

Performance Analysis of Storage, Grid Connected Hybrid Photovoltaic System

Yavuz Selim İşler^{a,1}, Metin Salihmuhsin^b

^aSütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kahramanmaraş, Avşar Mah. Batı Çevreyolu Blv. 46040 Türkiye

^bSütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kahramanmaraş, Avşar Mah. Batı Çevreyolu Blv. 46040 Türkiye

Abstract

Photovoltaic solar energy plants are rapidly increasing. These systems are generally on-grid or off-grid photovoltaic systems. In this study, a hybrid system is realized and analyzed. This system contains feature of on-grid, storage and self-consumption unlike other studies and applications. This proposed system is located in Baunatal, Germany with an installed capacity of 9,82 kWp and generates approximately energy of 8,838 kWh/year. This system contains of 230 W Aleo solar panels, 6,400 Wh SMA Lithium-Ion battery, 9 kW SMA Sunny Tripower 9000TL intelligent inverter. The stored, grid-connected hybrid photovoltaic system works successfully. This system makes optimum use of solar energy. The energy balance for year of 2017 is shown in detail. According to the results, a total of 2718,97 kWh of energy has been drawn from the grid for 2017. The system consumed 1747.59 kWh for the battery charge, direct consumption of 2644.65 kWh and also generated over 4746.58 kWh of energy to the grid. For a period of 2 years, an economic gain of TL 21,983.50 was obtained. A fully hybrid system was implemented.

Keywords: "Photovoltaic, storage, hybrid, solar energy"

1. Giriş

Dünyada gün geçtikçe enerjiye olan ihtiyaç artmaktadır. Nüfusun ve teknolojinin gelişmesi ile beraber enerji tüketimi de artmış ve artmaya devam etmektedir. Günümüz itibarıyla bu enerji ihtiyacının büyük bir kısmı fosil tabanlı kaynaklardan üretilmektedir. Fosil tabanlı kaynak rezervlerin sınırlı olması ve çevreye verdiği zararlar bilim insanlarını farklı enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Yenilenebilir kaynakların en önemli ve kullanılabilir olanları güneş, rüzgâr, su, jeotermal ve biokütle enerji kaynaklarıdır. Bunlar arasında ise; kolay ulaşılabilen, stabil ve sınırsız olan kaynak güneş enerjisidir.

Güneş enerjisinden temelde iki farklı şekilde elektrik enerjisi üretilebilir. Bunlar termal ve fotovoltaik yöntem ile yapılan üretimlerdir. Gelişen teknolojiyle birlikte fotovoltaik sistemler ön plana çıkmaktadır.

Güneş enerjisi santrallerinde üretilen enerjide anlık değişimler oluşması bilinen bir gerçektir. Bu değişimler bağlı bulunduğu şebekeyi de doğrudan etkilemektedir. Enerji kaynaklarının verimli kullanılması ve elektrik şebekesi kalitesinin iyileştirilmesi için enerji depolamalı sistemler ön plana çıkmaktadır.

Elektrik üretiminde kullanılan biokütle ve konvansiyonel yakıtlar depolanabilme özelliğine sahiptir. Hidroelektrik santrallerinde de suyun depolanabilme özelliğinden faydalanılırken, aynı şeyi rüzgâr ve güneş enerjisi için söylemek mümkün değildir. Güneş ve rüzgâr enerjisi ilk önce elektrik enerjisine dönüştürülüp daha sonra başka bir enerji formuna dönüştürülerek depolanır. Yeni nesil depolamalı akıllı invertörler güneş enerji sistemlerinde gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu sistemler daha yüksek enerji ihtiyacı olan periyotlar için, güneş ışınımının yoğun olduğu zamanlarda fotovoltaik paneller tarafından üretilen fazladan enerjinin saklanması sağlar.

Güneş enerjili depolamalı sistemler ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan Tahtacı [2] tez çalışmasında şebekeden hiç enerji almadan güneş enerjisini kullanan ve bu enerjinin sürekliliğini sağlamak için üretim, depolama ve kullanım şartlarını kontrol eden bir akıllı enerji yönetim sistemine sahip yolcu durağı önermiştir. Ünver [4] yaptığı çalışmada santrifüj pompayı incelemiş ve pompanın çalışması için gerekli enerjiyi batarya destekli fotovoltaik sistem ile sağlamıştır. Atasorkun [5] ise tezinde web sitesi vasıtası ile dünyanın her yerinden izlenebilen, rüzgâr türbini ve güneş paneli için akıllı şarj kontrol sistemi tasarımı yapmıştır. Bu çalışmanın amacı rüzgârlı ve güneşli havalarda bataryalar vasıtası ile enerjiyi depolamak, dolayısı ile rüzgârsız ve güneşsiz havalarda depolanan bu enerjiyi elektrik şebekesi olmayan kırsal kesimlerde çeşitli amaçlar için kullanmaktır.

¹ Corresponding author. Tel.: +0-000-000-0000 ; fax: +0-000-000-0000 .

E-mail address: yavuzselimisler@yahoo.com

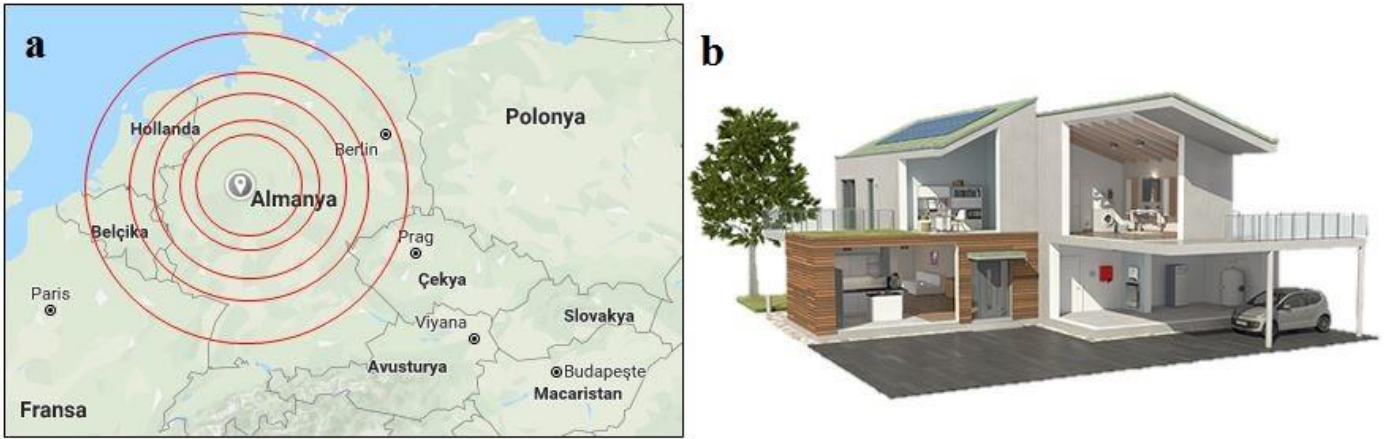
Akbari ve ark. [6] fotovoltaik enerjinin şebeke ve depolama teknolojilerine tümüyle entegre olabilmesi için, uygulamaları süren akıllı şebeke sistemleri ile birlikte değerlendirilmesi gerekliliğine vurgu yapmışlardır. Çalışmalarında fotovoltaik enerjiyi muhafaza etme kabiliyeti olan tüm enerji depolama teknolojilerini karşılaştırmışlardır. Depolamalı sistemler ile şebekenin olmadığı yerlere enerji sağlanabildiği gibi, şebekenin olduğu yerlerde de şebeke ile koordineli çalışma yapılabilmektedir. Literatürde depolamalı sistemler ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak, bu çalışmalar ağırlıklı olarak şebekenin olmadığı yerlerde akü destekli sistemler üzerinedir.

Şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaik sistem ile mevcut çalışmalardan farklı olarak şebeke bağlantılı, öz tüketimli ve de polamalı farklı bir sistem sunulmaktadır. Çalışmada seçilen lokasyon ve sistemin tanıtımı ikinci bölümde gerçekleştirilmiştir. Üçüncü bölümde ise deneysel sonuçlar verilmiş ve sistem için performans analizi yapılmıştır. Yapılan çalışmaya göre; 2017 yılı için detaylı olarak enerji dengesi gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre 2017 yılı için şebekeden toplamda 2718,97 kWh'lik bir enerji çekildiği görülmektedir. Sistem kendi içerisinde ise akü şarjı için 1747,59 kWh harcamış, 2644,65 kWh doğrudan tüketim gerçekleştirmiş ve ayrıca şebekeye fazla ürettiği 4746,58 kWh enerji vermiştir.

Toplamda uygulamamız sonucunda yaklaşık 2 yıllık bir süre zarfının verilerine göre 39,97 MWh enerji üretimi gerçekleşmiştir. Elektrik enerjisi birim fiyatları ülkelere göre değişmekte olup, elektrik enerjisi birim fiyatı 0,55 TL/kWh alınır ise yaklaşık 2 yıllık bir süre zarfında 21.983,50 TL ekonomik kazanç elde edilmiştir. Tam olarak hibrit bir sistem gerçekleştirilmiştir. Son olarak sonuç ve tartışma bölümünde sistemin çalışmasından bugüne kadarki olan süreçte elde edilen sonuçların genel bir değerlendirilmesi yapılmış ve çözüm önerileri sunulmuştur.

2. Seçilen Lokasyon ve Sistem Tanımı

Bu çalışmada lokasyon olarak Baunatal (Enlem: 51,253; Boylam: 9.401), Almanya da kurulu 9,82 kWp gücünde depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaik sistem verileri Sunny portal üzerinden alınarak detaylı olarak analiz edilmiştir. 13.05.2016 tarihinde devreye alınmış olan sistem yıllık yaklaşık 8.838 kWh enerji üretmektedir. Sistemde 42 adet 230 W Aleo marka solar panel, 6.400 Wh SMA Lithium-Ion akü, 9 kW SMA Sunny Tripower 9000TL-20 akıllı invertör kullanılmıştır. Şekil 1'de seçilen depolamalı güneş enerjisi sisteminin konumu görülmektedir.



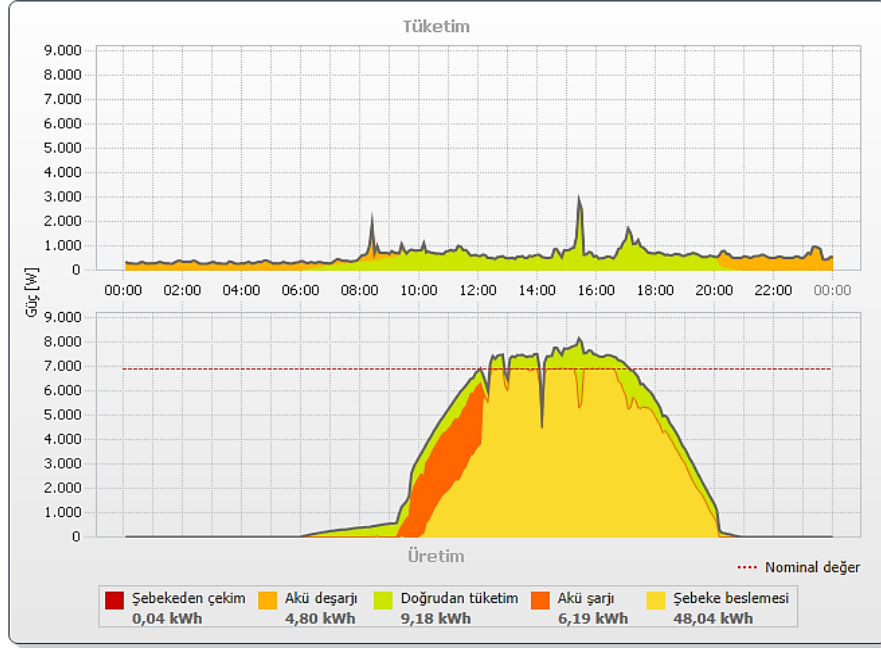
Şekil 1. (a) çalışılan sistemin bulunduğu lokasyon; (b) temsili resmi

Sistem performansının ölçülmesi için 05.05.2018 Cumartesi günü enerji dengesi incelenmiştir. Sistem şebeke bağlantılı olmasına rağmen depolamalı bir sistemdir. Depolamalı sistem enerji kalitesine destek verdiği gibi, enerji kesintisi durumunda avantaj oluşturmaktadır. Ayrıca mevcut sistemlerde saatlik mahsuplaşma olduğu için enerjinin pahalı olduğu saatlerde enerji satın alınması ve enerjinin ucuz olduğu saatlerde şebekeye enerji verme durumu söz konusudur. Hibrit sistemler bu dezavantajlı durumu tersine çevirme kapasitesine sahiptir ve tamamen şebeke destekli olarak kullanıcıya güneş enerjisinden daha fazla faydalanma fırsatı sunmaktadır.

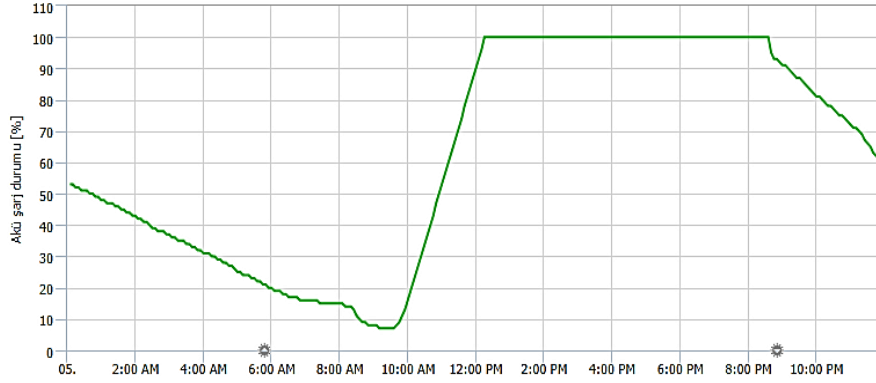
3. Uygulama Sonuçları ve Performans Analizi

05.05.2018 Cumartesi günü toplam 14,02 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 0,04 kWh'lik kısmı şebekeden 4,80 kWh'lik kısmı aküden ve 9,18 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı gün PV paneller toplam 63,41 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 9,18 kWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 6,19 kWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 48,04 kWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 2'de 05.05.2018 Cumartesi günü için enerji dengesi görülmektedir. Şekil 3'te aynı gün için akü şarj durumu verilmiştir. Grafik incelendiğinde özellikle öğle saatlerinde güneş ışınımının daha yoğun olduğu zamanlarda akü şarj

durumu % 100 olarak seyretmektedir. Güneş ışınımının olmadığı zamanlarda ise akü deşarj durumu gerçekleşmektedir. Enerji ihtiyacı aküden karşılanmaktadır.

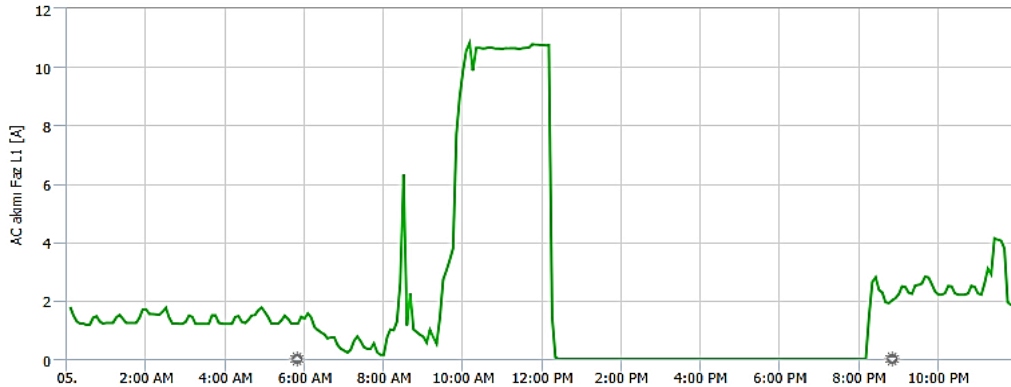


Şekil 2. 05.05.2018 Cumartesi günü için enerji dengesi

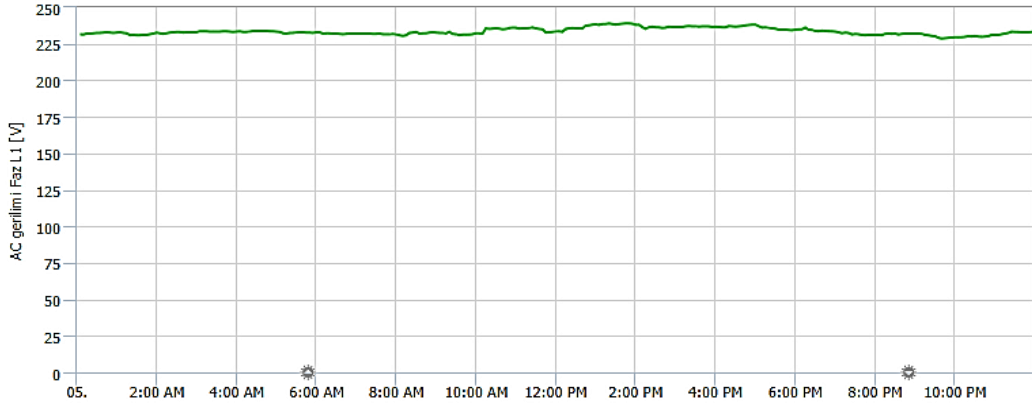


Şekil 3. 05.05.2018 Cumartesi günü için akü şarj durumu

Şekil 4'te 05.05.2018 Cumartesi, aynı gün için kurulmuş olan sisteme ait AC akım değişimleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde özellikle sabah 10 ile öğlen 12 arasında 10 A değerinin üzerinde bir akım olduğu gözlemlenmektedir. Öğleden sonra ise bu akım değeri 0'a çok yakındır. Şekil 5'te ise AC gerilim değerleri verilmiştir. AC gerilim değerleri stabil şekilde 230 V civarlarında seyretmiştir. Fotovoltaik sistemlerde üretimi, gerilim değerinden ziyade akım değeri etkilemektedir.

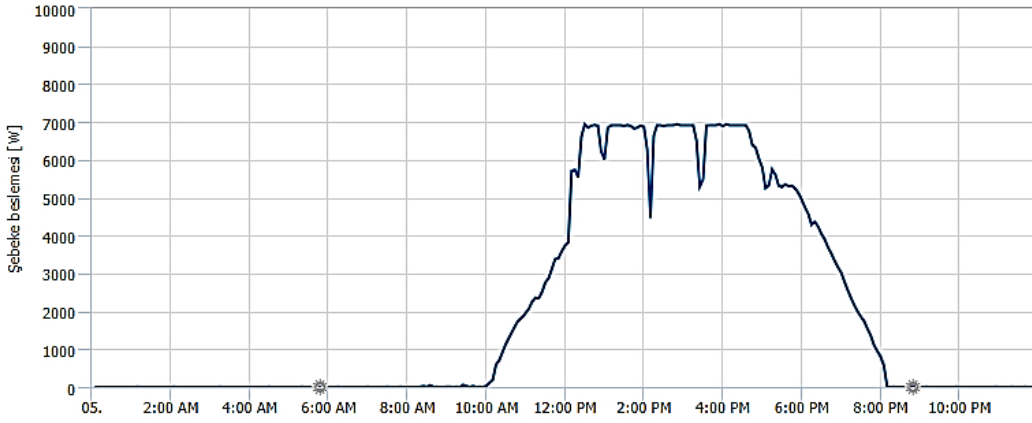


Şekil 4. 05.05.2018 Cumartesi günü için AC Akım değişimi

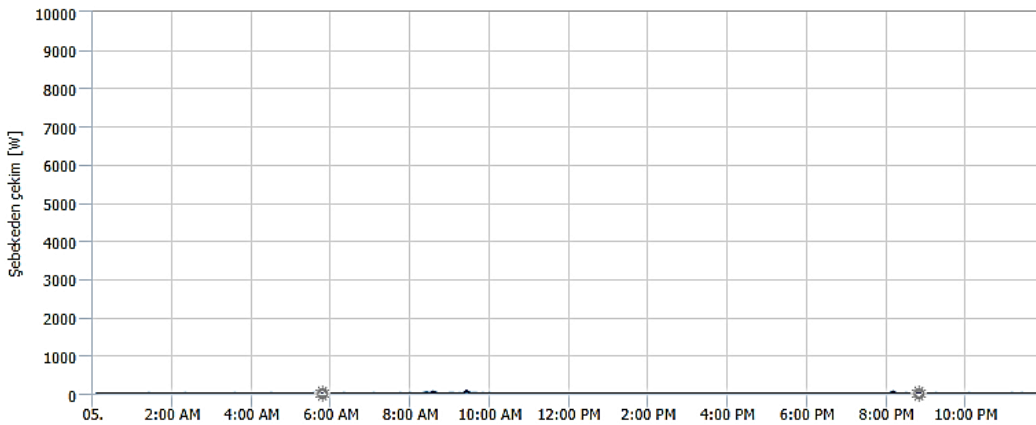


Şekil 5. 05.05.2018 Cumartesi günü için AC Gerilim değişimi

Şekil 6'da ise 05.05.2018 Cumartesi günü için şebeke besleme durumu gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre özellikle güneş ışınımının yoğun olduğu sabah 10 ile akşam 8 saatleri arasında fotovoltaik sistemin ürettiği elektrik enerjisi gözlemlenmektedir. Zaman zaman bu saatler arasında meydana gelen üretim düşüklükleri bulutlanmadan dolayı oluşmaktadır. Bu saatlerde enerji üretiminde en yüksek 7 kW değeri ölçülmüştür. Şekil 7'deki grafik incelendiğinde, gündüz vakitlerinde akü şarjı ve genel ihtiyacın üzerine çıktığı çok az bir zaman diliminde şebekeden destek alındığı görülebilmektedir. Sistem öğle saatlerinde hem akü şarjı yapmış, hem de şebekeye elektrik üretmiştir. Güneş ışınımının olmadığı gece saatlerinde ise sistem aküden deşarj yaparak beslenmiştir.

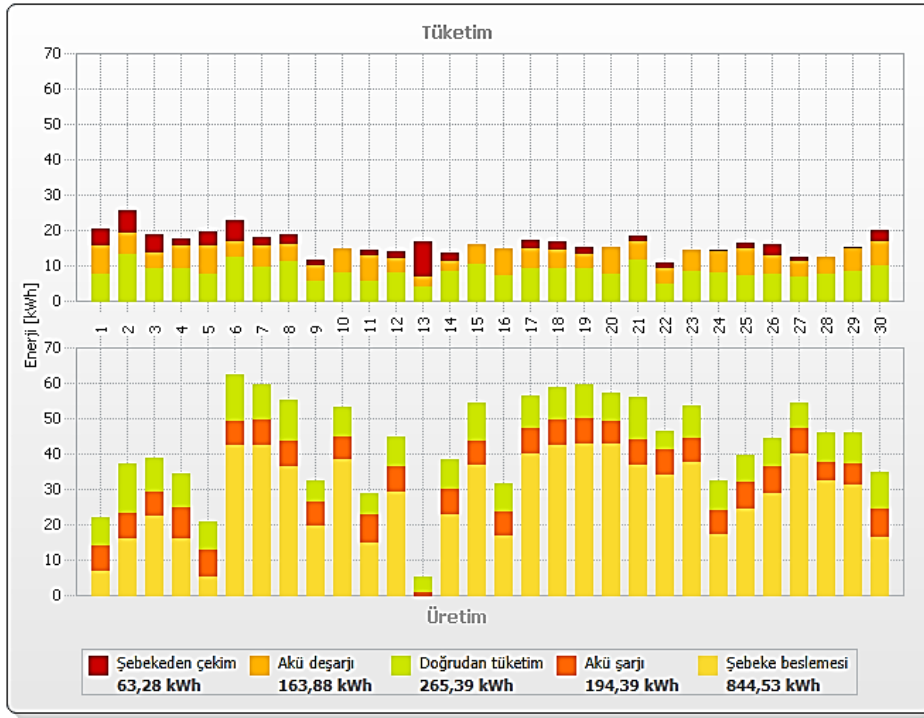


Şekil 6. 05.05.2018 Cumartesi günü için Şebeke besleme durumu



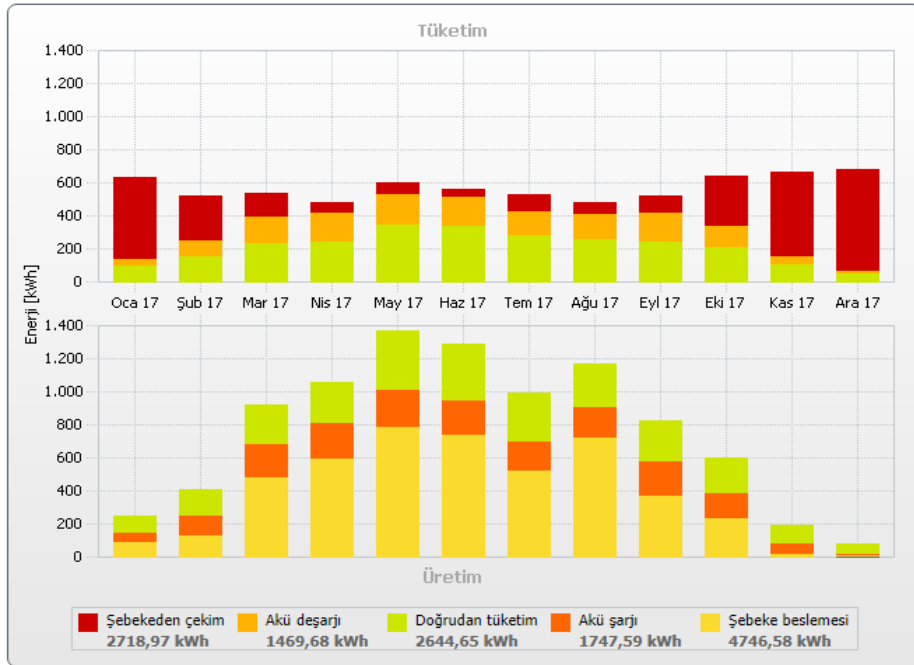
Şekil 7. 05.05.2018 Cumartesi günü için Şebekeden besleme durumu

Şekil 8'de Nisan ayı için detaylı olarak enerji dengesi gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre Nisan ayı için şebekeden toplamda 63,28 kWh'lik bir enerji çekildiği görülmektedir. Sistem kendi içerisinde ise akü şarjı için 194,39 kWh harcamış, 265,39 kWh doğrudan tüketim gerçekleştirmiş ve ayrıca şebekeye fazla ürettiği 844,53 kWh enerjiyi vermiştir. Yani sistem hem kendi tüketimi için enerji üretmiş, hem güneş ışınımının olmadığı zamanlarda aküden enerji kullanmak için akü şarjı gerçekleştirmiş, hem panellerin yeterli gelmediği anda şebekeden enerji almış, hem de farklı zamanlarda şebekeye enerji vermiştir.



Şekil 8. Nisan ayı için enerji dengesi

Şekil 9'da 2017 yılı için detaylı olarak enerji dengesi gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre 2017 yılı için şebekeden toplamda 2718,97 kWh'lik bir enerji çekildiği görülmektedir. Sistem kendi içerisinde ise akü şarjı için 1747,59 kWh harcamış, 2644,65 kWh doğrudan tüketim gerçekleştirmiş ve ayrıca şebekeye fazla ürettiği 4746,58 kWh enerji vermiştir. Tam olarak hibrit bir sistem gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. 2017 yılı için enerji dengesi

4. Sonuç ve Tartışma

Dünyada ve ülkemizde, çevre dostu ve temiz bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi santrallerinin kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada diğer mevcut çalışmalardan farklı olarak hem öz tüketimli, hem depolamalı, hem de şebeke

bağılantılı hibrit bir sistemin çalışma prensipleri ele alınmıştır. Sistemin performansı detaylı olarak analiz edilmiştir. Yapılan bu analizler sonucunda elde edilen bulgular detaylı olarak sunulmuş ve tartışılmıştır.

13 Mayıs 2016 tarihinde devreye alınan bu sistemin yaklaşık 2 yıllık bir zaman dilimi için verileri analiz edilmiş ve sistem performansı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre toplam 18,303 MWh'lik bir üretim, 8,303 MWh'lik bir öz tüketim, 3,365 MWh'lik akü şarjı ve 10 MWh'lik şebeke beslemesi gerçekleştirilmiştir. Üretim sisteminin bağlı olduğu tüketim tesisi ise bu süre zarfında toplam 12,837 MWh'lik tüketim, 5,079 MWh'lik şebekeden çekim ve 4,939 MWh'lik doğrudan tüketim gerçekleştirmiştir. Ek olarak; sistemin çalıştığı bu süre zarfında üretilen toplam enerji ile birlikte 41 ton CO₂ salınımı engellenmiştir.

Yapılan bu uygulama için sistem toplamda 39,97 MWh'lik bir enerji üretimi gerçekleştirmiştir. Elektrik enerjisi birim fiyatları ülkelere göre değişmekte olup, birim fiyatı 0,55 TL/kWh alınır ise 2 yıla yaklaşan bir süre zarfında ortalama 21.983,50 TL'lik ekonomik kazanç elde edilmiştir.

Referanslar

- [1] Çetin N. S., Başaran K., “Adnan Menderes Üniversitesi Yerleşkesinin Rüzgar Elektrik Potansiyelinin Belirlenmesi”, VIII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, pp.167-174, 2010.
- [2] Tahtacı Ç., “Güneş enerjisi ile beslenen akıllı duraklarda enerji yönetimi”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, 2018.
- [3] Bedeloğlu A., Bozkurt Y., “Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller”, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, vol. 4, no. 2, pp. 43-58, 2010.
- [4] Ünver M. G., “Güneş enerjisi ile çalışan prototip bir santrifüj pompanın sayısal analiz yöntemleri ile tasarımı ve simülasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 2013.
- [5] Atasorkun M., “Rüzgar ve güneş enerjisi için akıllı şarj kontrol ünitesi tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, 2015.
- [6]. Akbari H., Browne M. C., Ortega A., Huang M. J., Hewitt N. J., Norton B., McCormack S. J., “Efficient energy storage technologies for photovoltaic systems”, Solar Energy, 2018.
- [7] Zıba S., “Fotovoltaik üretim sistemlerinin şebekeye ve maliyetlere etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, 2017.
- [8] Durusu A., “Fotovoltaik güneş santral tasarımı ve saha optimizasyonu için yeni bir yaklaşım”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, 2016.
- [9] Altıntaş A., “Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin elektrik üretimi açısından ekonomik etkileri :Avrupa Birliği ve Türkiye uygulamaları”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, 2013.
- [10] İşler Y. S., Salihmuhsin M., “Yenilenebilir Enerji Kaynakları için Yazılım Araçlarının Sınıflandırılması”, International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE'16), 2016, March 19-20: 2419-2426.
- [11] Toygar U., “Fotovoltaik Güneş Panellerinin Yüzey Sıcaklıklarını Tespit Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Yeni Model Sunulması”, Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, 2017.
- [12] Eckstein J. H., “Detailed Modeling of Photovoltaic Components” M.S. Thesis, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, 1999.
- [13] Townsend T.U., “A Method for Estimating the Long-Term Performance of Direct-Coupled Photovoltaic Systems”, M. S. Thesis, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, 1989.
- [14] Lovelace R., “Measured and Predicted Performance of a Photovoltaic Grid-Connected System in a Humid Subtropical Climate”, M. S. Thesis, University of Texas, Texas, 2015.

[15] Al Riza D.F., Gilani S.I., Aris M.S., “Measurement and Simulation of Standalone Solar PV System for Residential Lighting in Malaysia”, *Journal of Hydrocarbons Mines and Environmental Research*, vol. 2, no. 1, pp. 6-12, 2011

[16] *Transient System Simulation Program Volume 5 Mathematical Reference*, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison, USA, 2006.