

## 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 itibariyle 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 ışıma 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 ışınının tamamı yer yüzeyine ulaşmaz, %30 kadarı dünya atmosferi tarafından geriye yansıtılır, %50'si atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşır. Güneşten gelen ışınının %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 ışınının %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 çalışılması, 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 ışıma ve güneşlenme süresi gibi bazı verilerin ölçümünü yapmamaktadır. Diyarbakır ili için küresel ışıma 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 itibariyle 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.

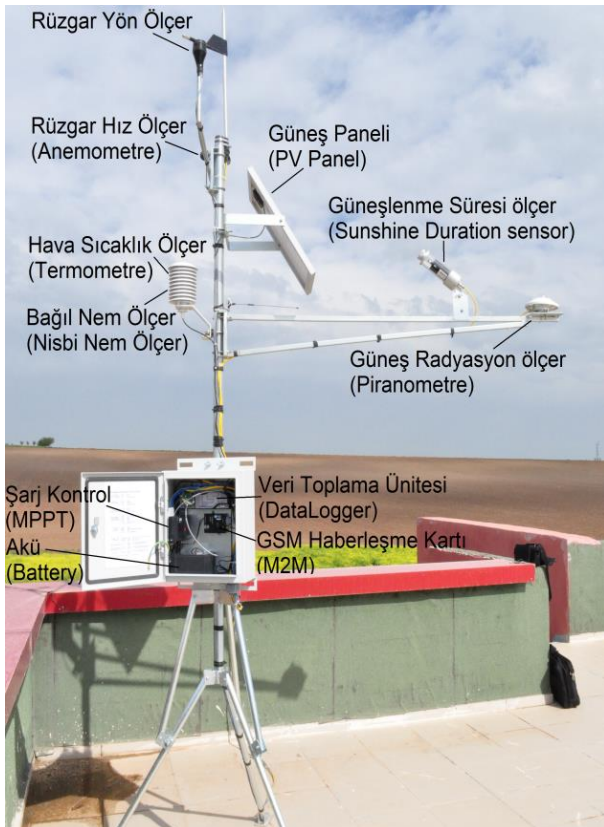
Bu çalışmada, Türkiye'de, güneş enerjisi konusunda son derece elverişli bir konumda olan, Diyarbakır iline ait güneş enerjisi verileri ölçülmüş, analiz edilmiş ve, ilin güneşlenme süreleri ve ışınım değerlerinin güneş enerjisinden enerji üretimi için uygun olup olmadığı incelenmiştir. Bu çalışmanın diğer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

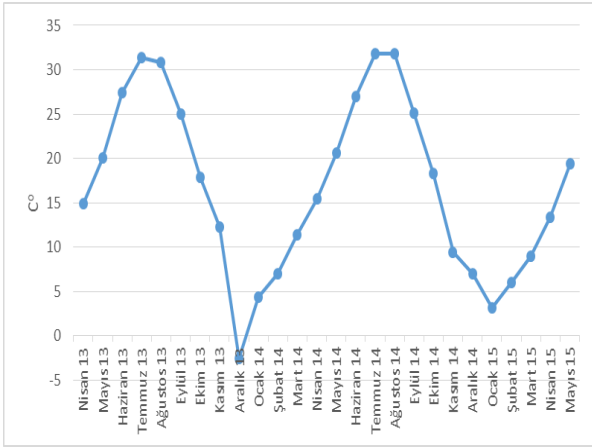
## 3. Tartışma ve Sonuçlar

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

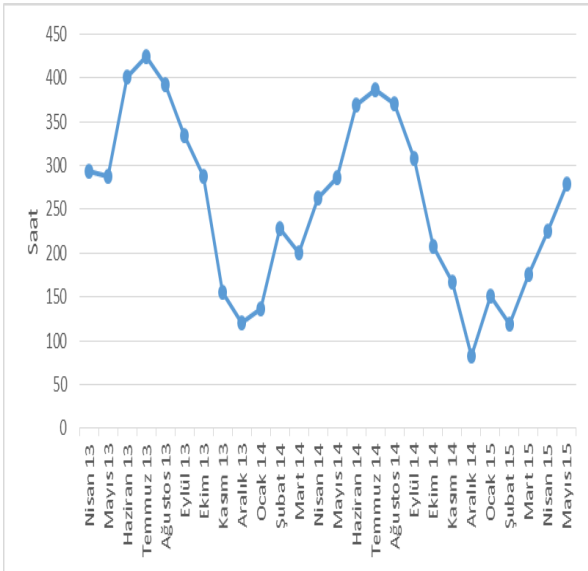
Tarih	Ortalama sıcaklık (C)	Toplam güneşlenme süresi (saat)	Küresel Işınım ( $KWh/m^2$ -gün)
04/13	14,92	293	4,70
05/13	20,03	288	4,44
06/13	27,39	401	7,53
<b>07/13</b>	<b>31,41</b>	<b>424</b>	<b>7,63</b>
08/13	30,82	392	6,64
09/13	25,06	334	5,24
10/13	17,91	287	3,47
11/13	12,24	155	1,39
<b>12/13</b>	<b>-2,51</b>	<b>121</b>	<b>1,01</b>
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>	<b>387</b>	<b>6,99</b>
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

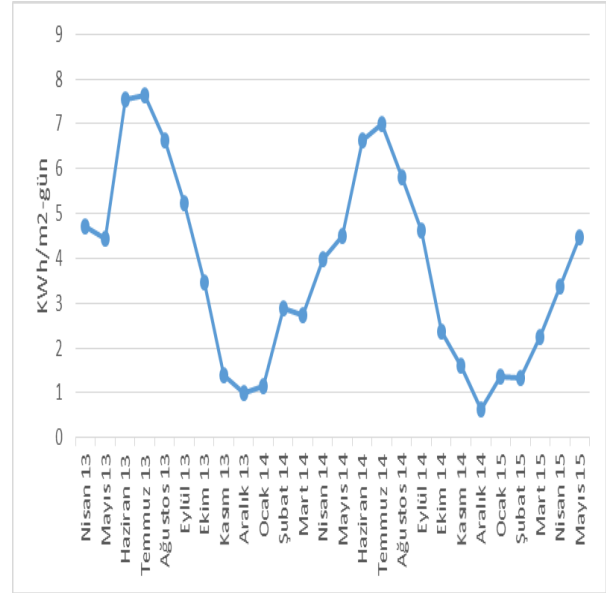
Küresel ışınım değerleri ise güneşlenme süresine paralel olarak en yüksek Temmuz 2014 ayında (7.63KWh/m<sup>2</sup>-gün), en düşük ise Aralık 2014 ayında (0.64KWh/m<sup>2</sup>-gün) ölçülmüştür (Şekil 6).



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.