

## Binalardaki Fotovoltaik Uygulamasının Teknik, Çevresel ve Ekonomik İncelenmesi: Meram Tıp Fakültesi Hastanesi Örneği

### Technical, Environmental and Financial Review of Photovoltaic Applications for Buildings: Meram Medical Faculty Hospital

Rıza Büyükzeren<sup>1</sup>, Hasan Basri Altıntaş<sup>1</sup>, Kerim Martin<sup>1</sup>, Ali Kahraman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

Necmettin Erbakan Üniversitesi

rbyukzeren@konya.edu.tr, hbaltintas@konya.edu.tr, kmartin@konya.edu.tr, akahraman@konya.edu.tr

#### Özet

*Bu çalışmada; Konya'nın mevsimsel güneşlenme verileri dik-kate alınarak RETScreen programı ile enerji analizi ve mali analiz yapılarak, Konya Meram Tıp Fakültesi Hastanesi'nde uygulanabilecek bir güneş enerjisi santralının fizibilitesi iki farklı senaryo ile değerlendirilmiştir. Hastanenin mimari projesi doğrultusunda panel kurulumu için uygun alanlar belirlenmiş ve 900 kW kurulu güçlü PV sistemi tasarlanmıştır. Her iki senaryoda da elektrik alım birim fiyatının 13.3 \$ Cent/ kWh olduğu dikkate alınmıştır. İlk senaryoda sera gazı emisyon azaltım desteğinin olmadığı durum değerlendirilmiş ve sistemin geri ödeme süresi 5.1 yıl olarak bulunmuştur. İkinci senaryoda ise sera gazı emisyon azaltım desteği 15\$/ ton CO<sub>2</sub> olarak kabul edilmiş ve sistemin geri ödeme süresi 4.8 yıl olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu sistem ile Meram Tıp Fakültesi Hastanesi'nin yıllık elektrik ihtiyacının ortalama %16'sı karşılayabileceği hesaplanmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Enerji fizibilitesi, RETScreen, PV, Sera gazı emisyon azaltımı, Finansal Destek.

#### Abstract

*In this study, energy and financial analyses for solar power plant of Meram Medical Faculty Hospital was evaluated with two different scenarios taking account of seasonal weather data of Konya. Applicable areas for installation of solar panels were determined in accordance with architectural project of the hospital and 900 kW installed capacity power plant was designed. Unit purchase price of electricity is 13.3 \$ Cent/kWh for both scenarios. In the first scenario, payback period was calculated as 5.1 years without greenhouse gas emission reduction incentive and in the second scenario, payback period was calculated as 4.8 years with 15 \$/tonne CO<sub>2</sub> greenhouse gas emission reduction incentive. Furthermore, the solar power plant energy production capacity which can meet 16% of the hospital's electricity annual consumption was calculated.*

**Keywords:** Energy Feasibility, RETScreen, PV, Greenhouse Gas Reduction, Financial Support.

#### 1. Giriş

Türkiye'nin enerji talebi her yıl yaklaşık %9 oranında artmaktadır. Bu enerjinin karşılanması için daha fazla fosil yakıtı ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat fosil yakıt kaynaklarının sınırlı ve yakın bir zamanda bitecek olmasından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmaktadır. Türkiye'de yenilenebilir enerjinin toplam üretimdeki payı ise 2006 yılından itibaren artış göstermektedir [1]. Türkiye sahip olduğu hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, dalga ve akıntı gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilerek ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin sağlanabilmesi açısından stratejik öneme sahiptir. Bu nedenle Stratejik Plan kapsamında yenilenebilir enerjinin elektrik enerjisi üretimindeki payının artırılması ve ayrıca ısı enerjisi kaynağı olarak da kullanımının sağlanabilmesi hedeflenmiştir [2].

Günümüzde ise yenilenebilir enerji dünya üzerindeki birincil enerjinin yalnızca %11'ni oluşturmaktadır ve 2070'e kadar bu oranın %60'a çıkarılması ön görülmektedir [3]. PV hücrelerle elektrik üretiminin gelecekte önemli bir rol oynayacağı açıkça görülmektedir.

Türkiye'nin çevresel olarak karşılaştığı en büyük sorun hava kirliliği ve karbon emisyonudur. 2013 yılında toplam sera gazı emisyonu CO<sub>2</sub> eşdeğeri, 459.1 milyon ton (Mt) olarak hesaplanmıştır. 2013 yılı emisyonlarında CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak en büyük payı % 67.8 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla % 15.7 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %10.8 ile tarımsal faaliyetler ve % 5.7 ile atık takip etmektedir. Bölgesel ve global çapta karbon emisyon oranının azaltılması büyük önem taşımaktadır [4]. Karbon salınım oranının azaltılması için, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması gerekmektedir. Dünyada çeşitli ülkeler tarafından sera gazı emisyon azaltım desteği verilmektedir. Örneğin, İngiltere'de sera gazı emisyon azaltımı için 29.6 \$/ ton CO<sub>2</sub> destek verilmektedir. Türkiye'de ise böyle bir destek verilmemektedir [5].

Fotovoltaik enerji güç sistemleri yenilenebilir enerji sistemleri arasında en baskın kaynak olarak yer alacaktır. Bunun en büyük sebebi güneş enerjisinin sınırsız ve temiz enerjiye sahip olmasıdır [6]. Son yıllarda çevresel problemler dünya çapında önemsenmekte ve güneş enerjisi sistemleri bu problemleri

çözmek için beklenmedik bir şekilde talep görmektedir [7]. Güneş enerjisi diğer enerji kaynaklarına kıyasla çevre dostu olduğu için büyük avantaja sahiptir. Fotovoltaik sistemler diğer sürdürülebilir enerji kaynaklarına kıyasla sessizliği, sıfır karbon salımlı olması, kurulum esnekliği, işletme ve bakım kolaylığı sayesinde elektrik üretimi için oldukça caziptir. Güneş enerjisi dönüştürme sistemlerinin tasarımı için bölgenin güneş radyasyon miktarına ve güneşlenme süresini ihtiyaç vardır [8]. Fotovoltaik hücrelerden üretilen elektrik enerjisi, küçük çaplı tüketicilerden büyük çaplı güç sağlayan şebekelere kadar geniş ölçekli uygulamalarda kullanılmaktadır. 2000'li yıllarda 0.3 GW olan yıllık kurulum oranı 2012 yılında 31 GW'a ulaşmıştır. Bu değerler göz önüne alındığında yıllık % 48'lik bir büyüme oranı ile son on yılda fotovoltaik enerji sektörü inanılmaz bir değişim yaşamıştır [9]. Türkiye'de güneş enerjisi sitemlerinin kurulumu; elektrik alım tarifesinin yüksek, PV panel maliyetinin düşük ve güneşlenme potansiyelinin yüksek olmasından dolayı avantajlıdır. Ancak evirici, bataryalar ve diğer kurulum ekipmanları ithal edildiği için maliyetler yükselmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde yatırım avantajları dezavantajlardan daha fazla olduğu için Türkiye'de güneş enerji santrali kurulumu her geçen gün daha cazip hale gelmektedir. Türkiye'de sera gazı emisyon azaltım desteği de verilmesiyle güneş enerjisi santrali kurulumu daha da cazip olacaktır.

Bu çalışmadaki amacımız; gerçek bir kurulum işlemi yapılmadan önce PV sistemin farklı bileşenleri bir araya getirilerek, sistemin performansı ile uygunluğunu analiz etmek ve sera gazı emisyon azaltım desteği hakkında farkındalık oluşturmaktır. Bu çalışma Konya Meram Tıp Fakültesi Hastanesi'nde özel olarak uygulanarak şebeke bağlantılı PV sistemin teknik ve ekonomik simülasyonu yapılmıştır. Bu simülasyon sayesinde hastanede kurulacak olan PV sistemin avantajları ve dezavantajları net bir şekilde görülmüştür. Bu simülasyonlar iki farklı şekilde yapılmıştır. İlk simülasyonda sera gazı azaltım emüsyon desteği dahil edilmemiş, diğerinde ise bu destek dahil edilerek çeşitli çıkarımlar yapılmıştır.

RETScreen temiz enerji proje analiz yazılımı dünyanın önde gelen temiz enerji simülasyon programlarından. RETScreen potansiyel enerji projelerini tanımlanması ve değerlendirilmesine bağlı olarak hem finansal hem de zamansal açıdan maliyetleri önemli ölçüde düşürür. Ön fizibilite, fizibilite, gelişme ve mühendislik aşamalarında ortaya çıkan bu maliyetler yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği teknolojilerinin yayılmasında önemli engeller olabilir. RETScreen programı bu engellerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olarak, projede meydana gelebilecek ekstra maliyetleri azaltır.

RETScreen programı, önerilen yenilenebilir enerji projesinin yapılıp yapılamayacağı konusunda ve enerji verimliliğinin ya da finansal uygunluğunun belirlenmesinde karar vericilere yardımcı olmaktadır. Eğer proje uygun ya da değilse RETScreen programı karar vericinin hızlı, net bir şekilde ve minimum maliyette uygulanacak projeyi anlamalarına yardımcı olacaktır [10].

RETScreen programı NASA'dan alınan iklimsel veriler sayesinde bölgenin konumu dahil edilerek gerekli enerji ve mali analizlerin yapılmasında yardımcı olmaktadır.

Bu çalışmanın aşamaları aşağıdaki gibi devam etmektedir; 2. Bölüm'de yapılan fizibilitenin yöntemleri açıklanmıştır, 3. Bölüm'de enerji, çevre ve mali analiz yapılarak fizibilite desteklenmiştir, 4. Bölüm'de ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

## 2. Yöntem

Meram Tıp Fakültesi Hastanesi'nin mimari projesi dikkate alınarak güneş panellerinin yerleştirilebileceği güney cephe çatılarının alanları hesaplanarak, kullanılacak olan panel adedi belirlenmiştir. Kullanılan panellerin bilgileri, eviricilerin bilgileri, eğim açısı, azimut açısı ve konum bilgileri RETScreen programına girilerek sistemin enerji analizi ve mali analiz yapılmış, tablo ve grafikler oluşturulmuştur. Bu tablo ve grafikler yorumlanarak projenin uygulanabilir olduğu belirlenmiştir.

### 2.1. Meram Tıp Fakültesi Hastanesi'nin GES Kapasitesinin Belirlenmesi

Meram Tıp Fakültesi Hastanesi, 20 Temmuz 1982 yılında Selçuk Üniversitesi bünyesinde kurulmuş olup, 27 Aralık 2011 yılında Selçuk Üniversitesi'nden ayrılarak Necmettin Erbakan Üniversitesi bünyesinde hizmet vermeye başlamıştır. Konya'nın Meram ilçesinde yer alan fakülte kampüsü yaklaşık 85.415 m<sup>2</sup>'lik bir alanda faaliyet göstermektedir ve 14 bina ve yaklaşık 70.000 m<sup>2</sup> kapalı alandan oluşmaktadır.



Şekil 1: Meram Tıp Fakültesi Hastanesi Krokisi

Tablo 1: PV Panel Özellikleri, RETScreen Verileri

| Hücre                                       | Poly-Kristal 156x156mm 60 Adet (6x10) |          |
|---|---------------------------------------|----------|
| <b>Maksimum Güç</b>                         | W <sub>p</sub>                        | 270      |
| <b>Tolerans Güç</b>                         | W <sub>p</sub>                        | 0 + 6    |
| <b>Nominal Güç Voltajı (V<sub>MP</sub>)</b> | V                                     | 31.7     |
| <b>Nominal Güç Akımı (I<sub>MP</sub>)</b>   | A                                     | 8.52     |
| <b>Açık Devre Voltajı (V<sub>OC</sub>)</b>  | V                                     | 38.7     |
| <b>Kısa Devre Akımı (I<sub>SC</sub>)</b>    | A                                     | 9.22     |
| <b>Modül Verimliliği</b>                    | %                                     | 16.6     |
| <b>RETScreen Verileri</b>                   |                                       |          |
| <b>Tip</b>                                  |                                       | Poly-Si  |
| <b>Güç Kapasitesi</b>                       | kW                                    | 900.00   |
| <b>Verimlilik</b>                           | %                                     | 16.6     |
| <b>Nominal Çalışma Hücresi Sıcaklığı</b>    | °C                                    | 45       |
| <b>Sıcaklık Katsayısı</b>                   | %/°C                                  | 0.40     |
| <b>Güneş Kolektörü Alanı</b>                | m <sup>2</sup>                        | 5.422    |
| <b>Çeşitli Kayıplar</b>                     | %                                     | 1        |
| <b>Evirici</b>                              |                                       |          |
| <b>Verimlilik</b>                           | %                                     | 98.2     |
| <b>Kapasite</b>                             | kW                                    | 30x30    |
| <b>Çeşitli Kayıplar</b>                     | %                                     | 0.0      |
| <b>Özet</b>                                 |                                       |          |
| <b>Kapasite Faktörü</b>                     | %                                     | 19.6     |
| <b>Şebekeye Verilen Elektrik</b>            | MWh                                   | 1.547,45 |

Meram Tıp Fakültesi Hastanesi krokisi Şekil 1’de görülmektedir. Doğu-Batı doğrultusunda, Güney cepheli çatılar PV uygulaması için belirlenmiş ve krokide kullanılabilir alanlar m<sup>2</sup> cinsinden belirtilmiştir. Toplamda 5965 m<sup>2</sup>’lik güney cepheli ve PV montajı için uygun çatı alanı bulunmaktadır ve bu alanlar 1000’er m<sup>2</sup>’lik iki adet, 800’er m<sup>2</sup>’lik iki adet ve 600 m<sup>2</sup>’lik bir adet başlıca uygulama çatı alanlarını içermektedir. Sistem için belirlenen ve ilerleyen bölümlerde teknik özellikleri verilecek olan 270 W’lık fotovoltaik panellerin yüzey boyutu 1.627 m<sup>2</sup>’dir ve kullanılması düşünülen 3334 adet 900 kW’lık santrale ait paneller için fakülte hastanesi çatılarında 5424 m<sup>2</sup>’lik alana ihtiyaç duyulmaktadır.

## 2.2. Sistem Dizaynı

### 2.2.1. Fotovoltaik Panel

Meram Tıp Fakültesi Hastanesi GES için seçilen santral kapasitesi 900kW’tır. Bu değer, önceki bölümde fizibilitesi yapılan güney cepheli çatı alanları temel alınarak belirlenmiştir. Santralde 1.627 m<sup>2</sup> alana sahip 3334 adet panel kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan panellerin her biri 270 W güç kapasitesine sahiptir. Bu değer piyasadaki muadil paneller karşısında küçük alanda yüksek güç üretimi avantajını sunmaktadır. Panel ve elde edilen RETScreen verilerine Tablo 1’de yer verilmiştir.

### 2.2.2. Eviriciler

Günümüzde her alanda kullanılan eviriciler doğru akımı alternatif akıma çeviren elektronik cihazlardır. PV sistemlerde kullanılan eviriciler genellikle şebeke bağlantılı ve şebeke bağlantısız olmak üzere iki çeşittir. Ve verimleri %70-96 arasında değişmektedir [11]. Yapılan fizibilitede 30 adet 30 kW’lık güce sahip eviriciler kullanılmıştır. Kullanılan evirici özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Evirici Özellikleri

| Evirici                           |        |
|-----------------------------------|--------|
| Nominal Giriş Gücü                | 28600W |
| Mutlak Maksimum DC Giriş Gerilimi | 1000V  |
| Nominal Çıkış Gücü                | 27600W |
| Maksimum Çıkış Gücü               | 30000W |
| Verim                             | %98.2  |

## 3. Analiz

### 3.1. Enerji Analizi

RetScreen programında meteorolojik bilgiler kullanılarak yapılan analiz neticesinde aylık ve yıllık toplam enerji üretimleri elde edilmiştir. Tablo 3’te elde edilen verilere göre aylık bazdaki en az enerji üretimi 76.46 MWh ile Aralık ayında, en yüksek enerji üretimi ise 172.93 MWh ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Tablo 3’te verilen RETScreen analizi sonucu yıllık toplam 1547.45 MWh’lık enerji üretimi elde edilmiştir. Yıllık üretime göre günlük ortalama 4.239 MWh’lık enerji üretimi sözkonusudur. PV sistem tarafından üretilen aylık enerji miktarı meteorolojik değişimlerden dolayı yıl boyunca değişiklik göstermektedir.

### 3.2. Çevresel Analiz

Fosil yakıtla enerji üreten santrallerin yerine yenilenebilir enerji santrallerinin görev alması çevrede pozitif bir etki oluşturmaktadır. Fosil yakıt kullanımı ile çalışan enerji santralleri çevreye nitrojen oksit (NO<sub>x</sub>), Sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>), Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gibi sera gazlarının yanı sıra büyük miktarda kül de yaymaktadır [12]. Tablo 4’te görüldüğü gibi 900 kW’lık güneş enerjisi santrali sayesinde 711.2 ton sera gazı azaltımı sağlanmıştır.

Tablo 3: Aylık ve Yıllık Enerji Üretim Miktarları

| Ay      | Günlük Güneş Radyasyonu Yatay kW/h/m <sup>2</sup> /g | Günlük Güneş Radyasyonu Eğimli kW/h/m <sup>2</sup> /g | Elektrik İhracat Fiyatı \$/MWh | Şebekeye Verilen Elektrik MWh |
|---------|--|---|--------------------------------|-------------------------------|
| Ocak    | 2.28   | 3.25  | 133                            | 90.98                         |
| Şubat   | 3.09   | 3.92  | 133                            | 98.04                         |
| Mart    | 4.26   | 4.85  | 133                            | 131.23                        |
| Nisan   | 5.16   | 5.3   | 133                            | 135.57                        |
| Mayıs   | 6.12   | 5.89  | 133                            | 152.54                        |
| Haziran | 7.13   | 6.64  | 133                            | 162.19                        |
| Temmuz  | 7.39   | 6.98  | 133                            | 172.93                        |
| Ağustos | 6.59   | 6.66  | 133                            | 164.91                        |
| Eylül   | 5.51   | 6.13  | 133                            | 149.73                        |
| Ekim    | 3.77   | 4.62  | 133                            | 120.92                        |
| Kasım   | 2.52   | 3.49  | 133                            | 91.94                         |
| Aralık  | 1.90   | 2.74  | 133                            | 76.46                         |
| Yıllık  | 4.65   | 5.05  | 133                            | 1547.45                       |

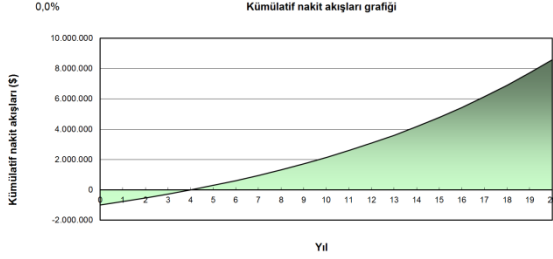
Tablo 4: Yıllık Sera Gazı Azaltım Miktarı

| Baz Durum Elektrik Sistemi (Temel) Ülke-Bölge   | Yakıt Türü          | Sera Gazı Emisyon Faktörü tCO <sub>2</sub> /MWh |
|---|---------------------|---|
| Türkiye   | Tüm Tipler          | 0,460   |
| Sera Gazı Emisyonu                              | Birim               | Miktar  |
| Baz Durum                                       | tCO <sub>2</sub>    | 711.2   |
| Önerilen Durum                                  | tCO <sub>2</sub>    | 0.0   |
| Brüt Yıllık Sera Gazı Emisyon Emisyonu Azaltımı | tCO <sub>2</sub>    | 711.2   |
| Net Yıllık Seragazı Emisyonu Azalması           | tCO <sub>2</sub>    | 711.2   |
| Sera Gazı Azaltma Kredi Oranı                   | \$/tCO <sub>2</sub> | 15  |

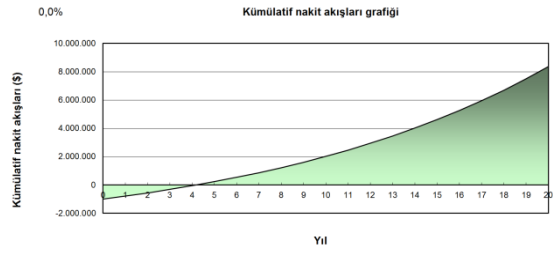
### 3.3. Mali Analiz

Konya bölgesinde yapılan fiyat araştırmaları neticesinde kullanılacak sistem bileşenlerinin maliyeti Tablo 6’da gösterilmiştir. Sistem malzemelerinin fiyat oranları farklı markalara ve tedarikçilere göre değişmektedir. Türkiye’de devlet on yıl boyunca 0.133 \$/kWh’ten enerji alım garantisi vermektedir. Sistem üreteceği bir yıllık elektrik enerjisi miktarı göz önünde bulundurulduğunda santraldan yıllık 1547.45 MWh x 133 \$/MWh = 205810 \$ gelir elde edilecektir. Bu gelire sera gazı emisyon

desteği de ilave edildiğinde yıllık 216478 \$ gelir elde edilmiştir. Böylece iki farklı mali analiz yapılmıştır. İlk analizde sera gazı emisyon azaltım desteği ilave edilmemiş ve basit geri ödeme süresi 5.1 yıl, diğerinde ise 15\$/tCO<sub>2</sub> ile yıllık 10668\$ destek ilave edilmiş ve basit geri ödeme süresi 4.8 yıl olarak hesaplanmıştır. Sistemin her iki senaryo için mali akış grafiği Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir. Finansal analiz parametreleri ise Tablo 5'te verilmiştir.



Şekil 2: Sera Gazı Emisyon Destekli PV Sistemin Mali Akış Grafiği (Öz Sermaye Geri Ödeme 4.0 Yıl)



Şekil 3: Sera Gazı Emisyon Desteksiz PV Sistemin Mali Akış Grafiği (Öz Sermaye Geri Ödeme 4.2 Yıl)

Tablo 5: Finansal Analiz Tablosu

| Finansal Parametreler                     |           |                |
|---|-----------|----------------|
| Enflasyon Oranı                           | %         | 7.7            |
| Proje Ömrü                                | yıl       | 20             |
| Borç Oranı                                | %         | -              |
| İlk Maliyetler                            |           |                |
| Elektrik Sistemi                          | \$        | 990000         |
| Diğer                                     | \$        | 10000          |
| <b>Toplam İlk Maliyetler</b>              | <b>\$</b> | <b>1000000</b> |
| Teşvikler ve Hibeler                      |           |                |
|   | \$        | -              |
| Yıllık Maliyet ve Borç Ödemeleri          |           |                |
| İşletme ve Bakım Maliyetleri              | \$        | 10000          |
| Yakıt Maliyeti-Önerilen Durum             | \$        | 0              |
| <b>Toplam Yıllık Maliyetler</b>           | <b>\$</b> | <b>10000</b>   |
| Yıllık Tasarruflar ve Gelir               |           |                |
| Yakıt Maliyeti-Baz Durum                  | \$        | 0              |
| Elektrik İhracat Geliri                   | \$        | 205810         |
| Sera Gazı Azaltma Geliri                  | \$        | 0              |
|   |           | <b>10688*</b>  |
| <b>Toplam Yıllık Tasarruflar ve Gelir</b> | <b>\$</b> | <b>205810</b>  |
|   |           | <b>216478*</b> |
| Finansal Sürdürülebilirlik                |           |                |
| Vergi Öncesi İGO-Varlıklar                | %         | 28.2           |
|   |           | <b>29.1%*</b>  |
| Basit Geri Ödeme                          | yıl       | 5.1            |
|   |           | <b>4.8*</b>    |
| Öz Sermaye Geri Ödeme                     | yıl       | 4.2            |
|   |           | <b>4.0*</b>    |

\*Sera Gazı Azaltma Geliri dâhil edilmiş finansal analiz verileri

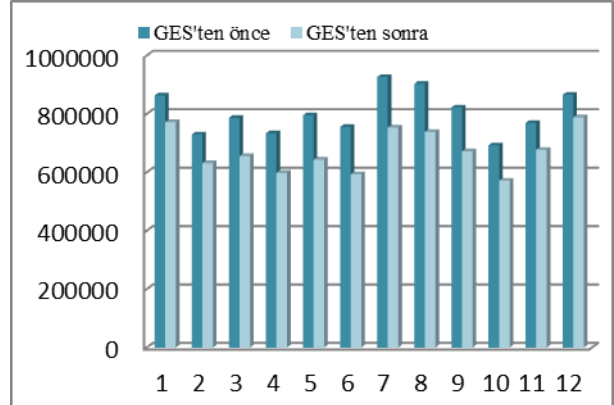
Tablo 6: PV Sistem Maliyet Bileşenleri

| PV Sistem Maliyet Bileşenleri                                 | Birim       | Miktar            |
|---|-------------|-------------------|
| PV  | \$/W        | 1                 |
| Evirici, Kablo, Konstrüksiyon                                 | \$/W        | 0.1               |
| Diğer   | \$/W        | 0.011             |
| <b>Toplam</b>   | <b>\$/W</b> | <b>1.1</b>        |
| <b>Sistem Toplam Maliyeti: 900kW x 1.111\$/W = 1000000 \$</b> |             |                   |
| <b>Yıllık Bakım Maliyeti</b>                                  |             | <b>= 10000 \$</b> |

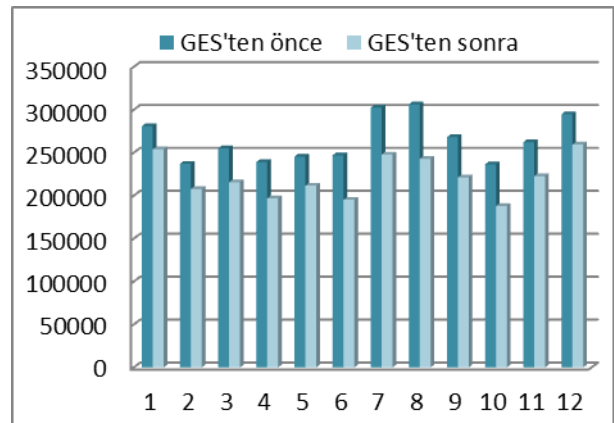
#### 4. Sonuç ve Değerlendirme

Elde edilen sonuçlar ışığında, güneş enerjisi santralinden yıllık toplam 1547.45 MWh enerji elde edilmiştir. Temmuz ayının güneşlenme süresi ve güneş radyasyon miktarının yüksek olmasından dolayı 172.93 MWh'lık enerji üretilmiştir. Bunun yanı sıra Aralık ayında ise güneşlenme süresi ve radyasyon miktarının en düşük olmasından dolayı 76.46 MWh enerji üretilmiştir.

Şekil 4'te görüldüğü gibi Temmuz ayında hastanenin elektrik ihtiyacı maksimum düzeydedir. Aynı zamanda Temmuz ayında santralin ürettiği enerji miktarı da maksimum düzeydedir. Dolayısıyla en fazla tüketimin olduğu ayda en büyük kar elde edilmiştir. Bunun yanı sıra Şekil 5'teki grafiğe göre elektrik fiyatlarında aylık ortalama 42.682,72 TL kar elde edilmiştir.



Şekil 4: GES Öncesi ve GES Sonrası Şebeke Aylık Elektrik Tüketimi Grafiği (KWh)



Şekil 5: GES Öncesi ve GES Sonrası Aylık Elektrik Giderleri Grafiği (TL)

Mali analiz bölümünde değerlendirilen iki farklı senaryoya göre; sisteme sera gazı azaltım desteği ilave edildiği zaman yıllık 10668\$ ek kar elde edilmiştir ve sistemin basit geri ödeme süresi 5.1 yıldan 4.8 yıla düşürülmüştür. Bu senaryoda da görüldüğü üzere sera gazı azaltım desteğinin yatırım maliyet-

lerini düşürdüğü ve sistem geri ödeme süresini kısalttığı gözlemlenmiştir. Bu destek sayesinde hem devlet tarafından sera gazı azaltımı farkındalığı oluşturulacak, hem de yatırımcılar için yenilenebilir enerji santrali kurulumu daha cazip hale getirilecektir.

Tablo 7: GES Öncesi ve GES Sonrası Aylık Elektrik Tüketimi ve Giderleri

| NECMETTİN ERBAKAN<br>ÜNİVERSİTESİ MERAM TIP<br>FAKÜLTESİ HASTANESİ GES<br>ELEKTRİK ÜRETİMİ (KWh)<br><i>RETSscreen Verilerine göre</i> |        | ŞEBEKE<br>ELEKTRİK<br>TÜKETİMİ (KWh)<br><i>GES'ten önce</i> | ŞEBEKE<br>ELEKTRİK<br>TÜKETİMİ (KWh)<br><i>GES'ten sonra</i> | ELEKTRİK<br>GİDERLERİ (TL)<br><i>GES'ten önce</i> | BEKLENEN<br>ELEKTRİK<br>GİDERLERİ (TL)<br><i>GES'ten sonra</i> |
|---|--------|---|--|---|--|
| OCAK  | 90980  | 863213  | 772233   | 280960,55   | 254064,657   |
| ŞUBAT   | 98040  | 729898,5  | 631858,5   | 237141,25   | 207881,4465  |
| MART  | 131230 | 786870  | 655640   | 255217,5  | 215705,56  |
| NİSAN   | 135570 | 734064  | 598494   | 239242,55   | 196904,526   |
| MAYIS   | 152540 | 796024  | 643484   | 245575,9  | 211706,236   |
| HAZİRAN   | 162190 | 755861  | 593671   | 247094,45   | 195317,759   |
| TEMMUZ  | 172930 | 926648,5  | 753718,5   | 302663  | 247973,3865  |
| AĞUSTOS   | 164910 | 903665,5  | 738755,5   | 306429,2  | 243050,5595  |
| EYLÜL   | 149730 | 822339,5  | 672609,5   | 268335,65   | 221288,5255  |
| EKİM  | 120920 | 692729  | 571809   | 236600,95   | 188125,161   |
| KASIM   | 91940  | 769425,5  | 677485,5   | 262420,65   | 222892,7295  |
| ARALIK  | 76460  | 865468,5  | 789008,5   | 295005,3  | 259583,7965  |

## 5. Kaynaklar

- [1] TÜİK, "Enerji İstatistikleri", [http://www.tuik.gov.tr/Pre-Tablo.do?alt\\_id=1029](http://www.tuik.gov.tr/Pre-Tablo.do?alt_id=1029), Son erişim: 15.09.2015.
- [2] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, "2015-2019 Stratejik planı", 35-39, 2014.
- [3] Hossain, A.K., Badr, O. "Prospects of renewable energy utilization for electricity generation in Bangladesh." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11:1617-49, 2007.
- [4] TÜİK, "Sera gazı Emisyon Envanteri", <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18744>, 2013, Son erişim: 15.09.2015.
- [5] The World Bank, "Pricing Carbon", <http://www.worldbank.org/en/programs/pricing-carbon>, Son erişim: 15.09.2015.
- [6] Dinçer F., "The analysis on photovoltaic electricity generation status, potential and policies of the leading countries in solar energy", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 713- 720, 2011.
- [7] Yamashita, K., Miyazawa, A., Sannomiya, H., "Research and development on recycling and reuse treatment technologies for crystalline silicon photovoltaic modules", *Proceedings of 3rd World Conference on ( Volume 2 )*, 1996-1999, 2003.

- [8] Ho, D.T., Frunt, J., Myrzik, J.M.A., "Photovoltaic energy in power market", 6th international conference on the European, 1-5, 2009.
- [9] Winneker, C., "Global Market Outlookfor Photovoltaics 2013-2017", *European Photovoltaic Industry Association Brussels*, <http://www.epia.org/news/publications/global-market-outlook-for-photovoltaics-2013-2017/S>, Son erişim: 15.09.2015.
- [10] Natural Resources Canada, "RETSscreen nedir?", [http://www.retscreen.net/ang/what\\_is\\_retscreen.php](http://www.retscreen.net/ang/what_is_retscreen.php), Son erişim: 15.09.2015.
- [11] Mirzahosseini, A. H., Taheri, T., "Environmental, technical and financial feasibility study of solar power plants by RETScreen, according to the targeting of energy subsidies in Iran", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (5), 2806-2811., 2012.
- [12] Agai F., Caka, N., Komoni, V., "Design optimization and simulation of the photovoltaic systems on buildings in southeast Europe", *International Journal of Advances in Engineering & Technology* ,58-68, 2011.



### Rıza Büyükeren

Lisans derecesini, 2011 yılında Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde, yüksek lisans derecesini 2014 yılında Brunel Üniversitesi, Yenilenebilir Enerji Mühendisliği dalında yapmıştır. Doktorasına, Necmettin Erbakan Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde devam etmektedir. Halen Necmettin Erbakan Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nde görev yapmaktadır.



### Hasan Basri Altıntaş

1991 yılında Konya'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sivas'ta tamamladı. 2009 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden 2013 yılında Elektrik Mühendisi olarak mezun oldu. Yüksek lisansına Necmettin Erbakan Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nde devam etmektedir. Akademik ilgi alanları elektrik makineleri ve yenilenebilir enerji kaynakları çalışmalarıdır. 2014 yılından beri Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.



### Kerim Martin

1989 yılında Mersin'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Mersin'de tamamladıktan sonra 2008 yılında Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2012 Haziran ayında Makine Mühendisliği'nden mezun olup Ağustos ayında askerlik hizmetini yerine getirmek üzere orduya katıldı. 2013 Ocak ayında tezkeresini aldıktan sonra Konya'da güneş kolektörü imal eden bir firmada 6 ay çalıştı. 2014 ocak ayında Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı (ÖYP) kapsamında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Elbistan Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği'ne araştırma görevlisi olarak atandı. Daha sonra dil eğitimi için İTÜ'ye 6 aylık süre ile görevlendirildi. Dil eğitiminden sonra 2014 Eylül ayında Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalına yüksek lisans eğitimi için görevlendirmesi yapıldı. Şu anda Necmettin Erbakan Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak biokütle üzerine yüksek lisans tez çalışmalarını sürdürmektedir.



### Ali Kahraman

1972 yılında Konya'da doğdu. 1993 yılında Selçuk Üniversitesi, Makine Mühendisliği'nden mezun oldu. Yüksek lisans ve doktora derecelerini Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü'nden sırasıyla; 1997 ve 2002 yıllarında aldı. Doktora çalışmalarının bir bölümünü yapmak üzere Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Lehigh Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Akışkanlar Mekaniği Laboratuvarı'nda çalıştı. Ali Kahraman Dumlupınar Üniversitesi ve Çukurova Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi, Selçuk Üniversitesi'nde Yardımcı Doçent ve Doçent olarak görev yaptı. Ali Kahraman halen Necmettin Erbakan Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nde Doçent olarak çalışmaktadır. Çalışma alanları boru ve kanallardaki akışlar, daimi olmayan akışlar, akış görüntüleme teknikleri, akış ölçüm teknikleri, yenilenebilir enerji teknolojileri ve ekserjidir.

## Diyarbakır İli İçin Güneş Enerjisi Verilerinin Meteorolojik Standartlarda Ölçülmesi ve Analizi

### The Measurement and Analysis of Solar Data as Meteorological Standard for Diyarbakır City

Hibetullah Kılıç<sup>1</sup>, Bilal Gümüş<sup>2</sup>, Musa Yılmaz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Diyarbakır Teknik Bilimler MYO, Elektrik-Enerji Bölümü

Dicle Üniversitesi

hibetullah.kilic@dicle.edu.tr

<sup>2</sup> Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Dicle Üniversitesi

bilgumus@dicle.edu.tr

<sup>3</sup>Smart Grid Energy Research Centre (SMERC)

University of California Los Angeles (UCLA)

musayilmaz@ucla.edu

#### Özet

Güneş enerjisinden yararlanabilmek için, bu enerjinin kullanılması düşünülen yerdeki potansiyelinin en az hata ile belirlenmesi oldukça önemlidir. Elde edilen veriler, benzetim modellerinde ve tasarım kriterlerinde kullanılabilir. Bu çalışma, Nisan 2013 ve Mayıs 2015 tarihleri arasında Diyarbakır'da (Enlem: 37°55' D, Boylam: 40° 14' K) Dicle Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (DÜPTAM) binası çatısına kurulan meteorolojik standartlara uygun güneş ölçüm istasyonundan elde edilen veriler kullanılarak yapılmıştır. Böylece bu veriler Diyarbakır ili için güneş enerji sistemlerinin benzetiminde ve tahmin modellerinin geliştirilmesinde kullanılabilir. İki yıllık ölçüm sonuçlarının analizi ile aylara göre ortalama sıcaklık değerleri, ortalama güneşlenme süresi, ortalama küresel ışınım değerleri tespit edilmiştir. Bununla birlikte yıllık içerisindeki maksimum, minimum ve ortalama küresel ışınım değerleri de belirlenmiştir. Sonuçların analizinden Diyarbakır ilinin güneş enerjisi açısından değerlendirilebilir bir potansiyele sahip olduğunu ve burada ölçülen güneş enerjisi gösterge değerlerinin Türkiye ortalamasından büyük olduğunu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Küresel Işınım, Güneşlenme Süresi, Güneş Enerjisi

#### Abstract

To benefit from solar energy that is used in a specific area, it is important to determine potential of that area with a minimal error. The obtained data is used for simulation and design criteria. In this paper the measurement data is obtained by a solar measurement station that is established in meteorological standards on the roof of Dicle University DÜPTAM building between

the date of April 2013 and May 2015. Thus the obtained data can be used in simulation and modelling of solar parameters for Diyarbakır city. The data of two years consist of average temperature, average sunshine duration and average küresel solar radiation. Furthermore the value of minimum, maximum and average küresel solar radiation is determined and the whole results is shown in paper. The results show that Diyarbakır city has high potential of solar energy and the measurement parameters of solar energy are above average of Turkey.

**Keywords:** Küresel solar radiation, sunshine duration, solar energy

#### 1. Giriş

Günümüzde uygarlığın ve bilgi toplumunun her alanda ihtiyaç duyduğu enerjinin önemi giderek artmaktadır. Enerji, uygarlığımızın temel girdisi olup, üretim ve tüketimi, kalkınma ve gelişmişlik düzeylerini ölçmede kullanılan en geçerli göstergelerdendir. Sürekli artan enerji ihtiyacını karşılamada mevcut kaynakların yetersiz kalması ve fosil yakıt kaynaklı enerji üretimi ve tüketiminin zararlarından ötürü alternatif enerji kaynaklarını bulma ve geliştirme çalışmaları hız kazanmıştır [1].

Dünyadaki yaşanabilir ortamın korunması, iklim değişikliğinin sebep olduğu zararlı etkilerin yanı sıra, enerji üretim ve tüketiminden kaynaklanan çevre tahribatının azaltılması gibi konular tüm insanlığa sorumluluk yüklemektedir. Bu sorumluluğun gereği olarak ulusal ve uluslararası hukuki düzenlemelerin yapılması, enerji üretimi teknolojilerinde ve kaynak seçiminde çevresel etkilerin öncelikle dikkate alınması, enerji kullanımında verimliliğe azami özenin gösterilmesi gibi husus-

lar zaman içinde giderek öncelik ve ağırlık kazanmaktadır [2]. Türkiye hâlihazırda Güneş kuşağında olmasına rağmen sahip olduğu potansiyeli yeterli derecede etkin ve yaygın bir şekilde kullanılmamaktadır.

Özellikle bu durum Türkiye'nin en çok güneşlenen bölgesi olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi için daha büyük önem arz etmektedir. Avrupa Birliği tarafından aday ülkelerin güneş enerjisi ve PV potansiyelinin tespit edildiği çalışmada Türkiye ortalamasının yaklaşık 1500 kWh/m<sup>2</sup>-yıl olduğu, uydu verileri ve Türkiye'nin coğrafik durumu itibarıyla belirlenmiştir (Şekil 1). Türkiye'nin tüm yüzeyine bir yılda düşen güneş enerjisi miktarı 977.000 TWh'dir. Dolayısıyla Türkiye 80 milyar Ton Eşdeğer Petrol (TEP) teorik güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Bu enerjinin tamamından yararlanmak mümkün olmamakla beraber, var olan teorik potansiyelin büyüklüğünü göstermektedir. Güneş enerjisi, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden açığa çıkan ışınım enerjisidir. Termonükleer bir reaktör olan güneşten çeşitli dalga boylarında (62 MW/m<sup>2</sup>) enerji yayılmakta ve güneşin bütün yüzeyinden yayılan enerjinin sadece iki milyarda biri yeryüzüne gelmektedir [3].

Güneş ışınımının tamamı yer yüzeyine ulaşmaz, %30 kadarı dünya atmosferi tarafından geriye yansıtılır, %50'si atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşır. Güneşten gelen ışınımın %20'si ise, atmosfer ve bulutlarda tutulur. Bu enerji ile Dünya'nın sıcaklığı yükselir ve yeryüzünde yaşam mümkün olur. Rüzgâr hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olur. Yer yüzeyine gelen güneş ışınımının %1'den azı bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Bitkiler, fotosentez sırasında güneş ışığıyla birlikte karbondioksit ve su kullanarak, oksijen ve şeker üretirler. Fotosentez, yeryüzünde bitkisel yaşamın kaynağıdır. Dünya'ya gelen bütün güneş ışınımı, sonunda ısıya dönüşür ve uzaya geri verilir. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri, teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş ve güneş enerjisi çevresel bakımdan temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir [4].

Güneş ışınımından yararlanmak için kullanılan sistemlerin ilk yatırım maliyetleri göreceli olarak fazladır ve bu durum yatırımcı açısından ekonomik görülmemektedir. Bu nedenle, güneş enerjisi ile ilgili yatırımlar yapılmadan önce, bölgenin güneş enerjisi potansiyelinin araştırılması o bölgeye yapılacak yatırımlar açısından çok önemlidir. Böylece, her hangi bir bölgedeki güneş enerjisinin karakteristikleri hakkında edinilen genel bilgiler o bölgede güneş enerjisi uygulamalarının çalışması, planlanması ve tasarımında oldukça önemli rol oynayabilecektir [5].

Ülkemizde güneş ışınım verilerinin ölçümü meteoroloji genel müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Ölçüm için meteoroloji genel müdürlüğü tarafından illerde kurulan ölçüm istasyonlarında güneş verilerinin ölçümünün yanında nem, toprak sıcaklığı, rüzgâr şiddeti gibi diğer meteorolojik verilerin de ölçümü yapılmaktadır. Son yıllarda meteoroloji genel müdürlüğü, güneş enerjisi ile ilgili, küresel ışınım ve güneşlenme süresi gibi bazı verilerin ölçümünü yapmamaktadır. Diyarbakır ili için küresel ışınım ve güneşlenme süresine ait ölçüm verileri 2009 yılına kadar yapılmıştır. Bu tarihten sonra Diyarbakır ili için bu verilerin ölçümü meteoroloji genel müdürlüğü tarafından yapılmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada verileri sunulan ölçüm istasyonu, Diyarbakır ilinin güneş enerjisi ile ilgili meteorolojik verilerinin elde edilmesi açısından şu an itibarıyla tek kaynak durumuna gelmiştir. Diyarbakır ilini ve yakın çevresinin güneş enerjisi verilerinin elde edilmesinde ve bu verilerin kullanılması ile oluşturulacak tahmin modellerinin geliştirilmesinde kurulan ölçüm istasyonu ve bu istasyondan elde edilecek veriler daha da önemli hale gelmiştir.

Bu çalışmada, Türkiye'de, güneş enerjisi konusunda son derece elverişli bir konumda olan, Diyarbakır iline ait güneş enerjisi verileri ölçülmüş, analiz edilmiş ve, ilin güneşlenme süreleri ve ışınım değerlerinin güneş enerjisinden enerji üretimi için uygun olup olmadığı incelenmiştir. Bu çalışmanın diğer bir amacı hem yapılacak akademik çalışmalara hem de güneş enerji santralleri gibi ticari çalışmalarda Diyarbakır ili için güncel küresel ışınım ve güneşlenme süresi verileri sağlayarak, literatüre katkı sunmaktır.

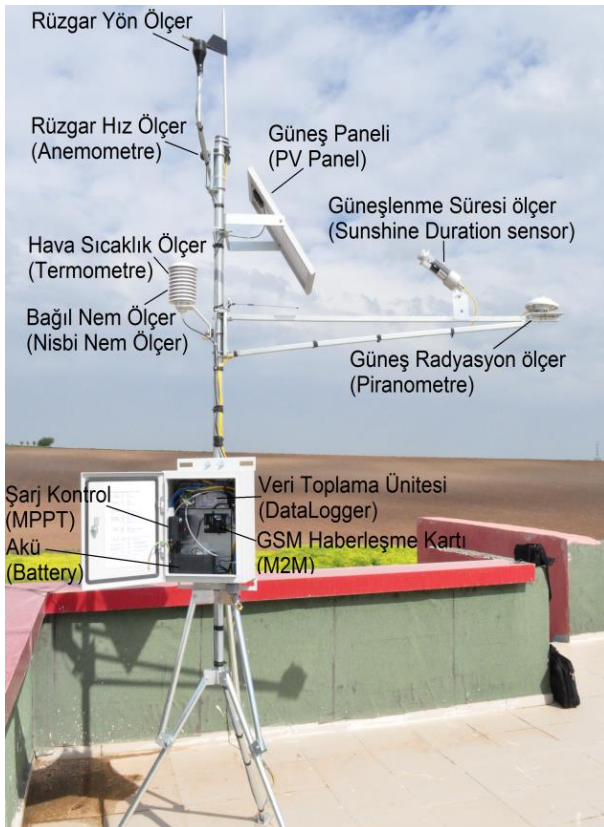


Şekil 1: Türkiye Güneş Işınım Haritası



## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada kullanılan ölçüm düzeneği, Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilen, Diyarbakır'da (Enlem: 37°55' D, Boylam: 40°14' K) DÜBTAM binası çatısına yerleştirilen güneş ölçüm istasyonundan oluşmaktadır. Güneş ölçüm istasyonu küresel ışınım, güneşlenme süresi, sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, maksimum rüzgâr hızı ve yönü olarak sekiz farklı veriyi ölçebilmekte ve kaydedebilmektedir. Şekil 1 ve Şekil 2'de ölçüm istasyonun fotoğrafları verilmiştir. Bu amaçla güneş ölçüm istasyonunda bir adet piranometre, rüzgâr ve sıcaklık ölçümleri için ilgili duyar-gaç ve veri kaydedici kullanılmaktadır. Anlık olarak ölçülen verilerin onar dakikalık periyotlarla ortalamaları veri kaydediciye kaydedilmektedir. Piranometreler yatay yüzeye gelen doğrusal ve yansıyan ışınımın tamamını ölçmek için tasarlanmışlardır. On dakikalık aralıklarla toplam ışınım verileri  $W/m^2$ , güneşlenme süresi dakika, sıcaklık ise santigrat derece ( $C^{\circ}$ ) cinsinden ölçülmüştür. Bu veriler 12 bit analog dijital (A/D) çevirici kullanılarak bir veri kaydediciye (dataloger) kaydedilmiştir. Bu ölçümlerin bilgisayara kaydedilmesi ve analiz edilmesi amacıyla LoggerNet programı kullanılmıştır.  $W/m^2$  cinsinden alınan toplam küresel ışınım daha sonra  $kWh/m^2$  birimine dönüştürülmüştür. Her gün için, küresel ışınım, güneşlenme süresi ve sıcaklık verilerinin ayrı ayrı ortalaması alınarak, Nisan/2013-Mayıs/2015 tarihleri arasında günlük ortalama değerler hesaplanmıştır. Daha sonra günlük ortalama değerlerden yine aynı tarih aralığı için aylık ortalama değerler hesaplanmış ve bu veriler grafikler ile gösterilmiştir.



Şekil 2: Güneş Ölçüm İstasyonunun Yandan Görünümü



Şekil 3: Güneş Ölçüm İstasyonunun Önden Görünümü

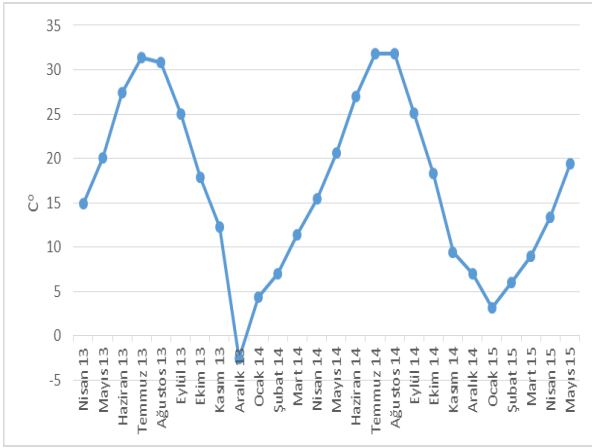
## 3. Tartışma ve Sonuçlar

Diyarbakır'da Nisan/2013-Mayıs/2015 tarihleri arasında ölçümü yapılan, güneş enerjisi verilerinin değerlendirilmesinde, küresel ışıma, güneşlenme süresi ve sıcaklık için günlük 144 adet veri olmak üzere toplam 791 günlük veri kullanılmıştır. Ölçüm yapılan aralıkta aylara ait sıcaklık, küresel ışıma ve güneşlenme sürelerinin ortalamaları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Nisan/2013-Mayıs/2015 Aylık Ortalama Sıcaklık Toplam Güneşlenme Süresi Ve Ortalama Küresel Işınım Değerleri

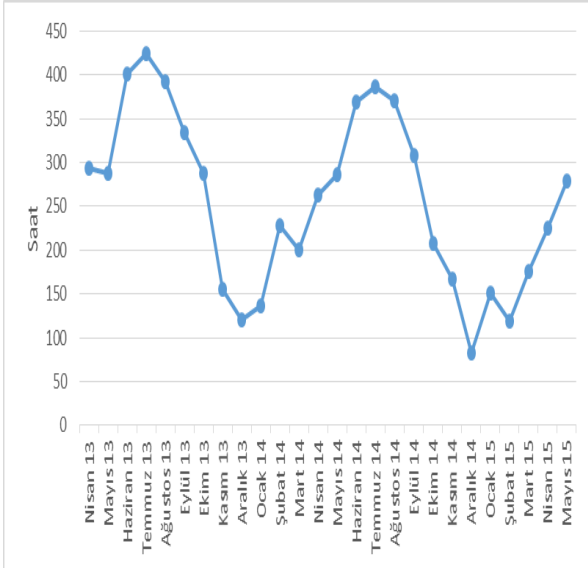
| Tarih        | Ortalama sıcaklık (C) | Toplam güneşlenme süresi (saat) | Küresel Işınım ( $KWh/m^2$ -gün) |
|--------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 04/13        | 14,92                 | 293                             | 4,70                             |
| 05/13        | 20,03                 | 288                             | 4,44                             |
| 06/13        | 27,39                 | 401                             | 7,53                             |
| <b>07/13</b> | <b>31,41</b>          | <b>424</b>                      | <b>7,63</b>                      |
| 08/13        | 30,82                 | 392                             | 6,64                             |
| 09/13        | 25,06                 | 334                             | 5,24                             |
| 10/13        | 17,91                 | 287                             | 3,47                             |
| 11/13        | 12,24                 | 155                             | 1,39                             |
| <b>12/13</b> | <b>-2,51</b>          | 121                             | 1,01                             |
| 01/14        | 4,40                  | 136                             | 1,15                             |
| 02/14        | 7,02                  | 228                             | 2,88                             |
| 03/14        | 11,43                 | 201                             | 2,72                             |
| 04/14        | 15,42                 | 263                             | 3,99                             |
| 05/14        | 20,61                 | 286                             | 4,49                             |
| 06/14        | 26,97                 | 369                             | 6,62                             |
| <b>07/14</b> | <b>31,81</b>          | 387                             | 6,99                             |
| 08/14        | 31,80                 | 371                             | 5,80                             |
| 09/14        | 25,16                 | 308                             | 4,62                             |
| 10/14        | 18,35                 | 208                             | 2,36                             |
| 11/14        | 9,41                  | 167                             | 1,60                             |
| <b>12/14</b> | <b>7,02</b>           | <b>83</b>                       | <b>0,64</b>                      |
| 01/15        | 3,13                  | 151                             | 1,36                             |
| 02/15        | 6,03                  | 119                             | 1,34                             |
| 03/15        | 8,95                  | 176                             | 2,26                             |
| 04/15        | 13,36                 | 225                             | 3,36                             |
| 05/15        | 19,39                 | 279                             | 4,47                             |

Diyarbakır için ölçüm yapılan iki yıllık süreçte, sıcaklığın en yüksek olduğu ay Temmuz 2014 (ortalama: 31,81 C<sup>0</sup>), en düşük olduğu ay ise Aralık 2013 (ortalama: -2,51 C<sup>0</sup>) aylarıdır (Şekil 4). İki yıllık süreçte, aylık toplam güneşlenme süresinin en yüksek olduğu ay Temmuz 2013 (424 saat) ve en düşük olduğu ay Aralık 2014 (83 saat) olarak saptanmıştır (Şekil 5).



Şekil 4: Aylık Ortalama Sıcaklık Grafiği

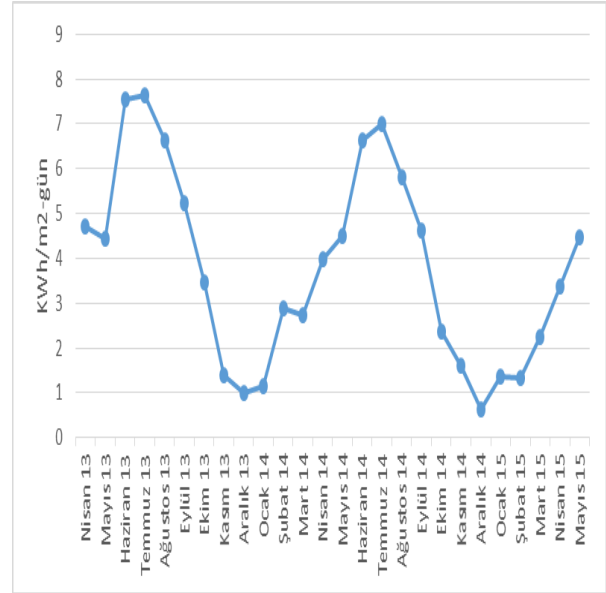
Küresel ışınım değerleri ise güneşlenme süresine paralel olarak en yüksek Temmuz 2014 ayında (7.63KWh/m<sup>2</sup>-gün, en düşük ise Aralık 2014 ayında (0.64KWh/m<sup>2</sup>-gün) ölçülmüştür (Şekil 6).



Şekil 5: Aylık Ortalama Güneşlenme Süresi

İki yıllık güneş enerjisi verilerinin analizinden ölçüm periyodu için Diyarbakır ilinin güneşlenme süresinin 243 saat olduğu tespit edilmiştir. Bu değer Türkiye ortalaması olan aylık 220 saatten 23 saat daha büyüktür. Bu durum Diyarbakır ilinde Türkiye ortalamasına göre, ayda ortalama 23 saat

güneşten daha fazla yararlanma imkanının olduğunu göstermektedir. Bunun diğer anlamı Diyarbakır ilinin Türkiye ortalamasına göre ayda yaklaşık 3 güne tekabül eden süre kadar, daha fazla güneşten yararlanabileceği ve enerji üretebileceği sonucudur. Güneş enerjisinden yararlanma konusunda en önemli parametre olan küresel ışınım değerleri ele alındığında, Diyarbakır ilinin ölçüm periyodundaki ortalama küresel ışınım değerinin günde 3,8 kWh/m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir. Bu değer Türkiye'nin günlük ortalama küresel ışınım değerinden 0,2 kWh/m<sup>2</sup> fazladır. Bu sonuç Diyarbakır ilinde Türkiye ortalamasına göre yılda m<sup>2</sup> başına 73 kWh fazla güneş enerjisi düştüğünü göstermektedir. Kullanılan sistemin güneş enerjisinden faydalanma değerine bağlı olarak bu değer elektrik veya başka tür bir enerjiye dönüştürülebilecektir. Türkiye Güneş Enerji Atlası (GEPA)'da Türkiye'nin maksimum aylık küresel ışınım değeri 6,57 kWh/m<sup>2</sup>-gün olarak belirtilmiştir [8]. Yapılan ölçüm aralığında Diyarbakır'ın maksimum küresel ışınım değeri 7,63 kWh/m<sup>2</sup>-gün olarak ölçülmüştür. Bu sonuçta Türkiye'nin maksimum küresel ışınım değerinin daha yüksek olabileceğini göstermektedir. Ölçüme dayalı verilerin analizi oluşturulacak bir güneş enerjisi atlası ile daha doğru sonuçlara ulaşılabileceği görülmektedir. Elde edilen veriler ve bu verilerin değerlendirilmesi ışığında, Diyarbakır ilinin güneş enerjisi potansiyelinin ısı ve ışınım bakımından oldukça yüksek olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 6: Aylık Ortalama Küresel Işıma

Bölgelerde veya illerde ölçüm istasyonunun yokluğu, bazı ölçüm verilerinin eksikliği, ulusal meteoroloji ajansları tarafından sağlanan verilerin güncel olmaması gibi nedenlerden dolayı bu çalışmada olduğu gibi güneş enerjisi parametrelerinin ölçümüne yönelik çalışmalar literatür açısından büyük önem arz etmektedir. Kurulan ölçüm istasyonu ile güneş enerjisine ait meteorolojik verilerin elde edilmesi ve bu verilerin analizi ile Diyarbakır iline ait büyüklüklerin belirlenmesi mümkün olmuştur.

#### 4. Kaynaklar

- [1] Duffieand J, Beckman W. Solar Engineering of Thermal Processing, John Wiley & Sons, Madison, Wis, USA, 1991.
- [2] Yılmaz M. Güneş Takip Sistemi ile Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Elde Etme Yöntemleri ve Optimum Verim Belirlenmesi, Doktora tezi, 2013.
- [3] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).
- [4] Şahan M, “Yıllık toplam ve Ultraviyole (UV) Güneş Enerjisi Verilerinin Ölçülmesi”, SDÜ Fen Bilimleri Dergisi.
- [5] Bulut H, “Diyarbakır ili için Güneş verilerinin analizi ve Tipik Güneş Işınım Değerlerinin Türetilmesi”, TMMOB Maki-  
ne Mühendisleri Odası 3. GAP ve Sanayi Kongresi, Şanlıurfa, Türkiye.
- [6] Varınca K, “Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma”, I. Ulusal, Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir, Türkiye, 2013.
- [7] Özdemir Y, “MSG Uydu Verilerini Kullanarak Türkiye için Küresel Güneş Radyasyonu Dağılımının Belirlenmesi”, Meteoroloji Genel müdürlüğü Ankara, Türkiye.
- [8] <http://www.eie.gov.tr>



### Hibetullah Kılıç

Dicle Üniversitesi, Diyarbakır Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu'nda Elektrik-Enerji Bölümü'nde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden Lisans Diploması ile 2009 mezun olmuştur. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans yapmaktadır. 2009-2014 yılları arasında çeşitli ulusal ve uluslararası şirketlerde ve projelerde elektrik-elektronik mühendisi olarak çalışmıştır. Çalışma alanları yenilenebilir enerji kaynakları, akıllı şebekeler, güç elektroniği.



### Bilal Gümüş

Lisans derecesini İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden 1992 yılında almıştır. Yüksek lisans ve doktora eğitimini Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda sırasıyla; 1997 ve 2004 yıllarında tamamlamıştır. Halen Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Uzmanlık ve araştırma alanları elektrik makineleri, güç elektroniği ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.



### Musa Yılmaz

Batman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektronik-Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nde Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. 2013 yılında Marmara Üniversitesinden Doktora derecesi ile mezun olmuştur. 2015-2016 yılları arasında post-doktora için University of California Los Angeles'da araştırmacı olarak görev yapmıştır. 2004-2013 yılları arasında Dicle Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu'nda öğretim görevlisi olarak görev yapmıştır. Çalışma alanları; yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi, güneş takip sistemleri, akıllı şebekeler.