

PAPER DETAILS

TITLE: Bir Apartmanın Yenilenebilir Enerji Sistem Maliyetinin HOMER Pro Kullanılarak Belirlenmesi

AUTHORS: Melike YALILI KILIÇ,Sümeyye ADALI

PAGES: 13-20

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1790791>



Bir Apartmanın Yenilenebilir Enerji Sistem Maliyetinin HOMER Pro Kullanılarak Belirlenmesi

Melike YALILI KILIÇ^{1*}, Sümeyye ADALI²

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Nilüfer/Bursa

²Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

(ORCID: [0000-0001-7050-6742](https://orcid.org/0000-0001-7050-6742)) (ORCID: [0000-0002-5077-7358](https://orcid.org/0000-0002-5077-7358))



Anahtar kelimeler:

Güneş enerjisi, Fotovoltaik teknoloji, Elektrik, Homer pro, Apartman.

Özet

Dünya genelinde son yüzyılda yaşanan gelişmeler enerji kaynağı olarak fosil yakıtların yoğun olarak kullanılmasına neden olmuştur. Günümüzde yaşanan çevresel sorunların önemli bir nedenini teşkil eden fosil yakıtların yerine, çevreye daha az zararlı olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, çevre ve insan refahının sağlıklı bir şekilde sürdürülmesi için önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Bursa'nın merkez ilçelerinden biri olan Osmangazi'de yer alan üç katlı bir apartmanın elektrik ihtiyacının karşılanması amacıyla 2020 yılı elektrik tüketim verileri kullanılarak, HOMER Pro programında şebekeye bağlı fotovoltaik enerji sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca enerji sisteminin yapılan maliyet analizi sonucunda, enerji maliyeti 0,562 TL/kWh, 25 yıllık proje ömrü için sistemin net şimdiki maliyeti 49405,97 TL (5974,12 \$) olarak hesaplanmıştır.

Determining the Renewable Energy System Cost of an Apartment Using HOMER Pro

Keywords: Solar energy, Photovoltaic technology, Electricity, Homer Pro, Apartment.

Abstract

Developments in the last century around the world have caused the intensive use of fossil fuels as an energy source. The use of renewable energy sources, which are less harmful to the environment, instead of fossil fuels, which constitute an important cause of environmental problems today, is important for maintaining a healthy environment and human welfare. In this study, grid-connected photovoltaic energy system design was carried out in the HOMER Pro program, using the electricity consumption data of 2020 in order to meet the electricity needs of a three-storey apartment building in Osmangazi, one of the central districts of Bursa. In addition, as a result of the cost analysis of the energy system, the energy cost was calculated as 0.562 TL/kWh, and the net current cost of the system for the 25-year project life was 49405.97 TL (\$ 5974.12).

1. Giriş

Yaşamın sürdürülmesinde ana girdi olan enerji, temel yaşam ihtiyaçlarının karşılanmasından ülkelerin ekonomik kalkınmasına kadar birçok alanda yer alan önemli bir olgudur [1]. Enerji elde etmek amacıyla kullanılan başlıca

kaynaklar olan fosil yakıtların dünya üzerinde kısıtlı olması nedeniyle ülkelerin büyük bir bölümü tarafından ithal edilmesi, bu yakıtların tükenme tehlikesiyle karşı karşıya kalması ve çevre üzerinde meydana getirdiği tahribat enerji alanında sürdürülebilir bir yaklaşım izlenmesini gerekli kılmaktadır [2]. Bu doğrultuda hareket eden

*Sorumlu yazar: myalili@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 27.05.2021, Kabul Tarihi: 27.12.2021

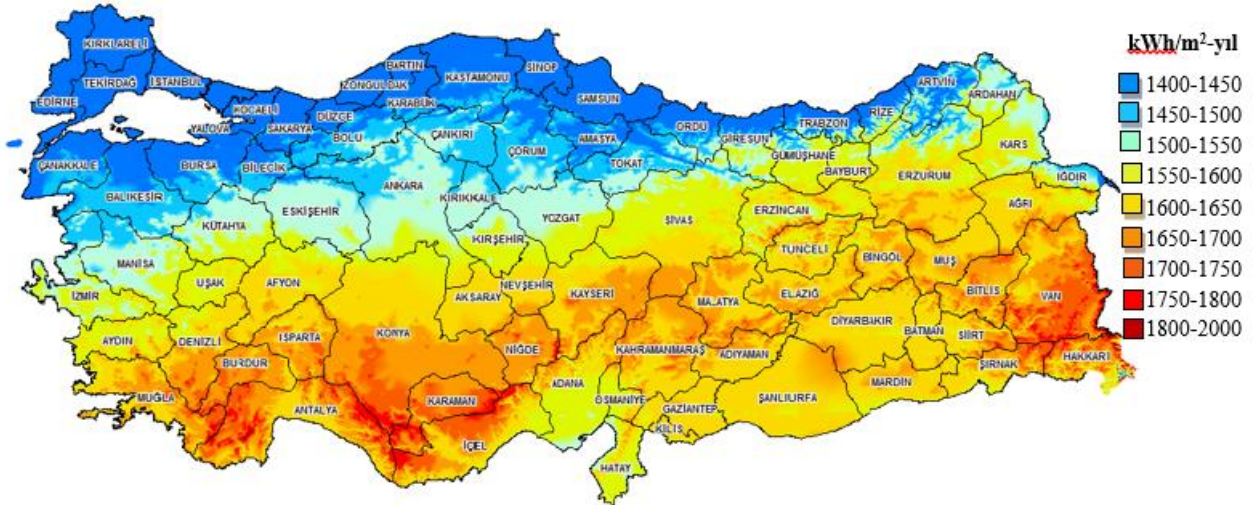
ülkelerde fosil yakıtlara alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ön plana çıkmaktadır [3].

Dünya genelinde mevcut olan başlıca yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş, rüzgar, biyokütle, hidrolik, jeotermal, dalga ve hidrojen enerjisi yer almakta olup, bu kaynaklardan yararlanma oranı ülkeden ülkeye değişiklik gösterebilmektedir. Bu kaynaklar arasında özellikle son yıllarda yapılan çalışmalarla büyük bir gelişim imkanı bulan güneş enerjisi, diğer enerji türlerine kıyasla önemli üstünlükler barındırmaktadır [4, 5]. Alternatif enerji kaynağı olarak sahip olduğu enerji potansiyeliyle ilk sırada yer alan güneş enerjisi, basit teknolojisi, yenilenebilir kaynak olarak uygulanabilirlik, kapasite ve verimlilik açısından uygun özelliklere sahip oluşu, yerli ve çevre dostu olması nedeniyle dünya genelinde yoğun olarak tercih edilmektedir [6-8].

Termonükleer bir reaktör olan güneşten birim alanda ve birim zamanda çeşitli dalga boylarında 62 MW/m² enerji yayılmakta olup, güneşin bütün yüzeyinden yayılan enerjinin

sadece iki milyarda biri yeryüzüne ulaşmaktadır. Bir yıllık süreçte güneşten yeryüzüne yayılan enerji, dünya enerji tüketiminin milyonlarca katına tekabül etmektedir [4]. 1973'te yaşanan petrol krizinden sonra ülkemizde ve dünyada güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar hız kazanmış, teknolojik ilerlemelere paralel olarak enerji sistem maliyetleri düşüş göstermiştir. Uluslararası Enerji Ajansı, önümüzdeki 10 yıl içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının en hızlı büyüme oranına sahip enerji kaynakları olacağını, 2050 yılında güneş enerjisinin elektrik üretimindeki payının %11'e ulaşacağını öngörmektedir [9].

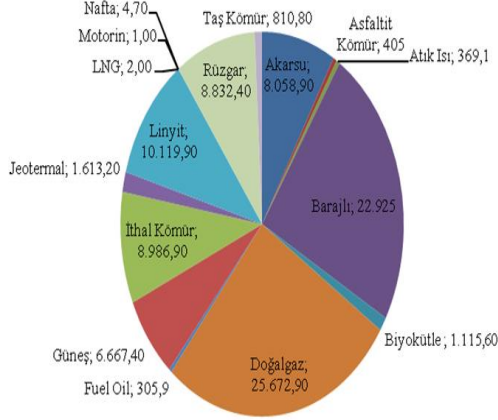
Ülkemiz, coğrafi konumu itibarıyla güneş enerjisinden yararlanma bakımından yüksek potansiyel barındırmaktadır [10]. Şekil 1'de verilen Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası'na göre, ülkemizin başta güney bölgeleri olmak üzere tüm şehirlerin güneşten enerji eldesinde yüksek potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Bu potansiyelden maksimum derecede faydalanmak için ülke genelinde yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması önem arz etmektedir.



Şekil 1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) [11]

Ülkemizde 2020 yılında enerji kaynaklarının elektrik üretimine katkısı incelendiğinde, en büyük payın doğalgaza (%26,77) ait olduğu görülmektedir (Şekil 2). Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimine katkısı incelendiğinde, barajlar 22925 MW ile ilk sırada yer alırken; barajları sırasıyla rüzgar, akarsu ve güneş enerjisi izlemektedir. Güneşten elektrik eldesi amacıyla kullanılan fotovoltaik sistemlerin kullanımında dünya genelinde son yıllarda önemli ölçüde artış yaşanmaktadır.

Avrupa ülkeleri, Çin, Japonya ve Amerika başta olmak üzere birçok ülke bu alanda büyük yatırımlar gerçekleştirmektedir. Yapılan yatırımlar ve enerji sistemlerinde yaşanan teknolojik gelişmelere paralel olarak fotovoltaik sistemler yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yaygın kaynak durumuna gelmiştir. Sistemin şebeke bağlantısının bulunması, enerjinin depolanmasına gerek kalmadan sürekliliğinin sağlanması açısından önem arz etmektedir [13].



Şekil 2. Türkiye 2020 Yılı Elektrik Kurulu Gücü (MW) [12]

Literatür incelendiğinde güneşten elektrik enerjisi eldesi amacıyla yapılmış birçok çalışmanın mevcut olduğu görülmektedir. Filistin'in Gazze şehrinde bulunan bir hastane binasının 24 saatlik enerji ihtiyacını karşılayacak şekilde şebekeye bağlı jeneratör-fotovoltaik hibrit güç sistemlerinin enerji depolama üniteleri ile birlikte HOMER programı kullanılarak enerji sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir [13]. Bir ada yerleşkesi için batarya depolamalı bağımsız özellikte hibrit güneş-rüzgar enerji sisteminin teknik ve ekonomik analizi HOMER yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir [14]. İran'da konut dışı elektrik tüketimi için hibrit dizel-fotovoltaik-rüzgar enerji sisteminin şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız tasarımı HOMER Pro yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş; elde edilen sonuçlar birim enerji maliyeti, yenilenebilir enerji kullanım oranı açısından karşılaştırılmıştır [15]. Burdur ilinde yer alan bir eğitim binası için güneş panelleri ve rüzgâr türbinlerinin yer aldığı şebeke bağlantılı hibrit enerji sistemi HOMER Pro programı kullanılarak tasarlanmıştır [16]. İzmir ilinde fotovoltaik panel ile desteklenmiş şebekeye bağlı bir elektrikli araç şarj istasyonunun enerji modellemesi MATLAB/Simulink programı kullanılarak oluşturulmuş ve 25 yıllık süreç için maliyet analizi gerçekleştirilmiştir [17]. Türkiye'de farklı bölgelerde yer alan Balıkesir, Samsun ve Konya illeri için evsel elektrik ihtiyacının fotovoltaik ve rüzgar türbini içeren hibrit sistemlerle karşılanabilmesi amacıyla HOMER programı kullanılarak şebeke bağlantısına sahip yenilenebilir enerji sistemlerinin elektriksel ve ekonomik analizleri yapılmıştır [18]. Manisa ilinin Gördes ilçesinde 40 haneden oluşan bir topluluğun evsel elektrik ve ısı yük ihtiyacının

karşılanması amacıyla HOMER programı kullanılarak şebekeden bağımsız hibrit enerji sistemi tasarlanmış; sistemin kurulum maliyeti 215958 \$, operasyon maliyeti 18029 \$, sistemin net bugünkü maliyeti 598958 \$ olarak belirlenmiştir [19]. Hesaplanan maliyetin bu çalışmada bulunan maliyetten daha yüksek olması, enerji ihtiyacının karşılanacağı nüfusun daha fazla olması ve sistemin farklı kombinasyonda oluşumudur. Yapılan bir başka çalışmada, örnek olarak belirlenen 10 adet evin elektrik tüketimi ortalaması model yük kabul edilerek bir evin elektrik ihtiyacının karşılanması amacıyla PV-Rüzgar hibrit enerji sisteminin uygulanabilirliği Homer programıyla araştırılmış ve sistemin kurulum maliyeti 48052 \$, enerji birim maliyeti ise 0,851 \$/kWh olarak belirlenmiştir [20].

Bu çalışmada, Bursa ilinin Osmangazi ilçesinde yer alan üç katlı bir apartmanın elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanmasını sağlamak amacıyla HOMER Pro programı kullanılarak fotovoltaik enerji sistemi tasarlanmış ve bu sistemin maliyet analizi yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Marmara Denizi'nin güneydoğusunda 40° boylam ve 28 – 30° enlem daireleri arasında yer alan Bursa ili, genellikle ılıman bir iklime sahiptir. İlin en sıcak ayları temmuz – eylül, en soğuk ayları ise şubat – mart'tır. Yıllık ortalama yağış miktarı 706 mm'dir. İlin ortalama bağıl nemi %69 civarındadır. Toplam yüzölçümü 10819 km² olan Bursa ili topraklarının %17'sini ovalar oluşturmaktadır [21]. 2020 yılında il nüfusu 3101833'e ulaşmıştır [22]. Bu çalışmada, Bursa'nın merkez ilçelerinden biri olan Osmangazi'de Gündoğdu mahallesinde yer alan bir apartmanın elektrik ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılanmasını sağlamak amacıyla HOMER Pro programı kullanılarak şebeke bağlantılı fotovoltaik sistem tasarımı ve tasarlanan sistemin maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan apartman üç katlı, üç daireli, 180 m² alan üzerine kurulu olup, kullanılabilir çatı alanı 100 m²'dir. Apartmanda sürekli ikamet eden yedi kişi bulunmaktadır.

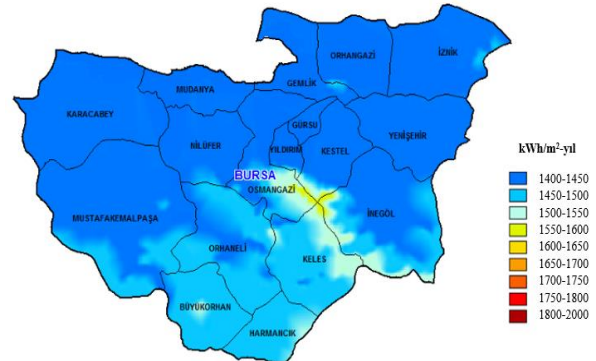
ABD Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından geliştirilen HOMER yazılımı, küçük ölçekteki şebekelerin ve dağıtılmış güç sistemlerinin tasarım ve uygulanmasına yardımcı olmaktadır. Yazılımda farklı şekillerde oluşturulan sistemler için teknoloji maliyetleri, elektrik yükü ve enerji kaynak

kullanımı hesaplanabilmektedir. HOMER yazılımıyla enerji sistemlerinin simülasyon, optimizasyon ve duyarlılık analizi gerçekleştirilmektedir [6]. Simülasyon adımı tasarlanan enerji sisteminin performansı yılın her bir saati için modellenmekte ve sistemin maliyeti hesaplanmaktadır. Optimizasyon adımı teknik kriterler ışığında en düşük maliyeti sağlayacak tasarımı tespit etmek üzere farklı birçok sistemin simülasyonu yapılmaktadır. Duyarlılık analizi aşamasında farklı giriş verilerindeki belirsizliklerin etkisini ortaya koymak için, kullanıcı tarafından girilen veriler sonucunda çoklu optimizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu adımda kullanıcıya, sistemi oluşturan bileşenlerin düzeni, miktarı ve büyüklüğü konusunda değişiklik yapabilme olanağı sağlanmaktadır [7].

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında örnek olarak incelenen apartmanda bulunan dairelere ait 2020 yılı elektrik tüketim değerleri Tablo 1’de yer almaktadır. Tablo 1’e göre, çalışma alanını oluşturan apartmanın toplamında en yüksek elektrik tüketimi 603 kWh ile mayıs ayında; en düşük elektrik tüketimi ise 452 kWh ile mart ayında gerçekleşmiştir. Apartmana ait günlük ortalama elektrik tüketim değeri 18 kWh olarak belirlenmiştir. Çalışmada ortalama elektrik tüketim değeri dikkate alınarak güneş enerjisinden yararlanılacak enerji sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Bursa ili güneş enerjisi potansiyel atlası incelendiğinde, Osmangazi ilçesinin güneş enerji potansiyelinin diğer ilçelerden daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3). Bu nedenle çalışma alanı olarak Osmangazi ilçesi tercih edilmiştir.

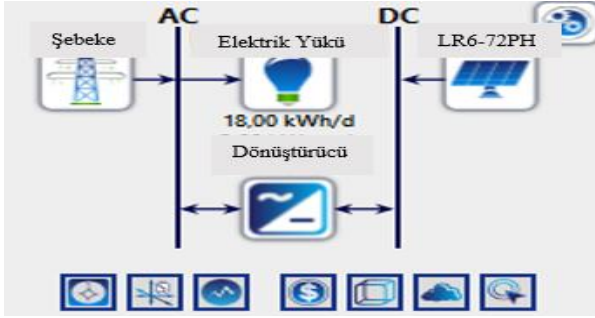


Şekil 3. Bursa İli Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) [23]

GEPA'ya göre Osmangazi ilçesinde güneşlenme süresi 10,88 saatle en fazla temmuz ayında yaşanırken, 3,35 saatle en düşük aralık ayında yaşanmaktadır [23]. Osmangazi ilçesi için maksimum enerji eldesinde kullanılacak fotovoltaik panel tipinin monokristalin silikon olduğu, güneşlenme süresinin kış aylarında büyük oranda düşüş gösterdiği görülmektedir. Kış aylarında güneşlenme süresinin nispeten düşük oluşu, enerji sürekliliğinin sağlanması amacıyla şebeke bağlantısını gerekli kılmaktadır. Apartman için tasarlanan enerji sistemi modelinde ana elemanlar elektrik şebekesi, fotovoltaik sistem ve dönüştürücüden oluşmaktadır (Şekil 4).

Tablo 1. Apartmanda bulunan dairelere ait 2020 yılı elektrik tüketim değerleri

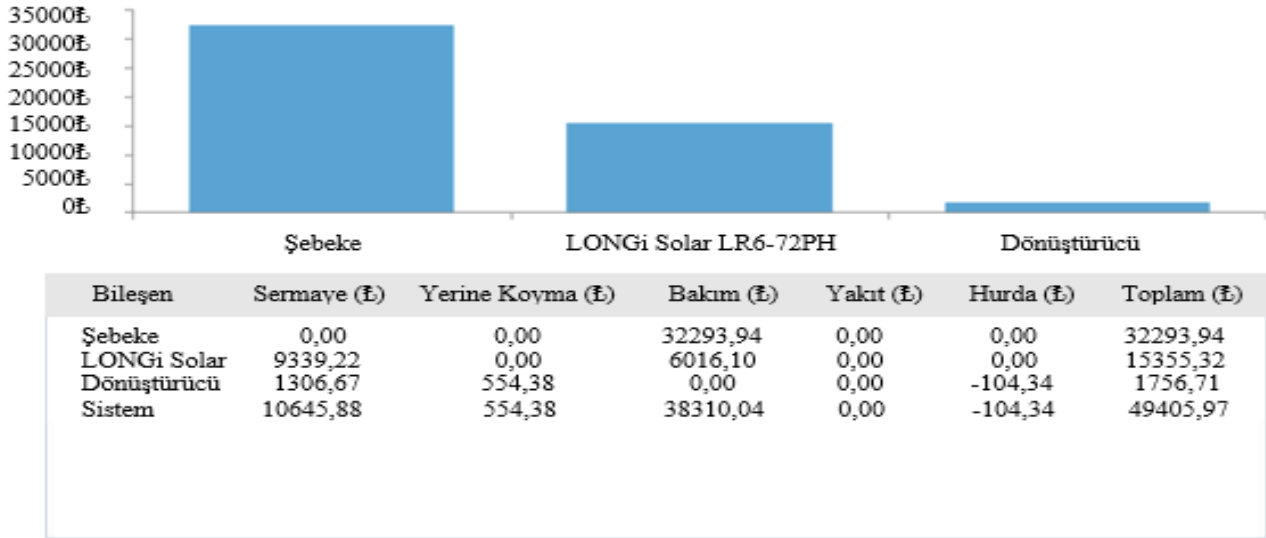
Ay	Daire 1 (kWh)	Daire 2 (kWh)	Daire 3 (kWh)	Toplam Tüketim (kWh)	Ortalama Tüketim (kWh/Gün)	Tutar (TL)
Ocak	183	175	155	513	16,55	294,65
Şubat	140	168	160	468	16,14	268,75
Mart	130	165	157	452	14,58	260,60
Nisan	210	178	164	552	18,40	316,80
Mayıs	248	180	175	603	19,45	345,15
Haziran	175	178	184	537	17,90	353,30
Temmuz	235	155	160	550	17,74	315,00
Ağustos	230	148	162	540	17,42	309,35
Eylül	210	185	177	572	19,07	327,70
Ekim	221	193	188	602	19,42	364,25
Kasım	188	183	196	567	18,90	343,05
Aralık	212	188	190	590	19,03	357,05
Toplam	2382	2096	2068	6546	214,6	3810,65



Şekil 4. Apartman için tasarlanan enerji sistemi modeli

HOMER Pro programında şebekeye bağlı olarak tasarlanan sisteme ait simülasyon sonuçları Tablo 2-5'te yer almaktadır. Tasarlanan sistem için 2020 yılı verilerine göre, şebekeden çekilen elektrik maliyeti 0,54 TL/kWh; şebekeye satılan elektrik maliyeti 0,31TL/kWh olarak HOMER Pro programına girilmiştir [24]. Sistemin ömür süresi 25 yıl olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Enerji sistem bileşenlerine ait maliyet değerleri



Tablo 3. Enerji sistemi kaynaklı emisyon değerleri

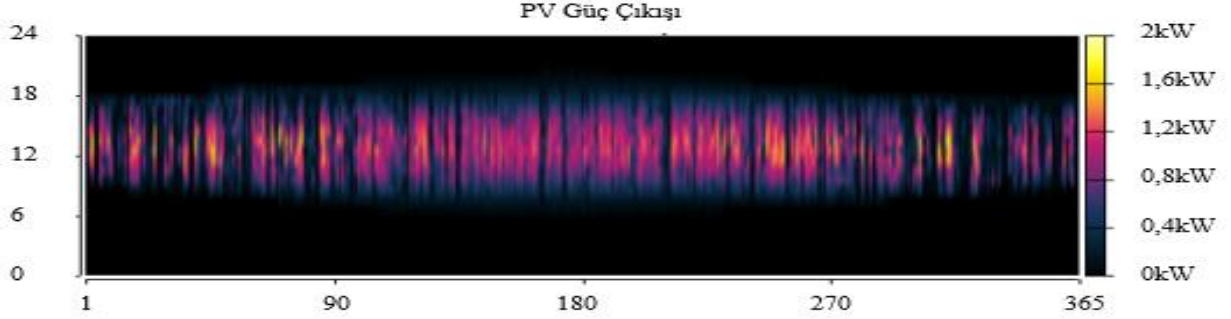
Nicelik	Değer	Birim
Karbon dioksit	3009	kg/yıl
Karbon monoksit	0	kg/yıl
Yanmamış hidrokarbonlar	0	kg/yıl
Partikül madde	0	kg/yıl
Sülfür dioksit	13,0	kg/yıl
Azot oksitler	6,38	kg/yıl

Hassasiyet analizine göre yenilenebilir fraksiyonun oranı %30 olarak belirlenmiştir. Enerji sisteminin toplam yıllık maliyetinin yıllık üretim enerjisine oranı olarak ifade edilen enerji maliyeti 0,562 TL/kWh, sistem kurulumu sonrasında kullanım süresi boyunca yapılacak tüm harcamaları içeren işletme maliyeti 2998,26 TL, enflasyon etkisinden arındırılmamış olan nominal

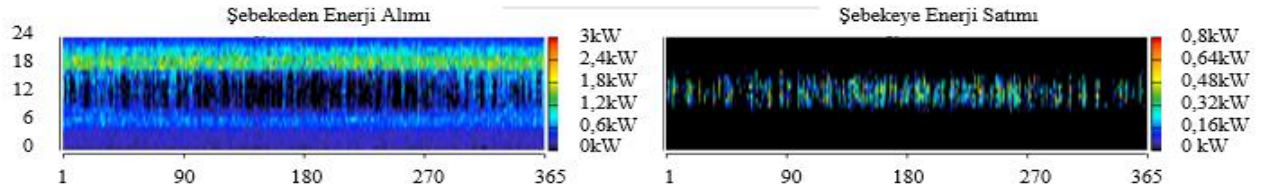
faiz oranı %8, enflasyon etkisinden arındırılmış olan reel faiz oranı %5,88, 25 yıllık proje ömrü için yatırımın sağladığı getirinin bugünkü değerinden yatırım giderlerinin bugünkü değerinin çıkarılması ile elde edilen sistemin net şimdiki maliyeti 49405,97 TL (5974,12 \$) olarak hesaplanmıştır [25]. Şebekeye bağlı olarak üretim yapan panellerden elde edilebilecek yıllık toplam enerji üretim miktarı 2175 kWh olarak belirlenmiştir.

Tablo 4. Fotovoltaik panel güç çıkış değerleri

Nicelik	Değer	Birim	Nicelik	Değer	Birim
Kapasite	1,72	kW	Minimum Çıkış	0	kW
Ortalama Çıkış	0,248	kW	Maksimum Çıkış	1,64	kW
Ortalama Çıkış	5,96	kWh/g	PV Penetrasyon	33,1	%
Kapasite Faktörü	14,4	%	Çalışma Saati	4391	sa/yıl
Toplam Üretim	2175	kWh/yıl	Enerji Maliyeti	0,546	₺/kWh

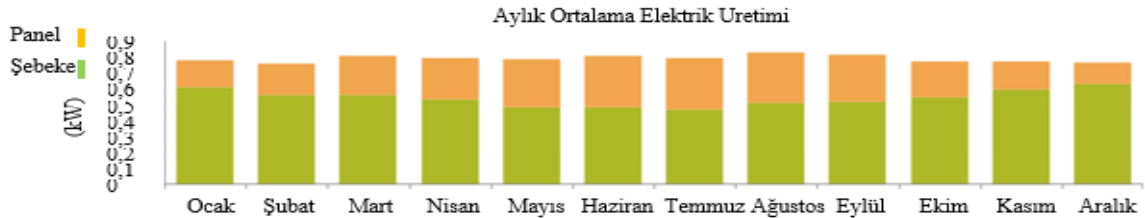
**Tablo 5.** Şebekeden çekilen ve şebekeye satılan enerji miktarı

Aylar	Alınan Enerji (kWh)	Satılan Enerji (kWh)	Net Alım (kWh)	Pik Talep (kW)	Enerji Ücreti (₺)	Talep Ücreti (₺)
Mayıs	361	26	335	2	186,66	0
Haziran	351	25	326	2	181,83	0
Temmuz	349	28	321	2	179,69	0
Ağustos	380	25	356	2	197,84	0
Eylül	372	27	345	2	192,70	0
Ekim	407	16	391	2	214,84	0
Kasım	433	14	419	3	229,44	0
Aralık	470	9	460	2	250,74	0
Yıllık	4761	235	4526	3	2498,08	0



Şekil 5'te sistemin üreteceği elektrik miktarlarının aylara göre değişimi verilmiştir.

Üretim	kWh/yıl	%	Tüketim	kWh/yıl	%	Nicelik	kWh/yıl	%
LONGi Solar	2175	31,4	AC Birincil Yük	6570	96,5	Fazla Elektrik	23,2	0,335
Şebeke Alımları	4761	68,6	DC Birincil Yük	0	0	Karşılanmayan Elektrik Yükü	0	0
Toplam	6936	100	Şebeke Satışları	235	3,45	Kapasite Sıkıntısı	0	0
			Toplam	6805	100			

**Şekil 5.** Sistemin elektrik üretiminin aylara göre değişimi

Eşitlik 1-3'te maliyet hesaplamalarında kullanılan formüller yer almaktadır [26].

$$i = \frac{i'f}{1+f} \quad (1)$$

i: gerçek faiz oranı

i': nominal faiz oranı

f: yıllık enflasyon oranı

$$\text{Net Şimdiki Maliyet} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i^t)} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i^t)} \quad (2)$$

B_t: t yılındaki nakit girişi

C_t: t yılındaki nakit çıkışı

n: yıl

$$\text{Enerji Maliyeti} = \frac{C_{\text{tot}}}{E_{\text{tot}}} \quad (3)$$

C_{tot} sistemin tüm parçalarıyla birlikte yıllık toplam maliyeti

E_{tot} yıllık üretilen enerji

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, evsel elektrik ihtiyacının karşılanması amacıyla Bursa ili Osmangazi ilçesinde yer alan 180 m² alana sahip üç katlı bir apartmana kurulacak fotovoltaik sistem tasarımı HOMER Pro programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sistemin maliyet değeri 49405,97 TL (5974,12 \$), enerji maliyeti 0,562 TL/kWh olarak hesaplanmıştır. Kurulan sistemin yıllık enerji tüketim maliyeti 2498,08 TL'ye (302,07 \$) tekabül etmekte olup, 2020 yılı için

3810,65 TL (460,78 \$) olarak hesaplanan enerji tüketim maliyetinden 1312,57 TL (158,72 \$) tasarruf edilebileceği; bu veriler ışığında sistemin yenilenebilir enerji maliyetlerinin kendisini 13 yılda amorti edebileceği belirlenmiştir.

Fotovoltaik sistemlerden enerji eldesi, güneş enerjisinden yararlanma açısından yüksek potansiyel taşıyan ülkemiz için enerji arz güvenliğinin sağlanması, enerjide dışa bağımlılığın azaltılması ve istihdam olanaklarının artırılması bakımından önemli avantajlar barındırmaktadır. Enerji tüketiminin büyük oranda konutlarda olduğu düşünüldüğünde, ülkemizde fotovoltaik teknolojisinin konut bazlı kullanımının artırılmasının, kaynak tasarrufu ve enerjinin verimli kullanımı açısından değer taşıdığı düşünülmektedir.

Yazarların Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- [1] M. Şengöz, "Ulusal Enerji Yönetimi," *Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi*, vol. 7, no. 1, pp. 73-85, 2021.
- [2] C. Karaca ve A. Bingül, *Türkiye'de Fosil Enerji Bağımlılığının Neden Olduğu Ekonomik ve Çevresel Maliyetler. Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Kongresi*, 2-4 Mayıs. Şırnak, 2019.
- [3] H. Kaya ve Y. Bayraktar, "Kamu Teşvik Mekanizmalarının Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerine Etkisi: AB Ülkeleri ve Türkiye'de Güneş Enerjisine Yönelik Dinamik Panel Veri Analizi," *Sosyoekonomi*, vol. 29, no. 48, pp. 181-204, 2021.
- [4] M.C. Doğan, Güneş Enerjisi Yardımıyla Gerçekleştirilen Isıtma Sistemlerinin Kocaeli Bölgesi İçin Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, pp. 1-173, 2006.
- [5] Anonim, 2021a. Yenilenebilir Enerji Kaynakları. <https://eusolar.ege.edu.tr/tr-3482/yenilenebilir-enerji-kaynaklari.html> (Erişim Tarihi: 8.05.2021).
- [6] M. Habibullah, "Rüzgar- Fotovoltaik- Biyogaz Hibrit Güç Sistemlerinin Akıllı Mikro Şebekelerde Kullanımının Kontrol ve Dizayını." Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, pp. 1-66, 2016.
- [7] F. Özkan, "Yenilenebilir Enerji Destekli Ters Ozmos Deniz Suyu Desalinasyon Sistemlerinin Tekno-Ekonomik Analizi." Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, pp. 1-83, 2019.

- [8] M.İ. Özkoca, “Kojenerasyon ve Güneş Enerjisinin Bütünleştirildiği Hibrit Sistemin Ekonomik ve Emisyon Analizi.” Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, pp. 1-63, 2019.
- [9] F.Ç. Kılıç, “Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri,” *Mühendis ve Makina*, cilt. 56, no. 671, pp. 28-40, 2015.
- [10] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021. Güneş. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> (Erişim Tarihi: 8.05.2021)
- [11] Anonim, 2021b. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA). <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/> (Erişim Tarihi: 7.05.2021)
- [12] TEİAŞ, 2020. Kurulu Güç Raporu- Aralık 2020. Yük Tevzi Dairesi Başkanlığı.
- [13] M. Çınar, “Gazze’de Şebekeye Bağlı Dizel Jeneratör-Fotovoltaik Hibrit Güç Sisteminin Enerji Depolama Üniteleri ile Birlikte Tasarımı.” Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, pp. 1-92, 2019.
- [14] T. Ma, H. Yang and L. Lu, “A Feasibility Study of a Stand-Alone Hybrid Solar–Wind– Battery System for a Remote Island,” *Applied Energy*, vol. 121, pp.149-158, 2014.
- [15] M. Baneshi and F. Hadianfard, “Techno-Economic Feasibility of Hybrid Diesel/PV/Wind/Battery Electricity Generation Systems for Non-Residential Large Electricity Consumers Under Southern Iran Climate Conditions,” *Energy Conversion and Management*, vol. 127, pp. 233-244, 2016.
- [16] İ. Kırbaş ve T. Kocakulak, “Hibrit Sistemler ile Enerji Üretimi: MAKU-TBMYO Örneği,” *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 12, no. 1, pp. 127-135, 2021.
- [17] A. Çobanoğlu, G. Demirkıran ve M. Güneş, “İzmir İlinde Elektrikli Kara Araçları için Güneş Enerjisi Destekli Bir Şarj İstasyonunun Tasarlanması,” *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, no. 21, pp. 635-648, 2021.
- [18] F. Bulut, “Türkiye’nin Teşvik Uygulamalarının Ekonomik Analiz ile Rüzgar ve Güneş Enerji Sistemlerine Etkisi.” Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, pp. 1-126, 2018.
- [19] S. Türkoğan, M.T. Mercan ve T. Çatal, “Şebekeden Bağımsız Hibrit Enerji Sistemleri Kullanılarak 40 Hanelik Bir Topluluğun Elektrik ve Termal Yük İhtiyacının Karşlanması: Teknik ve Ekonomik Analizleri,” *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, no.18, pp. 476-485, 2020.
- [20] M. Engin, “Bornova için Güneş-Rüzgar Hibrit Enerji Üretim Sistemi Tasarımı,” *Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, vol. 2, no. 13, pp. 11-20, 2010.
- [21] Anonim, 2021c. Bursa Nüfus, Konum, İklim ve Coğrafya. <https://www.bursa.com.tr/tr/sayfa/nufus-konum-iklim-ve-cografya-47/> (Erişim Tarihi: 7.05.2021)
- [22] Anonim, 2021d. Bursa 2020 Nüfusu. <https://www.nufusu.com/il/bursa-nufusu> (Erişim Tarihi: 7.05.2021).
- [23] Anonim, 2021e. Bursa Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA). <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/16.aspx> (Erişim Tarihi: 7.05.2021).
- [24] Anonim, 2020. Devlete Elektrik Satış Fiyatı 2020. <https://www.powerenerji.com/devlete-elektrik-satis-fiyati-2020.html#:~:text=Ekim%202020%20d%C3%B6nemi%20ulusal%20tarife,edildi%C4%9Finde%200%2C7511%20kuru%C5%9F%20olmaktad%C4%B1r> (Erişim Tarihi:10.05.2021).
- [25] Anonim, 2021f. Güncel Dolar Kuru. <https://www.trthaber.com/haber/ekonomi/dolar-ne-kadar-euro-kac-lira-10-mayis-2021-guncel-dolar-kuru-dolartl-579692.html> (Erişim Tarihi: 10.05.2021)
- [26] N. Çağlayan, “Bir Sera İşletmesi için Şebekeye Bağlı ve Şebekeden Bağımsız Rüzgâr, Fotovoltaik ve Jeneratör Sistemlerinin Teknik ve Ekonomik Değerlendirmesi,” *Mediterranean Agricultural Sciences*, vol. 32, no. 2, pp. 175-184, 2019.