



T.C.

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

ATMOSFERİK PARAMETRELER İLE  
GÜNEŞ ENERJİSİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Yüksek Lisans Tezi

Hazırlayan: Recep ATMACA

166301133

Danışman: Prof. Dr. Osman YILDIRIM

Ocak 2018



**T.C.**

**İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**ATMOSFERİK PARAMETRELER İLE  
GÜNEŞ ENERJİSİ ARASINDAKİ İLİŞKİ**

**Yüksek Lisans**

**Tezi Hazırlayan: Recep ATMACA**

**Ocak 2018**

## **YEMİN METNİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum çalışmamın adı: ‘Atmosferik Parametreler ile Güneş Enerjisi Arasındaki İlişki’ dir. Bu tezim bilimsel ahlak ve geleneklere uygun bir şekilde yazılmıştır. Yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve tezimde kullanılan her yerde kaynaklara atıflar yapıldığını belirtir ve doğrularım.



02.02.2018

**RECEP ATMACA**

## ONAY

Tezimin/ kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece İstanbul Arel yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin/Raporumun 6 yıl erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

02.02.2018

RECEP ATMACA

## ÖZET

### ATMOSFERİK PARAMETRELER İLE GÜNEŞ ENERJİSİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Recep ATMACA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Danışman: Prof. Dr. Osman YILDIRIM

Ocak 2018

Bu tezin amacı; atmosferik parametrelerin ‘ışınım, sıcaklık, nem, rüzgar, basınç’ Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi üretimine etkilerini incelemektir. Bu kapsamda mini bir ölçüm düzeneği hazırlanmıştır.

Atmosferik parametrelerin enerji üretimi verimi üzerindeki etkilerini inceleyerek hem güneş enerjisi sistemlerinin kurulacağı yer ile ilgili tespitler yapılmış olacak hem de sistemin mevcut olduğu yerlerde sistem verimliliğini inceleme , ölçme şansı elde edilecektir. Atmosferik koşullar dışında diğer parametreler de göz ardı edilmemelidir. ‘ Kablo kayıpları gibi.’

Tezin birinci bölümünde güneş ve güneş enerjisinden bahsedildi. Güneş enerjisi ile birlikte, güneş enerjisini etkileyen parametreler üzerine yapılan çalışmalar anlatılmıştır. Litaratür taraması yapılmıştır.

Tezin ikinci bölümünde; Arel Üniversitesi Tepekent Yerleşkesi’inde bulunan GES üzerindeki çalışma tablo, grafik ve açıklamalarla aktarılmıştır.

**Anahtar kelimeler.** GES, Mini Ölçüm İstasyonu, Işınım, DC Güç

## **ABSTRACT**

### **ATMOSFERİK PARAMETRELER İLE GÜNEŞ ENERJİSİ ARASINDAKİ İLİŞKİ**

**Recep ATMACA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Danışman: Prof. Dr. Osman YILDIRIM**

**Ocak 2018**

The main goal of my thesis is ; observation of atmospheric parameters (radiation, moisture , temperature , wind , pressure) and the effects of these parameters on changing Solar Energy into Electrical Energy.

By examining the effects of atmospheric parameters on energy production, we get the chance to examine and measure system efficiency both where solar energy systems are to be installed and where the system is located. Apart from atmospheric conditions, other parameters (such as cable losses) should not be ignored.

In the first part of the thesis, sun and solar energy were mentioned. Along with solar energy, studies about the parameters affecting solar energy are explained. Literature scanning was done.

In the second part of the thesis, table, graphic and explanations on GES in Arel University Tepekent Campus are explained with details.

The data which is obtained from researches and experiments are blended and the ‘‘Relationship Between Atmospheric Parameters and Solar Energy ‘‘ is explained with positive and negative aspects.

**Key words** : GES, Işınım, Mini Ölçüm İstasyonu, DC Güç

## İçindekiler

YEMİN METNİ.....	II
ONAY .....	III
ÖZET .....	IV
ABSTRACT.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
1.BÖLÜM .....	1
1. GÜNEŞ VE GÜNEŞ ENERJİSİ .....	1
1.1 Güneş .....	1
1.2 Güneş Enerjisi.....	1
1.3 Türkiye’ de Güneş Enerjisi Potansiyeli .....	2
1.4 Güneş Enerjisi Sistemlerinin Fayda ve İmkanları .....	4
1.5 Güneş Enerjisi Sistemlerinin Olumsuzlukları.....	5
1.6 Güneş Enerjisi Verimine Etki Eden Parametreler.....	5
1.6.1 Işınım.....	6
1.6.2 SICAKLIK .....	12
1.6.3 NEM.....	16
1.6.4 RÜZGAR.....	18
1.6.5 BASINÇ.....	18
2.BÖLÜM .....	20
2. GÜNEŞ ENERJİSİ VERİMİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER İLE İLGİLİ ÖLÇÜMLER.....	20
2.1 Işınım Ölçüm Deneyi .....	20
2.2 Sıcaklık Ölçüm Deneyi .....	31
2.3 Nem Ölçüm Deneyi .....	37
2.4 Rüzgar Ölçüm Deneyi.....	43
2.5 Basınç Ölçüm Deneyi.....	50
2.6 Mini Meteorolojik İstasyon .....	56
2.7 Ölçüm Sonuçları .....	61
Kaynakça .....	63

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1 Güneş .....	1
Şekil 2 Off-grid Güneş Enerjisi Sistemi .....	2
Şekil 3 Avrupa Güneş Potansiyeli Atlası .....	6
Şekil 4 Türkiye Güneş Potansiyeli Atlası .....	7
Şekil 5 Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası .....	8
Şekil 6 Türkiye Güneş Kuşağı Atlası .....	8
Şekil 7 Yazılım sonuçlarının grafiksel gösterimi 1.....	11
Şekil 8 Yazılım sonuçlarının grafiksel gösterimi 2.....	12
Şekil 9 Sıcaklığın Üretilen Enerji İle İlişkisi.....	13
Şekil 10 Bir PV hücresinin basit elektriksel eşdeğer modeli.....	14
Şekil 11 Sıcaklık Gerilim ilişkisi .....	15
Şekil 12 Sıcaklık Akım ilişkisi .....	15
Şekil 13 Sıcaklık Güç ilişkisi.....	15
Şekil 14 Solar Meter ile Işınım Ölçümü .....	21
Şekil 15 Solar Meter ile Işınım Ölçümü .....	22
Şekil 16 Multimetre bilgileri.....	24
Şekil 17 Multimetre ile Akım ve Gerilim Ölçümleri.....	24
Şekil 18 Işınım-DC Güç grafiği-22\11\2017 .....	25
Şekil 19 Işınım-DC Güç grafiği-27/11/2017 .....	26
Şekil 20 Işınım-DC Değişimi-30/11/2017 .....	27
Şekil 21 Işınım-DC Güç Değişimi-07\12\2017 .....	28
Şekil 22 Işınım-DC Güç Değişimi-13/12/2017 .....	29
Şekil 23 Işınım-DC Güç Değişimi-15/12/2017 .....	30
Şekil 24 Çok fonksiyonel termometre(higrometre ve barometre) .....	31
Şekil 25 S+ARC cihazı ve Paneller .....	32
Şekil 26 Sıcaklık- DC Güç Değişimi-22\11\2017 .....	33
Şekil 27 Sıcaklık-DC Güç Değişimi-27/11/2017 .....	34
Şekil 28 Sıcaklık- DC Güç Değişimi-30/11/2017 .....	35
Şekil 29 Sıcaklık-DC Güç Değişimi-07/12/2017 .....	35
Şekil 30 Sıcaklık-DC Güç Değişimi-13/12/2017 .....	36
Şekil 31 Sıcaklık-DC Güç Değişimi-15/12/2017 .....	36
Şekil 32 S+ARC with Oregon Scientific ile Nem Ölçümü .....	37
Şekil 33 Nem-DC Güç Değişimi-22\11\2017 .....	39
Şekil 34 Nem –DC Güç Değişimi-27/11/2017.....	40
Şekil 35 Nem- DC Güç Değişimi-30/11/2017 .....	40
Şekil 36 Nem- DC Güç Değişimi-07\12\2017 .....	41
Şekil 37 Nem – DC Güç Değişimi-13/12/2017 .....	42
Şekil 38 Nem- DC Güç Değişimi-15/12/2017 .....	42
Şekil 39 Anemometre İle Ölçüm Düzenegi.....	44
Şekil 40 Rüzgar- DC Güç Değişimi-22\11\2017 .....	45
Şekil 41 Rüzgar- DC Güç Değişimi -27/11/2017 .....	46



Şekil 42 Rüzgar- DC Güç Değişimi-30/11/2017 .....	46
Şekil 43 Rüzgar-DC Güç Değişimi-07\12\2017 .....	47
Şekil 44 Rüzgar- DC Güç Değişimi-13/12/2017 .....	48
Şekil 45 Rüzgar-DC Güç Değişimi-15/12/2017 .....	48
Şekil 46 S+ARC with Oregon Scientific ile Basınç Ölçümü.....	50
Şekil 47 Basınç-DC Güç Değişimi-22\11\2017 .....	51
Şekil 48 Basınç-DC Güç Değişimi-27/11/2017 .....	52
Şekil 49 Basınç-DC Güç Değişimi-30/11/2017 .....	53
Şekil 50 Basınç- DC Güç Değişimi-07\12\2017 .....	53
Şekil 51 Basınç- DC Güç Değişimi-13/12/2017 .....	54
Şekil 52 Basınç –DC Güç Değişimi-15/12/2017 .....	55
Şekil 53 Mini Meteorolojik İstasyon.....	56
Şekil 54 Mini Meteorolojik İstasyon.....	57
Şekil 55 Mini Meteorolojik İstasyon.....	57
Şekil 56 Atmosferik Koşullar ve PV Paneller Enerji üretimi -07-13-15/12/2017 :Saat 13:00.....	58
Şekil 57Atmosferik koşullar ile PV Panel Enerji üretim ilişkisi 22-27-30/11/2017: Saat 13:00...	59

## **TABLolar DİZİNİ**

Tablo 1 Türkiye'nin Aylık Güneş Enerjisi Potansiyeli (EİE,Erişim Tarihi:12.12.2017, 2017) .....	3
Tablo 2 Türkiye'nin Yıllık Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı (UNİENERJİ/arsivler/370;Erişim Tarihi:11.12.2017, 2017) .....	4
Tablo 3 Isparta, Erzincan, Balıkesir ve Ankara illerinin aylık güneş enerjisi değerler.....	9
Tablo 4 Solar Power Meter İstruction Özellikleri.....	20
Tablo 5 22-27-30\11\2017 tarihlerindeki Işınım-DC Güç ölçümleri.....	23
Tablo 6 07-13-15\12\2017 tarihlerindeki Işınım-DC Güç ölçümleri.....	23
Tablo 7 22-27-30\11\2017 tarihlerindeki Sıcaklık- DC Güç Ölçümleri .....	32
Tablo 8 07-13-15\12\2017 tarihlerindeki Sıcaklık-DC Güç Ölçümleri .....	33
Tablo 9 22-27-30\11\2017 tarihlerindeki Nem – DC Güç Ölçümleri .....	38
Tablo 10 07-13-15\12\2017 tarihlerindeki Nem- DC Güç ölçümleri.....	38
Tablo 11 Rüzgar Ölçer (Anemometre) Bilgileri .....	43
Tablo 12 22-27-30\11\2017 Rüzgar- DC Güç Ölçümleri .....	44
Tablo 13 07-13-15\12\2017 tarihlerindeki Rüzgar- DC Güç Ölçümleri.....	45
Tablo 14 22-27-30\12\2017 tarihlerindeki Basınç-DC Güç Ölçümleri .....	50
Tablo 15 07-13-15\12\2017 tarihlerindeki Basınç-DC Güç Ölçümleri .....	51

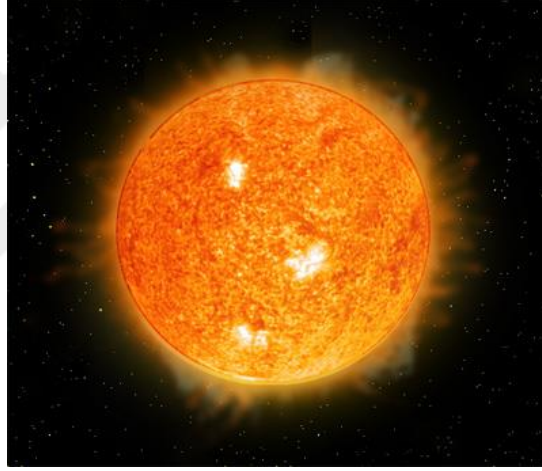
## 1.BÖLÜM

### 1. GÜNEŞ VE GÜNEŞ ENERJİSİ

#### 1.1 Güneş

Yaşamın kaynağıdır güneş. Tüm dünyanın doğal enerji kaynağıdır. Yaklaşık olarak çapı 1,4 milyon kilometre karedir. Çok yoğun gazlar iç çevresini kaplamıştır. Dünyamız ile uzaklığı 151106 km'dir. Dünyada nükleer enerji (yakıtlar) dışındaki her yakıtın kaynağı güneştir.

Güneşin içerisinde saniyede 10-38 adedi bulabilen, Hidrojenin Helyuma dönüştüğü 'füzyon' reaksiyonları gerçekleşmektedir. Ve bu reaksiyonlar sonucunda açığa çıkan enerji çok büyüktür. Saniyede 657 milyon ton Hidrojen, 653 milyon ton Helyuma dönüşmektedir. Yapılan hesaplamalar gösteriyor ki 10milyar yıl sonra güneşin ölü bir yıldız dönüşmesi kaçınılmazdır. Çünkü bu reaksiyonlar son bulacaktır.



Şekil 1 Güneş

(Zamanda Yolculuk Erişim Tarihi;11.12.2017, 2017)

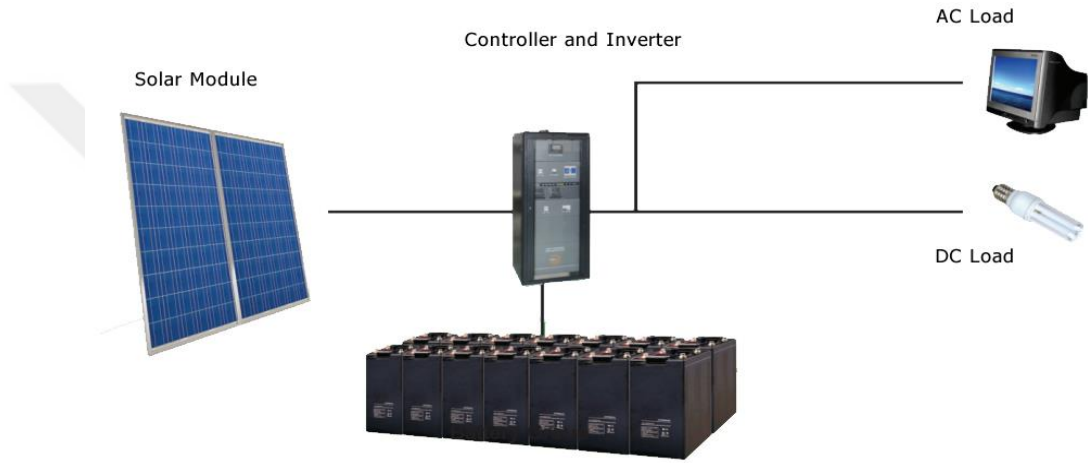
Güneşten açığa çıkan enerjinin az bir bölümü dünyaya ulaşır. Bu değer 1,395kW'tır. Çünkü atmosferdeki su buharı, karbondioksit, ve ozon gazları güneş ışığını absorbe eder. Az evvel bahsedildiği gibi 151106 milyon km'lik bir mesafe azımsanmayacak kadar çoktur. Atmosfer dışındaki ışınım değeri 1367W/m<sup>2</sup> iken yeryüzüne ulaşan değer 1000W/m<sup>2</sup> ancak olmaktadır (Altın, 2004).

#### 1.2 Güneş Enerjisi

Güneşin çok büyük bir enerji kaynağı olduğundan bahsedilmiştir. Bu enerji dünyada da çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Binalarda ısıtma, soğutma, ve sıcak su elde etmek için kullanılır. En çok tercih edilen kısım sıcak su elde etmektir. Isıtmada da ısıtma

depolama sorunu çözülürse daha yararlı hale gelecektir. Soğutma yöntemi aşırı sıcak bölgelerde yaygınlaştırılmıştır. Böyle ısı uygulamalar dışında PV (Fotovoltaik) uygulamalar mevcuttur. PV de özetle: atmosferden süzülerek gelen, her türlü etkiden geçerek üzerine ulaşan güneş ışığını direkt olarak elektrik enerjisine çeviren sistemdir. Güneş panelleri ışığı alan ilk mekanizmadır. Güneş Panelleri seri ve paralel bağlanırlar. Akım-güç değerlerini değiştirebilirler. Üretilen akım depolamak için akü grubu kullanılmaktadır. Akü grubundan aldığı DC akımı AC akıma çevirecek yüklerin çalışabilmesini sağlayan eviriciler sistemde bulunmaktadır.

Bu tez PV uygulaması olduğundan bir Off-Grid sistemin ana malzemelerini tanımakta yarar vardır.



Şekil 2 Off-grid Güneş Enerjisi Sistemi

(Light Solar Erişim Tarihi:11.12.2017, 2017)

Şekilde görüldüğü üzere Off-Grid sistem dört ana malzemedir oluşmaktadır. Öncelikle güneşten gelen güneş ışığını paneller , içerilerindeki hücrelerde meydana gelen reaksiyon sonucu DC akım üretirler. Yani hücre içindeki elektronları hareket ettirmektedir. Değeri uygun kablolarla panellerden yola çıkarak bu elektronlar (DC akım) invertere ulaşır. İnverter DC akımı akü grubuna gönderir. Tekrar akü grubundan invertere gelen DC akım inverter tarafından AC akıma dönüştürülür. Tüketim araçları, tüm AC akım ile çalışabilen tüm yükler çalıştırılabilir (Çuhadar, 2017).

### 1.3 Türkiye' de Güneş Enerjisi Potansiyeli

Ülkemiz 26-45 doğu meridyenleri ile 36-42 kuzey paralelleri arasında , Orta Kuşakta yer almaktadır. Güneşlenme süresi yıllık 2623 saat iken ortalama ışınım 1303w/m2 olmaktadır. Günlük olarak hesaplanınca da 3,6kwh/m2 ve 7,2 saat olarak sonuçlara ulaşabiliriz (Altın, 2004).

Güneşten enerjisinden elektrik üretebileceğimiz Aralık ayı en az olurken Haziran ayı en çok ay olarak karşımıza çıkmaktadır. Güney doğu Anadolu bölgesi ve peşine Akdeniz bölgesi Güneş Enerjisi bakımından üs sıralardadır.

Tablo 1 Türkiye'nin Aylık Güneş Enerjisi Potansiyeli (EİE,Erişim Tarihi:12.12.2017, 2017)

<b>Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli</b>			
AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ
	(Kcal/cm <sup>2</sup> -ay)	(kWh/m <sup>2</sup> -ay)	(Saat/ay)
OCAK	4,45	51,75	103
ŞUBAT	5,44	63,27	115
MART	8,31	96,65	165
NISAN	10,51	122,23	197
MAYIS	13,23	153,86	273
HAZİRAN	14,51	168,75	325
TEMMUZ	15,08	175,38	365
AĞUSTOS	13,62	158,4	343
EYLÜL	10,6	123,28	280
EKİM	7,73	89,9	214
KASIM	5,23	60,82	157
ARALIK	4,03	46,87	103
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm <sup>2</sup> -gün	3,6 kWh/m <sup>2</sup> -gün	7,2 saat/gün

Meteorolojik koşullardan dolayı en az üretimin Karadeniz Bölgesi olduğu anlaşılmaktadır (Güneş Enerjisi Santrali Tesis Yeri Seçimi ve Önemi,Erişim Tarihi:12.12.2017, 2017).

Tablo 2 Türkiye'nin Yıllık Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı  
(UNİENERJİ/arsivler/370;Erişim Tarihi:11.12.2017, 2017)

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m <sup>2</sup> -yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

#### 1.4 Güneş Enerjisi Sistemlerinin Fayda ve İmkanları

- .Güneş başlı başına tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.
- .Kurulumundan ziyade işletme masrafları çok düşüktür.
- .Basit bir teknoloji ile uygulaması mümkündür.
- .Yalnızca güneşe ve tezimizde değineceğimiz atmosferik parametrelere bağlı olduğundan dışa bağımsızdır.
- .Yenilenebilir enerji kaynağı olduğundan çevreye (toprağa, havaya suya) zarar veren bir enerji sistemi değildir.
- .Yerel ve genel uygulamalar için küçük ve büyük güçlerde tasarlanabilir (Altın, Güneş Pillerinin Yapısı ve Çalışması, Bilim ve Teknik Dergisi; 464,41, 2006).
- .Güneş enerjisi sistemleri yalnızca güneş enerjisi ile çalıştıklarından ekstra bir yakıtı ihtiyaç yoktur.
- .Bu sistemler gücü gerekli olduğu yerlere kurulduğundan iletim hatlarına gerek duyulmaz.
- .Güvenlik açısından son derece makuldür.

.Küçük bakımlarla ortaya çıkan problemler aşılır.

.Sistemde birden fazla panel kullanılabilir. Sorun çıkaran paneller olsa bile enerji kesilmez üretim devam eder. Az önce belirtildiği gibi seri ve paralel bağlanabilirler (Popkirov, 2003).

.Üretim miktarı çok olduğunda şebekeden elektrik alınmaz. Hatta üretim miktarına bağlı olarak şebekeye elektrik satılabilir. Böylece kurulum maliyetleri bertaraf edilebilir (Fıratoğlu, 2003).

.İşletimi için özel eğitime ihtiyaç yoktur (Archer, 2001).

### **1.5 Güneş Enerjisi Sistemlerinin Olumsuzlukları**

.Işınım geniş yüzeylere daha fazla düşeceğinden büyük alanlara ihtiyaç duyulur.

.Enerji depolaması çok sınırlı miktardadır.

.Kışın ışınım az gece ise yok olduğundan üretim olmayabilir.

.Güneş enerjisi sistemlerinin yatırım maliyetleri hala fazla görünmektedir (Altın, Güneş Pillerinin Yapısı ve Çalışması, Bilim ve Teknik Dergisi; 464,41, 2006).

.Bu tezde değinileceği gibi fazla sıcaklık verimim düşürür.

.Gölgeleme (panellerin) durumu elektrik üretimi durumunu olumsuz etkiler.

.Panel yüzeyleri kirli olduğunda, nem oranının yüksek olduğu zamanlarda panel yüzeylerine havadaki tozların yapışmasıyla üretim azalır.

.Az evvel belirtildiği üzere kışın ve geceleri üretim miktarı çok azalacağından en uygun depolama aygıtı (akü grubu) seçilmez ise lazım olan enerji sağlanamayacaktır (Akkaya, 2004).

### **1.6 Güneş Enerjisi Verimine Etki Eden Parametreler**

Güneş Panellerinden yüksek verimim elde edebilmenin şartı ışınımıdır. Paneller uygun bir yere konulup ve yönlendirilmesi sağlanırsa verimin yüksek olması sağlanır (Sayın, 2011).

Güneş panelleri hareketli konstriksiyon üzerinde tasarlanırsa günün her saatinde güneş ışığından fazlaca faydalanabilir.

Işınım ile elektrik üretimi yapan güneş panelleri aşırı bir biçimde ısınırlarsa verimlilikleri düşecektir. Bu durum yapılan deneylerle ispat edilmiştir. Deneylerde elde edilen teknik veri şudur: her 10C artışında verimlilik %1 düşmektedir. Böyle bir sorunun da çözüm yolu şudur: güneş panelleri arka yüzeylerinden havalandırılmalıdır

(Alaçakır, 1999). Bu tezde rüzgar parametresinin güneş enerjisi verimine etkisini inceledik.

Verimi düşüren başka bir neden panel yüzeylerinin kirlenmesidir. Havanın çok nemli oluşu havadaki toz kümelerinin panel yüzeylerine yapışmasına neden olur ve kirlilik daha da artar. Kirlenen yüzeylerle güneş ışığından yeterince faydalanılamaz. Bu durumlarda panel veriminin %3,5 oranında düştüğü çalışmalarla gösterilmiştir (Watt, 1999). Panel yüzeylerinin temizliği verim açısından mühim bir konudur.

Yine ışınımın devamı sayılabilecek bir durumdan bahsetmeliyiz. Gölgeleme. PV Panellerin gölgede kalışı verimliliği olumsuz etkiler (S.Ü.Müh-Mim.Fak.Derg., 2011).

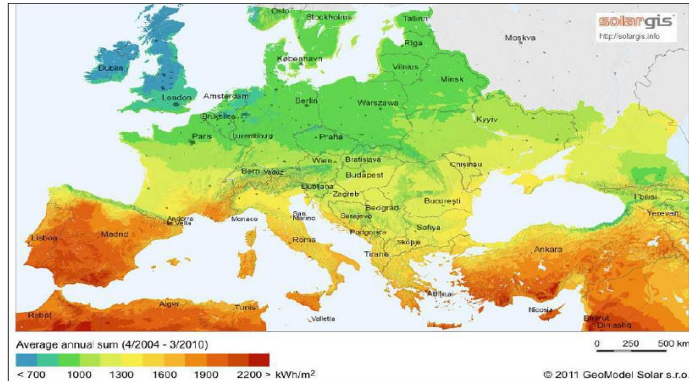
Panellerin yerleştirildiği bölgeye yakın yüksek binalar, çatılardaki antenler, bacalar, ağaç dalları gibi sebepler PV verimini düşürür. Çünkü gölgeleme yapacaklardır. PV Panellerin yerleştirildiği güney cephede gölge yapacak hiçbir engel bulunmamalıdır.

Panel üretiminin yapıldığı malzemelerin ışığı soğurma yetileri farklıdır. Yani yansımaya kayıpları farklıdır. Panel üretiminde kullanılan malzemeler içerisinde en az yansımaya kaybına neden olan malzeme silisyumdur. Yüzeyler anti yansıtıcı malzemeler ile kaplanarak panel verimliliği artırılabilir.

### 1.6.1 Işınım

Güneş enerjisi için yer seçiminde öncelikle seçilecek yerin güneş potansiyel durumudur önemli olan faktör. Ülkemiz diğer ülkelere oranla güneş potansiyeli açısından oldukça avantajlıdır. Dünyanın güneş enerji sektöründe birinci sırada olan Almanya'dan bile daha fazla güneş potansiyeline sahiptir (Demirer, 2017).

Aşağıdaki Avrupa güneş haritası incelendiğinde İspanya ve Türkiye'nin diğer ülkelere göre avantajlı olduğu net bir şekilde görülmektedir.



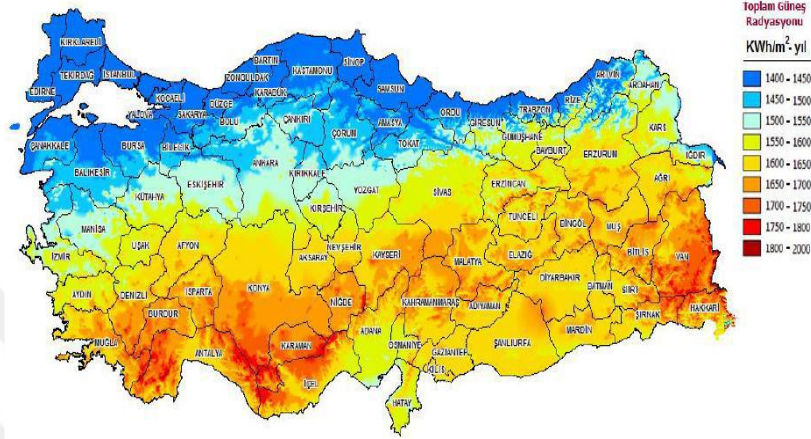
Şekil 3 Avrupa Güneş Potansiyeli Atlası

(Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Yenilenebilir Enerji Kaynakları Datalar Erişim

Tarihi:12.12.2017, 2017)



Güneşlenme potansiyelleri ülke içerisinde incelendiğinde santral muhitinin seçileceği ilde güneşlenme süresi ne kadar fazla ise, elde edilecek verimin miktarı o kadar fazla olacaktır. Konya, Antalya, Karaman, Van, Diyarbakır, Antalya gibi illerin Türkiye’deki diğer illere oranla güneş potansiyeli daha fazladır. Seçilecek arazinin bu illerden birinde olması GÜNEŞ ENERJİSİNDEN elde edilecek verimi fazlasıyla artıracaktır.



Şekil 4 Türkiye Güneş Potansiyeli Atlası

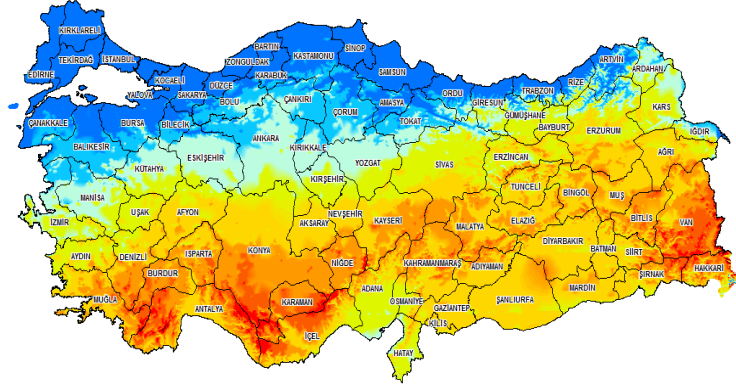
(Enerji Haber:12.12.2017, 2017)

### 1.6.1.1 Türkiye'nin Farklı Bölgelerindeki Güneş Işınım Verilerinin Analizi ve Değerlendirilmesi

Anadolu Üniversitesi ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi'nin yaptıkları bir çalışma mevcuttur. Bu çalışmada; güneş ışınım miktarını etkileyen bileşenler ve etkilerini , yaptığı araştırmada açıklamış ve 'Güneş ışınım miktarını etkileyen bileşenler ve etkiler' tablosunu kullanarak pekiştirmiştir (Kıncay,O Güneş Enerjisi,Erişim Tarihi:12.12.2017, 2006).

Çalışmada EİE'den alınan verilere dayanarak; Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresinin 2640 saat (günlük 7,2 saat), ortalama ışınım şiddetinin 1,311kwh/m<sup>2</sup> (günlük 3,6 kwh/m<sup>2</sup>) olduğunun tespit edildiğini belirtmiştir. Güneş enerjisi potansiyelinin 380 milyar kwh/yıl olarak hesaplandığını gösterilmiştir (Varınca, 2006).

CSP Teknolojisi ile bu rakama ulaşabilecek bir enerji üretim sisteminin kurulabileceğinin mümkün olduğunu savunmuştur (Varınca, 2006).

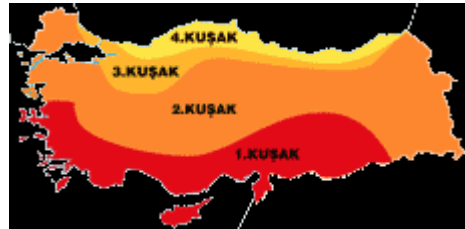


Şekil 5 Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası

(EİE,Erişim Tarihi:12.12.2017, 2017)

Hem enlem değeri büyük hem de rutubetli olmasından dolayı en az ışıınım alan bölge Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesidir. Atmosferdeki fazla su buharı, ışıınınımın perdelenmesine neden olmaktadır. Marmara ve Kuzey Ege Bölgesi, Karadeniz'e göre biraz daha iyi durumdadır. Güney Ege, Batı Akdeniz ve Orta Anadolu Bölgeleri orta derecede ışıınım almaktadır. Doğu Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri ışıınım değerleri iyi olan bölgelerimizdir. Güney Doğu Bölgesinin sağ en alt ucu ise ışıınım değerleri en iyi olan bölgemizdir. Sert ve soğuk iklime sahip bu yer kışın en fazla ışıınım alan yerdir. Rakım yüksektir. Havadaki su buharı, yağmur ve kar şeklinde yoğunlaşmakta ve atmosfer daha berrak olup ışıınımın engellenmesi en az seviyededir (Dika Org Erişim Tarihi:12.12.2017, 2017).

Aşağıdaki şekilde verilen haritada güneş ışıınım değerlerine göre 4 kuşağa ayrılmış bölgelerimiz olduğu gösterilmiştir.



Şekil 6 Türkiye Güneş Kuşağı Atlası

(EİE,Erişim Tarihi:12.12.2017, 2017)

Tablo 3 Isparta, Erzincan, Balıkesir ve Ankara illerinin aylık güneş enerjisi değerler

Aylar	Isparta (Wh/ m <sup>2</sup> )	Erzincan (Wh/ m <sup>2</sup> )	Ankara (Wh/ m <sup>2</sup> )	Balıkesir (Wh/ m <sup>2</sup> )	Yozgat (Wh/ m <sup>2</sup> )
Ocak	1541	2582	1460	1588	1317,616
Şubat	1759	3567	2412	1801,45	1881,111
Mart	2060	4398	3724	3228,87	3514,4
Nisan	3825	4710	4789	4708,32	3980,427
Mayıs	4035	6121	6280	6348,24	5166,213
Haziran	7726	7685	6964	7424,47	5132,015
Temmuz	7708	8005	7124	7366,15	5265,12
Ağustos	7003	6263	6287	6869,68	5505,827
Eylül	5870	5110	4538	4817,82	5230,232
Ekim	3731	3911	3095	3189,50	2790,659
Kasım	2436	2611	2179	2006,32	3047,264
Aralık	1973	1617	1241	1226,73	1022,485
<b>toplam</b>	<b>49,667</b>	<b>56580</b>	<b>50093</b>	<b>50575,5</b>	<b>39853,36</b>

Bununla birlikte çalışmalarında spesifik olarak farklı bölge illerimiz olan Yozgat, Balıkesir, Isparta, Erzincan, Ankara illerinde ayrıca çalışılarak ölçümler yapılmıştır.

Yukarıda verilen değerlere göre aylar arasında bazı sapmalar olmuştur. Ancak bunların nelere göre değiştiğini güneşin ışınımını nelerin etkilediğini yukarıda açıklamıştık. Isparta, Erzincan, Yozgat, Balıkesir ve Ankara illerine göre alınan bu değerlerde Erzincan, Balıkesir, Ankara, Isparta ve Yozgat olarak en çok ışınım alandan en az alana göre bir sıralama yapılabilir. Erzincan ve Yozgat arasındaki güneş değeri farkı yaklaşık 16 KWh/ m<sup>2</sup> dir. Erzincan ve Balıkesir arasındaki fark ise 6 yaklaşık KWh/ m<sup>2</sup> dir. Haziran ve temmuz aylarında en yüksek enerji alındığı ocak ve aralık aylarında ise en az güneş enerjisi değerleri okunduğu gözlemlenmiştir. Farklı güneşlenme kuşaklarında bulunan bu şehirlerin arasındaki fark aslında yok denecek kadar azdır ve Türkiye'nin güneş potansiyel değerlerine göre ne kadar verimli olduğu, ciddi bir olgu olduğu söylenmektedir.

Güneşlenme değerleri aylara göre değişebildiği gibi ay içindeki günlere, saatlere göre de değiştiği bu çalışmada yapılan gözlemlerle kaydedilmiştir.

Sonuç olarak çalışmalarında; Güneş, enerji sağladığımız birçok enerji kaynağının da kaynağı olarak dünyaya sınırsız bir enerji sağlıyor. Güneşlenme süreleri uzun olan ve verimli olan bu kaynağı en iyi şekilde kullanmak hem tasarrufu hem kirliliği hem de daha verimli bir faydalanmayı sağlayacaktır. Güneş ışınım değerlerine göre bu gözlemlerde belirtildiği gibi ,4 kuşağa ayrılan Türkiye'nin, bu bölgeler arasında çok az bir fark olduğunu alınan sonuçlarda ispatlamıştır, Anadolu Üniversitesi ve Bilecik Şeyh

Edebali Üniversitesi'nin birlikte yürüttükleri çalışmada. Türkiye'nin coğrafi özelliğinden kaynaklanan bu imkanını boşa harcamamak yıllık güneş enerjisi elektrik üretimi teknik potansiyelinin 380 milyar kWh olduğu ülkemize, bu enerji kaynağını kazandırmak gerektiği düşüncesini; (Aksungur, 2009). Arel Üniversitesinde kurulan ve üzerinde deneyler ve gözlemler yaptığım çalışmamda desteklediğimi, sistemim ile alakalı data larımı sununca anlatacağım.

#### **1.6.1.2 Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP)**

Desteklenen program tarafından yürütülen bir çalışmada; White Pyronometre ile güneş ışınım değerleri ölçülmüştür. Saatlik, günlük, aylık olarak Osmaniye ilinde ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde güneş ışınım şiddetinin en fazla ölçüldüğü vakit: 12:00-13:00 saatleri olduğu gözlemleniyor. Güneş ışınım miktarının en düşük olduğu zaman ise Aralık ayıdır tespiti yapılıyor. Ayrıca bu çalışmalarında biraz evvel anlatılan çalışmalar ile çelişen bir durumdan söz edilmemiştir (Şahan, 2015).

#### **1.6.1.3 Solar Enerji Sistemleri için Güneş Radyasyon Hesaplama Yazılımı**

Güneş enerji sistemleri için güneş radyasyon hesaplama yazılımı çalışmasını Harran Üniversitesi Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği yapmıştır.

Çalışmalarında; Güneş enerjisinden yararlanma teknolojileri 'Isıl Teknolojiler' ve 'Fotovoltaik Sistemler' olarak iki başlık altında toplanabilir denmiştir.

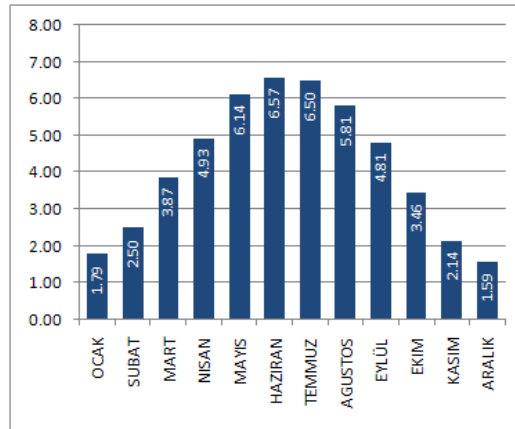
Bu teknolojilerin çalışma prensipleri birbirinden ayrı olmasına rağmen verimlilik ve üretim potansiyeli güneş ışınım değerlerine göre hesaplanır. Bu nedenle güneş enerjisi sistemlerinin tasarımında güneş ışınım bilgilerinin doğru bilinmesi önemlidir. Güneş ışınımı pyranometre adı verilen pahalı bir cihaz ile ölçülmektedir. Cihaz maliyeti yüksek olmasından güneş ışınımı ölçümü sadece belirli yerlerde yapılabilmektedir. Ülkemizde bu ölçümler Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Elektrik İşleri Etüt İdaresi, bazı üniversite ve araştırma merkezleri tarafından yapılmaktadır (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Erişim Tarihi: 12.12.2017. , 2014).

Ölçülmüş verilerin mevcut olmadığı yerler için, güneş ışınımı modellerinin kullanımı güneş enerjisi sistemleri için gerekli verilerin tahmininde yaygın olarak kullanılan bir uygulamadır. Güneş ışınımı hesaplamalarında çeşitli ampirik modeller kullanılmaktadır; (Anstrong, 1924).

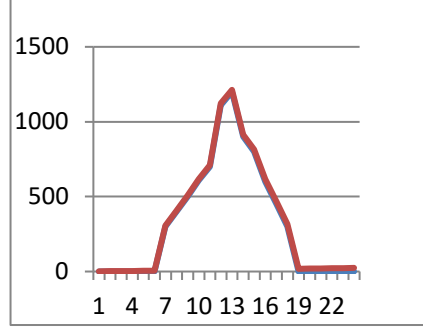
Kullanılan parametreler dünya dışı radyasyon, güneşlenme süresi, ortalama sıcaklık, bulutluluk, buharlaşma, bağıl nem, gün sayısı, yükseklik, enlem, boylam, tarih ve saattir.

Hesaplama yoluyla belirlenen değerler ve meteorolojik veriler arasında çok az fark olduğu gözlenmiştir. Bölgesel iklim farklılıkları bulunan bölgelerde hesaplama sonuçlarında fark miktarı artmaktadır. Yapılan çalışmalarda, hesaplanan değerler ile gerçek veriler arasındaki farklılıkları ortadan kaldırmak için hesaplamada kullanılan katsayılar bölgeye göre belirlenmiştir. Bu katsayılar hesaplama yapılacak bölgenin gerçek coğrafik ve meteorolojik verilerine göre değişiklik göstermektedir. Yapılan bu hesaplamaların doğruluğu arttırdığı görülmektedir (Arslan. E., 2011).

Çalışmada, güneş ışınımı hesaplama yazılımı geliştirmiştir. Erişim kolaylığından ve kurulum gerektirmemesinden dolayı yazılımın çevrimiçi erişimi sağlanmıştır. Kullanıcı web adresinden sisteme bağlanabilmektedir. Haritadan istediği bir noktayı seçerek güneş ışınım değerleri saatlik, günlük, aylık olarak hesaplanmaktadır. Bu değerler grafikler ve tablolarla kullanıcıya rapor edilebilmektedir. Bu şekilde, kullanıcı bölgenin güneş ışınım değerlerini analiz ederek, güneş enerjisi sistemi kurulumu için uygunluğunu belirleyebilmektedir. uygulamanın kolay erişimi için çevrimiçi bir yazılım geliştirilmiştir. Bu şekilde kurulum gerektirmeyecektir. Ayrıca değişik platformlardan erişim imkânı olacaktır. Bu şekilde mobil cihazlar üzerinden kullanılması sağlanmıştır. Geliştirilen yazılım ASP.Net ve Visual Studio 2010 ile yazılmıştır. Aşağıdaki grafik ve tablolar ile yapılan çalışmanın daha somut sonuçlarını inceleyebiliriz.



Şekil 7 Yazılım sonuçlarının grafiksel gösterimi 1



Şekil 8 Yazılım sonuçlarının grafiksel gösterimi 2

Sonuç olarak yazılımda yani yapılan çalışmada; sürdürülebilir enerjinin en temel kaynağı olan güneş enerjisi sistemlerinin dizaynı ve projelendirilmesinde o bölgeye ait güneş ışınım verilerine bilinmesi gerekmektedir denilebilir. Bu çalışmada, global güneş ışınım değerleri, ölçüm yapılmadan elde edilebilecek online bir yazılım geliştirilmiştir. Hesaplama yapılacak olan bölgeye ait bölgesel parametreler kullanılarak doğruluğu artırılmıştır. Ölçülen ve hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucu, elde edilen sonuçlar, ölçülen değere uygunluğundan proje fizibilitesi için kullanılabilirliği görülmüştür. Bu nedenle çalışma yatırımcılara bir ön fikir verebilecek sonuçlar üretmektedir.

#### **1.6.1.4 Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralının Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 Mw'lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi Ve Ekonomik Analizi**

Güneş enerjisi santralleri, meteorolojik verilere bağlı olarak çalışmaları için güneş ışınım değerleri dışında; sıcaklık, rüzgar ve nem gibi değerler de büyük önem taşımaktadır. Fotovoltaik güneş panelleri sıcaklıkla birlikte verim değişikliğine uğradığı için proje sahasındaki sıcaklık değerlerinin sistem verimliliğini etkileyeceği belirtilmektedir. Proje sahasındaki rüzgar hızı ise sistemin soğuması ile doğrudan alakalı olduğu ve verimini belirlediği için önemli bir parametre olarak ele alınmaktadır. Proje sahası rüzgâr hızı ortalamaları açısından güneş enerjisi santralleri için verimli sayılmaktadır. Ortalama hız 10 m yükseklikte 4,1 m/s olarak belirlenmiştir (Demirer, 2017).

### **1.6.2 SICAKLIK**

#### **1.6.2.1 Fotovoltaik Panel Gücüne Etki Eden Çalışma Parametrelerinin Belirlenmesi**

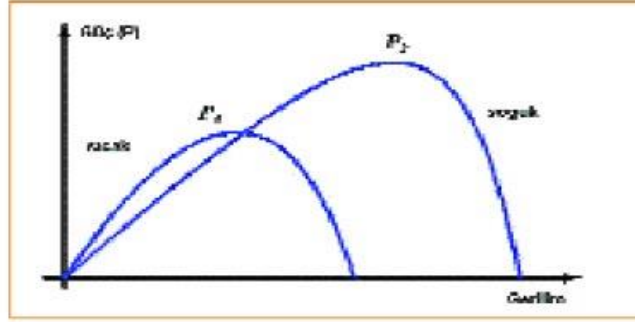
PV panellerde gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda, panel sıcaklığında meydana gelen değişimler, panelin arka yüzeyine yapıştırılan sıcaklık sensörleri (termometre) aracılığıyla tespit edilmiştir. PV panel yüzeyi üzerinde ölçüm yapılan noktalar

arasındaki önemli seviyede sıcaklık farkları (7-8 C gibi) olduğu yapılan ölçümlerde gözlenmiştir (Işıklar, 2006).

Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu (HÜBAK) tarafından yapılan çalışma ile tespitler bu şekilde olmuştur. Ayrıca ortam sıcaklığının panel sıcaklığı ile az da olsa farklılıklar meydana getirdiği bu çalışmadaki ölçüm sonuçları arasına girmiştir.

### 1.6.2.2 Fotovoltaik Sistemler ve Performans Analizi

2016 yılında farklı yılın farklı zaman ve günlerinde termometre ile sıcaklık ölçümlerini yapan Zafer Çuhadar, Fotovoltaik Sistemler ve Performans Analizi tezi çalışmasında; güneşin etkisinin en kuvvetli ve gökyüzünde en yüksek noktaya ulaştığı an öğle zamanı (saat 12:00) olduğundan en büyük DC gücü bekler iken , daha ilerdeki saatlerde (saat 14:35) maksimum güce ulaşıyor. Enerji üretimi tam olarak sıcaklıkla ters orantıya sahip olmasa da çok yüksek sıcaklıklar, güneş enerjisi verimini olumsuz etkilediğini çalışmasında gösteriyor (Çuhadar, 2017).



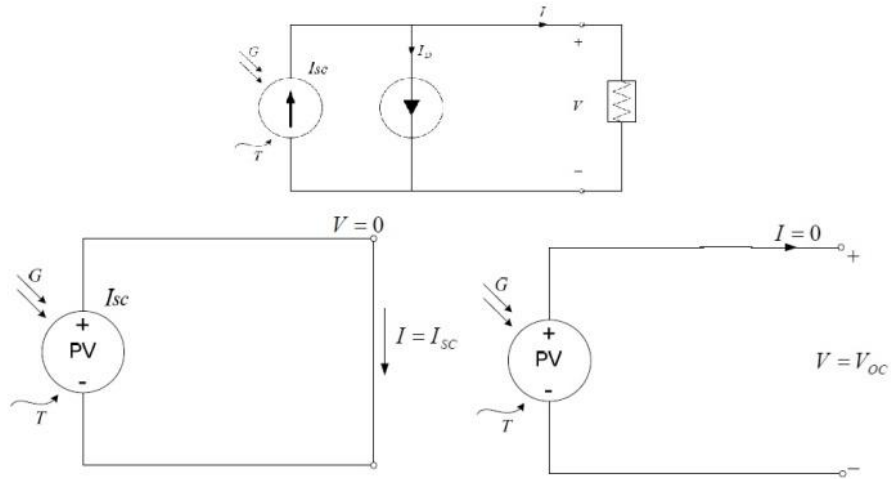
Şekil 8. Güneş Pillerinin Sıcak ve Soğuk Hava Koşullarına Bağlı Olarak Güç-Gerilim İlişkisi [23]

Şekil 9 Sıcaklığın Üretilen Enerji İle İlişkisi

### 1.6.2.3 BW Enerji Sanayi Ticaret A.Ş.

Yukarıdaki firmanın yetkili mühendisinin yapmış olduğu çalışmadan bahsetmek mümkündür. Çalışmalarında ;PV hücrelerinin performans parametrelerini belirlemek amacıyla Kısa devre akımı ve Açık devre gerilimi testleri yapar.

Ortam sıcaklığı yükselirse hücre sıcaklığının da yükseliyor olduğu yapılan çalışmasında tespit edilmiştir. Sıcaklığın artması ile PV hücrenin kısa devre akımı artar, açık devre gerilimi azalır. Testler aşağıdaki devreler aracılığı ile sonuçlandırılmıştır.



Şekil 10 Bir PV hücresinin basit elektriksel eşdeğer modeli

(Çarkıt, Light World, Erişim Tarihi: 12.12.2017, 2016)

$$I = I_0 * (1 + a * \Delta T)$$

$$V = V_0 * (1 - b * \Delta T)$$

İşlemleri kullanılarak akım ve voltaj değerleri bulunur.  $I_0$  ve  $V_0$  referans sıcaklıktaki akım ve gerilimdir.  $a$  ve  $b$  ise akım ve gerilim sıcaklık katsayılarının olduğunu göstermektedir.  $\Delta T$ , termometre ile ölçülen sıcaklık değişimi olduğundan, bu değişim kısa devre akımını ve açık devre gerilimini dolayısıyla güneş enerjisinden üretilen güç farklılaşacaktır.

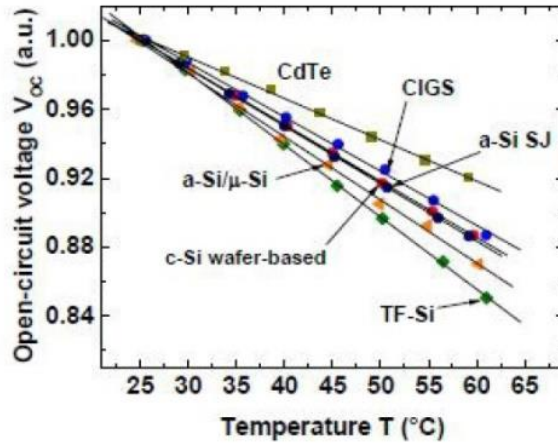
#### 1.6.2.4 PV Panellerin Yapısı ve Elektrik Üretimine Sıcaklık Etkisi

Elektrik Mühendisliği Dergisi sayı 457 de, yapılan çalışmadan söz edilmiştir. Sıcaklık etkisini bulabilmek için, 2.2.3 numaralı çalışmada yapılanlardan uzak olmayan çalışmalardan bahsedilmiştir. Kısa devre akımı ve açık devre gerilimi testleri yapmak gerektiği vurgulanmıştır (Çarkıt, PV Panellerin Yapısı Ve Panellerden Elektrik Üretimine Sıcaklığın Etkisi, 457: 65-68, 2016).

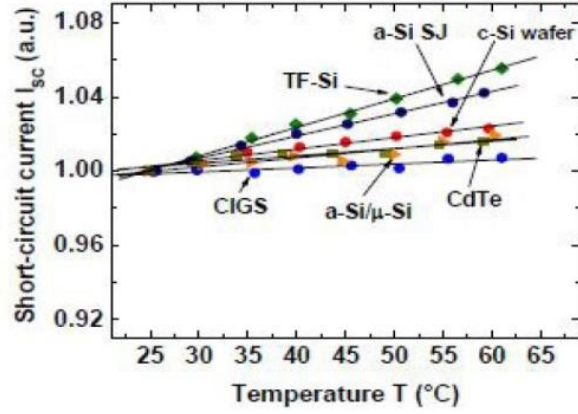
BW Enerji Sanayi Ticaret A.Ş.'nin yapmış olduğu çalışmalarda da aynı veriler elde edilmiştir.

Kısaca sıcaklık artarken PV hücrenin kısa devre akımı artar ve açık devre gerilimi azalır. Üretilen enerji azalır.

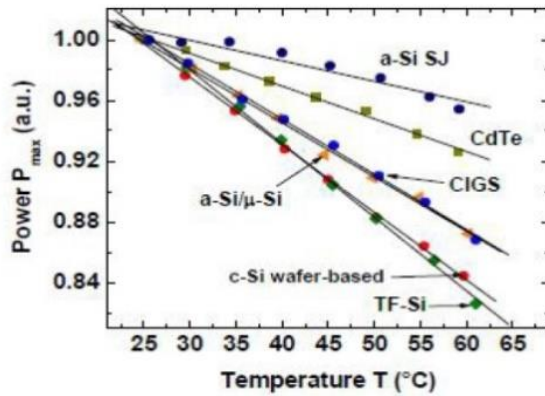




Şekil 11 Sıcaklık Gerilim ilişkisi



Şekil 12 Sıcaklık Akım ilişkisi



Şekil 13 Sıcaklık Güç ilişkisi

Elde edilen şekillerden sıcaklığın, akım-gerilim-güç ile ilişkisi ortaya çıkarılmıştır. Gösterdiğim grafikler, yapılan çalışmalar sonucunda ulaşılan grafikler ile çok yakın olduğu için standart grafiklerden vazgeçilmemiş, teze standart grafikler konulmuştur.

### **1.6.2.5 Sıcaklık ve Güneş Işınım Değişimlerinin Fotovoltaik Panel Gücü Üzerindeki Etkilerinin Analizi**

Güneş hücresi, PV sistemlerde güneş ışığını doğrudan doğruya dc gerilime dönüştüren en küçük birimdir. Güneş hücreleri seri ve/veya paralel bağlanarak PV modülünü oluşturur. PV modüllerin seri-paralel birleştirilmesi ile de istenilen akım, gerilim ve güç değerlerinde PV paneli elde edilir (Almaktar, 2012).

PV panel, panel yapısındaki yarı iletken malzemeye bağlı olarak güneş enerjisini %6-%20 verimle elektrik enerjisine dönüştürür. Düşük verimliliğe sahip PV panellerin verimine etki eden birçok etken yer almaktadır. Bunlar; panel eğim açısı, gölgelenme, tozlanma, güneş ışınım şiddeti, sıcaklık v diğer kayıplardır (Turhan, 2012).

Bu etkenler arasında güneş ışınım şiddeti ve sıcaklık panel verimine etki eden en önemli iki parametredir. Gün boyunca güneş ışınım şiddeti ve sıcaklık gibi atmosferik şartların değişmesi panel verimini de önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle değişen atmosferik şartlar bağlı olarak güneş ışınım şiddeti ve sıcaklığın panel verimine olan etkisinin bilinmesi önemlidir. Fakat PV panel üretici firmaları kataloglarında laboratuvar ortamlarında gerçekleştirdikleri testler sonucu Standart Test Koşulları (STC) olarak adlandırılan 1000 W/m<sup>2</sup> güneş ışınım şiddeti, 25 °C hücre sıcaklığı ve A.M. 1,5 hava kütle oranı şartlarındaki panelin elektriksel değerlerini vermektedirler. STC dışındaki değişimlerde PV panelin elektriksel değerleri bilinmemektedir. Değişen atmosferik şartlarda da PV panelin elektriksel değerlerinin bilinmesi gereklidir. Özellikle şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı sistemlerin tasarımında değişen atmosferik şartlar göz önünde bulundurulurken hesaplamaların yapılması daha doğru sonuçlar verecektir.

### **1.6.3 NEM**

#### **1.6.3.1 İzmir Ekonomi Üniversitesi ‘Güneş Enerjisi Yatırım Optimizasyonu Aracı**

İzmir Ekonomi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından güneş enerji panelleri sisteminde, güneşten gelen ışınların daha verimli kullanılmasını sağlayan proje geliştirilmiştir.

Güneş Enerjisi Yatırım Optimizasyonu Aracı adlı projede; güneşten gelen ışınların, dünyaya daha efektif ve daha temiz enerji sağlasın diye çalışmalar yürütülmüştür. Proje, güneş panellerinin en verimli şekilde kullanılmasını amaçlamıştır. İzmir Ekonomi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü Aşkar, ışıma ve sıcaklık parametrelerinin yanı sıra havadaki ‘nem’ etkisinin de yaptıkları çalışmayla ortaya çıkarıldığı söylenmiştir. 9 firmaya ait 12 çeşit güneş paneli ile kurulan sistemde değişik hava koşulları (açık-kapalı-yağmurlu-karlı) altında güneşten elektrik enerjisi üretim karakteristiklerini elde etmişlerdir.

Test santrallerinin yanına yerel meteoroloji istasyonları kurmuşlardır. Termometre, barometre, anemometre ile birlikte asıl aranan kriter için higrometre, meteoroloji

istasyonunda bulundurulmuştur. Kendi tezim için yaptığım çalışmada benzer uygulama mevcuttur. İleriki sayfalarda deney düzeneğimi ve sonuçlarımı anlatacağım.

Ekonomi Üniversitesi'nin yaptığı çalışmada sonuç olarak; bilhassa bulutlu günlerde sistem performansının azaldığı bilgisine ulaşılmıştır. Nem de ;sıcaklık, basınç, rüzgar, ışıınım gibi atmosferik olaydır. Çalışma sonucunda nem; panel verimini etkileyen diğer etkenler arasındaki yerini almıştır.

### **1.6.3.2 Güneş Piliinin Enerji Dönüşüm Kalitesini Etkileyen Önemli Faktörler**

Buradaki çalışmada havadaki nem miktarını sıcaklık ile birlikte anlatıp, İzmir Ekonomi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün yaptığı çalışmalar kadar 'güneş enerjisi verimliliğini etkileyen olaylardan olan nem' üzerinde durulmamıştır. Ancak İzmir Ekonomi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü gibi ulaşılan sonuçlarda tezatlığa rastlanmamıştır.

Sıcaklık ile birlikte PV panellerin verimliliği azalır. Yani kısa devre akımı artarken açık devre gerilimi azalır. Dolayısıyla yüksek çalışma sıcaklığı PV sistemlerde güç verimini olumsuz etkiler. Bu güç düşüşünde mono ce polikristal hücrelerde, ince filmlere göre daha belirgin olduğu dile getirilmiştir.

Güneş enerjisi santralleri, meteorolojik verilere bağlı olarak çalıştıkları için güneş ışıınım değerleri dışında sıcaklık, rüzgar ve nem gibi değerler de büyük önem taşımaktadır. Fotovoltaik güneş panelleri sıcaklıkla birlikte verim değişikliğine uğradığı için proje sahasındaki sıcaklık değerlerinin sistem verimliliğini etkileyeceği belirtilmektedir. Proje sahasındaki rüzgar hızı ise sistemin soğuması ile doğrudan alakalı olduğu ve verimini belirlediği için önemli bir parametre olarak ele alınmaktadır (Girgin, 2010).

Amorphus silikon hücrelerde 1C lik artış, DC çıkış gücünü %0,2 azaltır. Nem ise sıcaklıkla ters bir orantıya sahiptir. Havadaki sıcaklık artarken higrometre ile ölçülen havadaki nem miktarı azalır. Nem miktarının az olması PV panel verimliliğini artırmış olacaktır. (Karamanav, 2007).

Çalışma neticesinde; sıcaklık kadar güneş enerjisine tesir edemese de 'nem'; İzmir Ekonomi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün yaptığı çalışmada gösterdiği gibi göz ardı edilecek bir atmosferik olay değildir. Ayrıca yüksek nem durumlarında havadaki kirli pis unsurlar, güneş paneline yapışarak verimi olumsuz etkileyecektir (Enerji Haber:12.12.2017, 2017).

Güneş enerjisini olumlu yahut olumsuz etkileme yetisine sahiptir nem. Kendi çalışmamda ölçüm sonuçlarıyla, grafiklerle, datalarla bu konuya açıklık getireceğim.

## 1.6.4 RÜZGAR

### 1.6.4.1 Fotovoltaik Panel Gücüne Etki Eden Çalışma Prensiplerinin Araştırılması

Bu çalışmada ; PV sistemin güç çıktısı; panel alanı, panel konfigürasyonu, panellerin yatay yüzeye yerleştirilme açıları, panel yüzeyine gelen ışınım şiddeti, panel karakteristikleri, panel/çevre sıcaklığı, ve **rüzgar hızı** gibi birçok faktöre bağlı olduğu anlatılmıştır (K. S. Karimov, 2005) .

Bu parametrelere ilave olarak, PV sistemin güç temin ettiği elektriksel cihazın iç direncine bağlı olarak da lineer olmayan bir değişim gösterir. Rüzgar etkenine az değinilmişse de yok sayılamayacağını yaptıkları deneysel ve teorik çalışmalarda ispatlamışlardır. Anemometre kullanılarak ölçülen rüzgar hızı; sıcaklık ve nem gibi parametrelere bağlı olduğundan tek başına değerlendirilemeyeceğini göstermişlerdir. Tez çalışmamda anemometre ile ölçüm yaptığımız rüzgar hızı datalarının, güneş enerjisini ne şekilde ve miktarda etkilediğini göstereceğim.

### 1.6.4.2 Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Verimliliği Etkileyen Parametreler

Bu çalışmada güneş paneli verimliliği için etken olan parametreler sıralanmıştır. Rüzgara dolaylı olarak yani; sıcaklıktaki değişimler ile değinilmiştir. Sıcaklığın artması ile Panel veriminin azalacağı belirtilmiştir. Ayrıca verimi olumsuz etkileyen bu durumu nasıl en aza indirgeyebiliriz diye seçenekler sunulmuştur (Boztepe, 2015).

Temiz için yaptığımız çalışmada biraz sonraki sayfalarda sunacağım datalarla göstereceğim üzere, ölçüm yapılan günlerdeki rüzgar ve sıcaklık değerlerinin, güneş enerjisi verimini nasıl etkileyebildiği açıklığa kavuşturulacaktır. Anemometre ile yapılan ölçümler verimliliği etkileyen parametreler arasına rüzgarın da girmesine neden olmuştur.

Ayrıca yaptığım araştırmalar neticesinde rüzgar ile güneş enerjisi verimliliğini bir arada değerlendiren çalışmalara çok rastlanmamıştır.

## 1.6.5 BASINÇ

### 1.6.5.1 Toricelli Deneyi

Açık hava basıncı Toricelli deneyi ile orta okul öğrencileri tarafından dahi ölçülebilir. Ancak digital görsel daha sağlıklı olacağından Digital Barometre ile yapılan ölçüm gerçeğe daha yakın olacaktır.

Açık hava basıncı Güneş Enerji Sistemlerinin kurulacağı yer seçimi konusunda belirleyici bir unsurdur. Toricelli deneylerinden de anlaşılacağı üzere deniz seviyesinden yükselere doğru çıkıldıkça açık hava basıncı azalmaktadır. Deniz seviyesine inildikçe açık hava basıncı artmaktadır. 76mmHg olan ideal açık hava basıncı değeri, sistem kurulumu açısından önem arz etmektedir. Çünkü kurulan sistemde kullanılan malzemelerin basınca dayanıklılık seviyeleri, hangi basınç değeri altında en verimli çalışabilecekleri kullanım klavuzlarında belirtilmektedir.

Bununla birlikte, uygun yer seçimi yapıldıktan sonra, diğere parametrelerle birlikte, basınç atmosferik olayının güneş enerjisine çok fazla tesiri olmadığı anlaşılmaktadır. Tez çalışmasında ölçüm ve grafiklerle değinilen konu ispat edilmiştir.



## 2.BÖLÜM

### 2. GÜNEŞ ENERJİSİ VERİMİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER İLE İLGİLİ ÖLÇÜMLER

#### 2.1 Işınım Ölçüm Deneyi

Arel Üniversitesi Tepekent Yerleşkesi A Blok teras katında 2 adet 250W'lık monokristal güneş paneli bulunmaktadır. İnverter ve akü grubu AR-GE Laboratuvarındadır. Bizden önceki yıllarda kurulan sistemde çalışmalar yapan Zafer Çuhadar'ın çalışmalarıyla ortaya çıkan sistem üzerindeki atmosferik şartların etkisini araştırılmıştır.

İlk olarak şunu belirtmeliyim: Bütün ölçümlerim, manuel cihazlarla dijital göstergeleri sayesinde yerine getirilmiştir.

Gün ışınım miktarını ölçmek için 'Solar Power Meter Instruction Manuel' cihazı kullanılmıştır. Cihaz özellikleri ve çalışma resimleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 4 Solar Power Meter Instruction Özellikleri

<b>Features:</b>
İki üniteden seçme: <b>W/M<sup>2</sup></b> and <b>Btu</b> .
Tepe değerini tutma fonksiyonu
Veri saklama fonksiyonu
Ayar olmadan doğrudan ölçün
Uzun bir süre için sürekli ölçmek.
<b>Specifications:</b>
Çözünürlük: 0.1W/M <sup>2</sup> , 0.1 Btu/(ft <sup>2</sup> -h)
Hata aralığı: ± 10W/m <sup>2</sup> [±3 Btu/(ft <sup>2</sup> -h)] or ±5% of the measured value
Sıcaklık hatası: ±0.38W/M <sup>2</sup> / °C [ ±0.12 Btu/(ft <sup>2</sup> -h) /°C] deviation at 25°C

Ekran: 3-3/4LCD display, maximum displayed numerical value <b>3999</b>
Süre: <math>\pm 3\%</math> /year
Aşırı yük göstergesi “OL”
Aralık: <b>0.1-399.9 W/M<sup>2</sup>, 1-3999 W/M<sup>2</sup>, 0.1-399.9 Btu/(ft<sup>2</sup>-h), 1-3999 Btu/(ft<sup>2</sup>-h)</b>
Örnekleme zamanı: 0.25s/time
Gerekli pil: 9V battery ( <b>Not included</b> )
Sıcaklık ve Nem: 0°C to 50°C <math>< 80\%RH</math>
Depolama için temperature and humidity: -10°C to 60°C <math>< 70\%RH</math>
Boyut: 132 x 60 x 38mm / 5.2 x 2.36 x 1.5in
Ağırlık: approx. 150g / 5.3oz



Şekil 14 Solar Meter ile Işınım Ölçümü



Şekil 15 Solar Meter ile Işınım Ölçümü

İki aylık zaman diliminde 5 gün aralıklarla ölçümlerimizi tekrar ettik. Işınım ile birlikte sıcaklık, nem, rüzgar ve basınç ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümleri müteakiben akım, voltaj ve güç değerleri de ölçüm aletlerimizle tamamladık. Ölçüm sonuçlarımız aşağıdaki tabloda; günlük, saatlik olarak gösterilmiştir.



Tablo 5 22-27-30\11\2017 tarihlerindeki Işınım-DC Güç ölçümleri

Sütun1	Sütun6	Sütun9	Sütun1	Sütun6	Sütun9	Sütun1	Sütun6	Sütun9
tarih\gün			tarih\gün			tarih\gün		
22\11\2017			27\11\2017			30\11\2017		
Çarşamba	solar metre	güç	Çarşamba	solar metre	güç	Cuma	solar metre	güç
saat	w/m <sup>2</sup>	W	saat	w/m <sup>2</sup>	W	saat	w/m <sup>2</sup>	W
09:00	178	89,9	11:30	282	37,935	11:30	652	100,01
09:30	264	95,7	12:00	289	38,804	13:00	350	130,32
10:00	408	102	13:00	278	39,76			
10:30	525	102						
13:00	422	105,4						

Tablo 6 07-13-15\12\2017 tarihlerindeki Işınım-DC Güç ölçümleri

Sütun1	Sütun6	Sütun9	Sütun1	Sütun6	Sütun9	Sütun1	Sütun6	"
tarih\gün			tarih\gün			tarih\gün		
07\12\2017			13\12\2017			15\12\2017		
Perşembe	solar metre	güç	Çarşamba	solar metre	güç	Cuma	solar metre	güç
saat	w/m <sup>2</sup>	W	saat	w/m <sup>2</sup>	W	saat	w/m <sup>2</sup>	W
13:00	390	181	11:00	35	140,01	10:00	635	150,47
13:30	427	187,2	11:30	390	147,6	10:30	680	133,2
14:00	450	171,8	13:00	380	150,36	11:00	770	184,11
						11:30	793	196,02
						12:00	727	238
						12:30	679	256,56
						13:00	507	229,37
						14:00	483	290,72
						14:30	340	206,34
						15:00	302	214,02

Datarımız elimize ulaştığından grafiklerimizi temin etmek zor olmayacaktır. Işınımın güneş enerjisi üzerindeki rolünü tayin edebileceğiz. Yukarıda, yapılan çalışmalarda , ışınım miktarının önemini anlatmıştık. Aksi bir durumu bu çalışmamızda bulmamız mümkün değildir. Çünkü güneş enerjisinin temel kaynağı ışınım miktarıdır. PV Panellerden üretilen DC Güç değerlerine ulaşabilmemiz için Akım ve Gerilim

değerlerini ölçmek gerekmektedir. Deneyimizde bu değerleri Multimetre ile ölçtük. Multimetre bilgileri aşağıda mevcuttur.

### SPECIFICATIONS

Basic Functions	Range	Best Accuracy
DC Voltage	200mV/2000mV/20V/200V/500V	$\pm (0.5\%+2)$
AC Voltage	200V/500V	$\pm (1.2\%+10)$
DC Current	200 $\mu$ A/200mA/10A	$\pm (1\%+2)$
Resistance	200 $\Omega$ /2000 $\Omega$ /20k $\Omega$ /200k $\Omega$ /20M $\Omega$	$\pm (0.8\%+2)$
Special Functions		
Battery Test	1.5V/9V/12V	$\pm (2.5\%+2)$
Diode		✓
Data Hold		✓
Display Backlight		✓
Low Battery Display		✓
Input Impedance for DC Voltage Measurement	Around 10M $\Omega$	✓
Max. Display	1999	✓

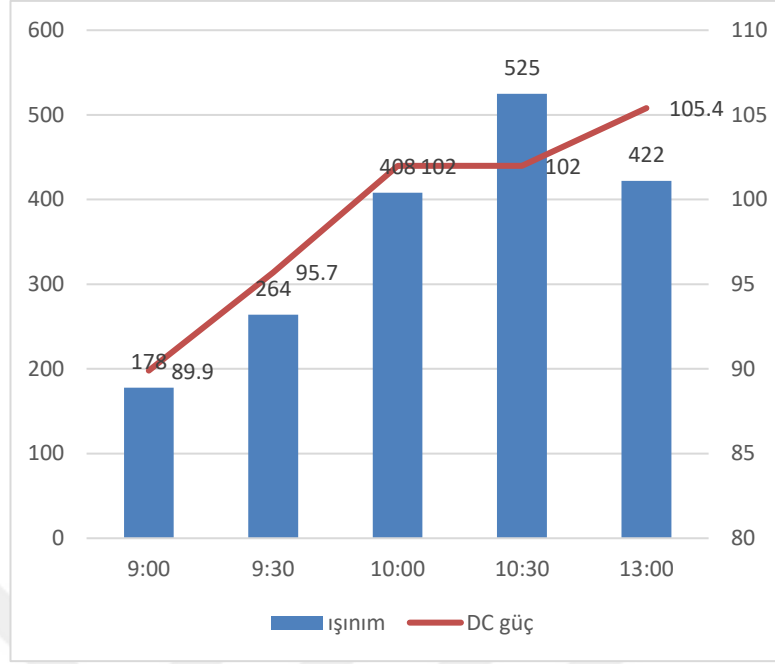
### GENERAL CHARACTERISTICS

Power	9V Battery (6F22)
LCD Size	48 x 16mm
Product Colour	Red and Grey
Product Net Weight	156g
Product Size	130 x 73.5 x 35mm
Standard Accessories	Test Lead, Battery, English Manual, Holster
Standard Individual Packing	Gift Box
Standard Quantity Per Carton	60pcs
Standard Carton Measurement	490 x 356 x 315mm (Around 0.055 CBM Per Standard Carton)
Standard Carton Gross Weight	18kg

Şekil 16 Multimetre bilgileri



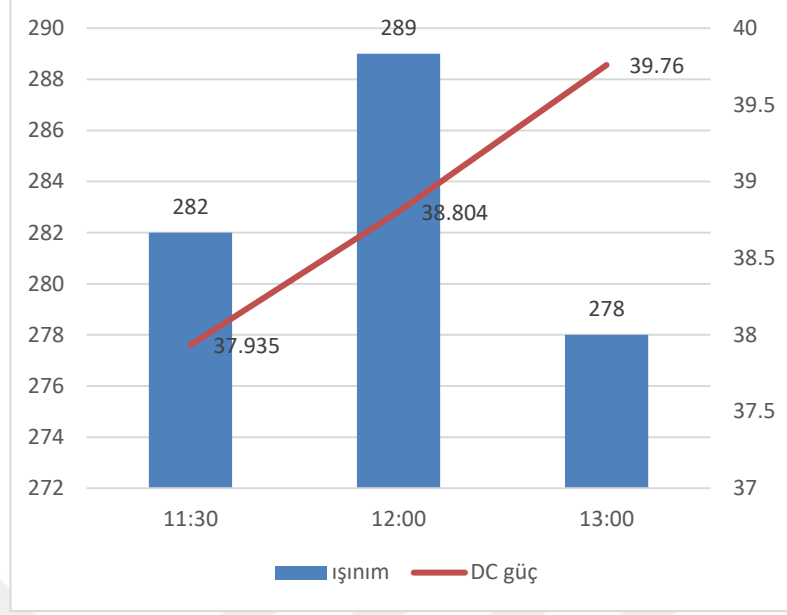
Şekil 17 Multimetre ile Akım ve Gerilim Ölçümleri



Şekil 18 Işınım-DC Güç grafiği-22\11\2017

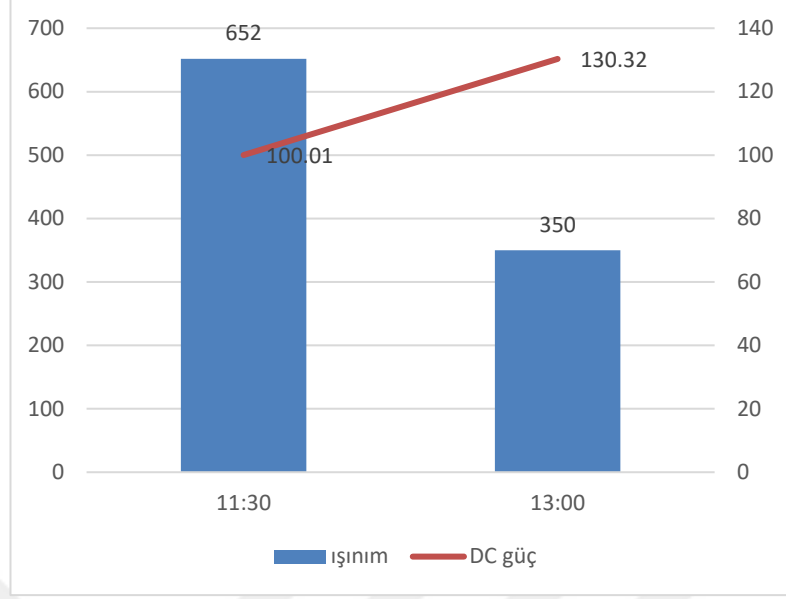
22/11/2017 Çarşamba günü hava durumu, 9°C-12°C arasında olup; kapalı-yağmurludur.Saat 09:00'da ilk ışınım ölçümlerini Solar Metre ile aldık.178W/m<sup>2</sup>'lik ışınım ile 89,9W DC Güç üretiminin yapılabildiği ölçüldü.09:30'da 264W/m<sup>2</sup> olunca ışınım değeri,Güneş Panellerinden üretilen DC Güç 95,7W olarak ölçülmüştür.10:00-10:30 saatleri arasında ışınım değeri artarken, bu aralıkta DC Güç değeri sabit kalmıştır.Saat 13:00'da ışınım değeri azalırken;525W/m<sup>2</sup>'den 422W/m<sup>2</sup>'ye düşüş varken;Güneş Panelinden üretilen DC Güç 102W'tan 105,2W'a yükselmiştir.

Işınım ani değişiklikler gösterdiğinde,DC Gücü etkileyen I (akım) ve Gerilim(V) değerlerinin ani değişiklikler göstermediği anlaşılmıştır.Havanın kapalı ve yağmurlu ve de Kasım ayı (sonbahar) olması sebebiyle (STC) Standart Koullardaki DC Güç ve Üretimi elde etmekteyiz. STC koşullarında ışınım 1000W/m<sup>2</sup> olmalıdır.



Şekil 19 Işınım-DC Güç grafiği-27/11/2017

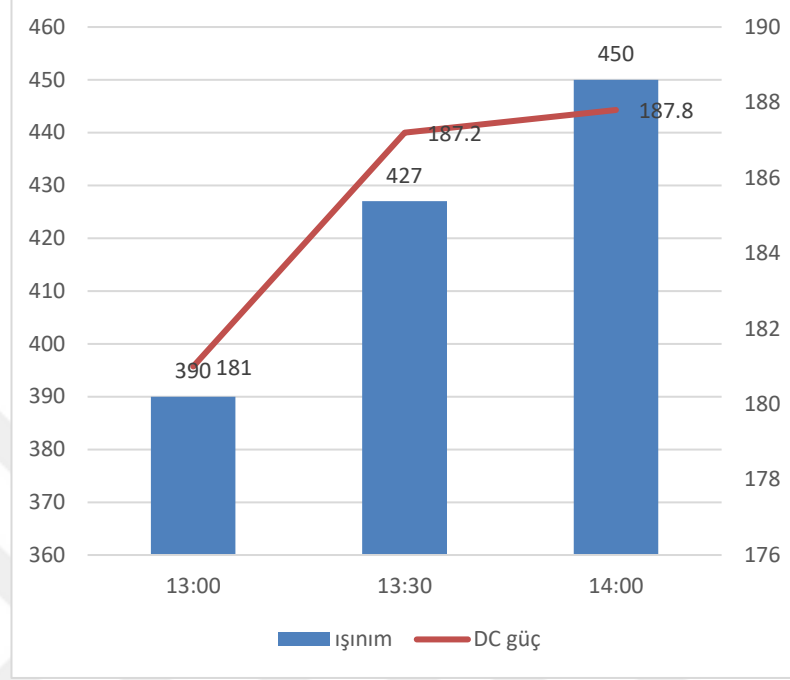
27/11/2017 Çarşamba günü hava 8-11C arası kapalı ve yağmurludur. Olumsuz hava koşulları nedeniyle az sayıda ölçüm yapılmış olsa da, ölçümlerimizi güne yaymak mantıksız olmayacaktır. 11:30'daki Solar Metre ile yapılan ilk ölçümlerde 282W/m<sup>2</sup>'ye çıkmış olan ışınım ile Fotovoltaik Panelden 37,935W DC Güç Üretimi yapılmıştır. 12:00'da 289W/m<sup>2</sup> 'ye yükselen ışınım değeri ; PV Panelden üretilen DC Gücü 38,804W değerine yükseltmiştir. Işınım saat 13:00'da 278W/m<sup>2</sup>'ye düşmüş ancak DC Güç yükseliş düzenini bozmadan 39,76W değerine çıkmıştır. Işınımdaki ani değişiklikler Fotovoltaik Güneş Panelinden üretilen DC Gücü etkilemese de; ışınım değerleri DC Güç üretiminde dolayısıyla I ve V değerlerinde belirleyici faktör olarak gözükmektedir.



Şekil 20 Işınım-DC Değişimi-30/11/2017

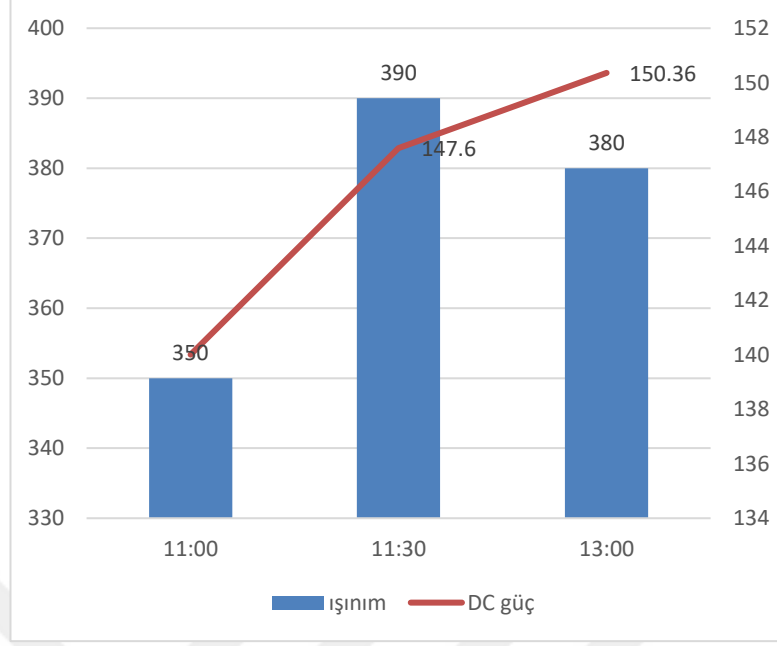
30/11/2017 tarihi Cuma gününe denk gelmekte olup, sıcaklık 12°C-17°C arasındadır. Açık-kapalı bir hava durumu hakimdir. Saat 11:30 ve saat 13:00'da olmak üzere iki ölçüm yapılarak deney tamamlanmıştır. Saat 11:30'da 652W/m<sup>2</sup>'lik ilk ışınım 100,01 W DC Güç üretirken; saat 13:00'da 350W/m<sup>2</sup>'ye düşen ışınım ile birlikte PV Panelden üretilen DC Güç değeri 130,32 W 'a çıkmıştır. Işınım ile üretilen DC Güç arasından ters bir orantının varlığından söz etmemize neden olabilir. Ancak ölçümlerin ilk kez saat 11:30'da, ikinci ölçümün saat 13:00'da alınmış olması akım ve gerilim değerlerinin hızlı bir biçimde düşmeyeceğini göstermiştir. Hava durumu açık-kapalı olduğundan ölçümün alındığı sırada muazzam bir bulutlanma söz konusudur. Fakat Fotovoltaik Güneş Panelinden üretilen DC Gücün etkilenmediği görülmüştür.

Aralık ayı için ise elde edilen grafikler şunlardır:



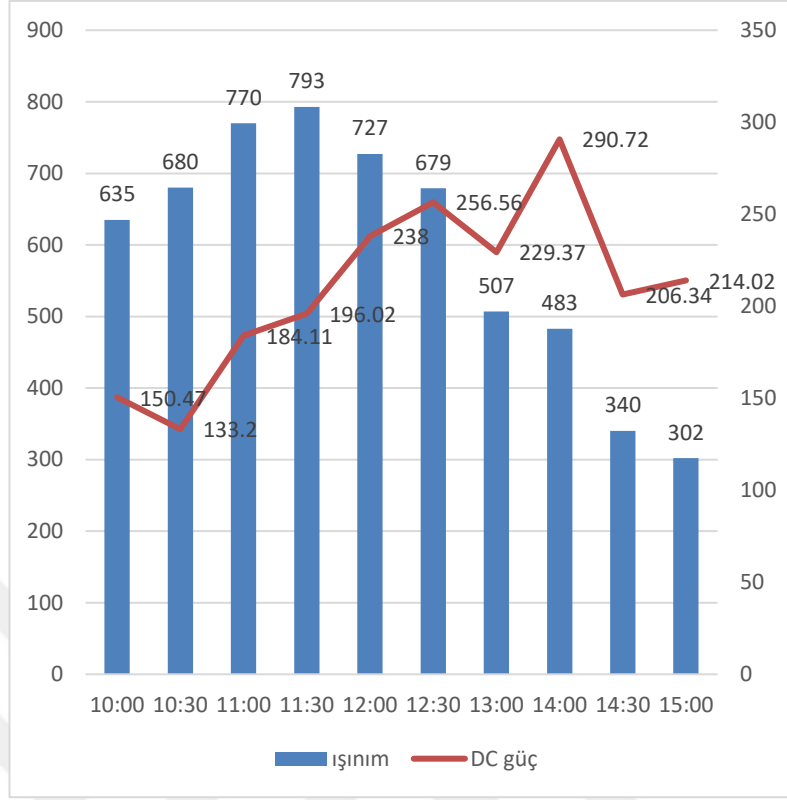
Şekil 21 Işınım-DC Güç Değişimi-07\12\2017

Bu tarihte Perşembe günü 10-16C'lik bir sıcaklık, az bulutlu bir hava hakimdi deneyimizi yaptığımız Arel Üniversitesi Tepekent Yerleşkesi'nde. Saat 13:00, 13:30 ve 14:00'da toplam üç ölçüm yapılmıştır. Saat 13:00'daki Solar Metre ile yapılan ölçüm 390W/m<sup>2</sup>, karşılığındaki panellerden üretilen DC Güç 181W'tır. 14:00'da 427W/m<sup>2</sup> değerine yükselen ışınım, Güneş Panelinden üretilen DC Güç miktarını 187,2W'a çıkartmıştır. Lakin havanın bulutlu olması, bazı bazı açılıyor olması; 14:00'da yapılan ışınım ölçümünde ışınımın 450W/m<sup>2</sup>'ye çıktığını ve DC Güç değerini 187,8W'a çıkardığını gösteriyor. Işınım değerinin I ve V değerlerine bağlı olan DC Güç değerini doğru orantılı bir şekilde etkilediği anlaşılmıştır.



Şekil 22 Işınım-DC Güç Değişimi-13/12/2017

13/12/2017 tarihli Çarşamba gününde yapılan ölçüm ile 27/11/2017 tarihli Işınım-DC Güç ölçüm ve grafikleri benzerlik göstermektedir. 13/12/2017 tarihinde saat 11:00'da Işınım 350W/m<sup>2</sup>, üretilen DC Güç 140,01W; saat 11:30'da yapılan ölçümde Işınım 390W/m<sup>2</sup>, üretilen DC Güç 147,96W iken yani Işınım ile DC Güç değerleri paralel olarak artıyorken; saat 13:00'da yapılan ölçümlerde Işınım 380W/m<sup>2</sup>'ye iniyor lakin Güneş Panellerinden üretilen DC Güç 150,36W'a yükseliyor. 27/11/2017 tarihli ölçüm tablomuz ve Işınım-DC Güç grafiğimizden de aynı sonuca ulaşılmıştı.



Şekil 23 Işınım-DC Güç Değişimi-15/12/2017

12°C-17°C arası açık bir Cuma gününde yarım saat aralıklarla fazlaca ölçümler yapılmıştır. Tablomuzda tüm ölçüm değerlerimiz mevcuttur. Grafiğimizde 10:30,12:00,13:00 saatlerinde yapılan ölçüm değerleri dışındaki noktalarda Işınım ile DC Güç değerlerinin aynı doğrultuda ilerlediği gözlemlenmektedir. Saat 13:30'da Işınım değeri yükselirken DC Gücün düşüşü Işınımdan ziyade farklı nedenlere bağlamak mümkün. Saat 13:30'da Gerilim ve Akım değerleri ölçülmüştür. Rüzgar hızının azalması ve sıcaklığın artışı gibi etkenlerle bu tezatlık ortaya çıkmıştır. Saat 12:00 ve 13:00'daki ölçümlerle ulaşılan sonuçlar; 2/11/2017 ve 13/12/2017 tarihli ölçümlerle elde edilen sonuçlara benzerdir. Aynı sonuca varmak mümkündür. Işınımdaki ani değişiklikler Güneş Panelinden üretilen Gerilim ve Akım değerlerini de hızlı bir şekilde değişikliğe uğratmadığı için üretilen DC Güç değerleri, Işınım ile ters yönde hareket etmiştir.

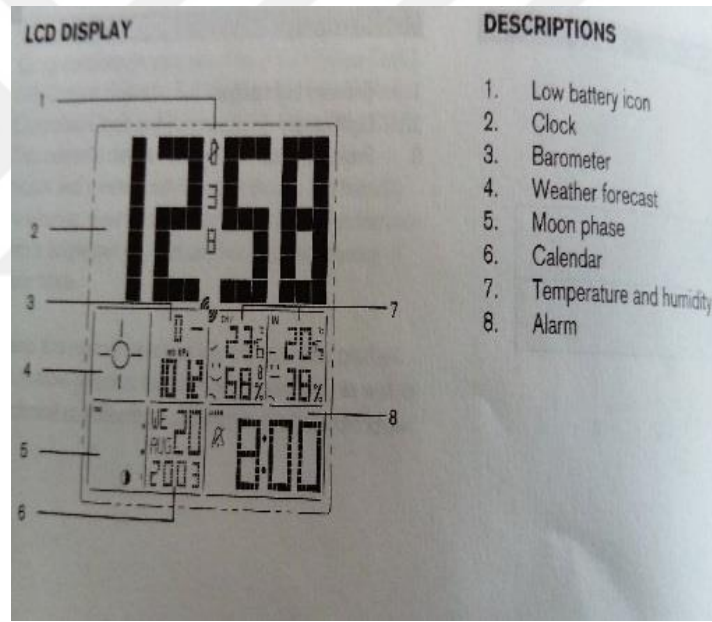


## 2.2 Sıcaklık Ölçüm Deneyi

Yıllardır süregelen bir yanlış ile başlayarak yaptığım çalışmayı anlatacağım. Fotovoltaik pillerin daha verimli çalışabilmesi , daha fazla enerji üretebilmesi için asıl şartın: çok sıcak hava olduğu yanlışlığı vardır.

Yaptığım çalışmada bunun aksi durumu ispat edilmiştir. Arel Üniversitesi Tepekent Yerleşkesi C Blok teras katı üzerindeki Güneş Enerjisi Sistemi deney düzeneğinden elde edilen sonuçlar ile; sıcaklığın güneş enerjisine ne şekilde etki ettiğini anlatan çalışmalara katkı sağlamış olacağız.

Deneyimiz için kullandığımız ölçü aletimiz; ‘S+ARC with Oregon Scientific’ denilen çok fonksiyonlu bir cihazdır. Bu ölçüm aleti ile ortam sıcaklığını iç ve dış parametreleri olarak, havadaki nem miktarını ve açık hava basıncını ölçebiliriz.



Şekil 24 Çok fonksiyonel termometre(higrometre ve barometre)

Ayrıca büyük LCD ekranı ile ölçüm yapılan tarih ve saati göstermektedir. Alarm kurmak mümkündür bu cihazla. Karanlık zamanlarda (gece ölçüm yapılırsa) LED ile aydınlatılabilen ekranı dataları okumayı sağlamaktadır.

Ekranında tarih, gün bilgilerinin olduğunu söyledik. Bununla birlikte gün hava durumu ile gece ‘ay’ durumu bilgilerine ulaşmak mümkündür. Gece yapılacak ölçümlerde ‘Ay’ durumları yani dünyaya gelecek ışınım miktarı önemli olduğundan ‘Ay’ ile ilgili verilen

datalar önemlidir. Aşağıda Paneller ile birlikte S+ARC with Oregon Scientific cihazını görmekteyiz.



Şekil 25 S+ARC cihazı ve Paneller

S+ARC with Oregon Scientific cihazı ile Kasım ve Aralık aylarında farklı gün ve saatlerde, farklı hava koşullarında ölçümler yaptık. Datalar aşağıdaki tablolardadır.

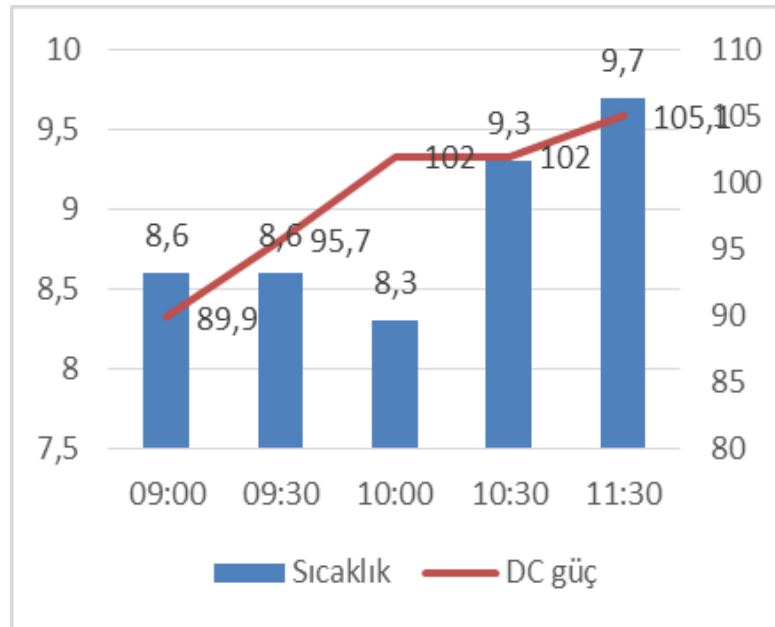
Tablo 7 22-27-30\11\2017 tarihlerindeki Sıcaklık- DC Güç Ölçümleri

Sütun1	Sütun2	Sütun9	Sütun1	Sütun2	Sütun9	Sütun1	Sütun2	Sütun9
tarih\gün			tarih\gün			tarih\gün		
22\11\2017			27\11\2017			30\11\2017		
Çarşamb	sıcaklık	güç	Çarşamba	sıcaklık	güç	Cuma	sıcaklık	güç
saat	C	W	saat	C	W	saat	C	W
09:00	8,6	89,9	11:30	11	37,985	11:30	14	100,01
09:30	8,6	95,7	12:00	11,8	38,804	13:00	15	130,32
10:00	8,3	102	13:00	12	39,76			
10:30	9,3	102						
11:30	9,7	105,1						

Tablo 8 07-13-15\12\2017 tarihlerindeki Sıcaklık-DC Güç Ölçümleri

Sütun1	Sütun2	Sütun9	Sütun1	Sütun2	Sütun9	Sütun1	Sütun2	Sütun9
tarih\gün			tarih\gün			tarih\gün		
07\12\2017			13\12\2017			15\12\2017		
Perşembe	sıcaklık	güç	Çarşamba	sıcaklık	güç	Cuma	sıcaklık	güç
saat	C	W	saat	C	W	saat	C	W
13:00	10	181	11:00	14	140,01	10:00	13	150,47
13:30	11	187,2	11:30	14,4	147,6	10:30	13,3	133,2
14:00	10	172,8	13:00	15	150,36	11:00	13,3	184,11
						11:30	14,7	196,02
						12:00	14,7	238
						12:30	15,4	256,56
						13:00	16,4	229,37
						14:00	16,4	290,72
						14:30	16,4	206,34
						15:00	16,4	214,02

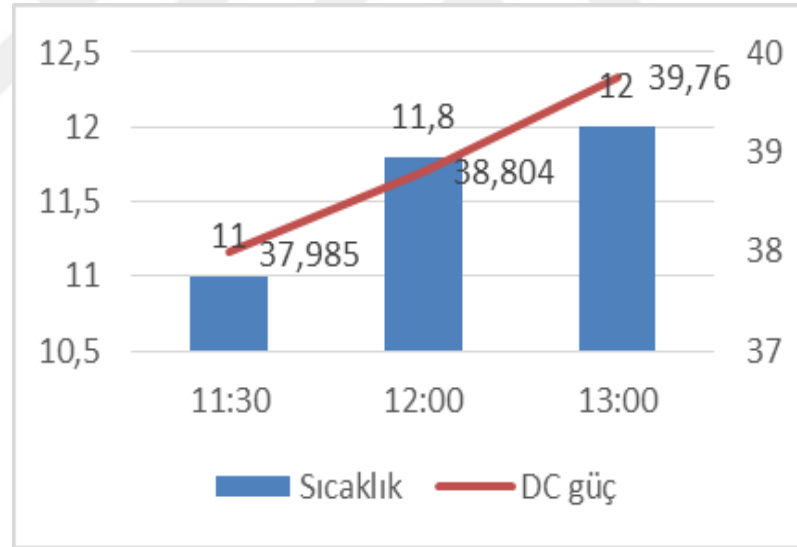
Sıcaklık ölçümlerimiz son bahar ve kış aylarında olduğu için ve İstanbul'un coğrafi ve iklimsel koşulları göz önünde bulundurulduğunda, yüksek sıcaklıkların olmaması doğal bir durumdur. Lakin açık havaların olması sebebiyle, sıcaklıkla beraber yüksek ışınım miktarları da ölçülmüştür. Işınımın Güç'e etkisini yukarıda anlatmıştık. Aşağıdaki grafiklerde sıcaklık ile DC güç münasebetini çözümleyeceğiz.



Şekil 26 Sıcaklık- DC Güç Değişimi-22\11\2017

Grafikte anlaşılacağı üzere; bugün yapılan ölçümler gösteriyor ki Sıcaklık ve PV Panelden üretilen DC Güç doğru orantılıdır. Ancak Standart Test Koşullarındaki  $1000\text{W}/\text{m}^2$  Işınım ve  $25^\circ\text{C}$  sıcaklık gösterdiği için, sıcaklık  $25^\circ\text{C}$  en iyi üretimin yapılabildiği (diğer koşullarda sağlanmış olmalıdır) sıcaklıktır. Deneyde ölçümlerimiz, Kasım Aralık aylarında, sonbahar ve kış mevsimlerinde yapıldığı için; bu sıcaklığa ulaşmamız mümkün olmadı.

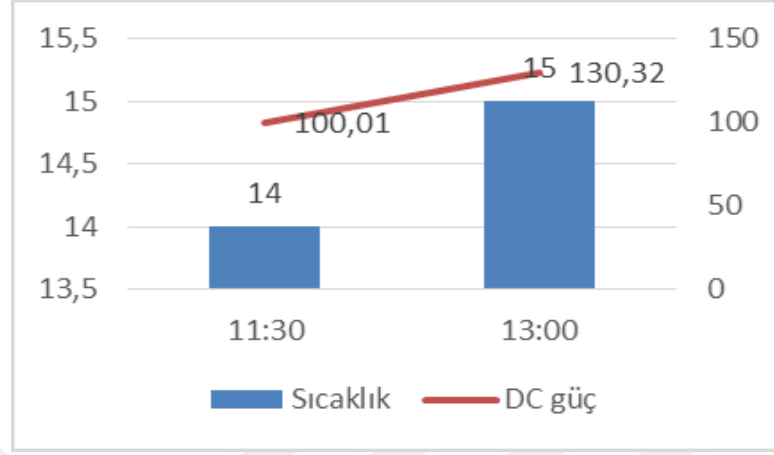
$25^\circ\text{C}$  sıcaklığı aşma durumumuz meydana gelmediği için :Sıcaklık; üretilen DC Güç ile paralel yükselmiş yahut alçalmıştır. 22/11/217 Çarşamba günü yapılan ölçümler sonucu elde edilen grafikte bu söylenenleri anlatmaktadır. Grafikte gördüğümüz gibi sadece saat 10:00'da gerilim  $8,6\text{V}$ 'tan  $8,3\text{V}$ 'a düşerken ;üretilen DC Güç  $95,7\text{W}$ 'tan  $102\text{W}$ 'a yükseliyor. Bu nedeni başka etkenlerde aramak daha doğru olacaktır. Bu durumun sebebi de gerilim miktarı azalırken akım değerinin yükselmesidir.



Şekil 27 Sıcaklık-DC Güç Değişimi-27/11/2017

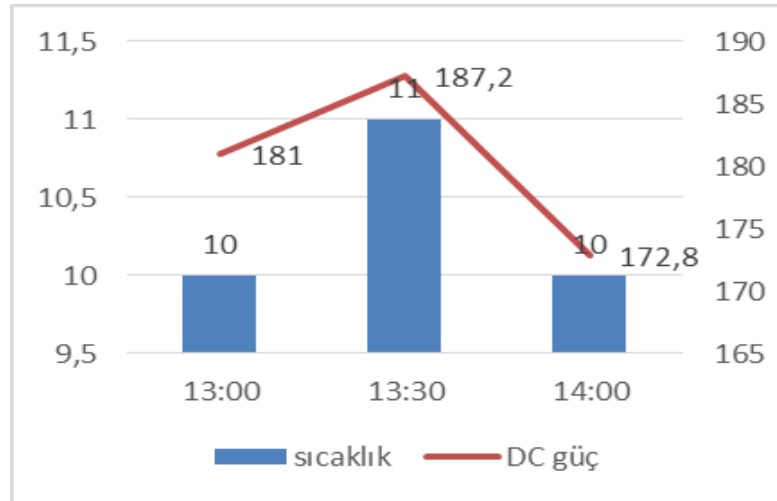
27/11/2017 tarihli Çarşamba günü saat 11:30,12:00 ve 13:00'da olmak üzere üç ölçüm yapılmıştır. Havanın kapalı ve yağmurlu yani güneş enerjisinden elde etmek için en verimsiz hava şartları hakimdir. Sırasıyla sıcaklıklar:  $11^\circ\text{C}$ ,  $11,8^\circ\text{C}$  ve  $12^\circ\text{C}$  olarak çok fonksiyonlu (Barometre ve Higrometre aynı zamanda) Termometre ile ölçülmüştür. Bununla birlikte Multimetre ile Ölçtüğümüz I ve V değerlerini kullanarak hesap

ettiğimiz DC Güç değerleri sırasıyla: 37,98W, 38,804W ve 39,76 W olarak kaydedilmiştir. Şekilde görülen Sıcaklık ve DC Güç lineer grafiği elde edilmiştir.



Şekil 28 Sıcaklık- DC Güç Değişimi-30/11/2017

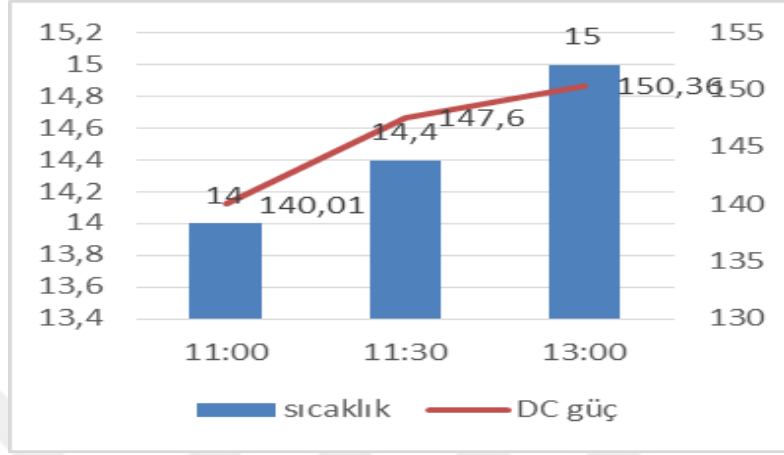
30/11/2017 tarihinde açık-kapalı bir günde yalnız iki ölçüm yapılarak deney tamamlanmıştır. 27/11/2017 tarihli ölçümü takiben grafikler ile benzer sonuçlar temin edilmiştir. Saat 11:30'da sıcaklık 14°C, DC Güç 100,1W olarak ölçülmüştür. Saat 13:00'da sıcaklık 15°C, Fotovoltaik Güneş Panelinden elde edilen DC Güç 130,32W değerinde ölçülüyor. Lineer bir değişim söz konusudur.



Şekil 29 Sıcaklık-DC Güç Değişimi-07/12/2017

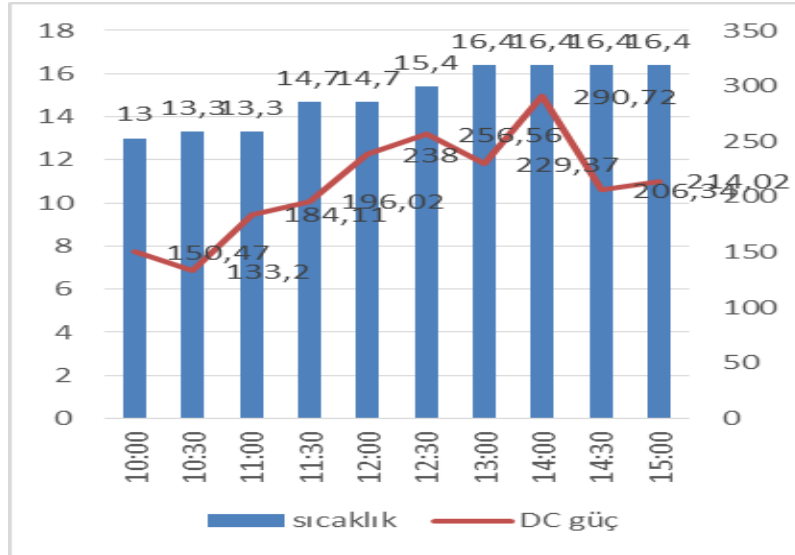
07/12/2017 tarihli Perşembe gününde öğleden sonra yapılan ölçümlerde; sıcaklık ile DC Güç arasındaki ilişki hakkında makul sonuç yapılabilir. 13:00'da sıcaklık 10°C, panelden üretilen DC Güç 181W; 13:30'da sıcaklık 11°C, panelden üretilen DC Güç 187,2W ve

saat 14:00'da sıcaklık 10°C, Panelden üretilen DC Güç 172,8W olarak ölçülmüş ve yukarıdaki grafik elde edilmiştir. Sıcaklık artarken üretilen DC Güç değerleri artmıştır. Tersî durumda doğru olmaktadır.



Şekil 30 Sıcaklık-DC Güç Değişimi-13/12/2017

27/11/2017,30/11/2017 ve 07/12/2017 tarihlerinde açıklanan durumlar;13/12/2017 tarihli ölçümlerle ortaya çıkan Sıcaklık-DC Güç grafiğinde vardır. Saat 11:00 ile saat13:00 saatleri arasındaki ölçümlerle sıcaklık artarken DC Güç değerinin de arttığı gözlenmektedir.



Şekil 31 Sıcaklık-DC Güç Değişimi-15/12/2017

15/1/2017 tarihli yapılan ölçümler ile ortaya çıkan grafik yukarıdadır.22/11/2017,27/11/2017/3/11/2017,07/12/2017 ve 13/12/2017 tarihlerindeki Sıcaklık-DC Güç grafiklerinden tek farkı: saat 13:00-15:00 arasında sıcaklığın hep sabit kalmasına karşın, DC Güç değerinin artması, azalması ve tekrar artması durumudur.

Bu durumlarda deneyimizdeki diğer ölçümlere baktığımızda DC Güç'ü etkileyebilecek Solar Metre ile ölçülen Işınım değerlerinin ve Anemometre ile ölçülen Rüzgar değerinin Gerilim ve Akım değerlerine ,yükseliş-alçalış biçiminde tesir ettiği gözlemlenmektedir.

Işınım değerleri ile Rüzgar değerleri 13:00 ve 15:00 saatleri aralığında artmış ve azalmıştır. Böylece I ve V değerleri farklılaşarak P(üretilen DC Güç)'yi değiştirmişlerdir.

### 2.3 Nem Ölçüm Deneyi

İzmir Ekonomi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün yaptığı 'Güneş Enerjisi Yatırım Optimizasyonu Aracı' ile güneş pilinin enerji dönüşüm kalitesini etkileyen önemli faktörler çalışmalarında; Higrometre ile ölçülen havadaki nem miktarının güneş enerjisi verimini ne şekilde etkilediği gösterilmiştir. Sıcaklık artarken doğal olmayan durumlar haricinde havadaki nem miktarı azalır. Elbette sıcaklığın 22°C-25°C ideal şartlarına ulaşmasına kadar ki yükselişten bahsediyoruz. Nem miktarı az ise havadaki, PV Panellerde Enerji verimliliği artar. Bu neticeye literatür çalışmalarında varılmıştır.

Deney düzeneğimiz aşağıda gösterilmiştir. S+ARC with Oregon Scientific cihazı nem, sıcaklık ve açık hava basıncını birlikte ölçebildiğinden aynı cihaz 'nem' ölçümleri için kullanılmıştır.



Şekil 32 S+ARC with Oregon Scientific ile Nem Ölçümü

Cihazımızın saatlik ve günlük nem ölçümlerimiz mevcuttur. Bununla beraber ölçülen DC Güç değerleri aynı tabloda gösterilmiştir.

Tablo 9 22-27-30\11\2017 tarihlerindeki Nem – DC Güç Ölçümleri

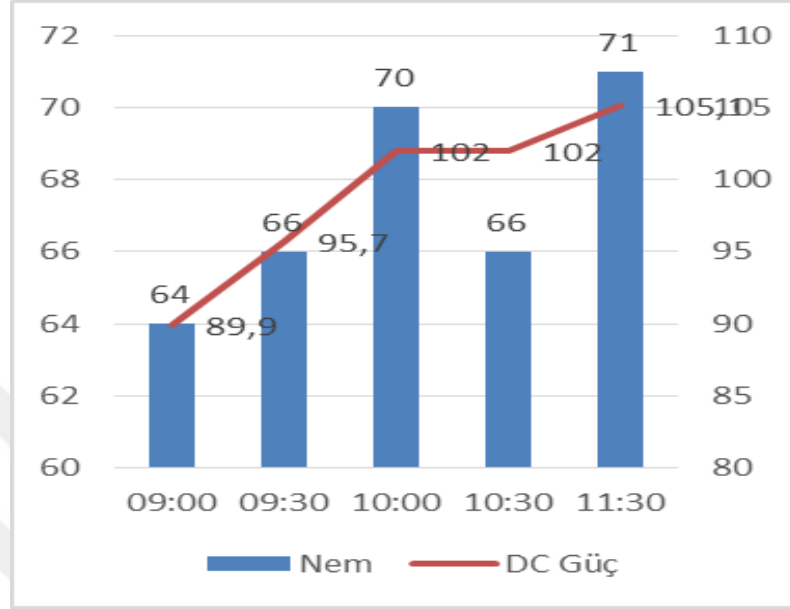
Sütun1	Sütun3	Sütun9	Sütun1	Sütun3	Sütun9	Sütun1	Sütun3	Sütun9
tarih\gün			tarih\gün			tarih\gün		
22\11\2017			27\11\2017			30\11\2017		
Çarşamba	nem	güç	Çarşamba	nem	güç	Cuma	nem	güç
saat	%	W	saat	%	W	saat	%	W
09:00	64	89,9	11:30	78	37,985	11:30	54	100,01
09:30	66	95,7	12:00	76	38,804	13:00	59	130,32
10:00	70	102	13:00	70	39,76			
10:30	66	102						
11:30	71	105,1						

Tablo 10 07-13-15\12\2017 tarihlerindeki Nem- DC Güç ölçümleri

Sütun1	Sütun3	Sütun9	Sütun1	Sütun3	Sütun9	Sütun1	Sütun3	Sütun9
tarih\gün			tarih\gün			tarih\gün		
07\12\2017			13\12\2017			15\12\2017		
Perşembe	nem	güç	Çarşamba	nem	güç	Cuma	nem	güç
saat	%	W	saat	%	W	saat	%	W
13:00	61	181	11:00	77	140,01	10:00	78	150,47
13:30	62,5	187,2	11:30	69	147,6	10:30	76	133,2
14:00	10	172,8	13:00	72	150,36	11:00	76	184,11
						11:30	67	196,02
						12:00	67	238
						12:30	67	256,56
						13:00	67	229,37
						14:00	67	290,72
						14:30	67	206,34
						15:00	67	214,02

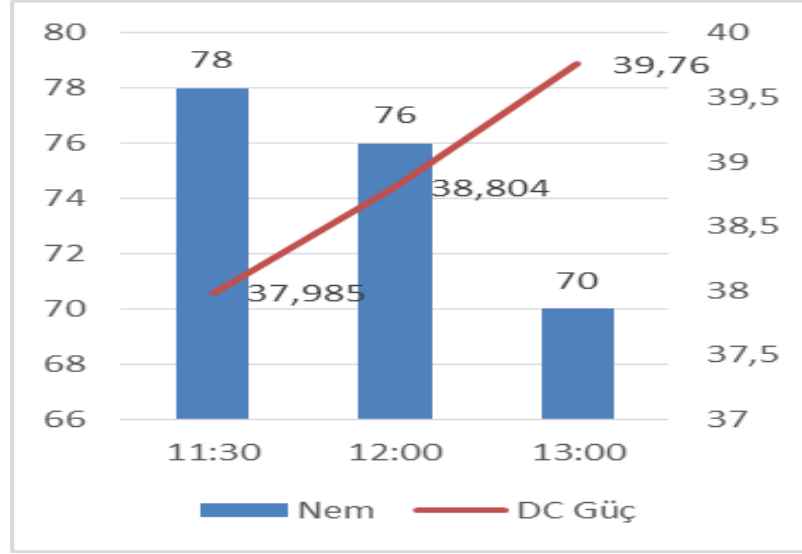


Saat saat ve gün gün yapılan deneyler neticesinde elde edilen datalarımız yukarıdaki tablolarda gösterilmiştir. Tablolarımızdaki verileri kullanarak aşağıdaki grafiklere ulaşacağız.



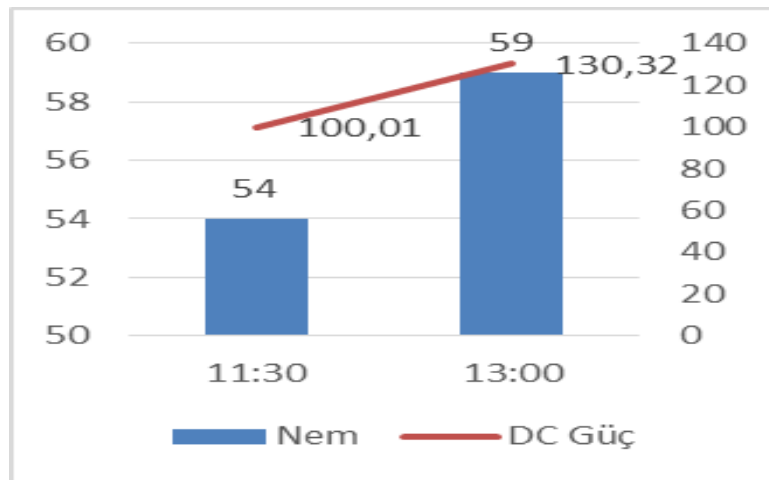
Şekil 33 Nem-DC Güç Değişimi-22\11\2017

Bu tarihte çok fonksiyonlu Higrometre(Barometre ve Termometre de ölçer) ile ölçülen nem değerleri ile Multimetre ile ölçülen Akım ve Voltaj değerleri dolayısıyla DC Güç değerleri paralellik göstermektedir. Grafikten anlaşılacağı üzere nem miktarı artarken, DC Güç değerleri yükselmiştir. Saat 09:00, 09:30 ve 10:0 da yapılan ölçümlerle bu durumun varlığı ispat edilmiştir. Saat 10:30'da ise havadaki nem miktarı azalmış lakin Fotovoltaik Güneş Panelinden üretilen DC Güç değerinin değişmediği gözlemlenmiştir.



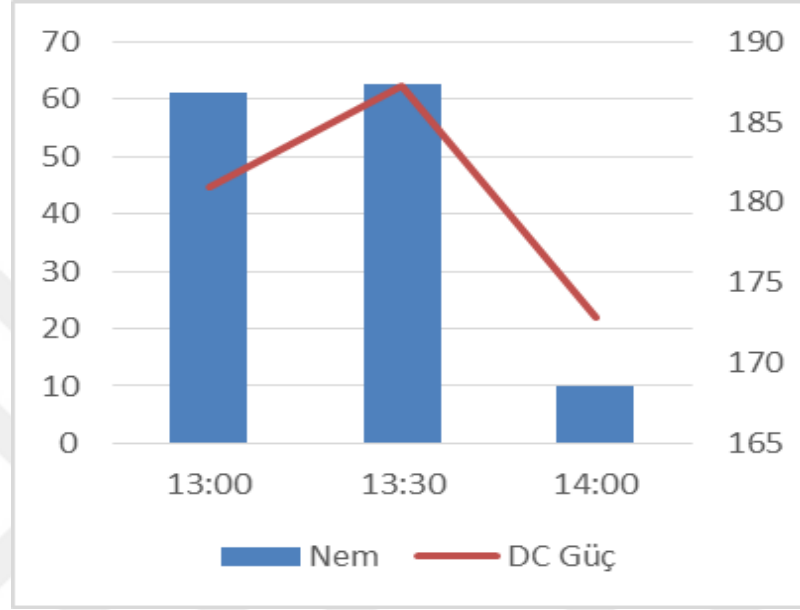
Şekil 34 Nem –DC Güç Değişimi-27/11/2017

27/11/2017 Cuma günü kapalı-yağmurlu bir hava hakimdir deneyimizi yürüttüğümüz İstanbul Arel Üniversitesi Tepekent Yerleşkesi'nde. Saat 11:30 'da nem oranı %78 iken Güneş Panelinden üretilen DC Güç 37,985W olarak ölçülmüştür. Saat 12:00'da nem oranı azalarak %76 olup DC Güç yönelimi aksi yönde olup 38,804W'a çıkmıştır. Saat 13:00'da havadaki nem oranı iyice azalarak %70 seviyesine inmiş ve Panellerden üretilen DC Güç artarak 39,76W değerine ulaşmıştır. Nem ile DC Güç üretiminin ters orantılı halde olması : bugünkü sıcaklığın sürekli artarak nemi düşürüp, DC Güç'ü arttırmasına bağlıdır.



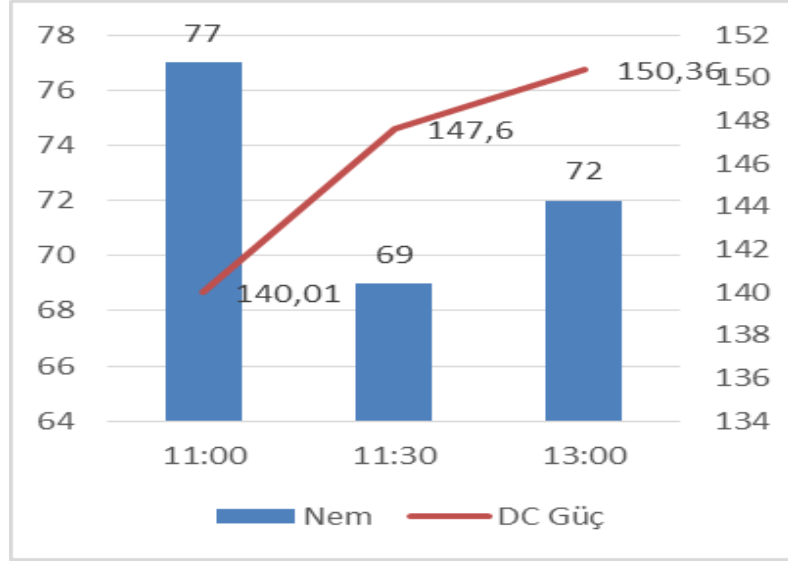
Şekil 35 Nem- DC Güç Değişimi-30/11/2017

Açık-kapalı ışınım miktarının az , sıcaklık 14-15C arasında gezindiği bu günde 11:30 ve 13:00 saatlerinde iki ölçüm alınmıştır. Saat 11:30'da havadaki nem oranı %54, Panellerden üretilen DC Güç 100,01 W; 13:00 'da havadaki nem oranı %59 ,Panellerden üretilen DC güç 130,32W değerine tekabül etmiştir. Bu değişimlerde üretilen DC Gücün artışı o vakitlerde sıcaklığın yükselişine bağlarız.



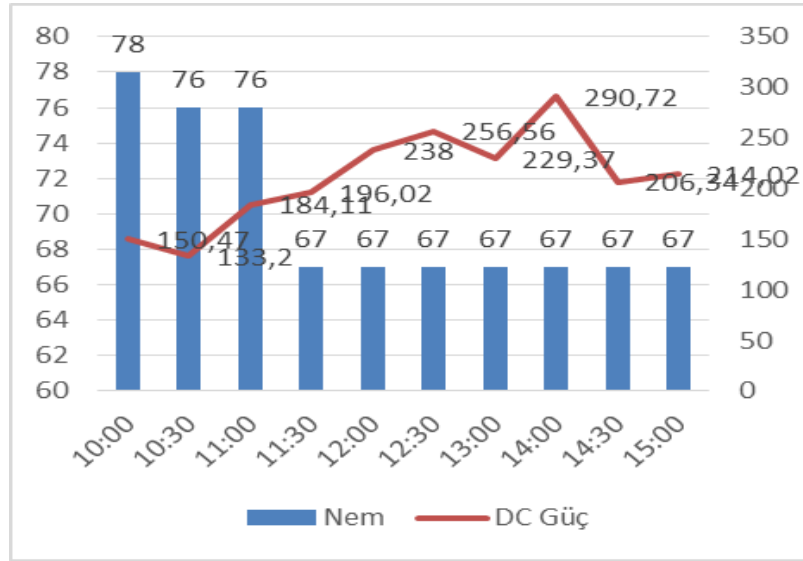
Şekil 36 Nem- DC Güç Değişimi-07\12\2017

07/12/2017 tarihli az bulutlu günde üç saatlik ölçümlerimiz vardır. Saat 13:00'da %61'lik nem var iken ölçülen DC Güç değeri 181W'tır. Saat 13:30'da havadaki nem oranı %61,5'a yükselirken, Panellerden üretilen DC Güç 187,2W değerine çıkıyor. Saat 14:00 'da nem miktarı ani ve hızlı bir düşüşle %10 seviyelerine geliyor. PV Panellerden üretilen DC Güç değeri 172,8 olarak ölçülmüştür.



Şekil 37 Nem – DC Güç Değişimi-13/12/2017

Saat 11:00'da %77'lik bir nem oranı vardır. Saat 11:30'da %69'dur. 13:00 ' da havadaki nem oranı %72 olmuştur. Yani havadaki nem oranı önce azalıp sonrasında artmıştır. Üretilen DC Güç ise saat 11:00'da 140,01W, saat 11:30'da 147,6W, saat 13:00'da 150,36W olarak ölçülmüştür. Üretilen DC Güç; nem miktarının düzensiz değişiminden çok o vakitlerdeki ışınım ve sıcaklık değerlerindeki değişimlere göre farklılıklar göstermiştir. 13/12/2017 tarihli Işınım-DC Güç ve Sıcaklık-DC Güç grafiklerinde açıklamalar yapılmıştır.



Şekil 38 Nem- DC Güç Değişimi-15/12/2017

On adet ölçümün yapıldığı bir deney gününde nemin; üretilen DC Güç'e etkisini daha iyi anlamış olacağız. Saat 10:00'da %78'lik nem ,150,47W DC Güç; saat10:30'da %76 nem,133,2DC Güç üretimi olduğu ölçülmüştür. 11:30'a değin aynı yöndeki değişimleri sürmüştür. Ancak grafikten görüldüğü üzere saat 11:30'dan 15:00' değin havadaki nem miktarı değişmezken Panellerden üretilen DC Güç değerlerinde atmalar ve azalmalar meydana gelmiştir. Nemden çok diğer atmosferik etkilerin bu değişimlere sebep olduğu anlaşılmaktadır. İlave olarak üretilen DC Güç'ün ışıınım ve sıcaklık ile olan ilişkisi nem ile olan ilişkisinden daha yüksek olduğu için nem sabit kalmasına rağmen güçte değişimler görülmüştür. Bu saatler arasında sıcaklık da sabit kaldığından dolayı DC Güç değerlerini etkileyen en büyük faktörün Işıınım olduğu gözlemlenmiştir.

## 2.4 Rüzgar Ölçüm Deneyi

Rüzgar Anemometre ile ölçülmüştür. Deneyde kullanılan UT363 Mini Anemometre markalı cihazdır. Deney için kullandığımız Anemometre ve blok diyagram ve resimleri:

Tablo 11 Rüzgar Ölçer (Anemometre) Bilgileri

Parameter			
Functions	Range	Resolution	Accuracy
Wind Speed	0~30m/s	0.1m/s	±5%rdg+0.5
Temperature	-10~50℃	0.1℃	±2℃
	14~122℉	0.2℉	±4℉
Wind Scale	Level 0~12	1	±1
Sampling Rate			0.5s
Overload Indication	>45m/s		OL
MAX/AVG			MAX/AVG
Data Hold			HOLD
LCD Backlight			Yes
Auto Power Off			5min
Low Battery Indication			3.0~3.5V
Battery			4.5V
Current Consumption	Working	mA	≤25mA
	Power off	uA	≤10uA
Work Environment	Temperature		0~40℃
	Humidity		≤80%RH
Storage Environment	Temperature		-20~60℃
	Humidity		≤75%RH
Key Functions			
ON/OFF (Bluetooth)	Short press to turn on/off the meter		
MAX/AVG	Short press to switch between MAX/MIN/QUIT		
UNIT	Short press switch between m/s, ft/m, mph, Km/h, Knots, ℃, ℉.		
HOLD/BL	Short press to turn on/off backlight		



Şekil 39 Anemometre İle Ölçüm Düzenegi

Deneyimizi, ölçümlerimi manuel olarak yaparak dataları kaydettik. Tablomuz aşağıda bulunmaktadır.

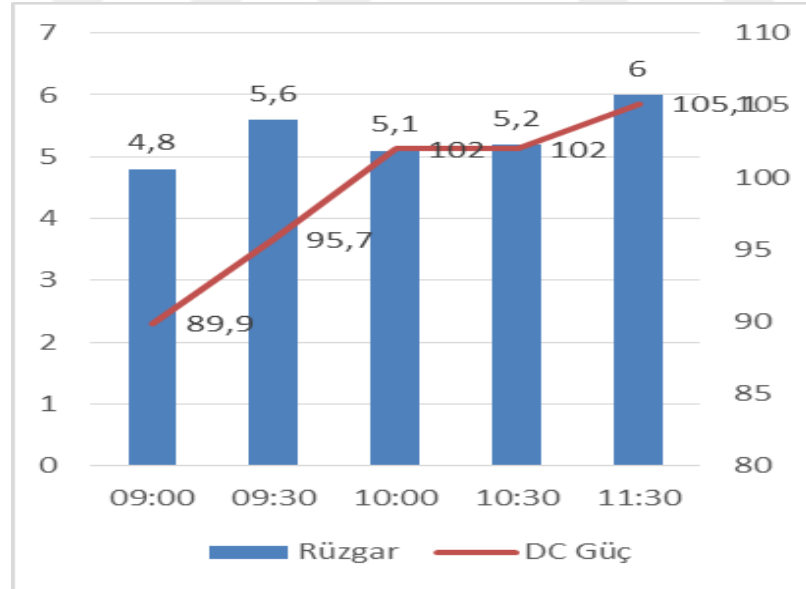
Tablo 12 22-27-30\11\2017 Rüzgar- DC Güç Ölçümleri

Sütun1	Sütun5	Sütun9	Sütun1	Sütun5	Sütun9	Sütun1	Sütun5	Sütun9
tarih\gün			tarih\gün			tarih\gün		
22\11\2017			27\11\2017			30\11\2017		
Çarşamba	rüzgar	güç	Çarşamba	rüzgar	güç	Cuma	rüzgar	güç
saat	m/s	W	saat	m/s	W	saat	m/s	W
09:00	4,8	89,9	11:30	1,8	37,985	11:30	3,8	100,01
09:30	5,6	95,7	12:00	1,7	38,804	13:00	2,8	130,32
10:00	5,1	102	13:00	1,5	39,76			
10:30	5,2	102						
11:30	6	105,1						

Tablo 13 07-13-15\12\2017 tarihlerindeki Rüzgar- DC Güç Ölçümleri

Sütun1	Sütun5	Sütun9	Sütun1	Sütun5	Sütun9	Sütun1	Sütun5	Sütun9
tarikh\gün			tarikh\gün			tarikh\gün		
07\12\2017			13\12\2017			15\12\2017		
Perşembe	rüzgar	güç	Çarşamba	rüzgar	güç	Cuma	rüzgar	güç
saat	mış	W	saat	mış	W	saat	mış	W
13:00	2,3	181	11:00	1,9	140,01	10:00	4,4	150,47
13:30	2,6	187,2	11:30	3	147,6	10:30	3,6	133,2
14:00	3,1	172,8	13:00	2,7	150,36	11:00	4,2	184,11
						11:30	4,7	196,02
						12:00	3,1	238
						12:30	3,7	256,56
						13:00	3,4	229,37
						14:00	5,2	290,72
						14:30	5,6	206,34
						15:00	4,8	214,02

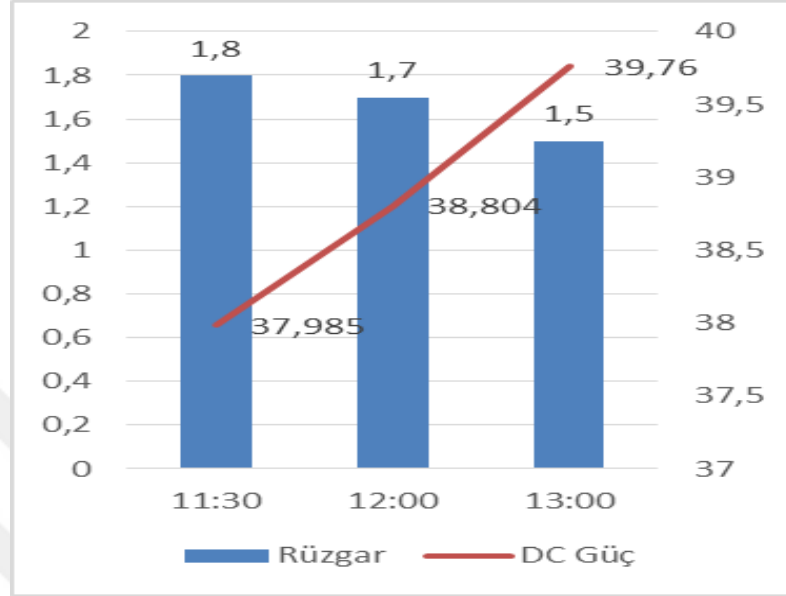
Datalarımızdan yola çıkarak aşağıdaki grafikleri elde etmemiz mümkündür.



Şekil 40 Rüzgar- DC Güç Değişimi-22\11\2017

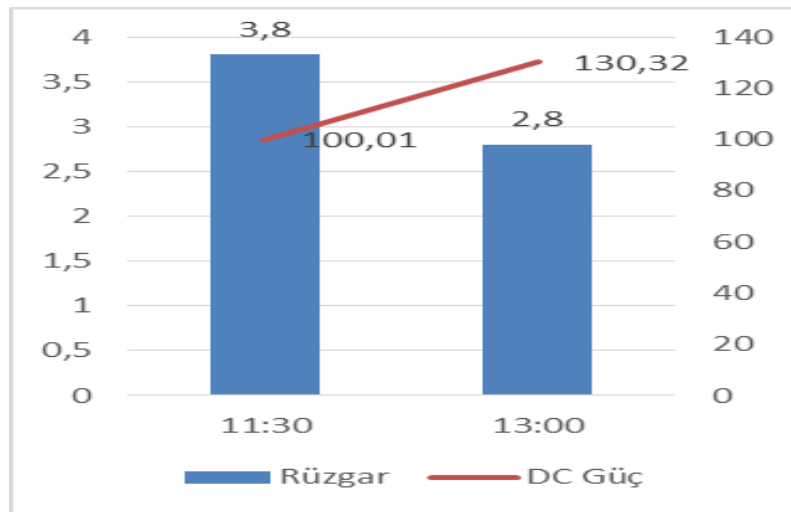
22/11/2017 tarihinde sabah saat 09:00'da rüzgar hızı 4,8m/s iken Panellerden üretilen DC Güç 89,9W olarak ölçülmüştür. Saat 09:30'da yapılan ölçümde 5,6m/s olan rüzgar hızına karşılık gelen DC Güç değeri 95,7W'tır. 10:00'da 5,1m/s olan rüzgar hızı

10:30'da ve 11:30'da artarak 5,2m/s ve 6m/s hızına yükselmiştir. DC Güç miktarları ise ilk rüzgar hızı artışında sabit kalmış sonrasında yükselmiştir. Saat 10:00 ve 10:30'da 102W olan DC Güç miktarı saat 11:30'da 105,105W değerine yükselmiştir.



Şekil 41 Rüzgar- DC Güç Değişimi -27/11/2017

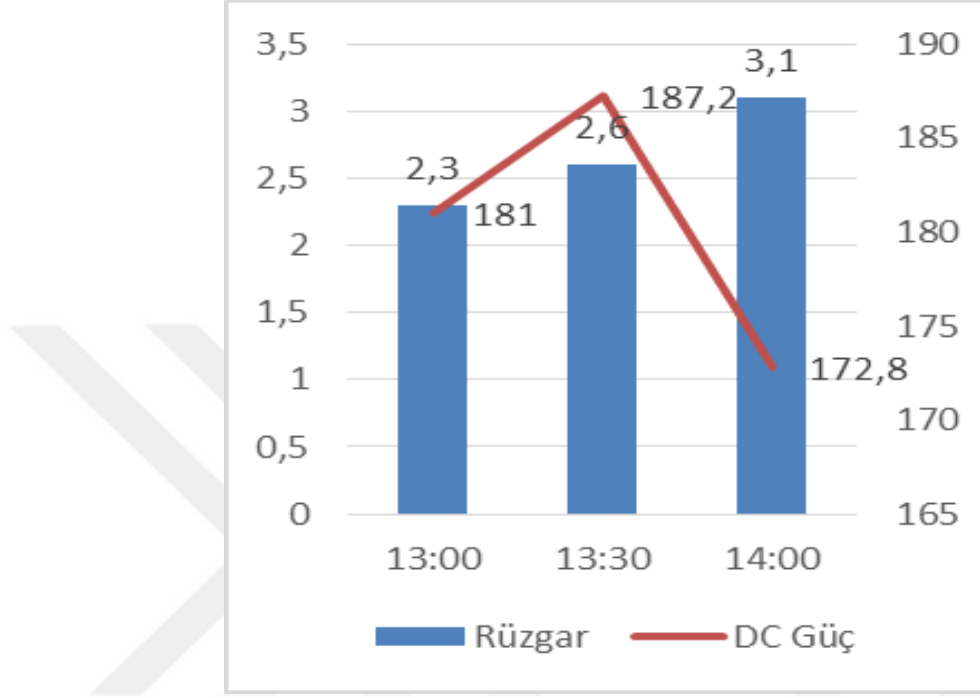
Saat 11:30'daki Anemometre ile ölçülen rüzgar hızı 1,8m/s'dir. Saat 12:00'da 1,7m/s, saat 13:00'da 1,5m/s olarak ölçülmüştür. Fotovoltaik Panellerden üretilen DC Güç değerleri ise rüzgar hızının değişim yönünün aksi tarafında ilerlemiştir. Saat 11:30'da 37,985W olan DC Güç saat 12:00'da 38,804W ve saat 13:00'da 39,76W'a kadar yükselmiştir.



Şekil 42 Rüzgar- DC Güç Değişimi-30/11/2017

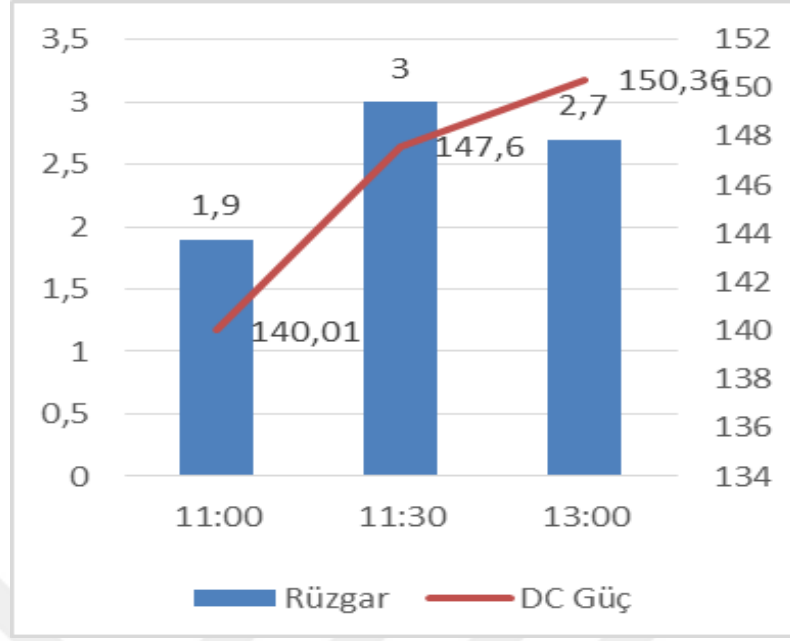


Açık-kapalı loş bir havanın hakim olduğu günde deney ölçümleri yapılmıştır. Saat 11:30'daki ölçümde 3,8m/s olarak ölçülen rüzgar hızı, 13:00'da 2,8m/s olarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Fotovoltaik panellerimizden ölçülen DC Güç değerleri ise saat 11:30'da 100,01W, saat 13:00'da 130,32 olarak ölçülmüştür.



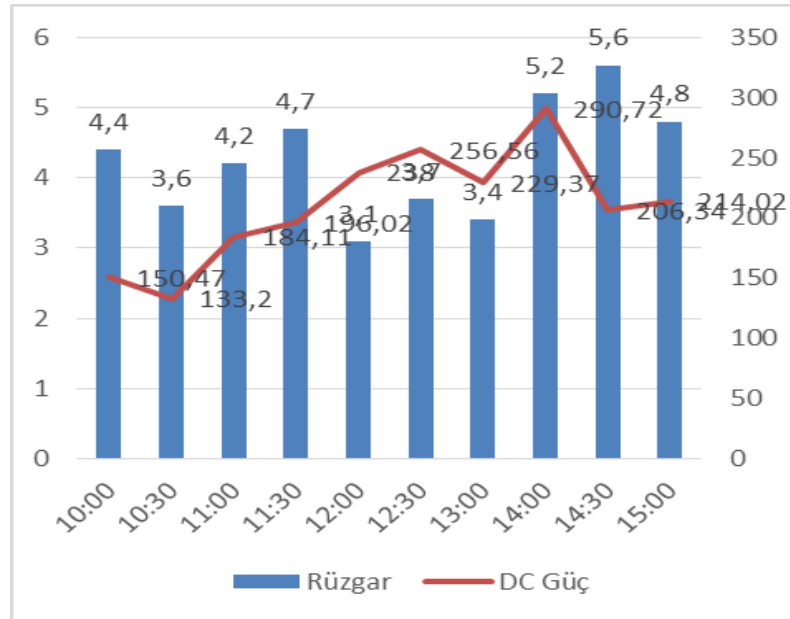
Şekil 43 Rüzgar-DC Güç Değişimi-07\12\2017

07/12/2017 tarihli az bulutlu bir gündeki ölçümlerle elde edilen datalarla ulaşılan grafik yukarıda gösterilmiştir. Saat 13:00'da 2,3m/s olarak ölçülen rüzgar hızı, saat 13:30'da 2,6m/s, saat 14:00'da 3,1m/s olarak ölçülmüştür. Fotovoltaik Panelden üretilen DC Güç değerleri saat 13:00'da 181W, saat 13:30'da 187,2W ve saat 14:00'da 172,8W olarak; Multimetre yardımıyla ölçülen Akım ve Gerilim değerleri yardımıyla bulduğumuz DC Güç değerlerine ulaşılmıştır.



Şekil 44 Rüzgar- DC Güç Değişimi-13/12/2017

Saat 11:00'da rüzgar hızı 1,9m/s ölçülmüştür. DC Güç değeri 14,01W'tır.Saat 11:30'da 3m/s'ye çıkan rüzgar hızı DC Güç değerini arttırmıştır. Bu değer: 147,6W'tır.Saat 13:00'da rüzgar hızı 2,7m/s 'ye ulaştığında Panellerden üretilen DC Güç azalmış ve aksine yükselmiş, 150,36W olarak ölçülmüş ve hesap edilmiştir.



Şekil 45 Rüzgar-DC Güç Değişimi-15/12/2017

En kapsamlı zaman aralığı kullanılarak ölçüm yapılan deney günümüzdür. Grafikten ölçüm yapılan tüm saatlerimizdeki değerler gösteriliyor.

Saat 10:00'da 4,4m/s rüzgar hızına 150,47W DC Güç üretimi

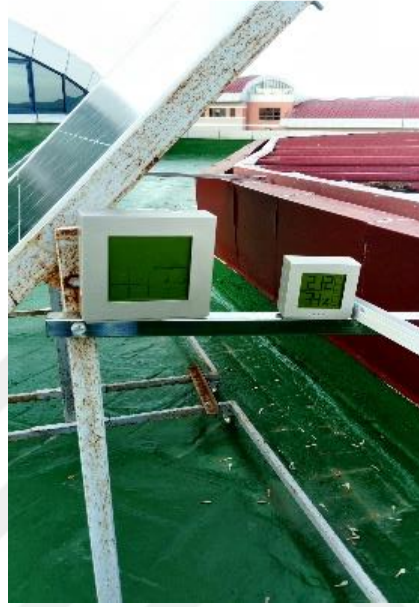
Saat 10:30'da 3,6m/s rüzgar hızına 133,2W DC Güç üretimi

Saat 11:00'da 4,2m/s rüzgar hızına 184,11W DC Güç üretimi

Saat 11:30'da 4,7 m/s rüzgar hızına 196,02W DC Güç üretiminin tekabül ettiği ölçülerek anlaşılmıştır. Saat 14:00'a değin ,DC Güç'ün maximum olduğu değere kadar ,rüzgar hızındaki değişimle DC Güç üretimindeki değişim paralel hareket etmektedir. Ancak saat 14:00'da DC Güç maksimum:290,72W olurken; rüzgar hızı 5,2m/s'de kalmıştır. Saat 14:30 'da 5,6m/s'ye rüzgar hızı yükselirken DC Güç miktarı azalmıştır. Panellerden üretilen DC Güç miktarın azalmaya neden olan faktörün ışınım olduğunu ; Işınım-DC Güç grafiklerinde açıklamıştık. Son ölçüm saati 15:00'da 4,8m/s rüzgar hızı ve 214,02W DC Güç değerleriyle deney tamamlanmıştır.

## 2.5 Basınç Ölçüm Deneyi

Bu atmosferik olay ile alakalı yapılan çalışmalardan anlaşılacağı üzere panel verimi, güneş enerjisi değişimi en az etkileyen hal; açık hava basıncıdır. Açık hava basıncını Sıcaklık ve Nem değerlerini ölçtüğümüz gibi; S+ARCK with OREGON SCIENTIFIC cihazıyla ölçtük. Resimlerine ulaşabilirsiniz.



Şekil 46 S+ARC with Oregon Scientific ile Basınç Ölçümü

Deney fotoğraflarımız bu şekilde olup, biraz evvel açıkladığım gibi sıcaklık ve nem değerlerini de ölçebilen S+ARCK cihazını kullandık. Günler ve saatlerdeki basınç değerleri, ölçümler sonucu elde ettiğimiz aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

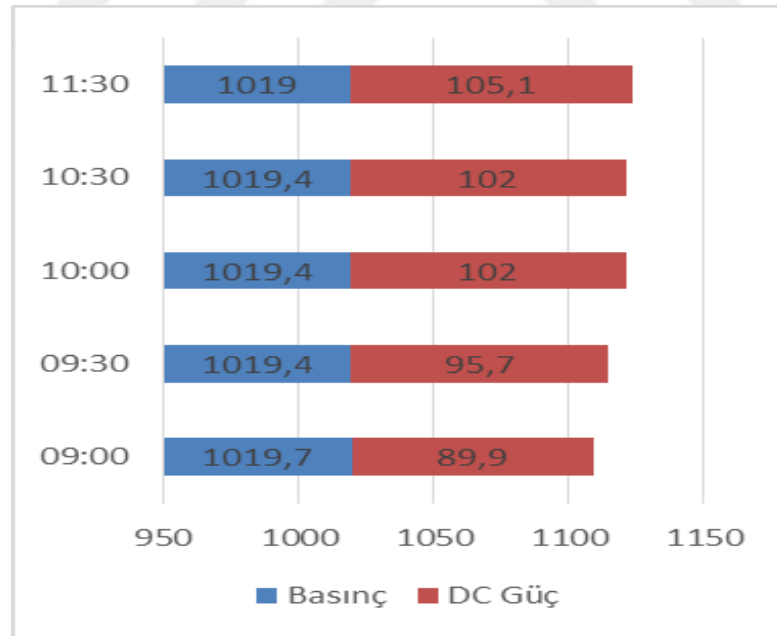
Tablo 14 22-27-30\12\2017 tarihlerindeki Basınç-DC Güç Ölçümleri

Sütun1	Sütun4	Sütun9	Sütun1	Sütun4	Sütun9	Sütun1	Sütun4	Sütun9
tarih\gün			tarih\gün			tarih\gün		
22\11\2017			27\11\2017			30\11\2017		
Çarşamba	basınç	güç	Çarşamba	basınç	güç	Cuma	basınç	güç
saat	hPa	W	saat	hPa	W	saat	hPa	W
09:00	1019,7	89,9	11:30	1020	37,985	11:30	1017	100,01
09:30	1019,4	95,7	12:00	1018	38,804	13:00	1017	130,32
10:00	1019,4	102	13:00	1018	39,76			
10:30	1019,4	102						
11:30	1019	105,1						

Tablo 15 07-13-15\12\2017 tarihlerindeki Basınç-DC Güç Ölçümleri

Sütun1	Sütun4	Sütun9	Sütun1	Sütun4	Sütun9	Sütun1	Sütun4	Sütun9
07\12\2017			13\12\2017			15\12\2017		
Perşembe	basınç	güç	Çarşamba	basınç	güç	Cuma	basınç	güç
saat	hPa	W	saat	hPa	W	saat	hPa	W
13:00	1027	181	11:00	1020	140,01	10:00	1015,5	150,47
13:30	1026	187,2	11:30	1020	147,6	10:30	1015,5	133,2
14:00	1019	172,8	13:00	1019	150,36	11:00	1015,9	184,11
						11:30	1015,7	196,02
						12:00	1015	238
						12:30	1015	256,56
						13:00	1014,7	229,37
						14:00	1014,4	290,72
						14:30	1014,4	206,34
						15:00	1014	214,02

Basıncın PV panele etkisini tayin edebilmek için Tablo verilerinden grafiklere ulaşıldı.

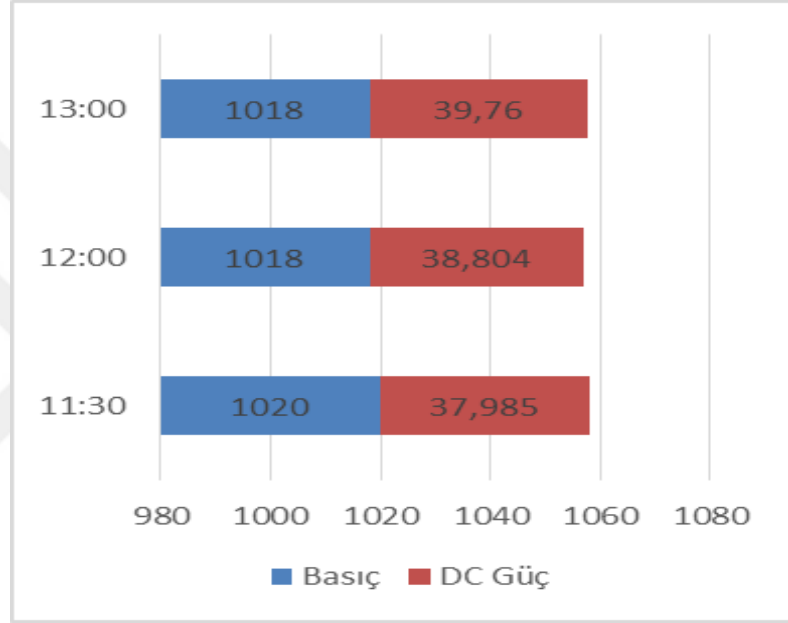


Şekil 47 Basınç-DC Güç Değişimi-22\11\2017

22/11/2017 tarihli Basınç-DC Güç grafiğinden anlaşılacağı üzere ;yapılan deney ölçümlerinin datalarıyla ulaştığımız grafikler ,ölçüm yapılan saatlerde basınç faktörünün

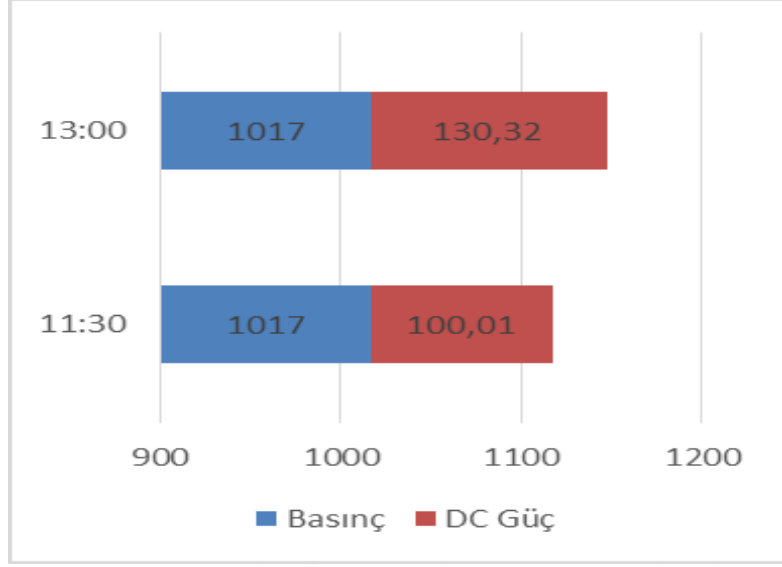
fazlaca değişmediği ve değişse de PV Panellerden üretilen DC Güç'e doğrudan etkisi olmadığı anlaşılmaktadır.

Saat 09:00'da 1019,7hPa olan açık hava basıncı ; saat 09:30, saat 10:00 ve saat 10:30'da düşerek ve sabit ilerleyerek 1019,4hPa seviyesine gelmiştir.Saat11:30'da yapılan ölçümde 1019hPa açık hava basıncı değerine ulaşılmıştır. Üretilen DC Güç değerleri sırasıyla 89,9W,95,7W,102W102W,105,1W olarak ölçülmüştür. Açık hava basıncı ölçümlerimizi çok fonksiyonlu Barometre (sıcaklık ve nem de ölçer) ile yapmaktayız.



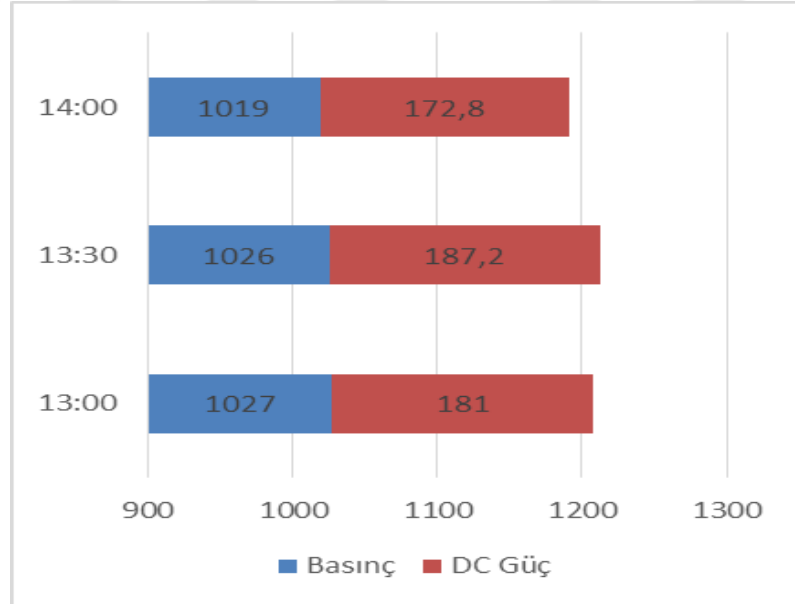
Şekil 48 Basınc-DC Güç Değişimi-27/11/2017

Saat 11:30'da 1020hPa olan açık hava basıncı değeri ile aynı anda ölçülen DC Güç değeri 37,985 W olarak ölçülmüştür. Saat 12:00'da 1018hPa açık hava basıncına 38,804W DC Güç denk geldiği ölçülmüştür. Ayrıca saat 13:00'da değişmeyen 1018 hPa olan açık hava basıncına 39,76W değerinde DC Güç değeri tekabül etmiştir.



Şekil 49 Basınç-DC Güç Değişimi-30/11/2017

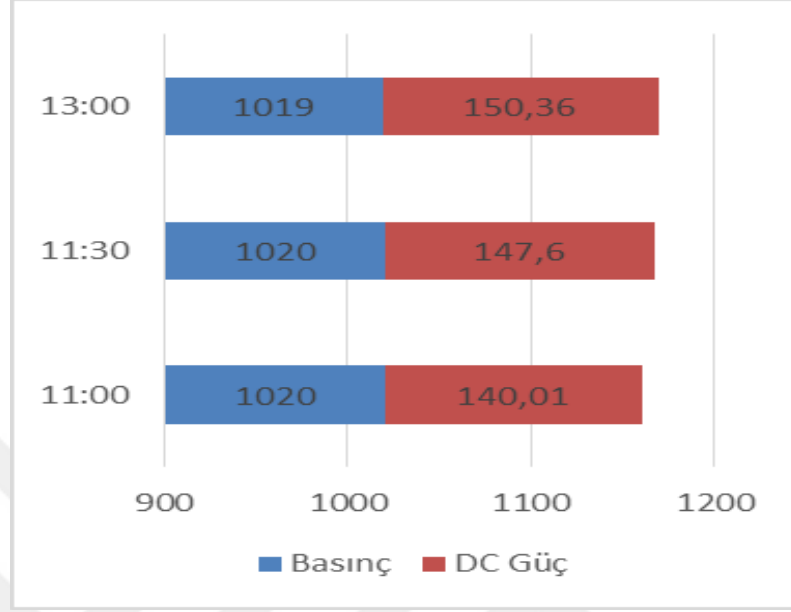
Saat 11:30 ve 13:00'da iki ölçüm yapılmıştır. İki ölçüm saatinde de 1017hPa olarak ölçülen açık hava basıncı varken üretilen DC Güçler sırasıyla; 100,01W, 130,32W olarak ölçülmüştür.



Şekil 50 Basınç- DC Güç Değişimi-07/12/2017

Bu tarihteki ölçümlerimizde görülenler şunlardır: Saat 13:00'da 1027hPa açık hava basıncı Manometre ile ölçülmüştür. Tam bu saatte Panellerden üretilen DC Güç 181W olarak ölçüldü. Saat 13:30'da açık hava basıncı 1026hPa olmuş, DC Güç 187,2W olarak

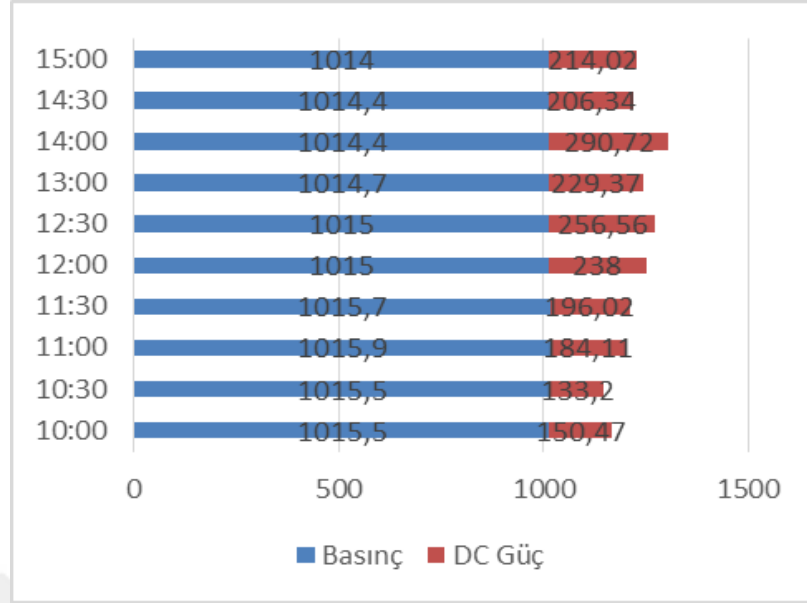
hesaplanmıştır. Saat 14:00 olduğunda açık hava basıncı düşmüş 1019hPa seviyesine gelmiştir. Üretilen DC Güç 172,8W değerinde hesaplanmıştır.



Şekil 51 Basınç- DC Güç Değişimi-13/12/2017

13/12/2017 tarihindeki ölçümlerde basınç miktarı çok değişmese de üretilen DC Güç miktarlarında sürekli artmaların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Grafikten anlaşılacağı üzere saat 11:00 ve saat 11:30'da açık hava basıncı değeri 1020hPa olarak ölçülmüştür. Saatler 13:00 olduğunda açık hava basıncı değeri 1019hPa 'ya düşmüştür. Sırasıyla yazacak olursak PV Panellerden üretilen DC Güç değerleri: 140,01W,147,6W,150,36W olarak ölçülüp hesaplanmıştır.





Şekil 52 Basınç –DC Güç Değişimi-15/12/2017

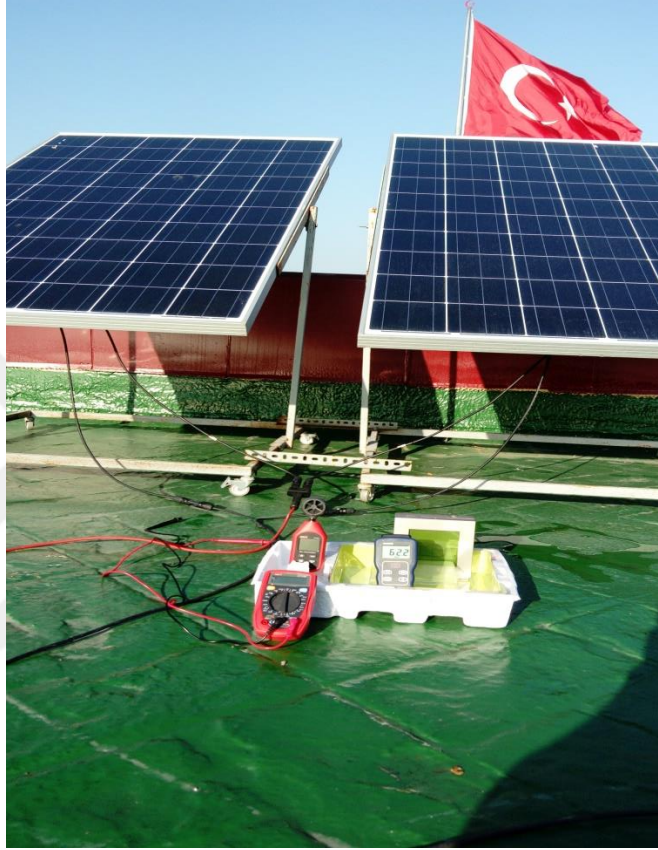
Kapsamlı ölçümlerin yapıldığı 15/12/2017 Cuma gününde ,07/12/2017 ve 13/12/2017 tarihli ölçümlerden elde edilen grafiklere benzer grafik görmek mümkündür.

Saat 10:00’da açık hava basıncı değeri 1015,5hPa

Saat 10:30’da açık hava basıncı değeri 1015,4hPa olarak ölçülmüştür. Lakin DC Güç miktarı 150,47W’tan 132,20W’a gerilemiştir. Saat 11:00’da 1015,94hPa ölçülen basınç değerinde iken, 184,1W DC Güç ölçülmüştür. Saat 11:30’da 1015,7hPa açık hava basıncı değerine karşılık 196,02W DC Güç değeri elimize ulaşmıştır. Saat 12:00’da 1015,4hPa değerine gerileyen basınçla DC Güç 238W ‘a yükselmiştir üretilen DC Güç değeri. Saat 12:30’da açık hava basıncı değeri sabit kalmıştır:1015hPa.Lakin DC Güç yükselişi 256,56W olarak ölçülmüştür. Saat 13:00’da 1014,7hPa değerinde açık hava basıncı ve 229,37W güç değeri ölçülmüştür. Saat 14:00 ve 14:30’da 1014,4hPa değerine gerileyen açık hava basıncı ile DC Güç değeri bir yükselip bir alçalmıştır. En son saat 15:00’da 1014hPa’lık açık hava basıncına karşılık Fotovoltaik Panellerden üretilen DC Güç 214,02W olarak ölçülüp hesaplanmıştır.

## 2.6 Mini Meteorolojik İstasyon

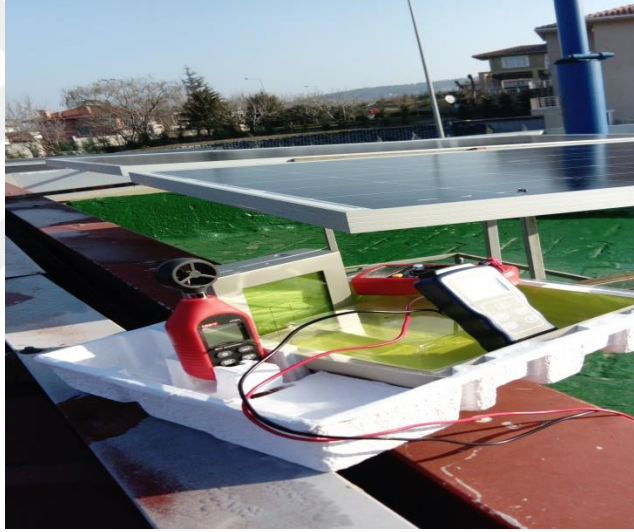
Kurduğumuz bu mini istasyon elemanları: Termometre, Higrometre, Barometre, Anemometre ve Solar Power Metre'dir. Bunlarla birlikte Akım ve Gerilim değerlerini ölçerek DC Güç değerini bulmak için Multimetre cihazı da Mini Meteorolojik İstasyon malzemelerine eklenmiştir.



Şekil 53 Mini Meteorolojik İstasyon

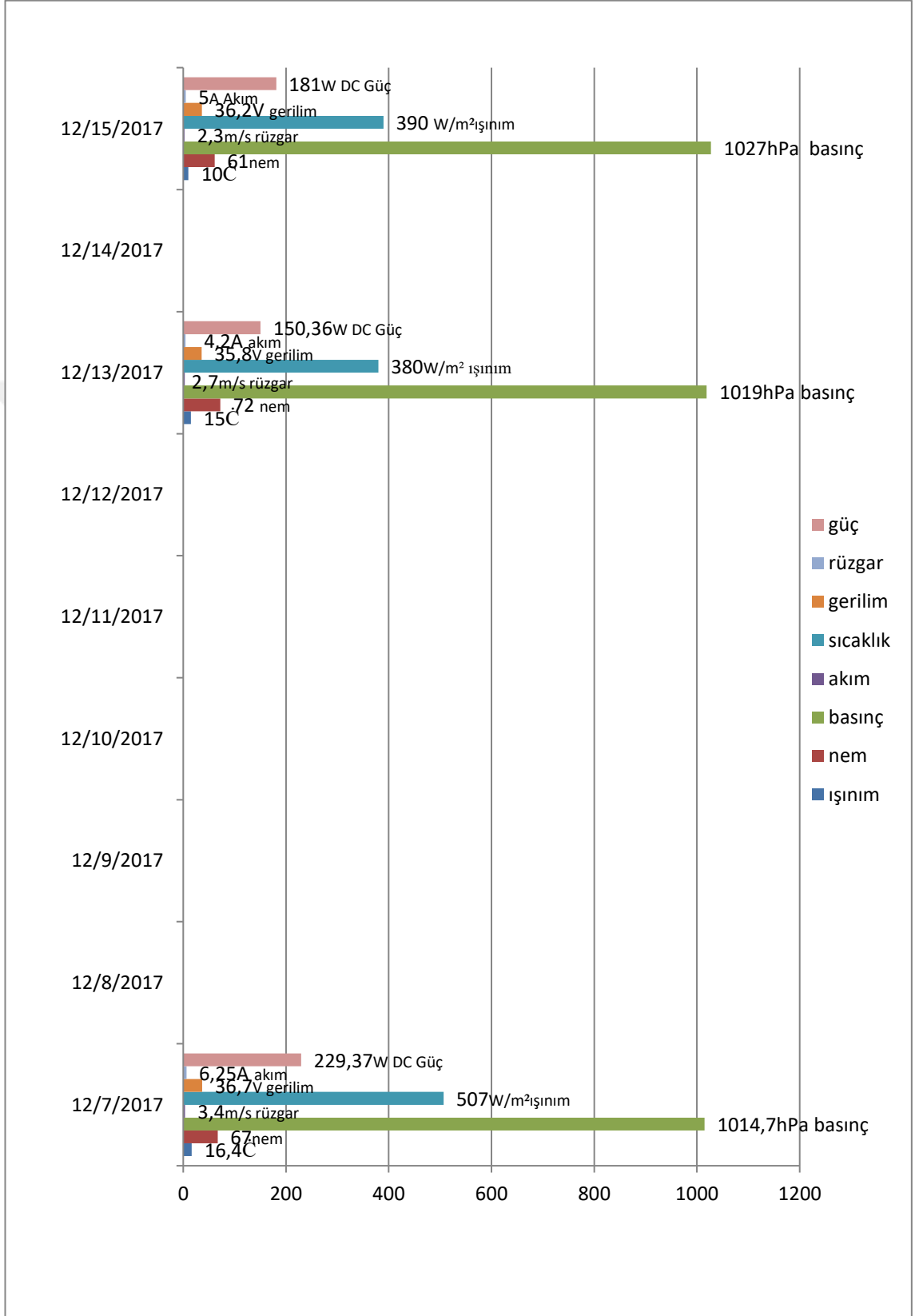


Şekil 54 Mini Meteorolojik İstasyon

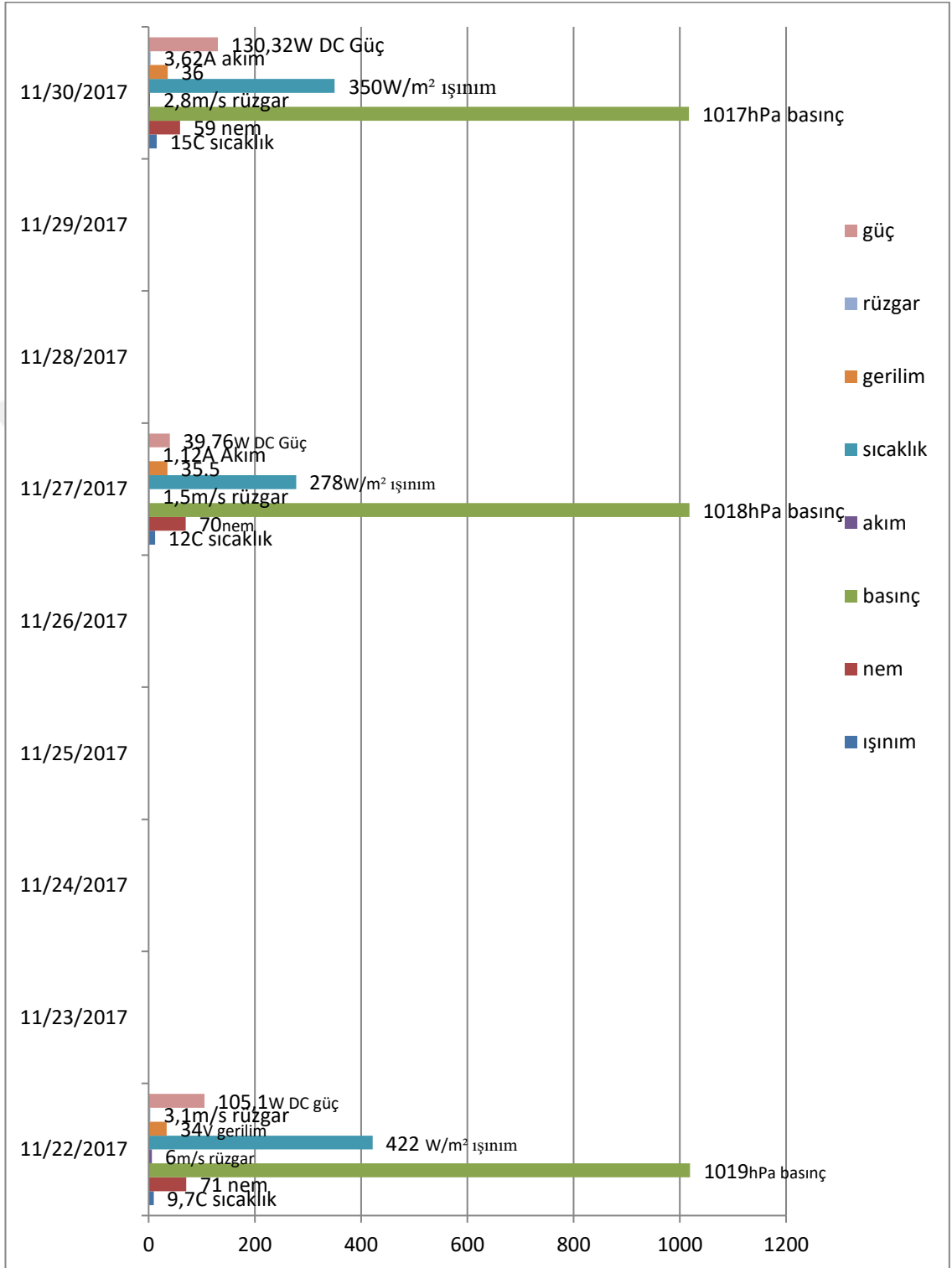


Şekil 55 Mini Meteorolojik İstasyon

Şekil 56 Atmosferik Koşullar ve PV Paneller Enerji üretimi -07-13-15/12/2017 :Saat 13:00



Şekil 57 Atmosferik koşullar ile PV Panel Enerji üretim ilişkisi 22-27-30/11/2017: Saat 13:00



Şekillerde 22-27-30/11/2017 tarihleri saat 13:00 'daki deney ölçümlerimizden elde edilen sonuçların oluşturduğu bir grafik ile aynı şekilde 07-13-15/12/2017 tarihleri saat 13:00'daki deney ölçümlerimizden elde edilen sonuçların meydana getirdiği grafikler gösterilmiştir.

Deney çalışmamızda, tüm atmosferik parametrelerin güneş enerjisinden elektrik enerjisine dönüşümdeki artılarını ve eksilerini inceledik. Kasım ve Aralık aylarında gün gün ve saat saat Sıcaklık, Işınım, Rüzgar, Nem ve Basınç değerlerini ; çok fonksiyonlu S+ARC with Oregon Scientific (Termometre, Higrometre, Barometre), UT363 Mini Anemometre ve Solar Power Meter Instruction Manuel cihazları ile ölçerek kayıt altına aldık. Her parametre ile yapılan deney çalışmalarını ayrı ayrı inceleyerek tezimizde anlattık.

Yukarıda elde edilen her grafik ve açıklamalarının geniş özetine; Kasım ve Aralık aylarında ölçüm yapılan saatlerden bir tanesini seçerek (saat 13:00) yukarıdaki iki adet grafiğe ulaştık. Grafiklerden de görüleceği üzere ve evvelki grafik açıklamalarıyla çelişmediği görülerek şu sonuca varılması mümkündür: Işınım miktarının artıyor olması güneş enerjisinden elde edilen verimi yükseltirken; ışınım azaldığında ters etki yapmaktadır. Basınç parametresi güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisini en az etkileyen faktördür demek mümkündür.

## 2.7 Ölçüm Sonuçları

Tez çalışması iki bölümden oluşmaktadır. Teoriler ve uygulamalarla tez çalışması sonlandırılmıştır.

Birinci bölümde yaşamın kaynağı olan güneşten, yüzyıllardır süregelen çalışmalar sonucu ulaşılan verilerle birlikte bahsedilmiştir. En büyük enerji kaynağı olması sebebiyle, yenilenebilir enerji kaynaklarına öncülük edeceğinden bahsedilmiş, Güneş Enerjisinin dünyada ve özellikle Türkiye'deki durumundan 'fayda, imkan, olumsuzluk' söz edilmiştir.

Güneş enerjisinden yararlanılırken bu enerjinin maksimum derecede verimli olabilmesi için verimini etkileyen atmosferik parametreler üzerine yapılan araştırma, makale, tez çalışması, yayınlar, kitaplar... üzerinden durulmuştur.

Işınım faktörünün Güneş Enerjisi verimini etkileyen en önemli faktör olduğu, tüm çalışmalarda gözler önüne serilmiştir. Anadolu Üniversitesi ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi'nin yaptıkları ortak çalışmada 'ışınım' ın enerji üretimiyle doğrudan bağlantılı olduğu saptanmıştır.

Sıcaklık parametresi için Harran Üniversitesi (HÜBAK) tarafından yapılan çalışmada, sıcaklığın belli seviyeye kadar olumlu etkilediğini, miktarı artınca (25°C'yi aşınca) Güneş Enerjisi verimini negatif yönde etkilediğini ispatlamışlardır. Zafer Çuhadar tez çalışmasında sıcaklığın panel verimine olumsuz etkisini anlatmıştır.

Basınç, nem ve rüzgar için yapılan çalışmalar göstermiştir ki; basınç yalnızca Güneş Enerjisi yer tespiti konusunda denklemlere konulacak bir faktör olmanın ötesine geçememiştir. Nem havadaki toz ve parçacıkların panellere yapışmasına neden olduğundan verimi düşüreceği üzerinde durulmuştur. Rüzgar ise aşırı sıcaklığın ve aşırı nemin atmosfere hakim olduğu zamanlarda devreye girmesiyle Güneş Enerjisi verimini olumlu yönde etkilediği ispat edilmiştir.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde İstanbul Arel Üniversitesi Tepekent Yerleşkesi C Blok Teras katında; iki adet panel, 4 adet akü (akü grubu), bir adet evirici ve tüketim cihazları ile kurulu Off-Grid Güneş Enerjisi Sistemi üzerindeki çalışmalar anlatılmıştır.

Güneş Enerjisi Sisteminin atmosferik parametrelere bağımlılığı araştırıldığından, Kasım ve Aralık aylarının belli günlerinde (7-13-15-22-27-30) ve sabah 09:00'dan akşam saat

17:00'a kadar ölçümler manuel olarak yapılmış ve kaydedilmiştir. Sıcaklık, nem, rüzgar, basınç ve ışınım değerleri yurt içi ve yurt dışından temin edilen cihazlar yardımıyla ölçülüp kaydedilmiştir. Farklı gün ve saatlerdeki ölçüm sonuçları tablo haline getirilmiştir. Akım, gerilim ve DC Güç değerleri de multimetre yardımıyla ölçüldüğünden , atmosferik parametrelerin durumu ile DC Güç, gerilim ve akım değerleri birlikte analiz edilmiştir. Grafiklerle ölçüm ile ulaşılan datalar görsellik kazanmıştır.

Deney sonuçları göstermiştir ki: ışınım Güneş Enerjisi verimini etkileyen en önemli parametredir. Örnek olarak 22/11/2017 Çarşamba günü saat 09:00 da ışınım değeri  $178\text{W/m}^2$  olarak ölçülmüş, saat 10:30'daki ışınım değeri  $525\text{W/m}^2$  ye yükselmiştir. Panellerden üretilen DC Güç değerleri de bu ışınım değerleri ile orantılı olarak artmıştır. 09:00 da DC Güç  $89,9\text{ W}$  iken saat 10:30' da DC Güç  $102\text{W}$  olmuştur. Dolayısıyla ışınım parametresinin Güneş Enerjisi ile doğru orantılı olduğu saptanmıştır. Sıcaklık deneylerinin gösterdiği verime olumlu etki yaptığı olmuştur. Kış aylarında ölçümler yapılmış olması hasebiyle aşırı sıcaklıkların olmaması , fazla sıcaklıkların panel verimine olumsuz etkilerini görmeye çok müsaade etmemiştir. Basınç parametresi ; Güneş Enerjisi Sistemi yer seçimi konusunda kullanılabilecek bir parametre olduğunu , tez çalışmasında kurulu olup ölçümler yapılan deney düzeneğinde hiçbir etki yapmayarak göstermiştir. Rüzgar verime olumlu etkiler yapmıştır. 15/12/2017 tarihi saat 10:30 ve 14:00'daki ölçümlerde görülenler rüzgarın panel verimini olumlu etkilediğidir. 10:30'da  $3,6\text{m/s}$  Rüzgar varken DC Güç:  $133,2\text{W}$  , 14:00'da  $5,2\text{ m/s}$  Rüzgar varken DC Güç : $290,72\text{ W}$  olarak tespit edilmiştir. Aşırı nem ve fazla sıcaklıkların panel verimine olumsuz etkilerinin önüne rüzgar parametresi geçmektedir. Grafikler bu tespitlerle çalışmaktadır.

Hülasa; deney düzeneklerimiz termometre, higrometre, barometre, anemometre, solar metre ile mini bir meteorolojik istasyon kurularak atmosferik ölçümler yapılabilmektedir. Deney ve gözlemler ile sonuçların geliştirilebildiği görülmüştür. Ayrıca farklı bölge ve muhitlerin Güneş Enerjisine uygunluğu için küçük maddi imkanlarla deneyler yapılarak kuruluma uygunluğunun sonucuna varılacağı süreç hızlandırılır.



# Kaynakça

Kıncay, O. *Güneş Enerjisi*, Erişim Tarihi: 12.12.2017. (2006).

; <http://www.solaracademy.com/menus/GunesEnerjisi.021720.pdf>: adresinden alınmıştır

(2014). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Erişim Tarihi: 12.12.2017. : <http://www.eie.gov.tr> adresinden alınmıştır

(2017). Güneş Enerjisi Santrali Tesis Yeri Seçimi ve Önemi, Erişim Tarihi: 12.12.2017: <http://www.enerjibes.com/gunes-santrali-icin-arazi-secimi/>: adresinden alınmıştır

(2017). UNİENERJİ/arsivler/370; Erişim Tarihi: 11.12.2017: <http://www.unienerji.com>. adresinden alınmıştır

(2017). Light Solar Erişim Tarihi: 11.12.2017: <http://www.linklightsolar.com/project-off-grid.htm> adresinden alınmıştır

(2017). Zamanda Yolculuk Erişim Tarihi; 11.12.2017: [www.zamandayolculuk.com/html-1/gunes.htm](http://www.zamandayolculuk.com/html-1/gunes.htm); adresinden alınmıştır

(2017). Enerji Haber: 12.12.2017: [www.EnerjiHaber.com//Solar Panel Temizliği](http://www.EnerjiHaber.com//Solar%20Panel%20Temizligi) adresinden alınmıştır

(2017). Dika Org Erişim Tarihi: 12.12.2017: [http://www.dika.org.tr/upload/archive/files/enerji\\_raporu.pdf](http://www.dika.org.tr/upload/archive/files/enerji_raporu.pdf) adresinden alınmıştır

(2017). Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Yenilenebilir Enerji Kaynakları Datalar Erişim Tarihi: 12.12.2017: [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr): adresinden alınmıştır

*EİE*, Erişim Tarihi: 12.12.2017. (2017). Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Yenilenebilir Enerji Kaynakları Datalar: [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr): adresinden alınmıştır

Akkaya, R. K. (2004). A Microcontroller-Based Stand-Alone Photovoltaic Power System For Residential Appliances, *Applied Energy*. 78, 419-431.

Aksungur, K. K. (2009). Türkiye'nin Farklı Bölgelerindeki Güneş Işınım Verilerinin Analizi ve Değerlendirilmesi Makalesi, s:4.

Alaçakır. (1999).

Almaktar, M. R. (2012). Effect Of Losses Resistances, Module Temperature Variation, And Partial Shading On PV Output Power, Power And Energy (PECon), IEEE International Conference on. IEEE: 360-365.

Altın, V. (2004). *Güneş Enerjisinden Yararlanılarak Elektrik Üretimi*, *Mimar ve Mühendis Dergisi*; 28-31.

Altın, V. (2006). Güneş Pillerinin Yapısı ve Çalışması, *Bilim ve Teknik Dergisi*; 464,41.

- Anstrong, A. (1924). Solar and terrestrial radiation. *Quart J Roy Met Soc.* (50),121-125).
- Archer, M. v. (2001). *Clean Electricity From Photovoltaics*, 1st ed. World Scientific Publishing Co., London,.
- Arslan. E., T. M. (2011). Solar Enerji Sistemleri için Güneş Radyasyon Hesaplama Yazılımı: 1-5.
- Boztepe. (2015). Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Verimliliği Etkileyen Parametreler Makale, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü.
- Çarkıt, T. (2016). *Light World,Erişim Tarihi:12.12.2017*. <https://www.lightworld.com.tr/pv-panellerin-yapisi-ve-panellerden-elektrik-uretimine-sicakligin-etkisi> adresinden alınmıştır
- Çarkıt, T. (2016). PV Panellerin Yapısı Ve Panellerden Elektrik Üretimine Sıcaklığın Etkisi, 457: 65-68. *Elektrik Mühendisliği Dergisi*.
- Çuhadar, A. (2017). Fotovoltaik Sistemler Ve Performans analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi, 12-98.
- Demirer, A. (2017). Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçimi Probleminin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yardımı İle Değerlendirilmesi (Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 Mw'lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim D.
- Fıratoglu, Z. v. (2003). Maksimum Güç Noktası İzleyicili Fotovoltaik Sistemlerin Optimum Dizayn ve Çalışma Koşullarının Araştırılması, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 5, 1 147-158. .
- Girgin, M. (2010). Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi Ve Ekonomik Analizi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü. 94-.
- Işıklar, Y. B. (2006). Fotovoltaik Panel Gücüne Etki Eden Çalışma Parametrelerinin Araştırılması, Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi. 21-23 Haziran . ESOGÜ. Eskişehir:.
- K. S. Karimov, M. A. (2005). *A Simple Photovoltaic Tracking System, Solar Energy Materials & Solar Cells: 87, 49–59*.
- Karamanav, M. (2007). Güneş Enerjisi Ve Güneş Pilleri Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 29-33.
- Popkirov, G. (2003). An Advanced LBIC Measurement Technique For Solar Cell Local Characterization, *Solar Energy Materials And Solar Cell* , 76, 4, 599-611.
- S.Ü.Müh-Mim.Fak.Derg. (2011). 26; 2.
- Sayın, S. v. (2011). Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (Pv) Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri. 26; 3; 93.
- Şahan, M. T. (2015). *SDU Journal of Science (E-Journal)*, 10 (2): 97-105.

Turhan, S. v. (2012). Fotovoltaik Sistemlerde Performans Değerlendirmesi, 6.Ulusal atı & Cephe Sempozyumu, Uludaę Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bursa, 12-13 Nisan, Bursa, 1-9.

Varınca, K. v. (2006). Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, UGHEK’2006: 1. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi 21-23 Haziran, ESOGÜ, Eskişehir, 272.

Watt. (1999).



## ÖZGEÇMİŞ

İsmim Recep ATMACA. 15.03.1990 tarihli Erzurum İspir doğumluyum. Orta Öğrenimimi Büyükçekmece Lisesinde tamamladım. İstanbul Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği mezunuyum.

Bir yıl kadar Gülsan Cam Fabrikasında Üretim Mühendisliği yaptım. Bedaş Çatalca İşletmesi Şantiye Şefliği görevini ifa ettikten sonra bir dönem eğitim sektöründe Öğretmen vazifesinde bulundum. Bu vakitte Tedaş Trakya Bölge Müdürlüğünde Elektrik Elektronik Mühendisi olarak çalışmaktayım. C Sınıfı İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı belgem bulunmaktadır.

