



DÜZCE İLİ HAVA ŞARTLARINDA BİR HANEDE FOTOVOLTAİK PİL KULLANIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ VE EKSERJİ ANALİZİ

İrem DÜZDAR^{*1}, İlay Özge ERYILMAZ²

¹ Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Düzce,
ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-7642-8121>

² Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Düzce,
ORCID No : <http://orcid.org/0009-0000-9743-2237>

Anahtar Kelimeler

Öz

Güneş enerjisi, enerji verimliliği, güneş paneli, fotovoltaik pil, hanede verimlilik, ekserji analizi

Nüfusun ve sanayileşmenin artması günümüzde enerji ihtiyacına olan önemi arttırmaktadır. Enerji, günümüzde vazgeçilmez bir zorunluluk olduğu için enerji verimliliği ve enerji tasarrufunu da zorunluluk olarak ifade edilebilir. Güneş enerjisi, sürdürülebilir ve çevre dostu olması açısından hayatımızda bulunmaktadır. Güneş panellerinin montajı ile evlerin çatıları enerji santrallerine dönüşmektedir. Kurulan bu enerji sistemi ile Güneş'ten enerji sağlanırken aynı zamanda elektrik üretimi ile şebekeden alınacak elektrik enerjisinden tasarruf edilecektir. Böylece ihtiyaç fazlası elektriği şebeke şirketlerine satarak kazanç elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, Düzce ili hava şartlarında bir hanede hangi sınıfta ve güçte güneş paneli kullanılmalı, kullanıldığı takdirde enerji verimliliği ne durumda olur sorularına cevap bulmak için enerji ve ekserji analiziyle iki farklı senaryo incelenerek sonuçlar verilmiştir. Evin bulunduğu alan herhangi bir grid dağıtım bölgesinde ise on-grid sistemi, grid dağılımı dışındaki alan kullanılıyorsa off-grid sistemi kullanılır. Bu çalışmada şebekeye bağlı sistem ve şebekeden bağımsız sistem olmak üzere iki farklı senaryo incelenecektir. Birinci senaryo sonucunda sistemdeki kullanılabilirlik olarak elektriksel ekserji değeri 505,347 W, ikinci senaryoda ise sistemdeki kullanılabilirlik olarak elektriksel ekserji değeri 479,02 W olmaktadır.

* iremduzdar@gmail.com
doi : 10.46399/muhendismakina.1423815

EFFECT OF PHOTOVOLTAIC BATTERY USE ON ENERGY EFFICIENCY AND EXERGY ANALYSIS IN A HOUSE IN DÜZCE PROVINCE WEATHER CONDITIONS

Keywords

Solar energy, energy efficiency, solar panel, photovoltaic battery, household efficiency, exergy analysis

Abstract

The increase in population and industrialization increases the importance of energy needs today. Since energy is an indispensable necessity today, energy efficiency and energy saving can also be expressed as a necessity. Solar energy is present in our lives because it is sustainable and environmentally friendly. With the installation of solar panels, the roofs of houses turn into power plants. With this installed energy system, while providing energy from the Sun, it is also possible to save the electrical energy to be taken from the grid through electricity production and to earn profits by selling excess electricity to network companies. In this study, what class and power of solar panel should be used in a household under the weather conditions of Duzce province, and what the energy efficiency will be if used, will be examined through energy and exergy analysis. In this study, two different scenarios were examined with energy and exergy analysis to find answers to the questions of which class and power solar panel should be used in a household under the weather conditions of Düzce province and what the energy efficiency would be if used, and the results were given. If the area where the house is located is in any grid distribution region, the on-grid system is used, and if the area outside the grid distribution is used, the off-grid system is used. In this study, two different scenarios will be examined: a grid-connected system and an off-grid system. As a result of the first scenario, the electrical exergy value as availability in the system is 505.347 W, and in the second scenario, the electrical exergy value as availability in the system is 479.02 W.

Araştırma Makalesi

Başvuru Tarihi : 14.02.2024

Kabul Tarihi : 02.10.2024

Research Article

Submission Date : 14.02.2024

Accepted Date : 02.10.2024

Extended Abstract

Introduction/ Background

Renewable energy is obtained from natural resources that are constantly renewed and cannot be exhausted. It is called Renewable Energy because it can be constantly replenished by nature. For example, the sun, a renewable energy source, continues to shine and radiate warmth whether the weather is good or bad. Renewable energy; It is not possible for it to be completed completely due to large production centres such as factories or humanitarian reasons. Since the resources used in energy production are energy resources that can renew themselves in a very rapid time, depletion cannot be mentioned. Solar energy is the radiant energy generated during the fusion phase, which occurs when hydrogen gas is converted into helium gas. Continuous energy can be obtained from sunlight, which is the reflection of this radiant energy onto the earth. Energy obtained from the sun does not cause greenhouse gas emissions, therefore it is a clean energy source. Even a small fraction of the world's solar energy is more than humanity's current use. Solar energy used for home is a system that converts sunlight into electrical energy through solar panels installed on the roof.

Objectives/ Research Purpose

To install a solar panel at home, firstly it must be decided for what purpose it will be installed. It may be requested to reduce carbon emissions, save on electricity bills, or not only save money but also earn financial income. For home panel installation, daily, monthly or annual energy consumption must be determined. At the same time, the area on the roof suitable for placement of the panel should be determined. Radiation data in the area where the house is located should be examined and the data should be kept ready to determine the number of solar panels.

Methods/ Methodology

In this study, which class and power of solar panel should be used in a household under the weather conditions of Düzce province, and what the energy efficiency will be if solar panels are used, will be examined through energy and exergy analysis.

Results/ Findings

For this situation, two different scenarios were examined and the results were given. If the area where the house is located is in any grid distribution region, the on-grid system is used, and if the area outside the grid distribution is used, the off-grid system is used. In this study, two different scenarios, on-grid system and off-grid system, will be examined.

Discussion and Conclusions

As a result of the first scenario, the electrical exergy value as usability in the system is 505,347 W, while in the second scenario, the electrical exergy value as usability in the system is 479,02 W.

1. Giriş

Güneş panellerin kurulumu ile evlerin çatıları enerji üretim merkezlerine dönüştürülmektedir. Bu enerji üretim merkezleri ile güneşten gerekli elektrik enerjisi elde edilmekte, güneş enerjisinden elektrik üretimi ile şebeke hattından temin edilecek elektrik enerjisinden tasarruf edilebilmekte ve ihtiyaç fazlası elektriği şebeke şirketlerine satarak ekstra kazanç elde edilebilmektedir. Yurt dışından ithal edilen enerjiden kaynaklı ülke enerjisinde dışa bağımlılığımız da bu sayede azaltılabilir.

Eve güneş paneli kurulumu yapmak için öncelikle hangi amaç için kurulacağına karar verilmesi gerekmektedir. Karbon salınımını azaltmak, elektrik faturasından tasarruf etmek ya da sadece tasarrufla yetinmeyip maddi gelir elde etmek istenebilir. Eve panel kurulumu için günlük, aylık ya da yıllık enerji tüketimi belirlenmelidir. Aynı zamanda çatıda panel için yerleşime uygun alan belirlenmelidir. Evin bulunduğu bölgede ışınlam verileri incelenerek veriler güneş panel sayısının saptanması için elde hazır tutulmalıdır.

Bu çalışmada düzce ili hava şartlarında bir hanede hangi sınıfta ve hangi güçte güneş paneli kullanılmalı, güneş paneli kullanıldığı takdirde enerji verimliliği ne durumda olur, enerji ve ekserji analiziyle incelenmiştir. Bu durum için farklı 2 senaryo incelenmiş ve sonuçları verilmiştir. Evin bulunduğu bölge herhangi bir şebeke dağıtım bölgesinde ise on-grid sistem, şebeke dağıtım dışında ise off-grid sistem kullanılır. Bu çalışmada on-grid sistem ve off-grid sistem olarak kurulan 2 farklı senaryo incelenecektir.

1.1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji, sürekli yenilenen ve tükenmesi mümkün olmayan doğal kaynaklardan elde edilir. Doğa tarafından sürekli olarak takviye edilebildiği için Yenilenebilir Enerji denilmektedir. Örnek olarak yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş, hava durumu iyi de olsa kötü de olsa parlamaya ve sıcaklık yaymaya devam eder. Yenilenebilir enerjinin; fabrika gibi büyük üretim merkezleri ya da insani sebeplerle tamamen bitmesinin imkânı yoktur. Enerji üretiminde kullanılan kaynaklar kendini çok hızlı bir sürede yenileyebilen enerji kaynakları olduğu için tükenme durumundan bahsedilemez (Yenilenebilir Enerji Araştırmaları Derneği, 2023).

Güneş enerjisi, hidrojen gazının helyum gazına çevrilmesiyle ortaya çıkan füzyon aşamasında oluşan ışıma enerjisidir. Bu ışıma enerjisinin dünya üzerine aksetmesi olan güneş ışığından devamlılığı olan enerji elde edilebilir. Güneşten elde edilen enerji sera gazı emisyonuna neden olmaz, bu sebeple temiz bir enerji kaynağıdır. Dünyadaki güneş enerjisinin ufak bir bölümü bile insanlığın mevcut kullanımından fazladır. Isıl güneş ve fotovoltaik güneş teknolojileri olarak iki ayrı

teknoloji ile güneş enerjisi elde edilebilir. Isıl güneş teknolojisi ile çalışanlar güneş enerjisinden ısı üretebilir. Oluşan bu ısı suları ısıtmak için kullanılabilceği gibi elektrik üretmek için de kullanılır. Fotovoltaik güneş paneli sistemi ise yarı iletken malzemeyle güneş ışığını elektriğe çevirir (Güngül, Bayraç, Güllü, 2018).

Enerji sorunu, dünyamızın en büyük sorunlarından biri ve sürekli büyümeye devam etmektedir. Artan nüfus ve teknolojinin geldiği son nokta, sürekli daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadır. İnsanlık, ihtiyacı olan enerjiyi farklı doğal kaynakları çevirerek karşılamaktadır. Şimdilerde enerji ile elde edilebilen kaynaklar içerisinde sürdürülebilir enerji kaynakları varken, aynı zamanda yenilenemez enerji kaynakları da bulunmaktadır (Hayat Burada, 2023).

Yenilenebilir enerji, doğadan elde edilme fırsatı olan kaynaklardan temin edilir. Sanayileşmenin boyutu, zaman geçtikçe daha çok enerji ihtiyacına sebep olmaktadır. Çok tercih edilen kömür, linyit ya da benzin gibi yakıtlar, yenilikçi seçenekler tercih edilmezse çevreye "kirlilik ve zarar" şeklinde tesir etmektedir. Böyle anlarda, alternatif enerji üretimi meydana gelmekte ve canlılar için ciddi bir önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ekonomik açıdan sunduğu pozitif faktörler ve sonsuz kullanım fırsatı sağlaması nedeni ile kurtarıcı görevi görmektedir. Çevre dostu olan bu kaynaklar, bitmeyen kaynaklar olarak bilinir (Yenilenebilir Enerji Araştırmaları Derneği, 2023).

Yenilenebilir enerji kaynaklarını tercih etmek, dünyamız ve içindeki canlılar için önem arz etmektedir. Oldukça ekonomik yollarla elde edilebilen güneş enerjisi, çevreye zararı dokunmayan yenilenebilir enerji kaynaklarının önünde gelir. Yerleşim yerlerine yakın, tarım için kullanılmayan ve güneşlenme fırsatı çok olan alanlarda kurulan güneş panelleri ile elektrik enerjisi üretilebilmektedir. Evlerin ısınma ve sıcak su gereksinimleri de çatılara kurulan güneş panelleri ile sağlanır. Yakın zamanda fosil yakıt kullanılan taşıtların yerini de günümüzde popüler olan güneş enerjisi veya benzeri yöntemler ile elektrik enerjisiyle çalışan araçların alması beklenmektedir. Bu durumlar dünyamızdaki kirliliğinin azalmasını büyük oranda etkileyebilecek durumlardır (Timur, 2017).

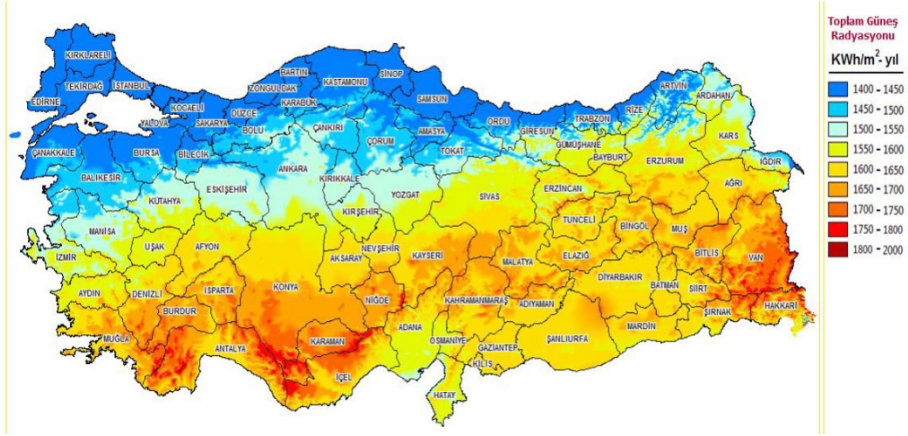
1.2 Güneş Enerjisi ve Fotovoltaik Sistemler

1.2.1 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye coğrafi konumu sebebiyle güneş enerjisi sistemlerine çok elverişlidir. Dünyada ve ülkemizde güneş enerjisinden elektrik üretimi her geçen gün artış göstermektedir. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında kurulumu kolay ve kurulabilecek alan çok olduğundan hızla yayılmaktadır (Öztürk ve Dener, 2022).

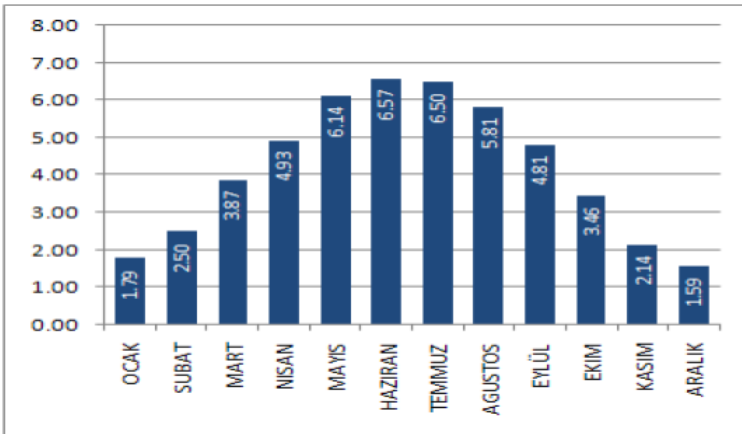
2010 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası hazırlanmıştır. Bu atlasa göre, Türkiye'nin yaklaşık 56.000 MW gücün-

de potansiyele sahip olduğu ve yıllık ortalama 380 milyar kWh enerji üretilbileceği hesaplanmıştır (Yılmaz, 2012).



Şekil 1. Güneş enerjisi global radyasyon değerleri (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023).

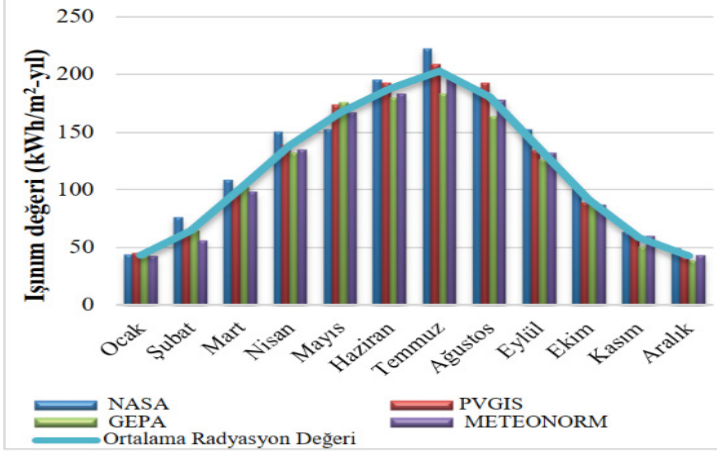
Ülkemizin aylık ortalama günlük global radyasyon değerleri, aylık bazda Şekil 2'de gösterilmiştir. göstermektedir. Haziran ayında global radyasyon değeri en fazladır. Ülkemizde aylık ortalama günlük ısınım şiddetinin 4,18 kWh/m²-gün, yıllık ortalama toplam global radyasyon değerinin ise 1524,18 kWh/m²-yıl olduğu görülmektedir (Öztürk ve Dener, 2022).



Şekil 2. Aylık ortalama günlük global radyasyon - Türkiye (Öztürk ve Dener, 2022).

1.2.2 Düzce İli Güneş Enerji Potansiyeli

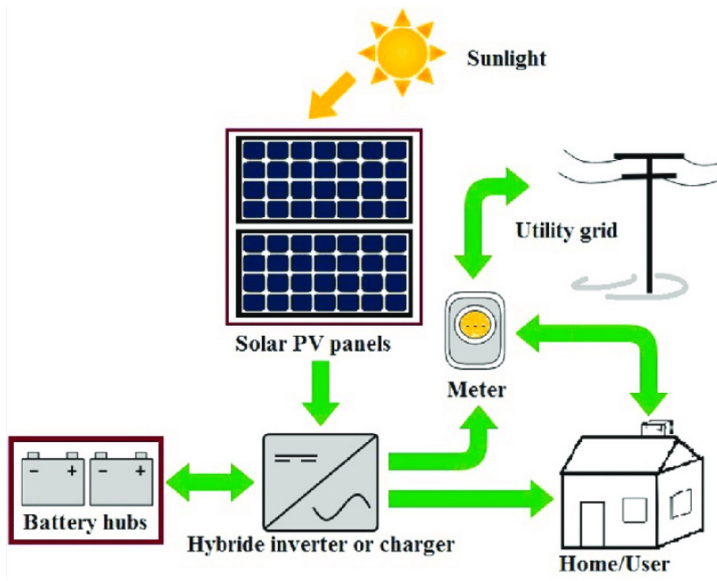
Düzce ilinin ışınım değerleri 1350-1500 kWh/m²-yıl aralığındadır ve Türkiye ortalamasının altında olduğu görülmektedir. Buna rağmen Şekil 3'de verildiği şekilde, değerlendirilen dört veri tabanının ışınım ortalaması 1415,685 kWh/m²-yıl'dır (Yıldız ve Yıldırım, 2020).



Şekil 3. Düzce ilinin ışınım değerleri (Yıldız ve Yıldırım, 2020).

1.2.3 Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik sistemler, güneşin ışığındaki enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler. Fotovoltaik sistemler, off-grid sistemler ve on-grid olmak üzere ikiye ayrılır. Off-grid sistemler şebekeden bağımsız, on-grid sistemler şebekeye bağlı sistemlerdir. Günün farklı zamanlarında ve mevsimsel şartlara göre güneş ışınımı farklılık gösterdiğinden panellerden elde edilen güç de farklı olmaktadır. Bu sebeple panellerden üretilen enerji bazen yetersiz bazen de fazla olabilir. Üretilen enerjinin istenilen miktardan fazla olması durumunda fazla enerji akülerde depolanabilir. Üretiminin yeterli olmadığı zamanlarda ise akülerde depolanmış enerji kullanılarak sistem devamlı olarak beslenebilir. Mevcut güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürmek için güneş paneli kullanılır. Kurulum başarıyla tamamlandıktan sonra sistem gerekli elektriği üretebilir ve kolaylıkla temin edebilir. Güneş paneli çalışma sisteminin temel şeması Şekil 4'de gösterilmiştir (Al-Mamun vd., 2021). Şekilde görüldüğü gibi bir güneş paneli çalışma sistemi; güneş paneli, şarj kontrol cihazı, batarya, invertör ve amacına uygun yüklerden oluşur (Öztürk ve Dener, 2022).



Şekil 4. Güneş paneli çalışma sistemi şeması (Behura, Kumar, Rajak, Pruncu, Lamberti, 2021).

1.2.4 Fotovoltaik Hücrelerin Çalışma Prensipleri

Güneş ışığındaki enerji fotonlar tarafından taşınır. Fotonlar, panel yüzeyine çarptığında bir kısmı panel tarafından soğurularak enerji elde edilir. Fotovoltaik hücre, güneş ışınlarını emen ve elektrik akımı oluşturan yarı iletken malzemelerden yapılıdır. Hücrenin üst katmanındaki elektronlar güneş enerjisi yardımıyla alt katmana geçer. İki katman arasındaki elektron hareketliliği, elektrik akımının oluşmasını sağlar (Öztürk ve Dener, 2022).

1.2.5 Fotovoltaik Sistemlerin Verimliliğini Etkileyen Faktörler

Panel verimine etki eden birçok faktör vardır. Bu faktörlerin bir kısmı panelin kendisine bağlıken bazı faktörler dış etkenlere bağlıdır. Panelin kendisine bağlı olan faktörler; kullanılan hücrenin tipi ve malzemelerin özellikleri olarak sayılabilir. Üretimden kaynaklı sebepler arasında da oksitlenme, kılcal kırıklar, hücre üzerindeki tellerin temassızlığı gibi durumlar modül verimini etkileyen faktörler arasında yer alır. Sıcaklık, radyasyon miktarı, gölgeleme, ışığın geliş açısı gibi faktörler ise doğrudan panele bağlı olmayan dış faktörlerdir. En önemli dış faktörlerden biri de kirlenmedir. Dış ortamlarda bulunan panellerin yüzeyleri kirlendiği için daha az ışık soğurmakta ve böylece verimleri düşmektedir. Güneş enerjisi sistemlerinin performansını ve verimliliğini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler arasında gölgeleme etkisi, sıcaklık etkisi, kirlenme etkisi, güneş ışınlarının yansımaya etkisi ve güneş ışınımı önemli bir rol oynamaktadır (Öztürk ve Dener, 2022).

Optimum ve sürdürülebilir bir tasarıma ulaşmada termodinamik iyileştirmelerin finansal ve çevresel maliyetlerinin çok önemli olduğu düşünülerek PV kaynaklı enerji sistemlerinin maliyet ve karmaşıklıklarına göre optimum enerji ve ekserji verimliliklerini oluşturmak amacı ile çalışmalar yapılmaktadır (Oğbonaya, Turan, Abeykoon, 2019). Ekserji analizi, termodinamiğin İkinci Yasasına ve tersinmez entropi üretimi kavramına dayanan bir yöntemdir. Ekserjinin kurucuları 1824'te Carnot ve 1865'te ekserji yönteminin temelini atan Clausius'tur (Koroneos ve Tsarouhis, 2012). Enerji analizinde, güneş ışınımının yoğunluğu, güneş pillerinin çalışma parametreleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğu, radyasyon yoğunluğunun artmasının panel gücünün artmasına neden olduğu sonuçları görülmüştür (Kuczynski ve Chliszcz, 2023).

1.3 Haneye Güneş Paneli Kurulumu

1.3.1 Hanede Güneş Enerjisi Nedir, Kurulum İzni Gerekir Mi?

Ev için kullanılan güneş enerjisi, çatı üstüne kurulan güneş panelleri ile gelen güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir. Ev için kurulacak sistemlerde kullanılması gereken parçalar güneş paneli, invertör (çevirici), akü, konstrüksiyon, konnektörler (Global Solar, 2023).

Güneş enerji santrallerinde 10 kWh üstü yönetmeliği daha çok iş yerlerine uygun olduğu için 10 kWh altı yönetmeliğine uygun olarak başvurulması gereken yer kurulum yapılacak evin bağlı olduğu elektrik idaresidir. Şebekeye bağlı panel sistemleri için gerekli yasal işlemler; bulunulan bölgenin şebeke şirketine teknik belgelerin ve proje onayı için çeşitli belgelerin ulaştırılması aynı zamanda dağıtım şirketi ile bağlantı anlaşması imzalanması gibi süreçler içerir. Kurulum yapılacak ev şebeke ve hizmet dışı kalıyorsa herhangi bir izne ihtiyaç yoktur (Şahin, Dinçer, Yılmaz, 2022).

1.3.2 Güneş Enerji Sistemini Kullanmanın Avantajları

Güneş enerjisi kullanılmaya başlandıktan itibaren elektrik faturalarında düşüş gözlenir. Çevre dostu olmasının yanı sıra çalışma sistemi de oldukça sessizdir. Zorlu hava şartlarına dayanıklı ve uzun ömürlüdür. Çalıştırmak için yakıt kullanımı gerekmez, dışa bağımlılığı bulunmamaktadır (Şahin vd., 2022).

1.3.3 Güneş Enerji Sistemi Kurulumunda Maliyeti Etkileyen Faktörler

Ev için güneş enerjisi sistemi fiyatları, enerji ihtiyacına göre gerekli güneş paneli sayısına, kullanılacak parçaların markası ve kalitesine, akü türüne, invertör tercihine, solar kontrol cihazı ve solar kablo maliyeti düşük olsa da fiyatları etkileyen faktörlerine göre değişir (Şahin vd., 2022).

2. Yöntem

Eve güneş paneli kurulumu yapmak için öncelikle hangi amaç için kurulacağı-

na karar verilmesi gerekmektedir. Elektriğe para ödememek, karbon salınımını azaltmak, elektrik faturasından tasarruf etmek ya da sadece tasarrufla yetinmeyip maddi gelir elde etmek istenebilir. Eve panel kurulumu için günlük, aylık ya da yıllık enerji tüketimi belirlenmelidir. Aynı zamanda çatıda panel için yerleşime uygun alan belirlenmelidir. Evin bulunduğu bölgede ışınım verileri incelenmeli ve veriler güneş panel sayısı hesabı için elde hazır tutulmalıdır. Sonrasında depolama ihtiyacının belirlenmesi, dönüştürücü kapasitesinin seçilmesi gerekmektedir.

Güneş paneli sayısını hesaplamak için;

$$\text{Güneş paneli sayısı} = \frac{\text{Günlük yük (kWh)}}{\text{Gün ışığı süresi (saat)} \times \text{Panelin watt gücü (w)}} \quad (1)$$

Günlük elektrik tüketimi için elektrik faturasından veri alınabileceği gibi aşağıdaki formülle de hesaplanabilir;

$$\text{Günlük yük} = \frac{\text{Kullanılan cihazların toplam watt değeri (amper x volt) x Cihaz çalışma süreleri}}{\quad} \quad (2)$$

Evin bulunduğu bölge herhangi bir şebeke dağıtım bölgesinde ise on-grid sistem, şebeke dağıtım dışında ise off-grid sistem kullanılır. Bu çalışmada on-grid sistem ve off-grid sistem olarak kurulan 2 farklı senaryo incelenecektir.

2.1 Senaryo I

Kurulum yapılacak ev bir dağıtım şebekesi bölgesindedir. Güneş enerji sisteminin kurulum amacı elektrik faturasına para ödememek olarak belirlenmiştir. Kurulacak panelin gücü yetmediği takdirde şebekeden destek sağlanabileceği için hesaplamalar bir ay üzerinden gerçekleştirilmiştir. Evin aylık elektrik tüketimi son faturaya 119,685 kWh olarak yansımıştır. Çatıda panel için 150 m² alan vardır. Ev Düzce ilindedir ve ışınım değeri 1350-1500 kWh/m²-yıl civarındadır. Ortalama güneşlenme süresi 5,8 saattir.

$$\text{Günlük yük: } 119,685 \text{ kWh} / 30 \text{ gün} = 3,989 \text{ kWh}$$

$$\text{Güneş panel sayısı: } 3,989 \text{ kWh} / 5,8 \text{ h} \times 500 \text{ W} = 1,375 = 2 \text{ panel olarak hesaplayabilir, 2 panele tamamlayabiliriz.}$$

$$[\text{panel gücü} \times \text{panel adedi} \times \text{güneşlenme saati} \times 30 \text{ gün}(1 \text{ ay})] = \text{aylık üretim miktarı}$$

$$500 \text{ W} \times 2 \times 5,8 \text{ h} \times 30 \text{ Gün} = 174 \text{ kWh} / \text{Ay}$$

$$174 \text{ kWh} - 119,685 \text{ kWh} = 54,315 \text{ kWh aylık fazla üretim mevcut}$$

54,315 kWh x 0,32 TL = 17,38 TL kazanç elde edilip faturadan düşüm sağlanabilir (Devlet Destekli, 2023).

500 W Panel Boyutu: 2100mm x 1140mm = 2,394 m² bir panel için alan ihtiyacı
2,394 x 2 = 4,788 m² iki panel için gerekli alan ihtiyacı

Tavsiye edilen invertör büyüklüğü:

Panel 1: 500 W Panel 2: 500 W

(500 W + 500 W) + (0,5 x 1000 W) = 1500 W gerekli invertör gücü

1500 W / 24 V invertör fiyatları ortalama 2000-6000 TL arası (2023 fiyatları)

Depolama için gerekli Jel Akü fiyatları ortalama 5000 – 15.000 TL arası (2023 fiyatları)

500 W Güneş Paneli İçin Ekserji Analizi (Exergy Analysis for 500 W Solar Panel)

Ekserji analizi 500 W güneş paneli için yapıldığında:

$$\dot{E}_{xelek} = \dot{E}_{nelek} - I' = VocI_{sc} - (VocI_{sc} - V_{max}I_{max})$$

Burada, $VocI_{sc}$ elektrik enerjisini temsil etmektedir, $(VocI_{sc} - V_{max}I_{max})$ ise elektriksel ekserji yıkımını simgelemektedir. Bu iki ifadenin özeti elektriksel ekserjiyi şu şekilde vermektedir;

$$\dot{E}_{xelek} = V_{max}I_{max}$$

500 W 'lık güneş paneli için elektriksel ekserji aşağıdaki gibidir:

$$\dot{E}_{xelek} = 38,585 V \times 13,097 A = 505,347 W$$

2.2 Senaryo II

Kurulum yapılacak evin dağıtım şebekesi bölgesinin dışında olduğu varsayılmıştır. Güneş enerji sisteminin kurulum amacı evde yeterli elektrik kullanım imkanını sağlamak olarak belirlenmiştir. Kurulacak panelin gücü yetmediği takdirde şebekeden destek alınamayacağı ve evin ortalama elektrik ihtiyacının üzerinde elektrik üretmesi hedeflendiği için son dokuz ayın ortalaması alınmıştır. Evin aylık elektrik ihtiyacı önceki evin son 9 aylık kullanımını baz alınarak ortalama 123,783 kWh olarak belirlenmiştir. Çatıda panel için 150 m² alan vardır. Ev Düzce ilindedir ve ışınım değeri 1350-1500 kWh/m²-yıl civarındadır. Ortalama güneşlenme süresi 5.8 saattir.

Son 9 ay aylık kullanım Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Son Dokuz Aylık Kullanım

YIL	AY	KULLANIM
2022	TEMMUZ	94,865 kWh
2022	AĞUSTOS	105,162 kWh
2022	EYLÜL	151,822 kWh
2022	EKİM	120,155 kWh
2022	KASIM	120,155 kWh
2022	ARALIK	131,985 kWh
2023	OCAK	153,373 kWh
2023	ŞUBAT	115,420 kWh
2023	MART	121,588 kWh
2023	NİSAN	119,685 kWh
	9 AY TOPLAM	1.114,055 kWh

Aylık ortalama $1.114,055 / 9 = 123,783$ kWh

Günlük yük $123,783$ kWh / 30 gün = $4,126$ kWh

Güneş panel sayısı $4,126$ kWh / $5,8$ h x 400 W = $1,778 = 2$ adet panel olarak kabul edebiliriz.

400 W x $2 = 0,8$ kWh saatlik üretim miktarı

$5,8$ h x $0,8 = 4,64$ kWh günlük üretim miktarı

$4,64$ kWh x $30 = 139,2$ kWh aylık üretim miktarı

$123,784$ kWh - $139,200$ kWh = $15,416$ kWh fazla üretim şebeke bağlantısı olmadığı için sadece depolanabilir olması, satılmaması daha uygun olabilir.

400 W Panel Boyutu 1006 mm x 1986 mm = $1,997$ m² bir panel için alan ihtiyacı

$1,997$ m² x $2 = 3,994$ m² iki panel için gerekli alan ihtiyacı

Tavsiye edilen invertör büyüklüğü:

Panel 1: 400 W Panel 2: 400 W

$(400\text{W} + 400\text{W}) + (0,5 \times 800 \text{ W}) = 1200$ W gerekli invertör gücü

1200 W / 12 V invertör fiyatları ortalama 500 - 4000 TL arası (2023 fiyatları)

Depolama için gerekli Jel Akü fiyatları ortalama 5000 - 15.000 TL arası (2023 fiyatları)

400 W Güneş Paneli İçin Ekserji Analizi (Exergy Analysis For 400 W Solar Panel)

Ekserji analizi 400 W güneş paneli için yapıldığında:

$$\dot{E}_{xelek} = \dot{E}_{nelek} - I' = VocIsc - (VocIsc - VmaxImax)$$

Burada, $VocIsc$ elektrik enerjisini temsil etmektedir. $(VocIsc - VmaxImax)$ ise elektriksel ekserji yıkımını simgelemektedir. Bu iki ifadenin özeti elektriksel ekserjiyi şu şekilde vermektedir;

$$\dot{E}_{xelek} = VmaxImax$$

400 W 'lık güneş paneli için elektriksel ekserji aşağıdaki gibidir:

$$\dot{E}_{xelek} = 47,95 \text{ V} \times 9,99 \text{ A} = 479,02 \text{ W}$$

3. Sonuç ve Tartışma

Tablo 2. Ekserji Analizi Senaryo Sonuçları

	SENARYO I	SENARYO II
Gerekli elektrik ihtiyacı	119,685 kWh	123,784 kWh
Kullanılan panel	500 W x 2	400 W x 2
Üretilen elektrik miktarı	174 kWh	139.2 kWh
Fazla üretilen elektrik miktarı	54,315 kWh	15,416 kWh
Fazla üretilen elektrikten kazanç	17,38 TL	-
İnvertör	1500 W	1200 W
Ortalama kurulum maliyeti	25.000-30.000 TL	20.000-25.000 TL
Elektriksel ekserji değeri	505,347 W	479,02 W

Senaryo I' de 500 W'lık 2 panel kullanıldığı takdirde 1 ayda 174 kWh elektrik üretiliyor. Evin aylık ortalama elektrik ihtiyacı 119,685 kWh olduğu için üretilen 54,315 kWh elektrik şebekeye aktarılıyor. Aktarılan enerjiden 17,38 TL kazanç sağlanabiliyor. 1500 W gücünde invertör gerektiği görülmüştür. Ortalama kurulum maliyeti 25.000-30.000 TL arasındadır. Bir sistemin verilen bir halde yapabileceği en çok yararlı iş ekserji (kullanılabilirlik) olarak tanımlanır. Dolayısıyla sistemde kullanılabilirlik olarak elektriksel ekserji değeri 505,347 W'tır.

Senaryo II' de 400 W'lık 2 panel kullanıldığı takdirde 1 ayda 139,2 kWh elektrik üretiliyor. Evin aylık ortalama elektrik ihtiyacı 123,784 kWh olduğu için 15,416 kWh fazla üretim yapılıyor ve şebeke bağlantısı olmadığı için enerji akülerde sonra kullanılmak üzere depolanıyor. Hesaplamalara göre 1200 W gücünde invertör gereklidir. Ortalama kurulum maliyeti 20.000-25.000 TL arasındadır.

Sistemde kullanılabilirlik olarak elektriksel ekserji değeri 479,02 W'tır. Bu sonuçlar doğrultusunda hane bütçesine uygun olan senaryo işleme alınabilecektir.

Sonuç olarak, birinci senaryoda elde edilen 505,347 W ekserji değeri, güneş enerjisi sistemlerinin performansını en üst düzeye çıkarmak için çevresel faktörlerin dikkatlice yönetilmesi gerektiğini vurgular. İkinci senaryodaki 479,02 W ekserji değeri ise, bu faktörlerin etkilerinin ne kadar belirgin olabileceğini göstermektedir. Benzer bulgular, literatürde de tartışılmış olup, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini artırmak ve daha sürdürülebilir enerji üretimi sağlamak için çeşitli politikaların önerildiğini doğrulamaktadır (Sangeetha, Manjunatha, Thirusenthil Kumaran, Sheela, Yamuna, Sivakumar, 2024).

Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada; Yazar1, bilimsel yayın araştırması, modelin kurulması, makalenin oluşturulması, makalenin sonuçların analizi ve yorumlanması; Yazar2, verilerin toplanması, analizin uygulanması, bilgisayara ortamına aktarılması, makalenin sonuçlarının analizinin hazırlanması konularında katkı sağlamışlardır.

Teşekkür

Çalışma boyunca değerli katkılarını esirgemeyen Elektrik Müh. Erhan Gebeş' e teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynakça

Al-Mamun, A., Sundaraj, K., Ahmed, N., Ahamed, N. U., Rahman, S. A. M. M., Ahmad, R. B., & Kabir, M. H. (2013, December). Design and development of a low cost solar energy system for the rural area. In *2013 IEEE Conference on Systems, Process & Control (ICSPC)* (pp. 31-35). IEEE. . Doi: <https://doi.org/10.1109/SPC.2013.6735098>

Behura, A. K., Kumar, A., Rajak, D. K., Pruncu, C. I., & Lamberti, L. (2021). Towards better performances for a novel rooftop solar PV system. *Solar Energy*, *216*, 518-529. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.01.045>

Devletdestekli.Com, Devlete Elektrik Satmak Alım Fiyatı, Erişim Adresi: <https://www.Devletdestekli.Com/Devlete-Elektrik-Satmak-Alim-Fiyati/>(Erişim Tarihi: Nisan 2023)

- Global Solar, Erişim Adresi: <https://www.globalenerjimarketim.com/blog/icerik/ev-icin-gunes-enerjisi-avantajlari-ve-maliyeti-nelerdir> (Erişim tarihi: Nisan 2023)
- Güngül, M., Bayraç, H. N., & Güllü, M. (2018). Türkiye’de Konutlarda Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminin TOPSIS Yöntemiyle Analizi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(3), 133-144.
- Hayat Burada, Dünyamızın Geleceği Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi, <https://www.hepsiburada.com/hayatburada/dunyamizin-gelecegi-yenilenebilir-enerji-kaynaklarinin-onemi/> (Erişim tarihi: Nisan 2023)
- Koroneos, C., & Tsarouhis, M. (2012). Exergy analysis and life cycle assessment of solar heating and cooling systems in the building environment. *Journal of Cleaner Production*, 32, 52-60. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.03.012>
- Kuczynski, W., & Chlischcz, K. (2023). Energy and exergy analysis of photovoltaic panels in northern Poland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 174, 113138.
- Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.113138>
- Ogbonnaya, C., Turan, A., & Abeykoon, C. (2019). Energy and exergy efficiencies enhancement analysis of integrated photovoltaic-based energy systems. *Journal of Energy Storage*, 26, 101029. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.101029>
- Öztürk, D., & Dener, A. (2022). Power generation variation analysis of solar panels coated with TiO₂. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 11(1), 108-115. Doi: <https://doi.org/10.46810/tdfd.1026437>
- Sangeetha, B., Manjunatha, K., Thirusenthil Kumaran, P., Sheela, A., Yamuna, K. S., & Sivakumar, S. (2024). Performance Optimization in Photovoltaic Systems: A Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 31(3), 1507-1518. <https://doi.org/10.1007/s11831-023-10023-0>
- Şahin, Z. R., Dinçer, F., & Yılmaz, A. S. (2022). 4 Kişilik Bir Ailenin Elektrik Enerjisi İhtiyacı İçin Şebeke Bağlantılı Güneş Enerjisi Santrali Tasarımı ve Simülasyonu. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25 (Özel Sayı), 46-56. Doi: <https://doi.org/10.17780/ksujes.1163049>
- T.C. Enerji ve Tabii Bakanlık, Güneş Enerjisi, Erişim Adresi: <https://Enerji.Gov.Tr/Bilgi-Merkezi-Enerji-Gunes> (Erişim tarihi: Nisan 2023)
- Timur, A. G. M. C. (2017, March). Enerji Arz Güvenliğinin Sağlanmasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi. In *International Congress of Energy, Economy and Security Proceedings ENSCON'17* (p. 8).

Yenilenebilir Enerji Araştırmaları Derneği, Yenilenebilir Enerji Nedir?, Erişim Adresi : https://Yenader.Org/Tr_Tr/Blog/Service/Yenilenebilir-Enerji-Nedir/ (Erişim tarihi: Nisan 2023)

Yılmaz, M. (2012). Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54. Doi: https://doi.org/10.1501/Csaum_00000000064

Yıldız, A., & Yıldırım, E. (2020). Düzce Çevresinde Su Temin Uygulaması İçin Şebeke Bağlantılı 15 kWp Güçteki PV Sistemin Fayda-Maliyet Analizi. *EMO Bilimsel Dergi*, 9 (2), 33-41.