.2 tCO₂ bir GHG azalma potansiyeli saptanmıştır. Yıllık 108309 MWh olarak tahmin edilen elektrik üretiminde ise, GHG azaltma potansiyeli 26668.5 tCO₂ yıl⁻¹ olarak tahmin edilmiştir (Nijoki ve Omeke, 2020). Bu tezde, uluslararası Nergis üniversitesinin enerji talebini karşılamak için rüzgâr ve güneş enerjisinin potansiyelleri araştırılarak hibrit güç sistemi modelinin (güneş-rüzgâr) ekonomik bir uyumluluğu sunulmuştur. Bu hibrit model, RetScreen adlı bir yazılım aracı kullanılarak tasarlanmıştır ve toplam brüt yıllık emisyon azaltımı tCO₂'nin % 75.5'dir (Shimu, 2019).

Bu çalışmadaki amaç; PV sistemi kurulumu yapılmadan önce, sistemin uygunluğunu analiz etmek, performansını gözlemleyebilmek ve yorumlamaktır. RetScreen simülasyon yazılımı kullanarak Ziraatbiyotek binası için PV tasarımı yapılmıştır. Bu simülasyon 2 farklı senaryo yapılarak, binada tasarlanacak olan PV sistemin olumlu ve olumsuz yönleri ortaya çıkarılmıştır. İki farklı senaryoda panel tipi olarak poli-Si kullanılmıştır ve bu senaryoların birincisinde sera gazı azaltım emisyon desteği eklenmemiş, ikincisinde ise bu destek eklenerek yorumlamalar yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Tekirdağ ilinin GES özellikleri

Bu çalışma kapsamında Tekirdağ iline ait GEPA Şekil 1'de verilmiştir. Bu çalışmada esas alınan aylık ve günlük güneş radyasyonu ile ortalama sıcaklık değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Güneşlenmenin Aralık-Ocak aylarında minimum değerlerde gerçekleştiği, Temmuz ayında ise maksimum değere ulaştığı görülmektedir. Sıcaklık değeri 5.2 °C ile 23.7 °C arasında değişirken, günlük güneş radyasyonu 1.37 ile 7.06 kWh m⁻² değerleri arasında değişmektedir.



Figure 1. Solar energy potential atlas for Tekirdağ province (GEPA, 2019)

Şekil 1. Tekirdağ ili için güneş enerji potansiyeli atlası (GEPA, 2019)

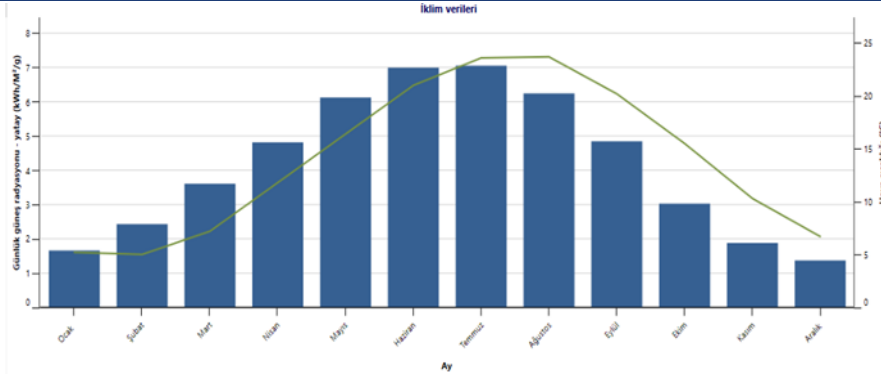


Figure 2. Monthly and daily solar radiation and average temperature values
Şekil 2. Aylık ve günlük güneş radyasyonu ile ortalama sıcaklık değerleri

2.2 Ziraatbiyotek Binası

Çalışmanın yürütüldüğü Ziraatbiyotek binası Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesi Naip Mahallesi'nde kurulmuştur. 40.88° N enlem ve 27.42° E boylamında yer almaktadır ve deniz seviyesinden yüksekliği 24 metredir (Şekil 3). Ziraatbiyotek bünyesinde AR-GE laboratuvarı, modern seralar, bitki doku kültürü laboratuvarları, tam kontrollü bitki büyüme odaları ve eğitim salonları bulunmaktadır. Çalışma kapsamında fizibilite analizinin yapılacağı Ziraatbiyotek, iki binadan oluşup toplam çatı alanları yaklaşık 452 m²'dir.

2.3. Yöntem

Bu çalışmada, T.C. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi bünyesinde bulunan Ziraatbiyotek binasının elektrik enerjisi kullanım miktarı tespit edilerek, PV sistemi tasarımının yapılabilmesi için birtakım parametreler belirlenmiştir. Bu amaçla PV sistemlerin performansını etkileyen özellikler; panelin konumu, eğim açısı, gölgelenme panel tipi ve meteorolojik verileri dikkate alınarak seçilen alanın güneş enerjisi potansiyeli tespit edilmiştir (Altan ve ark., 2021). Ziraatbiyotek binasının mimari projesi dikkate alınarak PV sisteminin kurulacağı çatıların alanları ve panel adeti belirlenmiştir. RETScreen yazılımına panellerin özellikleri, eğim açısı, azimut açısı ve konum bilgileri girilmiştir. PV sisteminin fizibilitesi yapılmıştır ve elde edilen veriler yorumlanarak projenin uygulanabilir olduğu belirlenmiştir.



Figure 3. Determining the building location in the RetScreen program (Ziraatbiyotek building)
Şekil 3. RetScreen programında bina yerinin belirlenmesi (Ziraatbiyotek binası)

RETScreen'de mali analiz için bazı kabullenmeler yapılmıştır;

- ✓ Türkiye'de devlet 0.133 \$ kWh⁻¹ destek vermektedir.
- ✓ 30.12.2019 tarihinde 1 dolar 5.94 TL'dir.
- ✓ 1 euro 1.12 Dolar'dır.

- ✓ Sera gazı azaltma kredi oranı 15 \$ tCO₂⁻¹,
- ✓ Temiz Enerji (TE) kredi oranı 0.007\$ kWh⁻¹,
- ✓ TE Üretim Kredi Eskalasyon Oranı %2 'dir.

Azimut açısı PV sistemlerin güney yönünde olmasını göstermekte olup, panel yüzeyine düşen ışınım miktarını etkilemektedir. Türkiye'de güney pozisyonunda paneller için azimut açısı 0° olarak kabul edilmektedir (Eremkere ve Aktaş, 2020).

2.4. Polikristal panel sistemin tasarımına yönelik sonuçlar

Ziraatbiyotek laboratuvar binası için GES santralinin kapasitesi 14 kW'tır. Santralda 452 m² alana sahip 60 adet panel kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan panelin ülkemizde bulunmasına dikkat edilmiştir. Seçilen panelin markası Astronergy solardır ve her biri 240 W güç kapasitesine sahiptir. RetScreen programına panel eğimi 30°, azimut açısı 0° olarak girilmiştir. Panel ile ilgili RETScreen verileri *Tablo 1*'de yer verilmiştir. Tasarım için gerekli olan ilk yatırım maliyeti ve diğer kalemler için mali hesaplamalardaki kabuller *Tablo 2*'de verilmiştir.

Tablo 1. Panel özellikleri

Table 1. Panel properties

Panel	
Tip	Poly-si
Maksimum güç (Wp)	240
Panel verimi (%)	14.67
Panel adedi	60
Çerçeve alanı (m ²)	1.636
Toplam modül alanı (m ²)	98
Nominal çalışma hücresi sıcaklığı (°C)	45
Çeşitli kayıplar	%10
İnvertör	
Verimlilik (%)	98
Kapasite (kW)	5*3
Çeşitli kayıplar (%)	1
Özet	
Kapasite faktörü (%)	16
İlk maliyetler (\$)	21516.5
İşletme ve bakım maliyetleri (\$)	616
Şebekeye verilen elektrik (MWh)	20.1
Elektrik ihraç geliri (\$)	2677

Tablo 2. Tasarımda kullanılacak ekipmanlar ve diğer maliyetler (DBK Enerji)

Table 2. Equipment and other costs to be used in the design (DBK Energy)

PV Sistem Maliyet Bileşenleri	Birim	Miktar
PV	€/W	0.54-0.64
İnvertör	€/W	0.2-0.25
Konstruksiyon	€/W	0.07-0.08
Kablolama DC-AC	€/W	0.05-0.07
Koruma Ekipmanları)	€/W	0.02-0.03
Trafo	€/W	0.02-0.03
Uzaktan İzleme, Sayaç, Panolar	€/W	0.06-0.07
İşçilik+nakliye	€/W	0.06-0.07
Toplam (Kdv hariç)	€/W	1.02-1.24

Toplam Panel Maliyeti = 0.59 * 60 * 240 = 8496 € = 9515.5\$'dir.

Toplam invertör Maliyeti = 0.225 * 3 * 5000 = 3.375€ = 3780\$'dir

Santralin diğer maliyet kalemleri toplam 3920-4900 € arasında hesaplanmıştır.

Ortalama değer 4410 € = 4939 \$ olarak hesaplara katılacaktır.

İlk yatırım maliyeti = 18.234 + KDV = 21516.1\$

Bakım onarım maliyeti hesabı için 0.044\$/W olarak kabul edilmiştir (Sulukan, 2019)

Bakım onarım Maliyeti = 0.044 * 14000 = 616\$

2.5. Polikristal panellerde gölge analizi

Gölge analizi için Helioscope programı kullanılmıştır. Programa ilk olarak coğrafi konum tanımlanmıştır. Tasarımın yapılacağı binanın simülasyonda alan seçimi yapılmıştır (Şekil 4). Yazılıma coğrafi konum belirlendikten sonra, RetScreen programında belirlenen parametreler panel eğimi 30° , azimut açısı 0° ve panel markası Astronergy Solar olarak tanımlanmıştır. Her iki bina için belirlenen parametrelere göre gölge analizi yapılmıştır ve çıktılar değerlendirilmiştir (Şekil 5). Sonuçlar birinci bina için kullanılmayan teras alanı 47 m^2 'dir. Birinci çatı alanı $\approx 318 \text{ m}^2$ 'de ise 51 panel (12 kWp) %8.5 gölge kaybı elde edilmiştir. İkinci binada ise çatı alanı $\approx 87 \text{ m}^2$ 'de 9 panel (2.2 kWp) %0.8 gölge kaybı ortaya çıkmıştır.

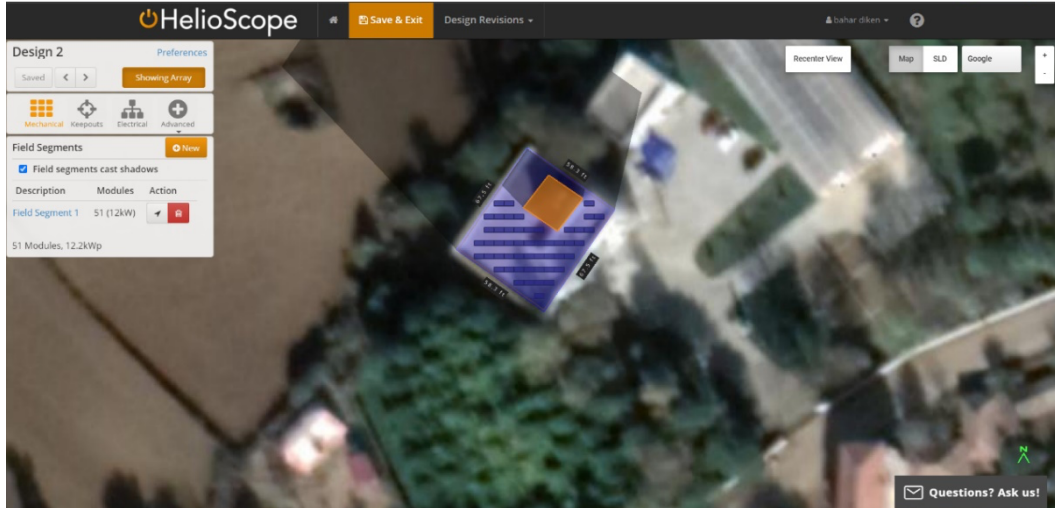


Figure 4. Selecting the building area in the Helioscope program

Şekil 4. Helioscope programında bina alanının seçilmesi

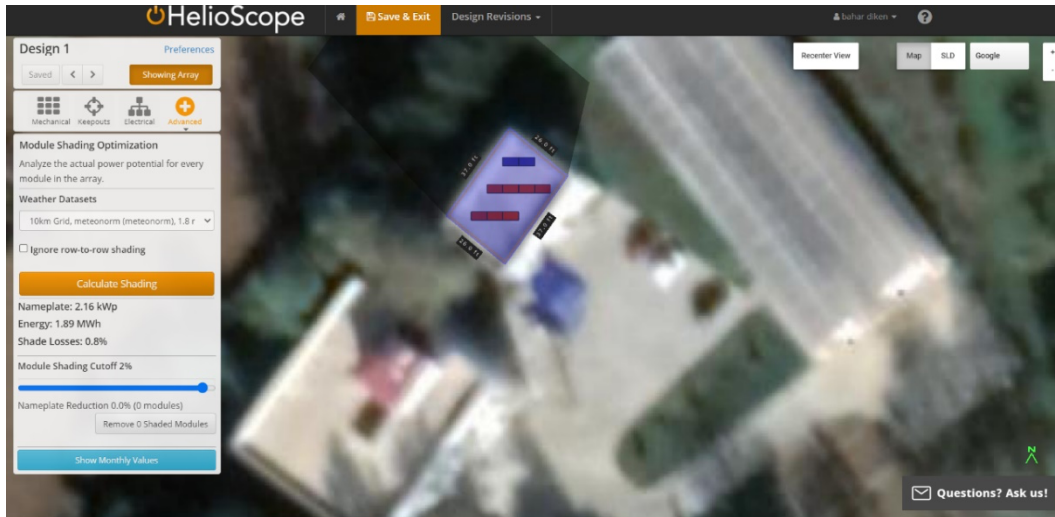


Figure 5. Shadow analysis in Helioscope program

Şekil 5. Helioscope programında gölge analizi

3. Tartışma ve Sonuç

3.1. Enerji Analiz Sonuçları

RetScreen programına meteorolojik değişkenler ve kullanılan panel özellikleri yazılıma girildikten sonra aylık ve yıllık toplam enerji üretimleri tespit edilmiştir. Tablo 3' de aylık bazdaki sonuçlara göre; Aralık ayında 0.816 MWh en az elektrik üretimi elde edilmiş olup, en yüksek elektrik üretimi ise 2.400 MWh ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. RETScreen yazılımı ile elde sonuçta yıllık toplam 20.126 MWh'lik elektrik üretimi elde edilmiştir.

Tablo 3. Polikristal panelin aylık ve yıllık enerji üretim miktarları

Table 3. Monthly and annual energy production amounts of the polycrystalline panel

Ay	Günlük güneş radyasyonu – yatay kWh/m ² /g	Günlük güneş radyasyonu- eğimli kWh/m ² /g	Şebekeye verilen elektrik MWh
Ocak	1.66	2.48	0.982
Şubat	2.43	3.23	1.151
Mart	3.61	4.25	1.650
Nisan	4.82	5.10	1.870
Mayıs	6.13	5.98	2.213
Haziran	7.00	6.56	2.297
Temmuz	7.06	6.74	2.400
Ağustos	6.25	6.44	2.292
Eylül	4.85	5.60	1.968
Ekim	3.03	3.89	1.460
Kasım	1.88	2.74	1.027
Aralık	1.37	2.06	0.816
Yıllık	4.18	4.60	20.126

3.2. Çevresel Analiz Sonuçları

Yapılan çevresel analize göre, PV sisteminden elde edilen 20.1 MWh'lık enerji 9.5 tCO₂ sera gazı salınımının azaltımı söz konusudur ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Ayrıca 22.1 kullanılmayan ham petrol varili veya 1.7 adet trafikte kullanılmayan araç ve kamyonet azlığı sağlanmıştır. Sistemin 20 yılda azaltacağı net sera gazı emisyonu 190 tCO₂ dir.

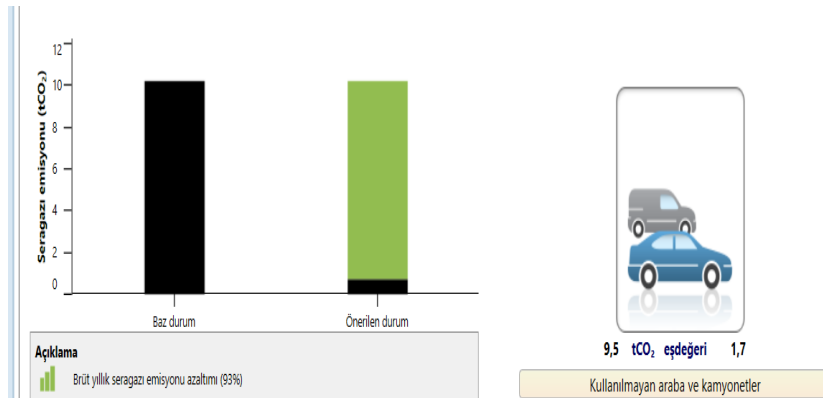


Figure 6. Greenhouse gas emission reduction

Şekil 6. Sera gazı emisyon azaltımı

3.3. Finansal Analiz Sonuçları

Türkiye'de devlet on yıl boyunca 0.133 \$ kWh⁻¹'ten enerji alım garantisi vermektedir. Sistemin elde edeceği bir yıllık elektrik enerjisi miktarı dikkate alındığında santraldan yıllık 20.126 MWh x 133 \$ MWh⁻¹ = 2 676.8 \$ gelir sağlayacaktır. Bu gelire ilaveten sera gazı emisyon desteği eklendiğinde yıllık 2960 \$ gelir sağlanmıştır. Yapılan finansal analiz sonuçlarına göre; ilk senaryoda emisyon azaltım desteği dahil edilmemiş ve sistemin geri ödeme süresi 10.4 yıl, diğ erinde ise 15\$ tCO₂⁻¹ ile yıllık 142\$ destek dahil edilmiş ve sistemin geri ödeme süresi 9.8 yıl olarak elde edilmiştir.

İki farklı senaryo için mali akış grafiği Şekil 7 ve Şekil 8'te verilmiştir. Finansal analiz sonuçları ise Tablo 4'te verilmiştir.

Literatür ile elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında; Delice ve Yaslıoğlu (2021), PVSOL programı kullanılarak ahır işletmesinde en düşük enerji üretimi ise Aralık ve Ocak aylarında gerçekleşmiş olsa bile ahır

ihtiyacının karşılayabilecek düzeyde elektrik üretimi sağlandığı ifade edilmiştir. Bu çalışmada ise bu aylarda sırasıyla yaklaşık %11 ve %13 civarında elektrik ihtiyacının karşılandığı belirlenmiştir.

Tablo 4. Finansal analiz sonuçları

Table 4. Financial analysis results

Toplam ilk maliyet (\$)	21 516
Toplam yıllık maliyet (\$)	2 270
Enflasyon oranı	7.7
İskonto ve yeniden yatırım oranı	9
Proje ömrü-yıl	20
Yıllık ciro	
Elektrik ihraç geliri (\$)	2 677
Yıllık sera gazı azaltımı (tCO ₂)	9
Net sera gazı azaltımı – 20 yıllık	190
Sera gazı azaltım geliri (\$)	0
	142
TE üretimi (MWh)	20.1
TE üretim geliri -20 yıl (\$)	141
Toplam yıllık tasarruf ve gelir (\$)	2 818
	2 960
Finansal sürdürülebilirlik	
Vergi öncesi İGO varlıklar (%)	15.4
	16.0
Basit geri ödeme (yıl)	10.4
	9.8
Öz sermaye geri ödeme (yıl)	7.5
	7.2

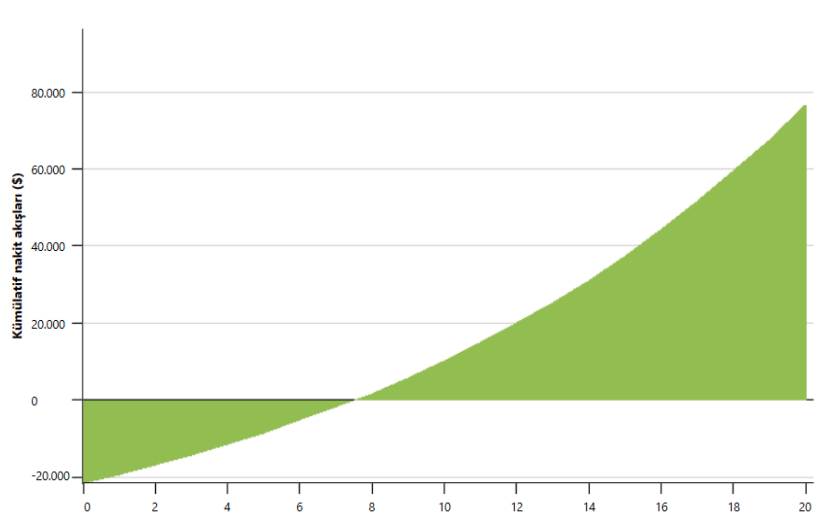


Figure 7. Financial flow chart for polycrystalline panel design (Without Greenhouse Gas Emission Support)

Şekil 7. Polikristal panel tasarımı için mali akış grafiği (Sera Gazı Emisyon Desteksiz)

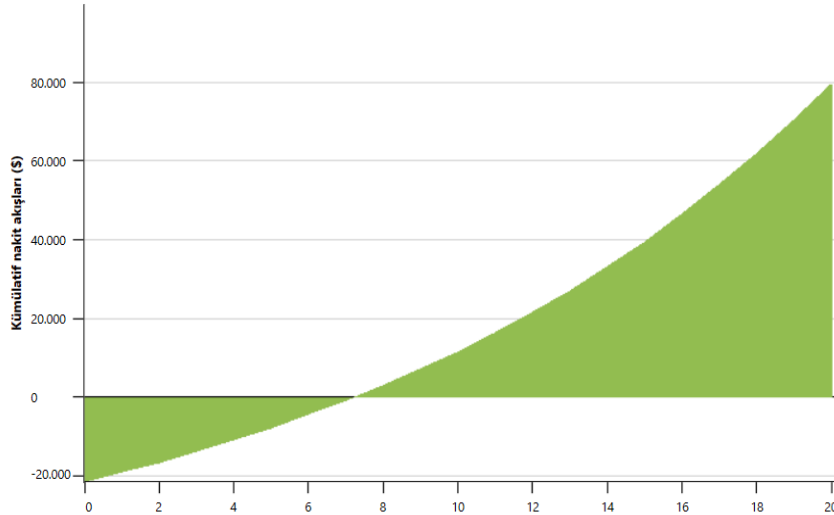


Figure 8. Financial flow chart for polycrystalline panel design (Greenhouse Gas Emission Supported)

Şekil 8. Polikristal panel tasarımı için mali akış grafiği (Sera Gazı Emisyon Destekli)

NASA Meteorological Data, MATLAB/ Simulink, Helioscope ve RETScreen gibi yazılımları kullanılarak sera gazı emisyon azaltımının da yaklaşık yıllık 1683 \$ kazanmıştır (Ahmed ve ark., 2020). Büyükzeren ve ark. (2015) yaptığı çalışmada ise, RETScreen yazılımını kullanılarak sera gazı azaltım desteği dâhil edilmesi ile 10668\$ ek kar elde edilmiştir ve sistemin geri ödeme süresini azaldığı belirtilmiştir. Sisteme, sera gazı emisyonu desteği dâhil edildiğinde yıllık ek desteğin önemli faktör olduğu yapılan çalışmalar ile paralel şekilde elde edilmiştir.

4. Sonuç

Çalışmada, Ziraatbiyotek binasının aylık elektrik tüketim miktar verileri incelenmiştir. Naip Mahallesi Süleymanpaşa yerleşkesinde bulunan Ziraatbiyotek 2 binadan oluşmaktadır. Tablo 5'te yerleşkenin aylara göre yıllık elektrik tüketim miktarları gösterilmektedir.

Tablo 5. Güneş Enerjisi Sistemi Verilerin Aylara Göre Yıllık Elektrik Tüketim Miktarları Karşılaştırılması
Table 5. Comparison of Annual Electricity Consumption Amounts of Solar Energy System Data by Months

Aylar	Ziraatbiyotek Ges Elektrik Üretimi (kWh) RetScreen Sonuçlarına Göre	Şebeke Elektrik Tüketimi (kWh) GES'ten Önce	Şebeke Elektrik Tüketimi (kWh) GES'ten sonra	Elektrik Giderleri (TL) GES'ten önce	Elektrik Giderleri (TL) GES'ten sonra
Ocak	982	7363.4	6381.4	5017.6	4530.794
Şubat	1151	3492.9	2341.9	2685.2	1662.749
Mart	1650	5356.4	3706.4	3935.6	2631.544
Nisan	1870	4763.6	2893.6	3590.3	2054.456
Mayıs	2213	3145	932	2583.9	661.72
Haziran	2297	2784.8	487.8	2357.9	346.338
Temmuz	2400	3258.5	966.5	3017.3	686.215
Ağustos	2292	2889.8	921.8	2749.8	654.478
Eylül	1968	2690.4	1230.4	2589.2	873.584
Ekim	1460	3358.5	2331.5	3523.5	1655.365
Kasım	1027	4792.9	3765.9	4729.8	2673.789
Aralık	816	6940.56	6124.56	5430.6	4348.438
Toplam	20126	50836.7	32083.7	42210.7	22779.4

Bir fotovoltaik güneş enerjisi santralinin uygulanmadan önce seçilen yerin uygunluğunun belirlenmesi ve fizibilite çalışmasının yapılması yatırımcılar için önemli bir avantaj sağlamaktadır. Buna ilaveten, sera gazı azaltım desteği de eklendiği zaman PV sistemlerine ilgi gitgide artacaktır. Elde edilen sonuçlara göre, PV santralinden

yıllık toplam 20.1 MWh enerji üretilmiştir. Finansal kısmı değerlendirildiğinde; sisteme ikinci senaryodaki destek eklendiği zaman yıllık 142 \$ ek kar elde edildiği ve sistemin geri ödeme süresinin azaldığı görülmüştür. Ziraatbiyotek binasına 14 kW'lık güneş enerjisi sistemi kurulduğu takdirde yıllık elektrik ihtiyacının yaklaşık %40'ını güneş enerjisinden karşılanmış olacağı elde edilmiştir.

Kaynakça

- Ahmed,W., Sheikh, J.A., Nouman, M., Ullah,M.F., Mahmud, M. A. P. (2020). Techno-Economic Analysis for the Role of Single End Energy User in Mitigating GHG Emission Researchsquare.
- Al-akayshee, A. S. Kuznetsov O. N. Sultan , H. M.Viability (2020). Analysis of Large Photovoltaic Power Plants as a Solution of Power Shortage in Iraq *IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)*.
- Altan, A. D., Diken, B., Kayaşođlu, B. (2021). Prediction of Photovoltaic Panel Power Outputs Using Time Series and Artificial Neural Network Methods. *Tekirdağ Ziraat Fakóltesi Dergisi*, 18(3), 457-469.
- Anonim. Türkiye'nin Yedinci Ulusal Bildirimi, (2018). <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/yed-nc--ulusal-b-ld-r-m-20190909092640.pdf>. Erişim tarihi 10.12.2018.
- BP, (2020). <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2020.pdf>. Erişim tarihi:10.04.2020.
- Büyükzeren, R., Altıntaş, H. B., Martin, K., & Kahraman, A. (2015). Binalardaki fotovoltaik uygulamasının teknik, çevresel ve ekonomik incelenmesi: Meram Tıp Fakóltesi Hastanesi örneği. *EMO Bilimsel Dergi*, 5(10), 9-14.
- Darian, M. M. M., Ghorreshi, A. M., Hajatzadeh, M. J. (2020). Evaluation of Photovoltaic System Performance: *A Case Study in East Azerbaijan, Iran rania (Iranica)* Journal of Energy and Environment, 11(1), 75-78.
- DBK Enerji (2020). "Güneş Enerjisi Uygulaması için Diğer Maliyet Kalemleri", <http://www.dbkenerji.com> Erişim tarihi: 05.02.2020.
- Delice H, Yashoglu E. (2021) The effect of building orientation on utilization of solar energy in dairy cattle barns. *Tekirdağ Ziraat Fakóltesi Dergisi*, 18 (3), 419-427.
- Eremkere, M., Aktaş, T. (2020). Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Üzüm Suyu İşleme Tesis çatısına uygulanabilecek fotovoltaik tasarımların teknik, ekonomik ve çevresel açılardan analizi. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 7(1), 275-294.
- GEPA, (2019). Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası, <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/> Erişim tarihi: 20.06.2019.
- IRENA, (2019). https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf. Erişim tarihi:17.05.2020.
- IRENA, (2018).https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf. Erişim tarihi:05.10.2019.
- Kayaşoğlu, B., Diken, B. (2019) Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kullanımının Mevcut Durumu ve Sorunları. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 15(2), 61-65.
- Njoku, H. O., Omeke, O. M, (2020). Potentials and financial viability of solar photovoltaic power generation in Nigeria for greenhouse gas emissions mitigation *Clean Technologies and Environmental Policy*, 22:481-492.
- Obeng,M., Gyamfi, S. , Derkyi,N.S. , Kabo-bah,A.T , Peprah,F. (2020). *Technical and economic feasibility of a 50MW grid-connected solar PV at UENR Nsoatre Campus Journal of Cleaner Production*, 247,119159.
- REN21, (2021). https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf Erişim Tarihi: 20.05.2021
- Shimu, J. F. (2019). *Feasibility Study Of 100kw Solar Pv System Using Retscreen* doi: <http://dspace.daffodilvarsity.edu.bd:8080/handle/123456789/4793>.
- Sulukan, E. (2019). İstanbul'da bir fotovoltaik sistemin tekno-ekonomik ve çevresel analizi *Pamukkale Univ Muh Bilim Dergisi*, 26(1), 127-132.
- Şen, S . (2017) Incentives As A Fiscal Policy Tool In Renewable Energy Production: Experiences Of A Number Of Selected European Countries And Turkey . *Journal of Life Economics*, 4 (1) , 59-76 . DOI: 10.15637/jlecon.185.