

## 40kW Gücündeki Fotovoltaik Sistemin Altı Aylık Performansının İncelenmesi

Cihan Demircan<sup>1</sup>, Rüştü Eke<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Temiz Enerji Kaynakları Ar-Ge Merkezi, 48120, Muğla, Türkiye

<sup>2</sup>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 48120, Muğla, Türkiye

\*Corresponding author e-mail: erustu@mu.edu.tr

Alınış: 05 Mayıs 2014, Kabul: 20 Ağustos 2014

**Özet:** Bu çalışmada, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Öğretim elemanları bloğunun güney cephesinde kurulmuş olan 40kWp gücündeki binaya entegre fotovoltaik (BIPV) sistemin 6 aylık performansı ve güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisinin binada tüketilen enerjiyi karşılama oranları belirlenmiştir. Binanın yönelimi ve fotovoltaik (PV) modüllerin yerleştiği düzlemlerin eğim açısı nedeniyle üretilen enerjinin Eylül ve Ekim aylarında Ağustos ayından daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sistemlerin bulunduğu binanın bir kamu binası olması nedeniyle enerjinin hafta içindeki ve hafta sonundaki karşılama oranları ayrıca hesaplanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** BIPV, güneş enerjisi, performans

### The Performance Analysis of the 40 kWp BIPV System after 6 Months Operating Duration

**Abstract:** In this work, the performance of a BIPV system with 40kWp is analysed for 6 months period. Electricity cover ratio of the PV system is calculated. It is shown that more electricity is generated in September and October than in August because of the direction of the building and the slope of the PV modules. Muğla Sıtkı Koçman University's Education Faculty's staff's block is also a public building so the cover ratio of the system in weekdays and weekends are also calculated separately.

**Key words:** BIPV, solar energy, performance

#### 1. Giriş

Türkiye'nin enerji talebi ekonomik büyüme ve gelişmenin sonucu olarak hızlı bir şekilde büyümektedir. Ortalama enerji talebi artışı 1983'ten itibaren yıllık yaklaşık %5 olarak gerçekleşmiştir. Türkiye 2009'da toplam birincil enerji üretimi, birincil enerji talebinin yaklaşık %28'ini karşılamıştır [1]. IEA'ya göre 2010 yılında elektrik tüketimi 180,21 TWh (milyar kWh) ve CO<sub>2</sub> salımı 265,88 Mt (milyon ton) iken 2011 yılında ise elektrik tüketimi 197,94 TWh'a ve CO<sub>2</sub> salımı 285,73 Mt'a yükselmiştir. Dünyada ise 2010 yılında elektrik tüketimi 19.738 TWh ve CO<sub>2</sub> salımı 30326 Mt iken 2011 yılında ise elektrik tüketimi 20.407 TWh'a ve CO<sub>2</sub> salımı 31.342 Mt'a yükselmiştir [2,3]. Sonuç olarak CO<sub>2</sub> salımı %1,4 oranında artmış ve küresel sıcaklık ortalaması 2°C artmıştır. Bilimsel analizler ise iklimin değişeceğini, aşırı hava olaylarının sık ve yoğun olacağını ve deniz seviyelerinin yükseleceğini söylemektedir [4]. Türkiye 2009 yılında yenilenebilir enerji kaynakları ile toplam güç tüketiminin %19,6'sını (37,8 TWh) karşılamıştır. Bunun %95'i (35,9 TWh) hidroelektrik, %4'ü (1,5 TWh) rüzgar ve %1'i (0,3 TWh, 0,5 TWh) biyokütle ve jeotermaldir [5]. Brüt elektrik enerjisi üretimi 2012 yılında 242,4 TWh olarak gerçekleşirken 2013 yılında bir önceki yıla göre %1,3 artarak 245,5 TWh, elektrik üretimimiz ise bir önceki yıla göre (239,5 TWh) %0,1 azalarak 239,3 TWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrik tüketiminin 2020 yılında yüksek senaryoya göre yıllık yaklaşık %6,9 artışla 392 TWh'e, baz senaryoya göre ise yıllık ortalama %5,5 artışla 357,4 TWh'e ulaşması beklenmektedir. 2013 yılında sisteme toplam 6.985 MW'lık yeni santral eklenmiş olup kurulu gücümüz 64.044 MW seviyelerine ulaşmıştır. 2013 yılında kurulu güce ilave edilen rüzgâr santrallerinin oranı ise %11 dir [6]. Türkiye'deki

kurulu fotovoltaik sistem gücünün ise 2013 yılı sonunda yaklaşık olarak 10MWp olduğu tahmin edilmektedir. Yıl sonuna kadar lisanslı (1MW'tan büyük) ve lisanssız (1MW'tan daha düşük kurulu güçte) olmak üzere devreye alınacak yeni sistemler ile kurulu gücün 60MWp değerine yaklaşacağı tahmin edilmektedir [7].

Türkiye'de üretilen ve tüketilen maksimum enerji yaz mevsiminde (27 Temmuz 2012) 789.842 MWh ve 799.365 MWh iken ani puant güç yaklaşık 39.045 MW olarak gerçekleşmiştir [8].

Türkiye'de günlük ortalama yatay yüzeye düşen güneş enerjisi değeri  $6,57 \text{ kWh/m}^2$  ve güneşlenme süresi 11,31 saate ulaşırken, Türkiye'nin güneyinde bulunan Muğla ilinde ise yatay yüzeydeki güneş enerjisi değeri günlük ortalama  $6,81 \text{ kWh/m}^2$  olup güneşlenme süresi 11,90 saate ulaşmaktadır [9]. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Temiz Enerji Kaynakları Araştırma ve Geliştirme Merkezi (MUTEK) tarafından ölçülen değerlere göre Muğla, Menteşe (merkez)'deki yatay yüzeyde yıllık toplam ışıınım değeri  $1.680 \text{ kWh/m}^2$  iken  $30^\circ$  eğimli yüzeyde  $1.850 \text{ kWh/m}^2$  değerine ulaşmaktadır.

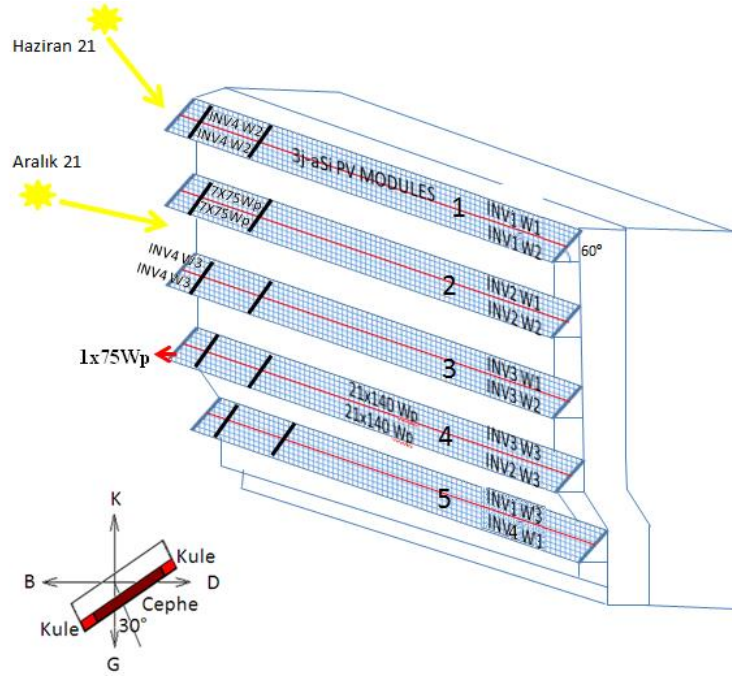
Test edilen fotovoltaik sistemlerin bulunduğu bina güneyden  $30^\circ$  doğuya yönlendirilmiş olup BIPV sistem için herhangi bir ekstra alan kullanılmamıştır. Bina yüzeyinde 220 adet PV modül kullanılıp  $405 \text{ m}^2$  alan kaplamıştır. Yerleştirilen PV modüller  $30,15 \text{ kWp}$  kurulu güce sahiptir ve 4 adet  $6 \text{ kW}$ 'lık invertör ile şebekeye bağlanmıştır. Doğu ve batı kulelerde ise 160 adet PV modül kullanılıp  $136 \text{ m}^2$  alan kaplamıştır. Yerleştirilen PV modüller  $10,24 \text{ kWp}$ 'lik kurulu güce sahiptir ve 2 adet  $5 \text{ kW}$ 'lık invertörler ile şebekeye bağlanmıştır. Binanın PV modüller yerleştirildikten sonraki görünümü Şekil 1'de gösterilmektedir [10].



Şekil 1. BIPV sistem

Binanın yüzeyine yerleştirilen üç eklemlili amorf silisyum PV modüller Şekil 2'de gösterildiği gibi her kat için ikişer dizi olacak şekilde yerleştirilmişler ve elektriksel olarak  $6 \text{ kW}$  lık invertörlere bağlanmışlardır. En üst kattaki (1 numara) invertöre bu katta bulunan 46 PV modülün 28 tanesi ve en altta bulunan 46 PV modülün 14 tanesi bağlanmıştır. 2 numaralı invertöre ise üst sıradaki 14 adet PV modül (W1), ikinci sıradaki 14 adet PV modül (W2) ve birinci katta (4 numara) alt sırada yer alan 14 adet PV modül (W3) bağlanmıştır. İkinci kattaki 3 numaralı invertöre ise bu kattaki PV modüller W1 ve W2 olarak, birinci katta üst sırada kalan diğer 14 adet PV modül (W3) bağlanmıştır. 4 numaralı invertöre ise en alt kattaki 14 adet  $140 \text{ Wp}$  gücündeki PV modül (W1) ile geri kalan  $140 \text{ Wp}$  gücündeki PV modül ile  $75 \text{ Wp}$  gücündeki PV modüller (W2 ve W3) bağlanmıştır.

Güneş ışınlarının yeryüzüne geliş açısı güne ve gün içerisindeki zamana göre farklılık göstermektedir. Güneş ışınları yaz aylarında öğle saatlerinde yatay yüzeye kış aylarına göre daha yüksek açı yapmaktadır. Binanın yönelimi ve PV modüllerin yerleşimine göre 21 Haziran (en yüksek güneş yükseklik açısının olduğu gün) ve 21 Aralık (en düşük güneş yükseklik açısının olduğu gün) Şekil 2’de gösterilmektedir. Güneş ışınları bina yüzeyine 21 Aralık günü 9.45 te  $60^\circ$  eğimli yüzeye yaklaşık olarak dik (normal doğrultusundan  $5^\circ$  farklı) olarak gelirken 21 Haziran günü saat 11.00 de  $60^\circ$  eğimli yüzeyin normali ile yaklaşık  $55^\circ$  açı yapacak şekilde gelmektedir.



Şekil 2. Güneşin yaz ve kış mevsimindeki durumu ve binanın konumu

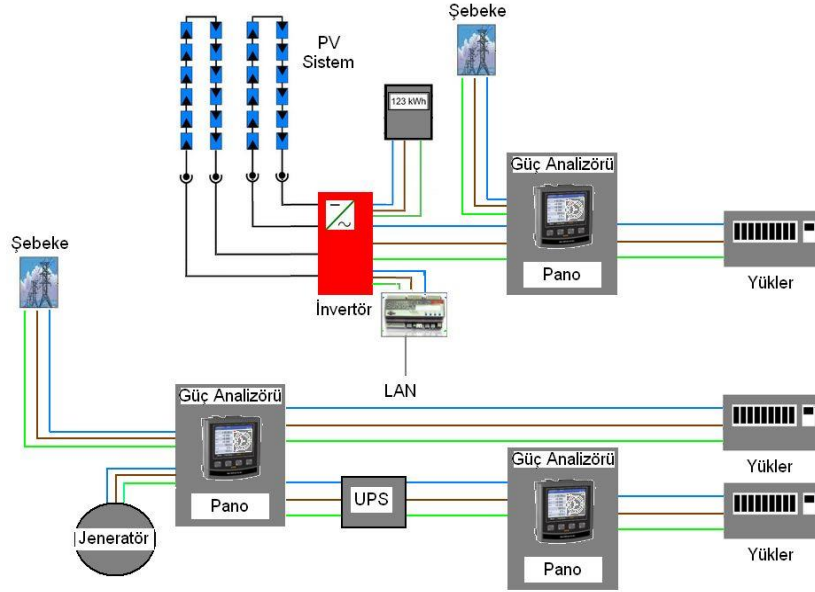
Güneş ışınlarının PV modül yüzeyiyle yapmış olduğu açı nedeniyle kış mevsiminde BIPV sistem tarafından üretilen maksimum güç ve enerji değeri yaz mevsimine göre daha yüksektir. Çevre sıcaklığı ve PV modül çalışma sıcaklığı nedeniyle de BIPV sistemden elde edilecek güç değerlerinde farklılıklar gerçekleşebilmektedir. Bu nedenle BIPV sistemin Ekim ayında ölçülen maksimum güç değeri 29,99 kW iken Temmuz ayında 19,65 kW olarak gerçekleşmiştir. Buna bağlı olarak günlük üretilen enerji değerleri ve anlık olarak binada ihtiyaç duyulan güç talebini karşılama oranı da kış mevsiminde açık günlerde artacaktır.

Bu çalışmada Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi’nde Eğitim Fakültesi Öğretim elemanları bloğundaki BIPV sistemin 6 aylık performansı incelenmiş, BIPV sistem tarafından üretilen gücün binada ihtiyaç duyulan gücü karşılama oranı belirlenmiştir.

## 2. Veri Toplama Ünitesi

Şubat 2008’de kurulan BIPV sistemin fotovoltaik tarafındaki elektriksel verileri 15 dakika aralıklar ile Sunlog veri depolama ünitesi tarafından kaydedilmektedir. Binanın elektrik enerjisi talebi ise 2013 yılının Temmuz ayından itibaren 5 saniye aralıklar ile üç ayrı 3 fazlı şebeke analizörü tarafından toplanmaktadır. Veri toplama ve veri depolama ünitelerinin binadaki mevcut elektrik sistemine bağlantısı Şekil 3’te gösterilmektedir. Binadaki kritik yükler UPS ve Jeneratör hattında bağlı olmakla birlikte jeneratör ve UPS sadece şebekede

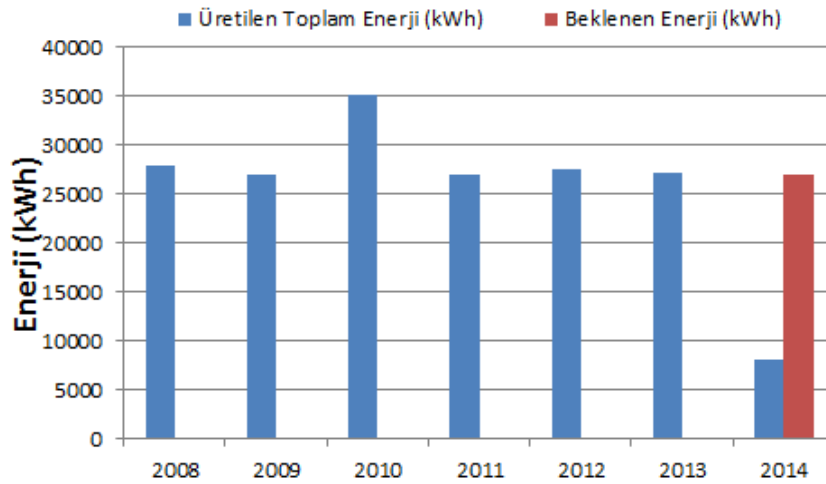
elektrik kesintisi olduğu anda devreye girmektedir. PV sistemin bağlı olduğu grup ise şebekede elektrik kesintisi olduğu anda beslemeyi durdurmaktadır. Bu sistemlerde üretilen enerji, anlık akım ve gerilim, frekans ve harmonikler gibi birçok elektriksel parametre güç analizörleri aracılığıyla ölçülerek her birinde bulunan hafıza birimlerinde depolanmaktadır.



Şekil 3. Veri toplama ve bina güç sisteminin elektriksel bağlantıları

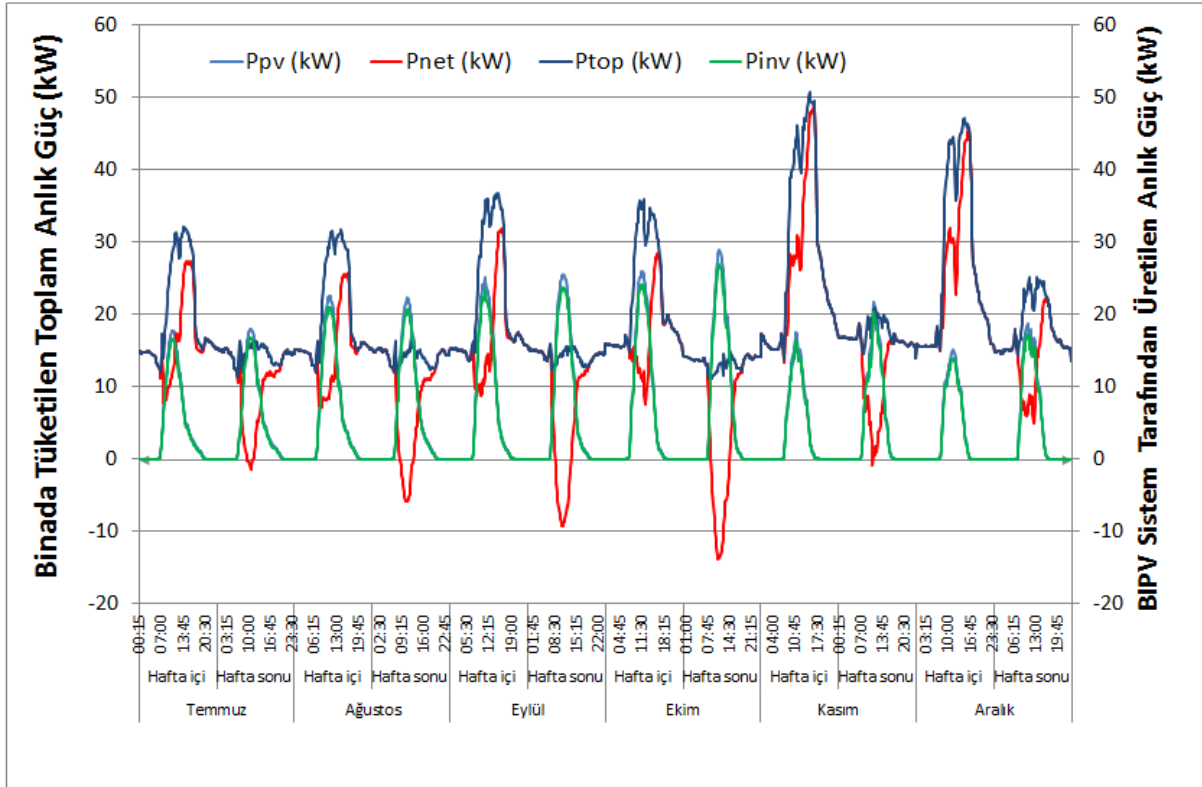
### 3. Elektrik Enerjisi Üretimi ve Tüketimi Karşılama Oranları

2008 Şubat ayında kurulan BIPV sistem 2013 yılı sonuna kadar yıllık ortalama 30.000kWh civarında elektrik enerjisi üretirken şebekeye aktarmıştır (Şekil 4). 2009 ve 2011 yıllarında 1'er invertörün arızalanması sonucu elektrik enerjisi üretiminde düşük değerler ölçülmüş olmasına rağmen 2014 yılının ilk 4 aylık diliminde 10.000 kWh'e yakın elektrik enerjisi üretilmiştir.



Şekil 4. PV sistemin toplam enerji üretimi

Bu çalışmanın amacı bir kamu binası olan BIPV sistemin yerleştirildiği binadaki mevcut yüklerin de dikkate alınarak PV sistemin bu tüketimi karşılama oranının belirlenmesi olduğundan yaz ve kış aylarını da içerisine alan 6 aylık bir süreç için analizler yapılmıştır. Öğretim elemanları bloğu olduğundan hafta içi günlerde ve hafta sonu gibi resmi tatil günlerinde de analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 5).

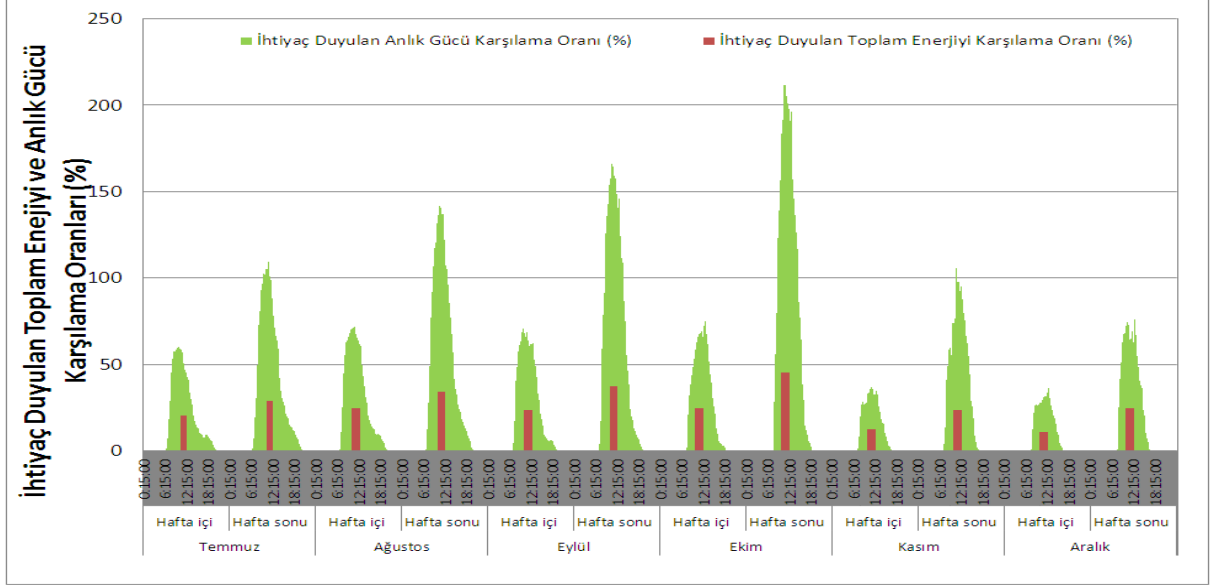


Şekil 5. BIPV sistem tarafından üretilen güç, net güç ve toplam ihtiyaç duyulan gücün 6 aylık durumu

Eğitim-öğretim dönemi dışında olan yaz aylarında öğretim elemanlarının bir bölümü izinli olup çalışma odalarını kullanmadıklarından ihtiyaç duyulan en yüksek anlık güç değerleri 32 kW olarak gerçekleşmiştir. Eğitim-öğretim dönemi başladıktan sonraki ilk 2 aylık süreçte (Eylül, Ekim aylarında) ise ihtiyaç duyulan güçte yaklaşık olarak %25'lik bir artış gerçekleşmiştir. BIPV sistemin ürettiği güç kullanıldığında ihtiyaç duyulan net güç açık günlerde hafta içerisinde 28kW değerine düşerken hafta sonu ihtiyaçtan fazla üretilen en fazla 13kW güç diğer birimlerde kullanılmak üzere şebekeye aktarılmıştır. Kasım ve Aralık aylarında ise ihtiyaç duyulan anlık gücün hafta içerisinde 50kW değerine kadar ulaştığı görülmüştür. Her ay için cumartesi ve pazar günlerinin ortalama tüketim değerleri dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda, sadece bazı kritik yüklerin devrede olduğu durumlarda, anlık güç ihtiyacının hafta içi günlerden %30 daha düşük olduğu gözlenmiştir. Ekim ayında hafta sonu yüklerin fazla çıkmasının nedeni o ay içerisinde iki hafta sonunda toplam 3 gün yerleşkede sınav yapılması ve bazı öğretim elemanlarının çalışma odalarını kullanması nedeni ile ihtiyaç duyulan anlık güç miktarında artış olmuştur. Ağustos-Eylül ve Ekim aylarında Şekil 5'te gösterilen Pnet (anlık net güç değerinin) hafta sonu açık günlerde negatif olmasının nedeni de BIPV sistem tarafından üretilen anlık gücün binada ihtiyaç duyulan anlık güç değerinden fazla olduğunu ve yerleşkede bulunan diğer binalarda kullanılmak üzere şebekeye aktarıldığını göstermektedir.

Temmuz-ağustos gibi yaz aylarından Ekim-kasım gibi kış aylarına doğru yaklaştıkça açık günlerde ortalama anlık güç karşılama oranı artarak hafta içi yaklaşık olarak %70'e, hafta sonunda ise enerji ihtiyacının 1,5-2 katı gibi oranlarda fazlası BIPV sistemden üretilerek %200'e kadar ulaşmıştır (Şekil 6). Fakat Kasım-Aralık gibi kış aylarında, kapalı gün sayısının fazla olması nedeniyle ortalama anlık güç karşılama oranı; Kasım ayında hafta içi yaklaşık %35, hafta sonu ise %100, Aralık ayında hafta içi %33, hafta sonu %75 olarak gerçekleşmiştir.

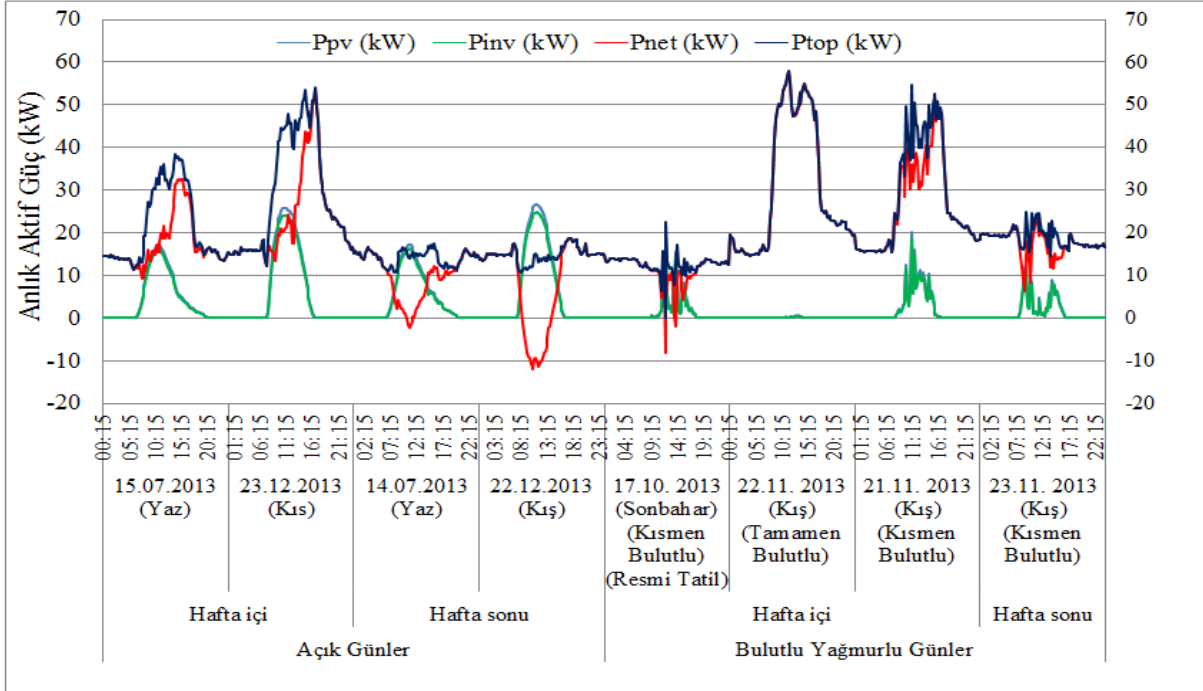
Yaz mevsiminde BIPV sistem tarafından oluşturulan anlık güç ile binada talep edilen güç arasında iyi bir uyum olduğu ve hafta içinde şebekeden alınan gücün yüksek değerlerinin (puant güç) öğle saatlerinden öğleden sonraya kaydığı görülmüştür. Kamu binalarının haftalık güç ihtiyaçlarına bakıldığında hafta içi günlerde gece saatlerinde ve hafta sonu veya tatil günlerinde genellikle sabit olduğu görülmektedir. Hafta içi çalışma saatlerinde ise yüksek olmasına rağmen üniversite binalarında araştırma faaliyetlerinin de devam etmesi nedeniyle hafta sonu günlerinde de hafta içinden biraz daha az yoğun bir şekilde güç ihtiyacının olduğu görülmektedir [11].



Şekil 6. BIPV sistemin binada tüketilen anlık güç ve toplam tüketilen enerjiyi karşılama oranları

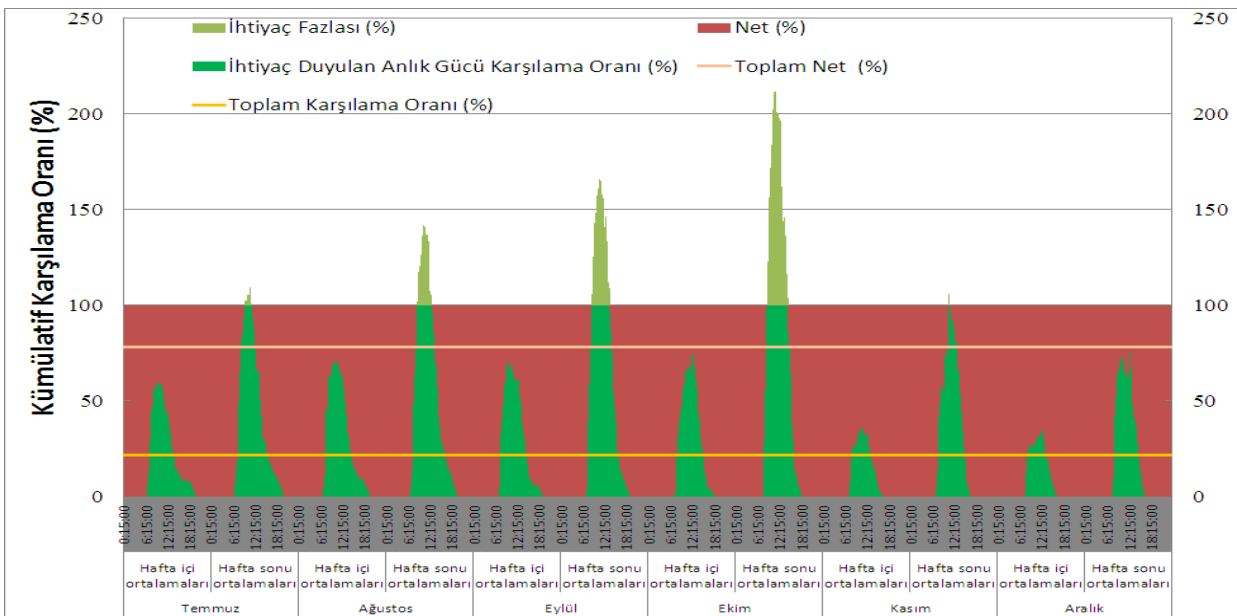
PV modüller tarafından oluşturulan güç aynı ışınım değerlerinde yaz ve kış mevsimlerinde farklılık göstermektedir. Kış mevsiminde düşük çevre sıcaklığı nedeniyle PV modüller yaz aylarına göre daha düşük sıcaklıklarda çalışmakta bunun sonucu olarak da oluşturulan güç değeri yaz mevsimine göre daha yüksek olmaktadır [12]. Binada üretilen ve ihtiyaç duyulan toplam gücün mevsime, açık-kapalı günlere göre değişimi Şekil 7’de gösterilmektedir. Ayrıca yaz mevsiminde yağmurlu gün sayısı çok az olduğu için PV modüller üzerinde toz birikimi oluşmakta ve sonuç olarak PV modül yüzeyine gelen ışınım engellenmekte bunun sonucu olarak da oluşturulan güç azalmaktadır.

Yaz mevsiminde saat 14:00’ten sonra BIPV sistem tarafından oluşturulan anlık gücün 5kW değerinin altında olduğu belirlenmiştir. Bina yüzeyinde güneş ışınlarının geliş açısına bağlı olarak katlar arasındaki modüller üzerinde gölgelenmeler oluşmaktadır. Binanın güneyden 30° doğuya yönelmiş olması nedeniyle gölgeleme yaz mevsiminde öğleden evvel başlarken, kış mevsiminde öğle saatlerine ve daha öncesine kaymaktadır [13].



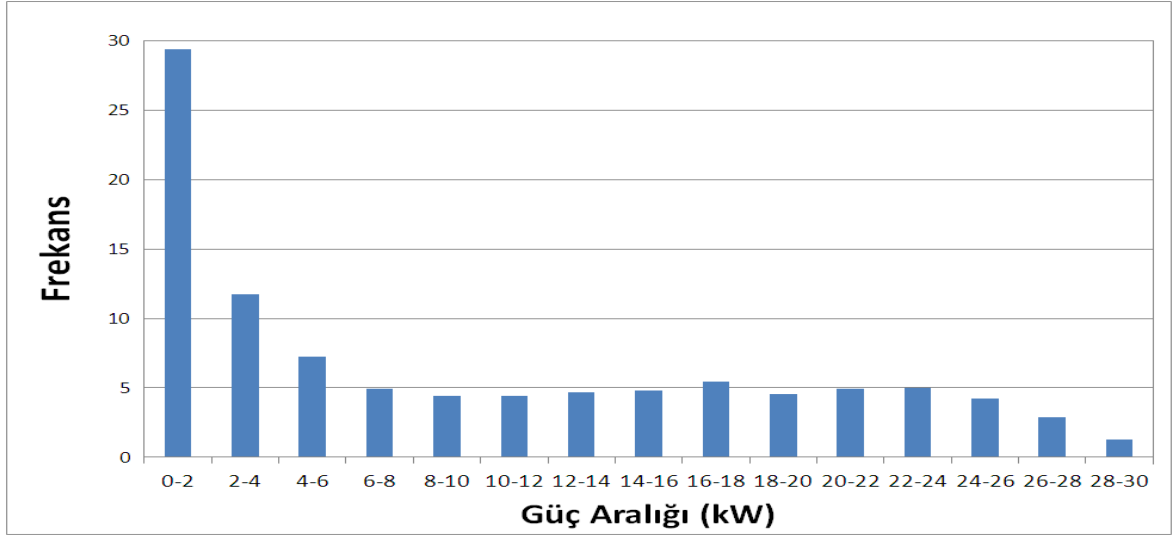
Şekil 7. Binada üretilen ve ihtiyaç duyulan toplam gücün mevsime ve açık-kapalı günlere göre değişimi

Güç analizörleri ile enerji ölçümlerinin yapıldığı 6 aylık zaman dilimi incelendiğinde binada yaklaşık olarak 91.2 MWh elektrik enerjisi tüketilmiştir. Bu süreç içerisinde BIPV sistemden ise 17.6 MWh elektrik enerjisi üretilmiştir. Bu sonuçlara göre BIPV sistem binada tüketilen toplam enerjinin yaklaşık olarak %20'sini karşılamıştır ve enerji talebinin diğer %80'lik kısmı şebekeden karşılanmıştır (Şekil 8). Hafta içi ve hafta sonu ortalamaları dikkate alındığında ise hafta içi günlerde günlük enerji karşılama oranı için temmuz ayından ekim aylarına doğru gidildiğinde %18'den %22'ye kadar artmakta olduğu hesaplanmıştır. Günlük enerji karşılama oranı aynı zaman dilimlerinde hafta sonu için ise %24'den %32'ye kadar artmaktadır. Kasım ve aralık aylarında ise hafta içinde %10'a kadar düşmekte olup hafta sonu için %20'ye düşmektedir.



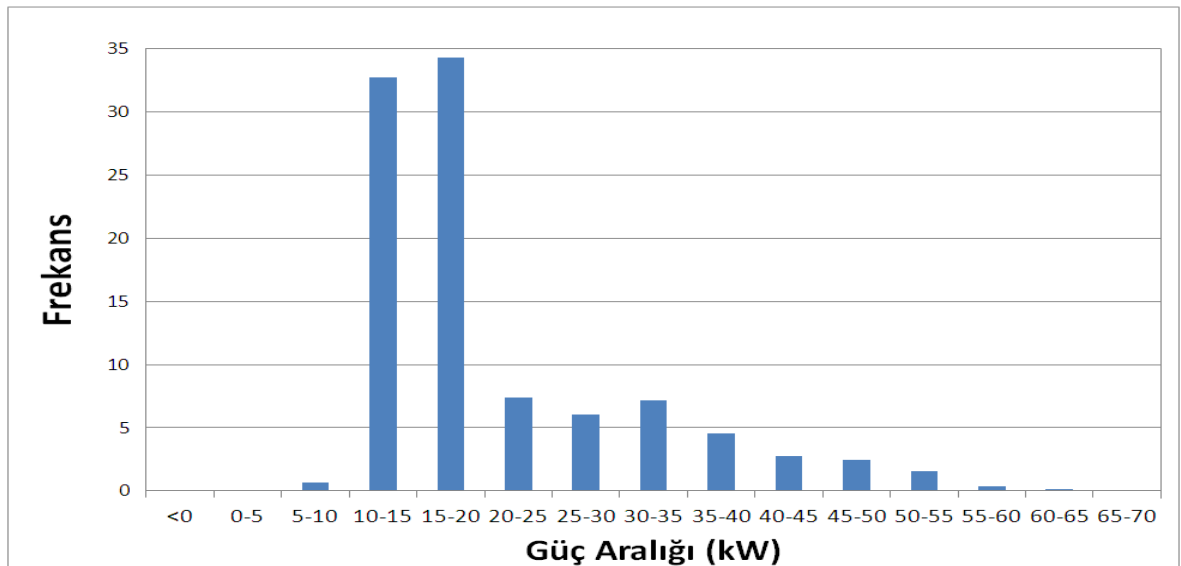
Şekil 8: BIPV sistemin 6 aylık zaman dilimindeki binaya katkısı

Güneş ışınlarının PV modüllerin yerleştirildiği yüzeye geliş açıları gün içerisinde ve mevsimsel olarak değişmekte olduğundan ve çalışma koşullarında PV modül sıcaklığının test edilen sıcaklıktan farklı olduğundan analizlerin gerçekleştiği süre içerisinde BIPV sistem her zaman kurulu gücünde çalışmamakta ve genellikle bu değerden düşük güç değerlerinde güçler ile binada bulunan elektriksel yükleri ve şebekeyi besleyebilmektedir. Test edilen süre içerisinde BIPV sistem tarafından Şekil 9’da gösterilen invertör çıkışında elde edilen AC güç değerinin frekans dağılımı incelendiğinde elde edilen gücün %45’inin 5 kW değerinin altında olduğu ancak elde edilen gücün %6’sının 25kW değerinden yüksek olduğu görülmektedir. BIPV sistem tarafından elde edilen gücün büyük bölümünün kurulu gücün altında olması binanın yönelimi ve gölgelenme etkilerinin fazla olması ile açıklanabilir.



Şekil 9: BIPV sistem tarafından üretilen gücün frekans dağılımı

BIPV sistemin bulunduğu binada elektriksel yükler tarafından ihtiyaç duyulan anlık güç değerleri dikkate alındığında Şekil 10’da gösterilen değişim ortaya çıkmaktadır. Bu değişime göre ihtiyaç duyulan anlık gücün %55’inden fazlasının 8 kW ile 20 kW arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 10. Binada toplam tüketiminin frekans dağılımı



#### **4. Sonuç ve Yorum**

Güneş enerjisinin yaz mevsiminde en yüksek değerlerde yeryüzüne ulaşmasına rağmen PV modüllerin yerleştirildiği yüzeylerin açılardan dolayı ekim ayında daha yüksek enerjinin üretildiği gözlenmiştir. Ayrıca yaz mevsiminde yağmurlu gün sayısı çok az olduğundan PV modüllerin üzerindeki toz birikimi modüllere gelen güneş ışınımı engellemekte ve elde edilen anlık güç değerlerini azaltmaktadır. Bu nedenle daha yüksek güç elde edebilmek ve daha fazla enerji üretebilmek için PV modüllerin yüzeyleri özellikle de yaz mevsiminde temizlenmelidirler.

Hafta içi açık günlerde anlık karşılama oranı temmuz ayında %40'ı aşarken ekim ayında %70'e ulaşmaktadır. Kasım ve aralık aylarında kapalı gün sayısı fazla olduğu için anlık güç karşılama oranı %30'u aşmakta olup ihtiyaç duyulan toplam enerjiyi karşılama oranı ise yaklaşık %10 olarak gerçekleşmiştir. Kış aylarında kapalı gün sayısı fazla olmasına rağmen, PV sistemin anlık olarak ihtiyaç duyulan gücü karşılama oranı %60'ı aşabilmektedir.

Güç analizörleri ile enerji ölçümlerinin yapıldığı 6 aylık zaman dilimi incelendiğinde binada yaklaşık olarak 91.2 MWh elektrik enerjisi tüketilmiştir. Bu süreç içerisinde BIPV sistemden ise 17.6 MWh elektrik enerjisi üretilmiştir. Bu sonuçlara göre BIPV sistem binada tüketilen toplam enerjinin yaklaşık olarak %20'sini karşılamıştır ve enerjinin talebinin diğer %80'lik kısmı şebekeden karşılanmıştır.

#### **Teşekkür ve Bilgi**

Bu çalışma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi BAP birimi 08/10 nolu proje ile desteklenmiş olup Adım Fizik Günleri III 2014'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

#### **Kaynaklar**

- [1] Dynamics of Energy Consumption Patterns in Turkey: Its Drivers and Consequences, World Renewable Energy Congress, 2011.
- [2] IEA, Key World Energy Statistics 2012.
- [3] IEA, Key World Energy Statistics 2013.
- [4] IEA, World Energy Outlook 2013, Executive Summary
- [5] IEA, Energy Policies of IEA Countries, Turkey, 2009 Review
- [6] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı web sayfası, <http://www.enerji.gov.tr> (erişim 01/05/2014)
- [7] Eke R. Güneş-elektrik dönüşümleri ve enerji hasadı, 2. Güneş Enerjisi Sempozyumu, 31 Kasım 2 Ekim, 2013, Antalya.
- [8] TEİAŞ, Faaliyet Raporu 2012.
- [9] <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> (erişim 31.12.2013).
- [10] Eke R, Ozden S, Senturk A, Oktik S. 2010. Photovoltaic applications at Mugla University. In: Proceedings of the first Turkish Solar Energy Conference and Exhibition-SolarTR-1, 28–30 April 2010, Ankara, Turkey; 2010. p. 13.
- [11] Demircan C., Eke R., 2013. Photovoltaic (PV) covered nearly 30% of electricity demand of the first building integrated photovoltaic system (BIPV) in Turkey, 2013, Proceedings of the Second International Conference on Water, Energy and the Environment Kusadası, Turkey September 21-24, 2013, pp. 641.
- [12] Eke R., Demircan H., 2013. Performance analysis of a multi crystalline Si photovoltaic module under Mugla climatic conditions in Turkey, *Energy Conversion and Management*, 65: 580–586.

- [13] Eke R., Senturk A.,2013. Monitoring the performance of single and triple junction amorphous silicon modules in two building integrated photovoltaic (BIPV) installations, *Applied Energy*, 109: 154–162.

*Cihan Demircan e-mail: cihandemircan48@gmail.com*