



Bu bir MMO
yayıdır

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

YAŞAR ÜNİVERSİTESİ'NDE KURULAN BİNAYA ENTEĞRE BİR FOTOVOLTAİK SİSTEMİN DİNAMİK PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

MUSTAFA ARAZ
ARİF HEPBAŞLI
EMRAH BIYIK
YAŞAR ÜNİVERSİTESİ

MEHDI SHAHRESTANI
RUNMING YAO
EMMANUEL ESSAH
LI SHAO
THE UNIVERSITY OF READING

ARMANDO C. OLIVEIRA
UNIVERSITY OF PORTO

TEODOSIO DEL CANO
ELENA RICO
JUAN LUIS LECHON
ONYX SOLAR

YAŞAR ÜNİVERSİTESİ'NDE KURULAN BİNAYA ENTEGRE BİR FOTOVOLTAİK SİSTEMİN DİNAMİK PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Dynamic Performance Assessment of a Building Integrated Photovoltaic System Installed at Yasar University

Mustafa ARAZ
Arif HEPBAŞLI
Emrah BIYIK
Mehdi SHAHRESTANI
Runming YAO
Emmanuel ESSAH
Li SHAO
Armando C. OLIVEIRA
Teodosio DEL CANO
Elena RICO
Juan Luis LECHON

ÖZET

Binaya Entegre (ya da bina ile bütünleşik) Fotovoltaik (FV) Sistemler (Building Integrated PV Systems: BIPV Sistemler), dünya çapında güneş endüstrisinde en hızlı gelişen teknolojidir. Bu sistemler, elektrik üretimini bina kabuğunun diğer fonksiyonlarıyla kombine eden çok fonksiyonlu yapı elemanları olarak görülmektedir.

Yaşar Üniversitesi'ndeki bir binanın yan duvarlarına, 15 ortaktan oluşan 7. Çerçeve Avrupa Komisyonu projesi (REELCOOP olarak adlandırılan) kapsamında, bir binaya entegre fotovoltaik (BEFV) sistemi, 8 Şubat 2016 tarihinde kuruldu. Bu sistemin toplam pik gücü 7,44 kW olup, toplam 48 adet kristal silisyum (c-Si) FV modülden oluşmaktadır. Modüller ile duvar arasında 150 mm boşluk vardır. Toplam hücre ve cephe yüzey alanları, sırasıyla, 42,08 m² ve 57,6 m²'dir.

Söz konusu BEFV sisteminin bazı ön deneysel, modelleme ve sayısal çalışmaları, projenin ortaklarından biri olan İngiltere'deki Reading Üniversitesi'nden bir araştırma grubu tarafından yapılarak, Yaşar Üniversitesi'ne kurulacak en iyi BEFV sistemi seçildi. Bu sistemin FV hücreleri, projenin diğer ortağı olan bir İspanyol firması tarafından tasarlanıp imal edildi.

Bu çalışmada, öncelikle, BEFV sistemler kısaca açıklandı ve performans değerlendirilmesinde kullanılan temel bağıntılar verildi. Daha sonra, Yaşar Üniversitesi kampüsündeki mevcut bir binanın cephesine kurulan BEFV sistemi kısaca tanıtıldı. Son olarak, sistemin kurulduğu tarihten bu güne kadar geçen bir dönemde, sistemin performansı değerlendirildi.

Bugünkü bilgimize göre, Avrupa Komisyonu projesi kapsamında bir Ar-Ge'ye dayalı olarak ülkemizde ilk defa Yaşar Üniversitesi'nde kurulan bir BEFV sisteminden elde edilen deneyimin, bu konuda çalışan tasarımcı, uygulayıcı, mühendis ve mimarlara katkı sağlayacağı yazarlar tarafından beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Binaya Entegre Fotovoltaik Sistemler, BIPV, BIPVT, Yenilenebilir Enerji.

ABSTRACT

Building Integrated PV (BIPV) systems are one of the most rapidly developing technologies in the field of solar energy industry. These systems can be regarded as multi-functional building materials, which combine electricity generation with other functions of the building envelope.

A BIPV system with a capacity of 7.44 kW_p was installed on the south-east facing façade of a building located at the campus of Yasar University on 8 February 2016, within the context of a 7th Framework EU Project named REELCOOP (Renewable Electricity Cooperation). This system consists of 48 mono-crystalline PV modules and there is a 150 mm gap between the modules and the façade to allow air to flow through by cooling the BEFV system. The total area of the whole system and effective solar cell area are 57.6 m² and 42.08 m², respectively.

Pre-tests, modeling and numerical studies were conducted by a research group at the University of Reading in England to select the most suitable system to be installed at Yasar University. Accordingly, the modules of the system were designed and manufactured by a Spanish company.

In this study, BIPV systems were briefly described and main relations used in assessing their performance were given first. The BIPV system installed on a façade of an existing building at Yasar University was then introduced. Finally, the performance of the system was evaluated over a period from its commissioning date to today.

The authors expect that the experience gained from the BIPV system installed at Yasar University for the first time in our country based on a R& D study within the scope of a European Commission Project will contribute to designers, practitioners, engineers and architects working in this field.

Key Words: Building Integrated Photovoltaic Systems, BIPV, BIPVT, Renewable Energy.

1. GİRİŞ

Elektrik modern toplumlarda önemli bir role sahip olmasına rağmen, çoğunlukla Afrika ve Asya'nın kırsal kesimlerinde yaşamakta olan 1,2 milyar insanın elektriğe erişimi bulunmamaktadır [1]. Bu durum, elektrik enerjisinin dağılmış kaynaklardan (özellikle de yenilenebilir enerji kaynaklarından) üretilmesinin önemi ortaya çıkarmaktadır. Avrupa Birliği'nin (AB) 2020 hedeflerinin bir parçası olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının (YEK) payının % 20'ye çıkarılması amaçlanmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın yaptığı bir çalışmaya göre YEK'nın toplam güç üretimi içindeki payının 2018 yılı itibariyle % 25'e çıkması, fotovoltaik (FV) sistemlerin payının ise 2011 yılına göre iki katına çıkması öngörülmektedir [2]. Ayrıca, mevcut literatür incelendiğinde, YEK konusunda yapılan çalışmaların büyük bir bölümünün FV sistemler ile ilgili olduğu ve binaya entegre FV (BEFV) sistemlerin de bu çalışmalar arasında önemli bir paya sahip olduğu görülmektedir. Quesada vd. [3], [4] yaptıkları çalışmada sırasıyla opak ve saydam/yarı-saydam cephe uygulamalı BEFV sistemler hakkında bir derleme yapmışlardır. Bu kapsamda inceledikleri yayınları teorik ve deneysel olarak ayırmış ve ayrıca bu konudaki teknolojik gelişmeleri, fizibilite durumunu ve uygulama örneklerini aktarmışlardır. Jelle vd. [5] BEFV'deki son teknolojileri derleyen bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu kapsamda piyasadaki mevcut BEFV ürünlerini ince film, kiremit, modül ve güneş hücreli camlar (solar cell glazing) olarak 4 alt gruba ayırmışlardır. Ayrıca, BEFV uygulamalarının FV teknolojisindeki gelişmeleri takip ettiğini ve bu nedenle yeni FV teknolojilerinin daha verimli ve düşük maliyetli BEFV sistemlerin oluşumunu ve dolayısıyla daha düşük geri ödeme sürelerini sağlayacağını ifade etmişlerdir. Jelle vd. [6] tarafından yapılan başka bir çalışmada, BEFV sistemler için gelecekteki araştırma fırsatları ve yolları, FV teknolojisindeki gelişmeler ve bunun BEFV sistemleri üzerine olan etkisi ve BEFV sistemlerde kullanılan materyaller ve çözümler literatürde yer alan çalışmalardan örnekler verilerek irdelenmiştir. Ayrıca, mevcut binalarının miktarı ve hacmi göz önüne alındığı bu sistemlerin kurulumunun kısmen kolay olması ve retrofit çalışmalarının önemine dikkat çekilmiştir. Yine bu çalışmada devlet tarafından verilen desteklerin çok önemli olduğu vurgulanarak özellikle güneş hücreli cam teknolojisinin hem gölge sağlaması, hem gün ışığı geçirmesi hem de elektrik üretimi sağladığı ve bu nedenle de umut

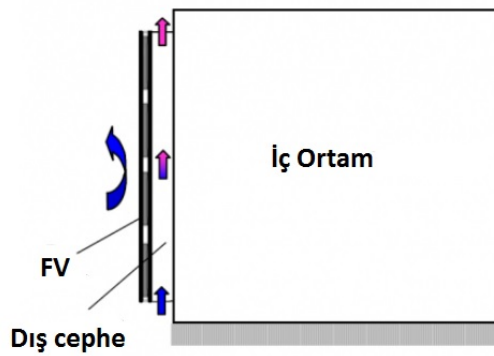
vadettiği ifade edilmiştir. Amerikan Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından 2011 yılında yapılan bir çalışmaya [7] göre c-Si bir BEFV sistemin kurulum dahil toplam maliyetinin (5,02 ABD Doları/W_p) çatı üstü standart bir c-Si FV sistem maliyetinin (5,71 ABD Doları/W_p) altına düşme potansiyelinin olduğu bildirilmiştir. Burada BEFV sistemlerin maliyetlerinin düşük olmasının ana nedeni montaj için gerekli ekipmanların maliyetinin daha düşük olması ve bina kabuğundaki malzemelerin yerini almasından kaynaklanmaktadır. Ancak, BEFV sistemlerin standart FV sistemlerin aksine optimum açıda yerleştirilememesi ve arkasında hava boşluğu bulunmadığından dolayı ortaya çıkan yüksek yüzey sıcaklıkları nedeniyle daha düşük verimde çalışacağı not edilmelidir. Bu nedenle aynı çalışmada ancak sistem maliyeti açısından en az % 5'lik bir avantaj olması durumunda BEFV sistemlerin indirgenmiş elektrik maliyetleri (LCOE: Levelized Cost of Electricity) açısından daha düşük değerlere sahip olabileceği belirtilmiştir.

Bu çalışmada, öncelikle, BEFV sistemler tanıtılmış ve performans değerlendirilmesinde kullanılan temel bağıntılar verilmiştir. Daha sonra, Yaşar Üniversitesi kampüsündeki mevcut bir binanın cephesine kurulan BEFV sistemi kısaca tanıtılmıştır. Son olarak, sistemin kurulduğu tarihten bu zamana kadar geçen uzun bir süreçte, sistemin performansı değerlendirilmiştir.

2. BİNAYA ENTEGRE FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN (BEFV) KISACA TANITILMASI

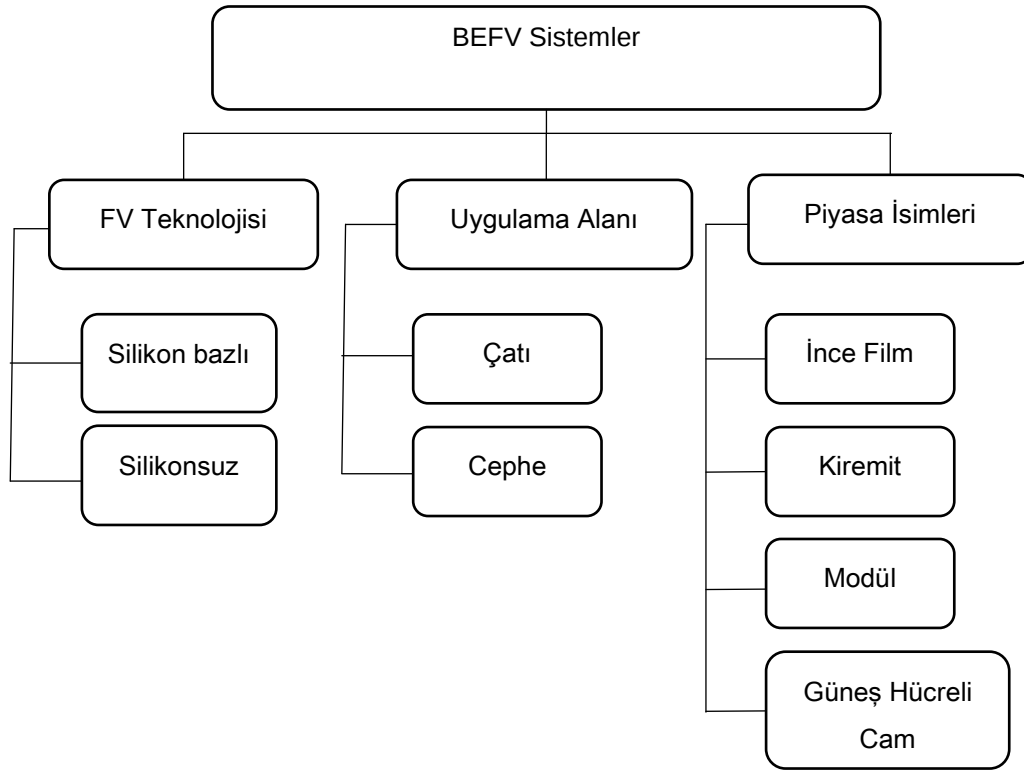
Binalarda kullanılan PV sistemlerini, binaya bağlı (building attached) sistemler ve BEFV olmak üzere, ikiye ayırmak mümkündür [8]. Ancak, özellikle montaj şeklinin net şekilde ifade edilmediği sistemlerde bir FV sistemin binaya bağlı mı yoksa binaya entegre mi olduğunu anlamak oldukça güçtür [6,9]. Binaya bağlı sistemler, binaya sonradan eklenirler ve yapının fonksiyonları üzerinde direkt bir etkisi yoktur [8]. Öte yandan, BEFV sistemler yapının kabuğunda yer alan kiremit vb. yapı malzemeleri yerine geçmek suretiyle binanın cephesine veya çatısına entegre olurlar [10]. Bu nedenden ötürü binanın fonksiyonluluğunda direkt bir etkileri söz konusudur.

Standart bir BEFV sistemin şeması Şekil 1'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, FV modüller, binanın dış duvarına entegre edilmiştir. Hava, dış duvar ve FV modülün arasındaki boşluğun alt tarafından girer ve üst tarafından çıkar. Bu sırada FV sistemden ısı absorbe ederek yüzey sıcaklığının düşmesini ve dolayısıyla sistem veriminin ve ömrünün artmasını sağlar. Bazı çalışmalarda absorbe edilen bu ısı bir fan aracılığıyla oda içerisine alınarak kışın ısıtma yükünün azalması sağlamak mümkündür. Bu tarz sistemler de BEFV-termal (BEFVT) olarak anılmaktadır.



Şekil 1. BEFV sistem şeması [1].

BEFV sistemlerin sınıflandırılması; kullanılan güneş hücresi teknolojisine, uygulama tipine veya piyasada kullanılan isimlere göre yapılabilir. Güneş hücresi teknolojilerine bakıldığında genel olarak silikon bazlı ve silikonsuz olarak iki alt gruba ayırmanın mümkün olduğu görülmektedir. Uygulama alanları dikkate alındığında ise, cephe ve çatı uygulamaları olarak ikiye ayrılabilir. Piyasada yer alan isimlere göre bir sınıflandırma yapıldığında ise; ince film, kiremit, modül ve güneş hücreli camlar (solar cell glazing) olarak dört alt gruba ayrılır. Şekil 2'de yapılan sınıflandırmanın şeması verilmiştir.

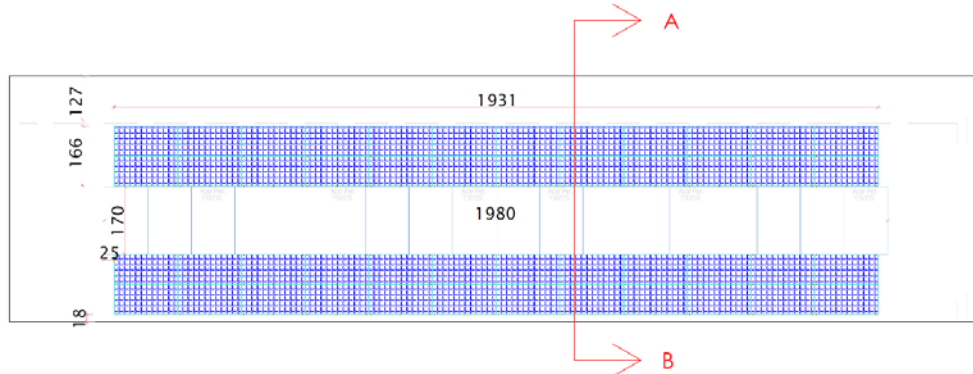


Şekil 2. BEFV sistemlerin sınıflandırılması.

3. YAŞAR ÜNİVERSİTESİ UYGULAMASI

3.1. Sistemin Tanıtılması

Yaşar Üniversitesi kampüsünde bulunan bir binanın güneydoğu cephesine kurulmuş olan BEFV sistemi; her biri $155 W_p$ olan 48 adet mono kristalin FV modülden oluşmakta olup, toplam kapasitesi 7,44 kW'tır. Kullanılan panellerin boyutları ise, 1650x850 mm olup, iki adet 4 mm kalınlıkta temperlenmiş cam arasında lamine edilmiş hücrelerden oluşmakta ve alan olarak % 30 oranında saydamdır. Toplam alanı $57,6 m^2$ olup, güneş hücresi alanı ise $42,08 m^2$ 'dir. Söz konusu sistem, dış cephe üzerine özel alüminyum bir montaj mekanizması ile duvar ve paneller arasında 15 cm mesafe kalacak şekilde monte edilmiştir. Böylece, panellerin arkasından geçen hava panellerin sıcaklığını düşürerek sistem verimini artırmaktadır. Şekil 3'te sisteme ait şema ve Şekil 4'te sistemin bir fotoğrafı sunulmuştur. Şekil 4'den görüleceği üzere, söz konusu sistem, pencerelerin altında ve üstünde 24'er adet olmak üzere, birbirine paralel bağlanmış olan, 2 diziden oluşmaktadır.

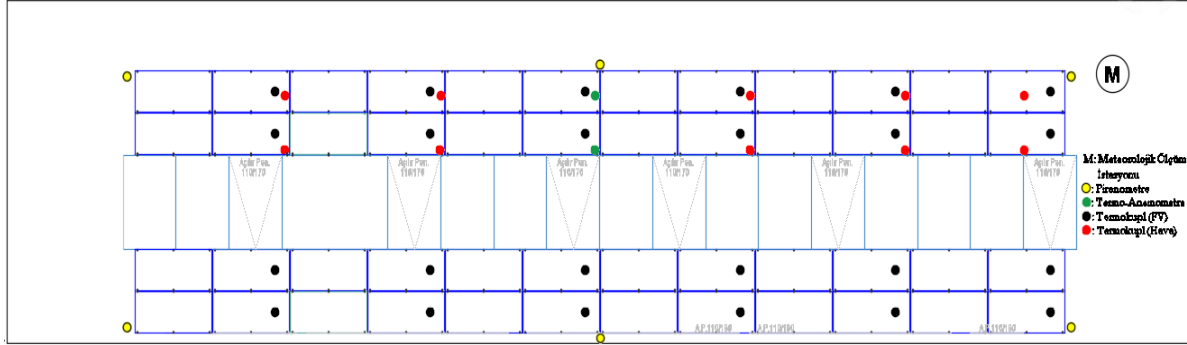


Şekil 3. Yaşar Üniversitesi'nde kurulan BEFV sistemin şeması.



Şekil 4. BEFV sisteminin fotoğrafı.

Sistem, 8 Şubat 2016 tarihinde devreye alınmış olup, 15 Ocak 2017 tarihine kadar, toplam 5406 kWh'lik elektrik enerjisi üretilmiştir. Sistem deneysel amaçlı olarak kurulduğundan, sistem performansını ayrıntılı irdelenmek amacıyla birçok noktada çeşitli sensörler yerleştirilmiş ve ölçümler alınmaktadır. Sistemde bulunan ölçüm aletlerine ait şema, Şekil 5'de ve ölçüm aletleri ile ilgili belirsizlikler ise, Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 5. Ölçüm şeması.

Tablo 1. Kullanılan ölçüm cihazlarının özellikleri.

Ölçüm Cihazı	Kullanım Amacı	Ölçüm Aralığı	Ölçüm Hassasiyeti
T tipi termokupl	Hava ve yüzey sıcaklığı ölçümü	0 ÷ 100 °C	± 0,5 °C
Termo-anemometre	Sıcaklık	-10 ÷ 60°C	± 0,3 °C
	Hava hızı	0 ÷ 2 m/s	± (0,06 m/s+ ölçümün % 2'si)
Piranometre	Global ışınım miktarı	0 ÷ 1500 W/m ²	Hassasiyeti : 6,93 Toplam belirsizlik: % 0,34 Beklenen belirsizlik: % 0,67
Meteorolojik Ölçüm İstasyonu	Sıcaklık	- 40 ÷ 60°C	± 0.1 °C
	Bağıl nem	% 0 ÷ 100 rölatif nem	± % 2
	Rüzgâr hızı	0.28 ÷ 50 m/s	< 0,1 m/s
	Rüzgâr yönü	0 ÷ 360°	± 0,3°

Şekil 5'den görüleceği üzere FV panellerin yüzey sıcaklıkları 24 ayrı noktada, panel ve duvar arasındaki hava sıcaklığı 12 ayrı noktada ve sadece üst dizide, panel ve duvar arasından geçen havanın hızı 2 noktada, sistem üzerine gelen güneş ışınımı ise 4'ü sistemin köşelerinde 2'si ise tam ortasında olmak üzere toplam 6 noktada ölçülmektedir. Ayrıca, duvar üzerine monte edilmiş olan bir meteorolojik ölçüm istasyonu ile de ortamın bağıl nemi ve sıcaklığı ile rüzgâr hızı ve yönü ölçülmektedir. Yapılan tüm bu ölçümler anlık olarak 60 kanallı bir veri kaydedici aracılığıyla mevcut sanal bilgisayara kaydedilmektedir. Elektrik üretimine ilişkin veriler ise inverter vasıtasıyla beş dakika aralıklar kaydedilmektedir.

3.2. Analiz

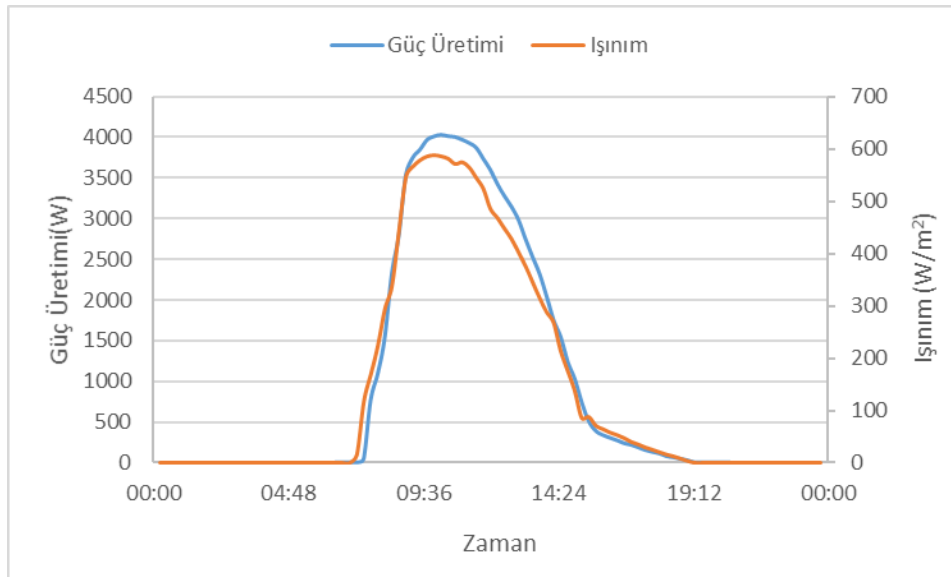
BEFV sistemlerinin performansının değerlendirilmesi için kullanılan verim bağıntıları, genel itibariyle standart FV sistemler ile aynıdır. Ancak, FV sistemin yüzeyinden havaya geçen ısıdan bir fan ile iç ortama alınarak faydalanılıyorsa, bu ısı miktarının da verim bağıntılarının pay kısmına yazılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, söz konusu BEFV sistemin sadece enerjetik performansı incelenmiş ve elektriksel verimin hesaplanması amacıyla, 1 numaralı bağıntı kullanılmıştır [11]. Burada, W_{BEFV} , I ve A ; sırasıyla, sistemin güç üretimi (W), sistem üzerine gelen ışınım miktarı (W/m^2) ve BEFV (m^2) alanıdır. Toplam alana göre verim hesaplanırken $57,6 m^2$, hücre alanı baz alındığında ise $42,08 m^2$ olarak alınacaktır.

$$\eta_{BEFV} = \frac{\dot{W}_{BEFV}}{IA} \quad (1)$$

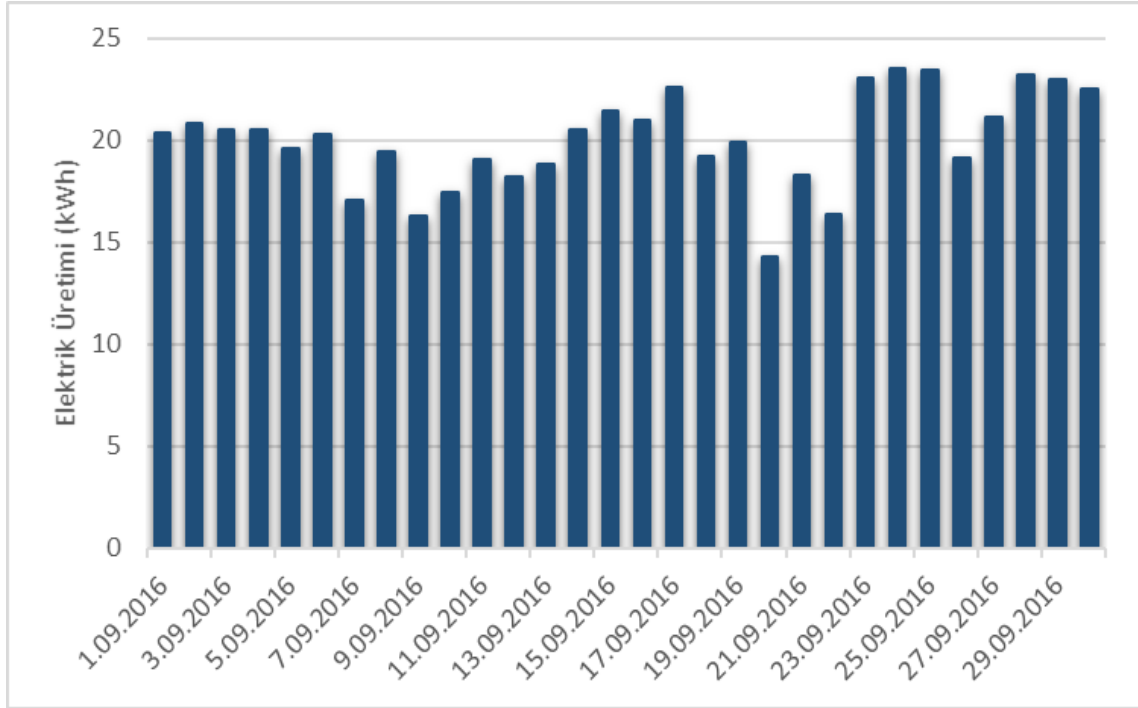
3.3. Bulguların Değerlendirilmesi ve Tartışma

Şekil 6'da, 17 Eylül 2016 tarihi için güneş ışınımı ve güç üretimi verisinin günlük değişimi gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, sistemdeki maksimum güç üretimi 4 kW olup, bu değere saat 10:45 dolaylarında ulaşmaktadır. Bu durumun temel nedeni, BEFV sisteminin yatayla 90° 'lik açı yapmasıdır ve cephe uygulamalı BEFV sistemler için oldukça tipiktir.



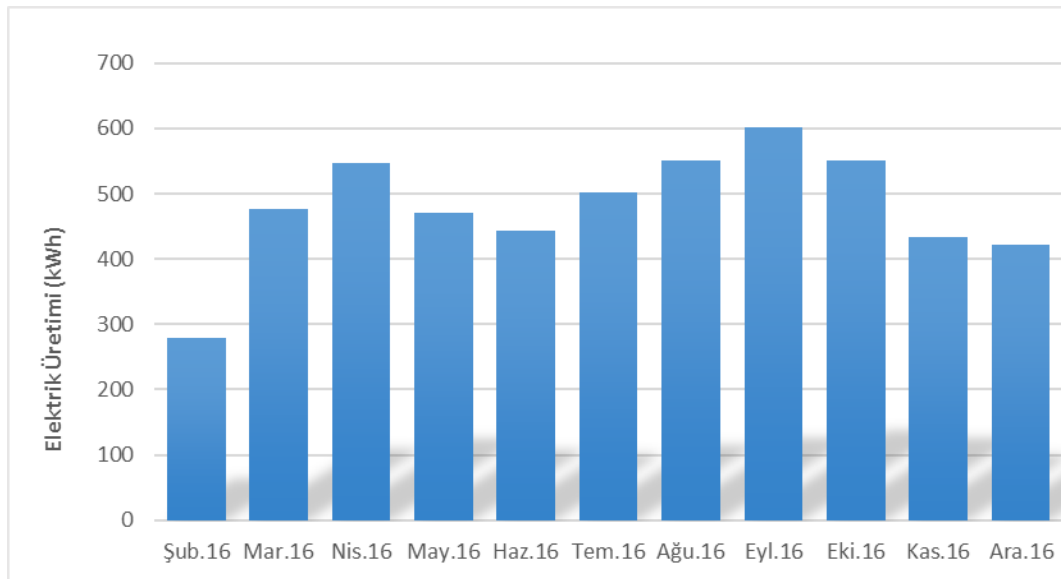
Şekil 6. 17 Eylül 2016 tarihi için günlük ışınım ve elektrik enerjisi üretimi değerleri.

2016 yılı Eylül ayı için günlük elektrik üretim bilgileri de, Şekil 7 ile verilmiş olup, 14 kWh ile 23 kWh arasında bir değişim gözlemlenmektedir.



Şekil 7. Eylül 2016 için günlük elektrik enerjisi üretim değerleri.

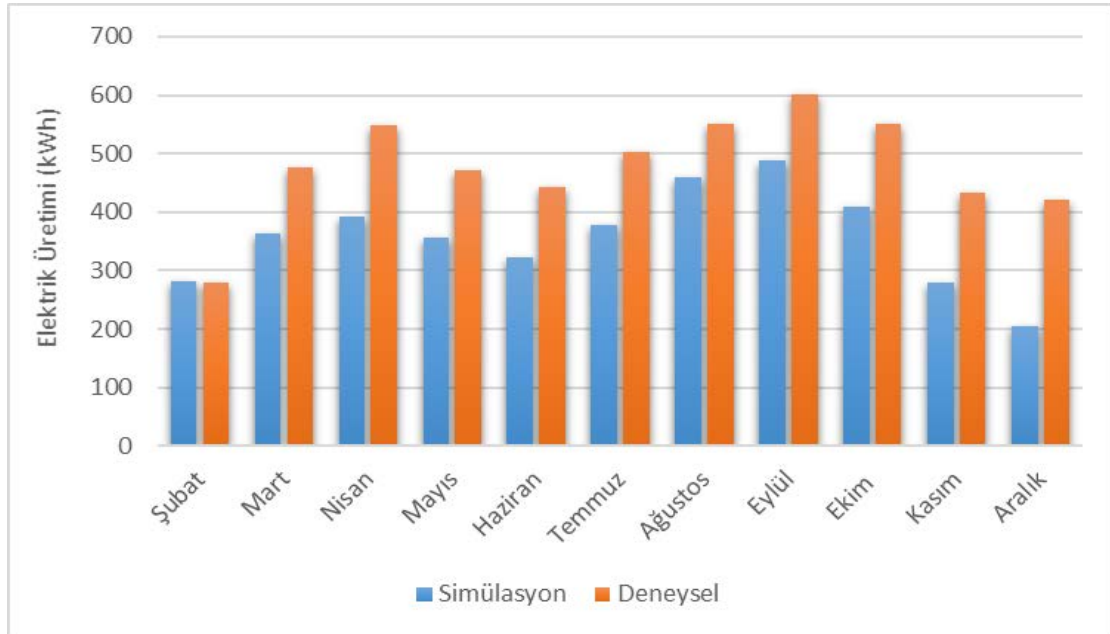
Sistemin devreye alındığı tarihten itibaren 2016 yılı sonuna kadar olan aylık elektrik üretim değerleri ise, Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. 2016 yılı elektrik enerjisi üretim değerleri.

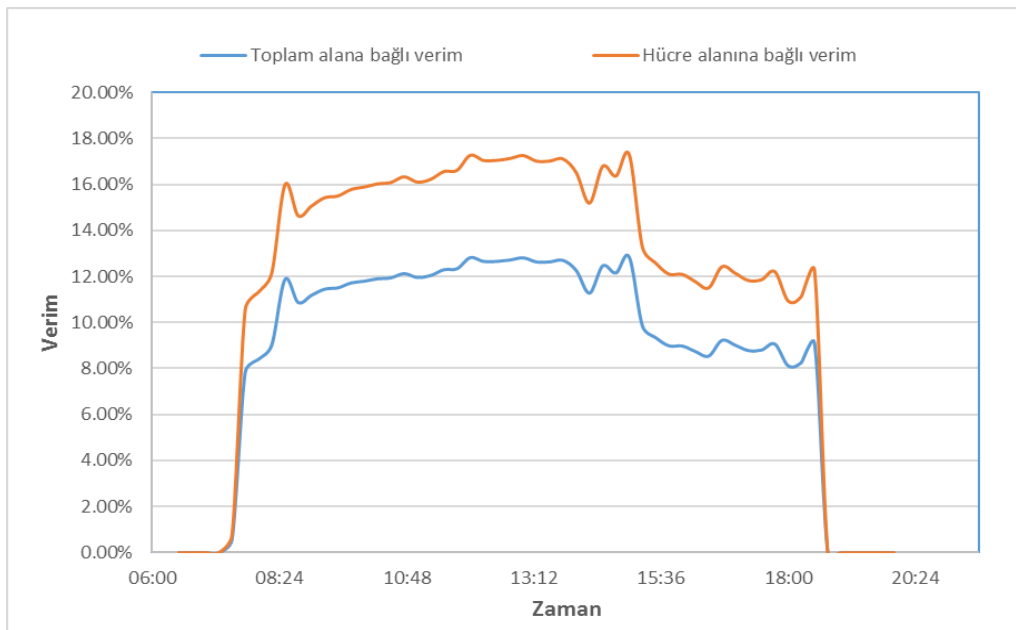
Şekilden de görüldüğü üzere, söz konusu BEFV sistemiyle en yüksek elektrik enerjisi üretimi, Eylül ayı içerisinde gerçekleştirmiş, Eylül ayını Ekim ve Nisan ayları izlemiştir. Standart bir FV sistemin en fazla elektrik enerjisi üretmesi beklenen yaz aylarında ise, kısmen daha düşük bir elektrik enerjisi üretimi elde edilmiştir. Bunun temel nedeni; daha önce yaz aylarında güneşin daha tepede olması ve bundan dolayı güneş ışınlarının yatayla 90° açı yapan bir FV sisteme daha düşük açılarda gelmesidir. Bu durum daha önce proje ortakları tarafından PVSYST programı yapılarak elde edilen simülasyon sonuçları ile de paralellik göstermektedir. Şekil 9'da, PVSYST simülasyon sonuçları ile elde edilen deneysel değerler karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Görüldüğü üzere, simülasyon sonuçları genel itibariyle deneysel sonuçlardan bir miktar düşüktür. Bu durum sadece Şubat ayında farklılık

göstermiştir; ancak bunun nedeni ise, sistemin 8 Şubat 2016 tarihi itibarıyla devreye alınmış ve bu nedenle Şubat ayında sadece 20 günlük bir üretimin gerçekleştirilmiş olmasındandır. Genel eğilime bakıldığında da, simülasyon sonuçları ile deneysel sonuçlar aynı eğilimi göstermiştir.



Şekil 9. 2016 yılı için simülasyon ve deneysel sonuçların karşılaştırılması.

Son olarak, sistemin elektriksel dönüşüm verimleri toplam BEFV alanına ve hücrelerin kapladığı alana bağlı olarak hesaplanarak 17 Eylül 2016 günü içindeki değişimleri Şekil 10'da gösterilmiştir. Kurulu sistemde kullanılan paneller, % 30 oranında saydam olduğu, başka bir değişle; panellerdeki hücre alanı toplam alanın % 70'i kadar olduğu için, güneş hücresi alanına bağlı verim değerlerinin toplam alana bağlı verim değerlerinden ortalama % 4 daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Günlük toplam alana bağlı verim ve hücre alanına bağlı ortalama verim değerleri, sırasıyla, %10,97 ve %14,77 olarak bulunmuştur.



Şekil 10. 17 Eylül 2016 tarihinde günlük verim değerlerinin değişimi.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, öncelikle BEFV sistemler tanıtılmış, sınıflandırılmış ve açık literatürde yer alan derleme çalışmalarından örnekler verilerek, konunun önemi vurgulanmıştır. Daha sonra, Yaşar Üniversitesi Selçuk Yaşar Kampüsü'ne kurulmuş olan 7,44 kWp'lik sistem hakkında bilgi verilmiş ve son olarak sistemin devreye alındığı 8 Şubat 2016 tarihinden bu yana olan performansı incelenmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, aşağıda maddeler halinde listelenmiştir:

- BEFV sistemler, standart FV sistemlerden farklı olarak, bina kabuğunda yer alan yapı malzemelerinin yerini alır. Bu sistemlerin temel yararı, kurulum için ilave bir alana ihtiyaç duyulmaması ve yeni yapılacak olan binalarda standart yapı malzemelerinin maliyetini azaltmasıdır. Ancak, binanın cephesine veya çatısına entegre oldukları için, bu sistemleri optimum açıda yerleştirmek mümkün değildir ve bu nedenle aynı konumdaki standart bir FV sisteme göre daha az elektrik üretmeleri söz konusudur.
- BEFV sistemler, ilk etapta daha maliyetli gibi görünse de, yeni yapılacak olan binalarda mevcut yapı malzemelerinin yerini almaları durumunda standart çatı üstü FV sistemlerden daha düşük maliyetlere ulaşmanın mümkün olduğu NREL tarafından yapılan çalışma ile ortaya konmuştur.
- Yaşar Üniversitesi'nde kurulan BEFV sistemi incelendiğinde, maksimum elektrik enerjisi üretiminin standart FV sistemlerin aksine, en güneşli olan yaz aylarında değil, ışınlım yeterli, gölgelenmenin az olduğu ve güneşin daha eğimli bir açıda geldiği Nisan, Eylül, Ekim gibi aylarda gerçekleştiği görülmüştür. Nitekim Eylül ayındaki temsili bir gün için en yüksek elektrik üretim değerine saat 10.45'te ulaşıldığı görülmüştür.
- Eylül ayında temsili bir gün için yapılan analiz sonucunda günlük ortalama verim toplam alana ve güneş hücresi alanına bağlı olarak, sırasıyla, % 10,97 ve % 14,77 olarak bulunmuştur. Güneş hücresi alanına bağlı verim sistemin % 30 oranında saydam olması nedeniyle, beklendiği gibi her zaman daha yüksek çıkmaktadır.
- PVSYST yazılımı ile elde edilen simülasyon sonuçları ile deneysel değerler karşılaştırıldığında, simülasyon sonuçlarından her ay için bir miktar daha düşük değerler elde edildiği; ancak yıl içindeki elektrik enerjisi üretiminin benzer bir eğilim gösterdiği ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] REELCOOP Projesi, <http://www.reelcoop.com/> <http://www.reelcoop.com/> (Erişim tarihi: 11 Ocak 2017).
- [2] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), "Renewable Energy Medium-Term Market Report-Market Trends and Projections to 2018", 2013.
- [3] QUESADA, G., ROUSSE, D., DUTIL, Y., BADACHE, M., HALLÉ, S., "A comprehensive review of solar facades. Opaque solar facades", *Renew Sustain Energy Rev*, 16:2820–32, 2012. doi:10.1016/j.rser.2012.01.078.
- [4] QUESADA, G., ROUSSE, D., DUTIL, Y., BADACHE, M., HALLÉ, S., "A comprehensive review of solar facades. Transparent and translucent solar facades", *Renew Sustain Energy Rev*, 16:2643–51, 2012. doi:10.1016/j.rser.2012.02.059.
- [5] JELLE, B.P., BREIVİK, C., DROLSUM, R.H., "Building integrated photovoltaic products: A state-of-the-art review and future research opportunities", *Sol Energy Mater Sol Cells*, 100:69–96, 2012. doi:10.1016/j.solmat.2011.12.016.
- [6] JELLE, B.P., BREIVİK, C., "The path to the building integrated photovoltaics of tomorrow", *Energy Procedia*, 20:78–87, 2012. doi:10.1016/j.egypro.2012.03.010.
- [7] NREL Report, "Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) in the Residential Sector: An Analysis of Installed Rooftop System Prices", 2011, www.nrel.gov/docs/fy12osti/53103.pdf (Erişim tarihi: 16 Aralık 2016)
- [8] BARKASZİ, S., DUNLOP, J., "Discussion of strategies for mounting photovoltaic arrays on rooftops", *Sol Eng*, 333–8, 2001.

- [9] HAGEMANN, I.B., “Gebäudeintegrierte Photovoltaik: Architektonische Integration der Photovoltaik in die Gebäudehülle”, Müller, Köln, 2002.
- [10] HENEMANN, A., “BIPV: Built-in solar energy”, Renew Energy Focus, 9:14,16–9, 2008. doi:10.1016/S1471-0846(08)70179-3.
- [11] DINCER, İ., ROSEN, M.A., “Exergy”, 2. Basım, UK, Elsevier, 2013.

TEŞEKKÜR

Burada sözü geçen çalışma, Avrupa Komisyonu tarafından eş olarak desteklenen “REELCOOP - Research Cooperation in Renewable Energy Technologies for Electricity Generation: Elektrik Üretimi İçin Yenilenebilir Enerji Teknolojilerinde Araştırma İşbirliği”, projesi (FP7 ENERGY.2013.2.9.1, hibe no: 608466) kapsamında hazırlanmış olup, yazarlar verdikleri finansal destekten dolayı Avrupa Komisyonuna ve çalıştıkları kurumlara teşekkürü bir borç bilir.

ÖZGEÇMİŞ

Arif HEPBAŞLI

1958 yılı İzmir doğumludur. 35 yıllık iş yaşamı olup, bunun 10 yılı değişik sanayi kuruluşları ve geri kalanı ise, 1996 yılından beri, yurt içi ve dışındaki değişik üniversitelerde çalışarak geçmiş olup, halen Yaşar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. 600 adetten (290'dan fazlası SCI kapsamında makale) fazla bilimsel yayının yazarı/ortak yazarıdır. Web of Science (WOS) kategorisinde akademik ayak izi (h-indeks) 40 ve atıf sayısı 5468 (kendi atfı dâhil edilmeden) iken, Google Akademik kapsamında ise, akademik ayak izi; 56 olup, 10896 atıf almıştır. Çok sayıda ulusal/uluslararası bilimsel etkinliklerin organizasyonunda yer alan/almakta olan Dr. Hepbaşlı, prestijli yedi adet derginin Uluslararası Yayın Danışma Kurulu Üyesi ve bir adet uluslararası derginin Yardımcı Editörü olup, ayrıca, enerjiyle ilgili çok sayıda ulusal ve uluslararası dergilere ve projelere de hakemlik yapmaktadır. HORIZON 2020 Enerji Programı Türkiye Uzmanlarından biridir. Bunun yanı sıra, ulusal ve uluslararası bazda, değişik meslek kuruluşları üyelikleri olup, ilgi alanları çerçevesinde sanayiye de uzun yıllardır danışmanlık hizmeti vermektedir. Sertifikalı Enerji Yöneticisi olan Dr. Hepbaşlı, İngilizce ve Almanca bilmekte olup, bir kız babasıdır.

Emrah BIYIK

Boğaziçi Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden 2003 yılında lisans derecesini aldıktan sonra, yüksek lisans eğitimine ABD'de devam etmiş ve New York Eyaleti'nde bulunan Rensselaer Polytechnic Enstitüsü'nden 2004 yılında Elektrik Mühendisliği ve 2006 yılında Uygulamalı Matematik Yüksek Lisans derecelerini almıştır. Aynı kurumda Elektrik Mühendisliği alanında doktora çalışmalarını 2007 yılında tamamlamıştır. Sonrasında General Electric firmasının ABD'deki AR-GE merkezinde araştırmacı olarak çalışmış, elektrik şebekeleri, doğalgaz santralleri, uçuş dinamiği ile ilgili birçok projede yer almıştır. 2012 yılından bu yana Yaşar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmakta olup, enerji sistemlerinde kontrol ve optimizasyon, akıllı şebekeler, güç sistemleri ve binalarda enerji optimizasyonu konularında çalışmaktadır. TÜBİTAK ve Avrupa Komisyonu 7. Çerçeve Programı destekli çeşitli projelerde araştırmacı olarak görev almış, halen Marie Skłodowska-Curie Fellow olarak Horizon 2020 “BuildingControls” projesinin yürütücülüğünü sürdürmektedir.

Mustafa ARAZ

1986 yılında Karaman'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Antalya'da tamamladı. 2010 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirdi. 2011 - 2013 yılları arasında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı'nda

yüksek lisans eğitimini tamamlayarak, Makine Yüksek Mühendisi unvanını aldı. Aynı bölümde doktora eğitimine devam etmekte olup, aynı zamanda Ekim, 2012 itibarıyla Yaşar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Çeşitli ulusal (TÜBİTAK ve SANTEZ) ve uluslararası (AB 7. Çerçeve Programı) projelerde bursiyer ve araştırmacı olarak yer almış olup, çalışma konuları arasında termodinamik, soğutma ve ısı pompası sistemleri, alternatif soğutucu akışkanlar, ısıtıl güneş sistemleri, binaya entegre fotovoltaik sistemler (BIPV) ve enerji sistemlerinin ekserjetik analizi yer almakta olup, Sertifikalı Enerji Yöneticisidir.

Mehdi SHAHRESTANI

İngiltere'deki the University of Reading'de Dr. Araştırmacı olarak çalışmaktadır. Araştırma konuları; enerji sistemleri, yenilebilir enerji teknolojileri ve bina mekanik hizmetleridir.

Runming YAO

İngiltere'deki the University of Reading'de Profesör olarak çalışmaktadır. Araştırma konuları; binaların ve kentsel çevrenin sürdürülebilirliği, ısıtıl konfor ve üretkenlik, binalarda insan davranışı ve enerji yönetimi, akıllı bina ve kontrol ile yeşil bina değerlendirmesidir.

Emmanuel ESSAH

İngiltere'deki the University of Reading'de Dr. Araştırmacı çalışmaktadır. Araştırma konuları; solar enerji sistemleri ve teknolojileri ile PV'lerin nasıl maksimize edileceği üzerinedir.

Li SHAO

İngiltere'deki the University of Reading'de Profesör olarak çalışmaktadır. Araştırma konuları; binalar için sürdürülebilir enerji teknolojileri ve binaların gelecek iklim için adaptasyonu üzerinedir. REELCOOP projesinin, P1 prototipinin (Binaya Entegre PV Sistemi) grup lideridir.

Armando C. OLIVEIRA

Portekiz'deki University of Porto'da Profesör olarak çalışmaktadır. Yeni ve sürdürülebilir enerji sistemleri (güneş ısıt sistemleri, ısıtılma, soğutma ve kojenerasyon sistemleri) ile ilgili olarak, 18 Avrupa Komisyonu Ar-Ge projesinde katılımcı ve koordinatör olarak yer almıştır. Bu projelerin toplam bütçesi, 11 milyon Avro'yu aşmaktadır. 15 ortaklıktan oluşan REELCOOP projesinin koordinatörüdür.

Teodosio DEL CANO

İspanya'da faaliyet gösteren, 15 ülkeden daha fazla projede çalışan ve akıllı bina çözümlerinin tasarımıyla uğraşan, Onyx Solar firmasında çalışmaktadır. Firması, REELCOOP projesinin partnerlerinden biridir.

Elena RICO

İspanya'da faaliyet gösteren, 15 ülkeden daha fazla projede çalışan ve akıllı bina çözümlerinin tasarımıyla uğraşan, Onyx Solar firmasında çalışmaktadır. Firması, REELCOOP projesinin partnerlerinden biridir.

Juan Luis LECHON

İspanya'da faaliyet gösteren, 15 ülkeden daha fazla projede çalışan ve akıllı bina çözümlerinin tasarımıyla uğraşan, Onyx Solar firmasında çalışmaktadır. Firması, REELCOOP projesinin partnerlerinden biridir.