



**T.C.  
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK, ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**GÜNEŞ PİLİ, MODELLERİ VE GRAFİKLERİ İÇİN ASP.NET  
TABANLI WEB ARAYÜZÜ TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DERYA BAŞOL**

**EKİM 2016**

**DÜZCE**

## KABUL VE ONAY BELGESİ

Derya BAŞOL tarafından hazırlanan Güneş Pili, Modelleri Ve Grafikleri İçin ASP.NET Tabanlı Web Arayüzü Tasarımı isimli lisansüstü tez çalışması, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Elektrik, Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği anabilim dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye  
(Tez Danışmanı)

Doç.Dr. İbrahim YÜCEDAĞ  
Düzce Üniversitesi

Üye

Yrd.Doç.Dr. M.Mustafa ERTAY  
Düzce Üniversitesi

Üye

Yrd.Doç.Dr. Nihat DALDAL  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih : 07.10.2016

### ONAY

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu .....'ın ..... Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans / Doktora derecesini almasını onamıştır.

Doç. Dr. Resul KARA  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi, bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

7 Ekim 2016

Derya BAŞOL



*Sevgili Aileme*

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve bu tezin hazırlanması süresince gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli Hocam Doç. Dr. İbrahim YÜCEDAĞ'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. M. Mustafa Ertay Hocama da teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**Ekim 2016**

**Derya BAŞOL**

<b>TEŞEKKÜR .....</b>	<b>I</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ.....</b>	<b>IV</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ .....</b>	<b>VI</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÖZET .....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. GÜNEŞ.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. GÜNEŞ ENERJİSİ .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİ.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIM ALANLARI .....</b>	<b>7</b>
<b>1.5. GÜNEŞ ENERJİSİNİN ÜSTÜNLÜKLERİ VE GÜNÜMÜZDEKİ SORUNLARI.....</b>	<b>11</b>
<b>1.6. GÜNEŞ ENERJİSİ TARİHİ GELİŞİMİ.....</b>	<b>12</b>
<b>1.7. GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ.....</b>	<b>13</b>
<b>2. GÜNEŞ PİLLERİ.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. GÜNEŞ PİLİ (GÜNEŞ HÜCRESİ) NEDİR? .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2. GÜNEŞ PİLİNİN YAPISI.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3. GÜNEŞ PİLİNİN ÇALIŞMA SİSTEMİ.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4. GÜNEŞ PİLİ ÇEŞİTLERİ.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.1. Kristal Silisyumdan Oluşturulan Güneş Hücreleri .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.2. İnce Film Güneş Hücreleri (CIGS, CdTe, a-Si veya CIS ).....</b>	<b>22</b>
<b>2.4.3. ARGE Aşamasındaki Hücre Teknolojileri.....</b>	<b>23</b>
<b>2.5. GÜNEŞ PİLİ VERİMLİLİKLERİ.....</b>	<b>24</b>
<b>2.6. DÜNYADAKİ GÜNEŞ PİLİ UYGULAMALARI.....</b>	<b>24</b>
<b>2.8. GÜNEŞ PİLİ SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI .....</b>	<b>25</b>
<b>2.8.1. Şebeke Bağlantılı Güneş Pili Sistemleri .....</b>	<b>26</b>
<b>2.8.1. Şebekeden Bağımsız Güneş Pili Sistemleri .....</b>	<b>27</b>
<b>2.8.3. Bağımsız Sistemler - Şebeke Bağlantılı Sistemler Karşılaştırması .....</b>	<b>31</b>

<b>3. GÜNEŞ PİLİ EŞDEĞER ELEKTRİKSEL DEVRE MODELLERİ .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1. GÜNEŞ PİLİ ELEKTRİKSEL MODELİ.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2. FOTOVOLTAİK HÜCRENİN AKIM-GERİLİM VE GÜÇ-GERİLİM KARAKTERİSTİKLERİ.....</b>	<b>34</b>
<b>3.3. GÜNEŞ PİLİ MODELLERİ VE ELEKTRİKSEL DEVRE ŞEMALARI...36</b>	
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>39</b>
<b>5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>46</b>
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>47</b>
<b>7. KAYNAKLAR.....</b>	<b>48</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>51</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1.1. Güneş.....	3
Şekil 1.2. Güneş paneli.....	4
Şekil 1.3. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA).....	6
Şekil 1.4. Trafik lambası.....	8
Şekil 1.5. Güneş enerjisi.....	9
Şekil 1.6. Güneş enerjisi uçağı.....	10
Şekil 1.7. Güneş kulesi.....	11
Şekil 2.1. Güneş pili.....	16
Şekil 2.2. Güneş pili – Fotovoltaik modül.....	17
Şekil 2.3. Güneş pilinin yapısı.....	17
Şekil 2.4. Güneş paneli modülleri.....	19
Şekil 2.5. Güneş hücresinin çalışma mantığı.....	20
Şekil 2.6. Şebeke bağlantılı 4.8 kW güneş pili sistemi.....	26
Şekil 2.7. Şebekeyle bütünleşik güneş pili panelleri.....	27
Şekil 2.8. Şebekeden bağımsız güneş enerjisi sistemi şeması.....	28
Şekil 2.9. Bağımsız güneş pili sistemi uygulaması örneği - Güneş ocağı.....	30
Şekil 3.1. Güneş pili elektriksel modeli.....	33
Şekil 3.2. İdeal bir fotovoltaik hücrenin I-V ve P-V karakteristikleri.....	35
Şekil 3.3. Birinci model-Genel model.....	36
Şekil 3.4. İkinci model-Çift diyotlu model.....	38
Şekil 3.5. Üçüncü model-Uygun model.....	38
Şekil 3.6. Dördüncü model-Basit model.....	38
Şekil 4.1. Tasarlanan web arayüzü – Anasayfa.....	39
Şekil 4.2. Tasarlanan web arayüzü – Örnek görünüm – 1.....	40
Şekil 4.3. Tasarlanan web arayüzü - Örnek görünüm – 2.....	40
Şekil 4.4. Tasarlanan web arayüzü – Yardım.....	41
Şekil 4.5. Tasarlanan web arayüzü – Güneş pili sekmeleri boş görünüm.....	41
Şekil 4.6. Tasarlanan web arayüzü – Örnek çalışma görüntüsü 1.....	42
Şekil 4.7. Tasarlanan web arayüzü – Örnek çalışma görüntüsü 2.....	43
Şekil 4.8. Tasarlanan web arayüzü – Örnek çalışma görüntüsü 3.....	43



Şekil 4.9.	Tasarlanan web arayüzü – Simulink devresi.....	44
Şekil 4.10.	Tasarlanan web arayüzü – Karşılaştırma paneli.....	45
Şekil 5.1.	Tasarlanan web arayüzü – Tek model değer girişli grafik eğrileri.....	46
Şekil 5.2.	Tasarlanan web arayüzü – İkili model değer girişli grafik eğrileri.....	46



## ÇİZELGE LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Çizelge 1.1. Ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli toplamının aylara göre dağılımı.....	6
Çizelge 1.2. Ülkemizin bölgelerine ait yıllık ortalama ışınım - güneşlenme süreleri.....	7
Çizelge 2.1. Güneş pili verimlilikleri.....	24
Çizelge 4.1. Arayüze girilen verilerin değerleri.....	42



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Cd	Kadmiyum
CuInSe	Bakır İndium Selenoid
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
eV	Elektron Volt
Ga	Galyum
Ge	Germanyum
Hz	Hertz
J	Joule
°K	Kelvin
KW	Kilowatt
KWh	Kilowattsaat
MW	Megawatt
nm	Nanometre
pv	Fotovoltaik (photovoltaic)
Si	Silisyum
Te	Tellür
W	Watt
V	Volt

## ÖZET

### GÜNEŞ PİLİ, MODELLERİ VE GRAFİKLERİ İÇİN ASP.NET TABANLI WEB ARAYÜZÜ TASARIMI

Derya BAŞOL  
Düzce Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik - Elektronik Ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi  
Danışman: Doç. Dr. İbrahim YÜCEDAĞ  
Ekim 2016, 62 sayfa

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hızla artmaktadır. Güneş enerjisi ulaşılabilirliğinin kolay olması sebebiyle yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki yerini en ön sıralara taşır. Güneş pilleri (fotovoltaik piller) ise yenilenebilir enerji kaynaklarının en başlarında gelmektedir. Ayrıca güneş enerjisinin doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülmesini sağladığından önemi de giderek değer kazanmakla birlikte, bu konuda yapılan araştırmalarda gün geçtikçe daha da hızlanarak artmaktadır. Güneş enerjisi potansiyeli bakımından ülkemiz birçok ülkeye oranla, coğrafi konumu itibarıyla daha şanslı durumda bulunmaktadır.

Yapılan bu tez çalışmasında fotovoltaik güneş pillerinin dört modeli uzaktan erişimli olarak ve eğitici olmadan kişiye öğretmek amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada bu modellerin anlaşılabilirliğini arttırmak amacıyla basite indirgenmiş sabit değerler çerçevesinde çizdirilen akım-gerilim, güç-gerilim ve akım-zaman grafiklerinin web sunucusu üzerinde kullanıcıya erişimini sağlanmıştır.

Bu çalışmada, fotovoltaik pillerin elektriksel eşdeğer devre tasarımlarında MATLAB Simulink programı kullanılmış, kullanıcıların istenilen grafiklere erişimi için ise Microsoft Visual Studio 2010 programında ASP.NET platformu üzerinde bir arayüz oluşturulmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** Güneş enerjisi, Güneş pilleri, Güneş modelleri, Asp.Net

## **ABSTRACT**

### **DESIGN OF ASP.NET BASED WEB INTERFACE FOR SOLAR CELLS, MODELS AND GRAPHICS**

Derya BASOL  
Duzce University  
Institute of Science and Technology  
Electricity - Electronics and Computer Engineering Department  
Master of Science Thesis  
Supervisor: Associate Prof. Dr. Ibrahim YUCEDAG  
October 2016, 62 pages

Today, the usage of renewable energy sources are increasing rapidly. Solar energy is easy to access of againts other renewable energy sources, which can be due to being in that place at the forefront. Solar cells (photovoltaic cells) come in at the head of renewable energy sources. It is important that in the solar cells, solar energy is converted directly into the electrical energy. In research conducted in this regard it is increasing day by day more accelerated. Our country in terms of solar energy potential compared to many countries, there are more glorious state to its geographical location.

Four models of photovoltaic solar cells made this thesis aimed to teach and explain to people by remote access without instructor. In this study, in order to increase the intelligibility of the model, simplified the framework drawn by the constant values current-voltage, power-voltage and current-time graphs are provided access to users on the web server.

In this study, MATLAB Simulink is used in the electrical equivalent circuit design of photovoltaic cells. To access the desired graphics for users in Microsoft Visual Studio 2010 program an interface formed on ASP.NET platform.

**Keywords:** Solar energy, Solar cell, Solar models, Asp.Net

# 1. GİRİŞ

## 1.1. GÜNEŞ

Güneş birçok gazın meydana getirdiği kor halindeki bir gök cisimi olarak tanımlanır. Güneşin dış sıcaklığı 6.000 °C iken, iç sıcaklığı 15-20.000.000 °C civarındadır. Kütlesi de, Dünyanın kütlesinin yaklaşık 333.000 katıdır.



Şekil 1.1. Güneş.

Güneş gökcisminin yaklaşık % 90 civarı hidrojen molekülüdür. Güneşin dış yüzeyinde hidrojen çekirdekleri füzyon yapar ve helyum çekirdekleri meydana gelir. Bu tepkimeler sonucunda ise çok büyük enerji ortaya çıkar. Güneşin toplam ışımaya miktarı  $3.8 \times 10^{26}$  J/saniye olduğundan, saniyede güneş üzerinde yaklaşık 600 milyon ton proton taneciği tüketilir.

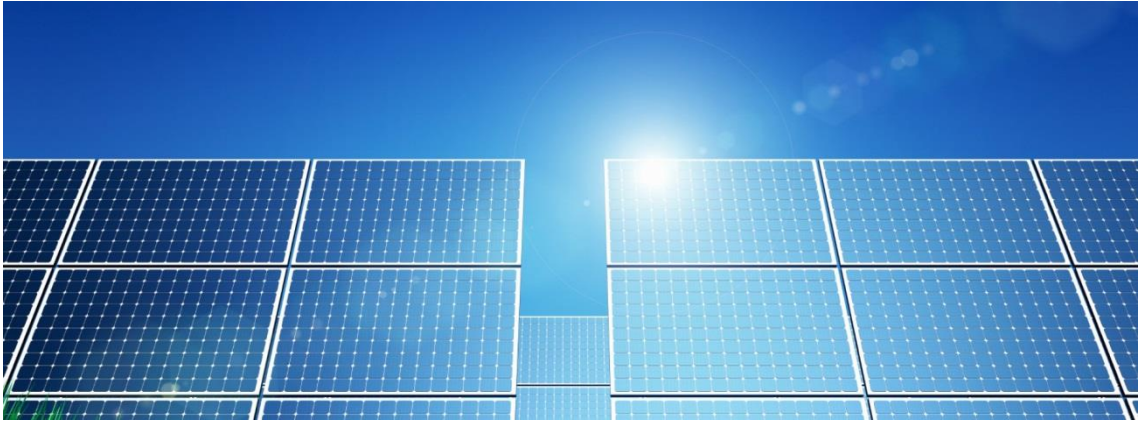
Güneş'in yaydığı enerji ise yeryüzündeki insanların günümüzde kullandığı toplam enerjinin yaklaşık onbeş-onaltı bin katı kadardır. Dünya yüzeyine gelen güneş enerjisi farklı dalga boylarında bulunan ışınımlardan oluşur. Bu ışınımlar ise yeryüzüne 8 dakika civarında ulaşmaktadır.

Güneş'in gözle görünen dış yüzeyine ışık küre yani fotosfer adı verilir. Işıkkürenin üzerinde ise renkküre (kromosfer) adında ve yaklaşık kalınlığı 5.000 km olan bir iç atmosfer bulunur. Renkkürenin üzerinde ise maximum sıcaklıkta olan güneş tacı (korona) yer alır. Bu son katman çok sıcak olmakla beraber bir çok yanmakta olan bazı gazlarda içerisinde bulundurulur. Bu sebeple de güneşin dış yüzeyinde her saniyede milyonlarca atom bombası patlamasına eşdeğer güç ve büyüklükte patlamalar meydana gelir. Sadece güneş kendi başına, büyük güneş sistemine ait kütlenin % 99,8'ini oluşturmaktadır [1].

Güneşten yeryüzüne saniyede  $4 \times 10^{26}$  J'lük enerji civarında ışınım gelmektedir. Yeryüzünün dış katmanına, atmosferin dışına gelen güneş ışınlarının dik bir metrekare alanına gelmekte olan güneş enerjisi güneş değişmezi (S) olarak isimlendirilir. Güneş değişmezinin değeri  $S=1373 \text{ W/m}^2$ 'dir. Belirtilen değer, yıl içerisinde değişmez bir değer olarak alınabilir. Bunun nedeni ise çoğunlukla yeryüzüne gelen güneş ışınlarında dik yüzey dikkate alınmasıdır. Yalnız, yeryüzünün güneş etrafında izlediği yörüngesi çember şeklinde olmayıp, elips şeklinde olduğundan yıl içerisinde bu değer üzerinde %3.3 civarında değişim görülmektedir. Dünyanın yüzeyine ise güneş enerjisinin soğurma ve yansıma gibi olaylardan ötürü  $832 \text{ W/m}^2$ 'lik bölümü gelmektedir.

## 1.2. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi, kaynağını güneşten alan, parlak bir ışıktır. Güneş gök cisminin merkezinde yer alan füzyon olaylarıyla ortaya çıkan ışınım enerjisidir. Güneşte bulunan hidrojenin, helyuma dönüşmesi süreci füzyon olayından kaynaklanmaktadır. Yeryüzü atmosfer tabakasının dışında güneş ışınımının değeri sabittir ve bu değer  $1370 \text{ W/m}^2$  (watt/metrekare) civarındadır. Bu değer yeryüzeyinde  $0-1100 \text{ W/m}^2$  arasında bir değişim göstermektedir. Yeryüzüne gelen bu enerjinin küçük bir bölümü dahi, tüm insanlığın şu an ki var olan mevcut enerji tüketiminden kat ve kat fazladır [2].



Şekil 1.2. Güneş paneli.

Güneş enerjisinden faydalanma konusunda yapılan çalışmalar ülkemizde de özellikle 1970'ler ve sonrasında oldukça hız kazanmıştır. Güneş enerjisi sistemleri zamanla teknoloji bakımından ilerleme gösterirken, maliyet açısından ise düşüş göstermiştir. Güneş enerjisi, hem çevre dostu olarak hemde temiz bir enerji kaynağı olarak kendini

birincil olarak benimsetmiştir.

Güneş enerjisi teknolojileri bazı açılardan (yöntem, teknolojik düzey, malzeme...) iki farklı gruba ayrılır. Bu iki grup aşağıda belirtilmiştir.

Isıl Enerji Teknolojileri: Bu teknolojiye ilk olarak güneş enerjisinden ısı elde edilir ve elde edilen bu ısı doğrudan ya da elektrik üretiminde kullanılabilir.

Güneş Pilleri: Bu piller fotovoltaik pil adıyla da isimlendirilir. Yarı iletken malzemeler olan bu fotovoltaik piller güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirir.

Güneş enerjisi, kaynağını güneşten alan, tükenmez enerji kaynağı olmakla beraber bu enerjinin gaz, toz, duman, kükürt ya da karbon gibi zararlı maddeleri de bulunmamaktadır. Tüm dünyanın yararlandığı ve yararlanabileceği bir enerji kaynağı oluşu ile, ülkelerin enerjiye olan bağımlılıklarını ortadan kaldırır ve hiçbir ulaşım harcaması da olmadan her zamanda ve her yerde sağlanabilmektedir. Fakat bu enerjinin yoğunluğu azdır. Bu yüzden istenilen zamanda ve istenilen yoğunlukta bulunamayabilir. Şu an ki bulunduğumuz teknolojik yapıda, bu enerjiden faydalanmak için gerekli araç-gereç ve yapılacak düzeneklerin yatırım maliyetleri yüksektir [3].

### **1.3. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ**

Ülkemiz güneş kuşağı denilen, güneş enerjisi yönünden zengin bir coğrafi konumda olmasına rağmen, güneşin bu enerjisinden yeterince yararlanamamaktadır. Konumu itibarıyla güneş enerjisi bakımından potansiyeli oldukça yüksek olan ülkemizin; ortalama, senelik toplam güneş alma süresi 2.640 saattir. Bu da gün bazında toplam yaklaşık 7,2 saat etmektedir. Yıllık olarak ortalama toplam ışınım miktarı ise 1.311 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Bu da günlük yaklaşık toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup> olmaktadır. Güneş enerjisinin ülkemize ait potansiyel ortalaması 380 milyar kWh/yıl civarlarında hesaplaması yapılmıştır [4].

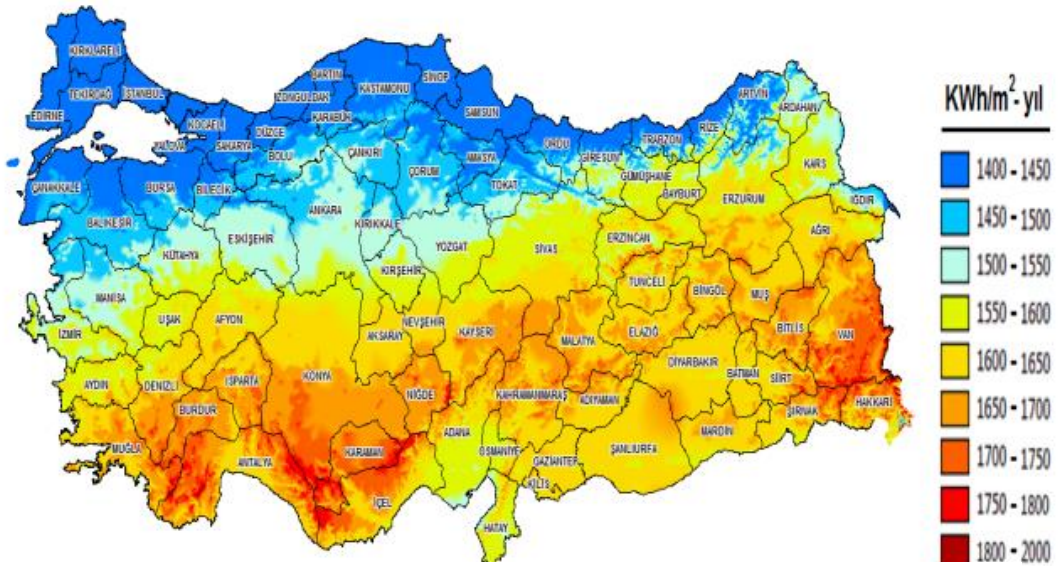
Ülkemizde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 1966-1982 yılları arasında ölçülmüş güneşlenme süresi ile ışınım şiddeti bilgilerinden faydalanarak Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nce yapılmış bir çalışmaya göre ülkemizin ay bazında güneş enerji potansiyelleri ile güneşlenme sürelerinin bilgileri aşağıdaki



tabloda gösterilmiştir [5].

Çizelge 1.1. Ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli toplamının aylara göre dağılımı.

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi (saat/ay)
	(kcal/cm <sup>2</sup> -ay)	(kWh/m <sup>2</sup> -ay)	
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
<b>Toplam</b>	<b>112,74</b>	<b>1311,00</b>	<b>2640</b>
<b>Ortalama</b>	<b>308,0 cal/cm<sup>2</sup>-gün</b>	<b>3,6 kWh/m<sup>2</sup>-gün</b>	<b>7,2 saat/gün</b>



**Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)**

Şekil 1.3. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA).

Çizelge 1.2. Ülkemizin bölgelerine ait yıllık ortalama ışınlım - güneşlenme süreleri.

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

Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası'nın verileri ve CSP teknolojisiyle ülkemizin yaklaşık üretebileceği enerji miktarının 380 milyar kWh/yıl kadar olduğu hesaplanmıştır.

Türkiye'de günümüzde kurulmuş bulunan güneş kolektörü sayısı 12 milyon m<sup>2</sup> civarındadır. Bu kolektörlerin teknik olarak güneş enerjisinin potansiyelleri 76 TEP'tir ve yıllık ortalama üretim hacimleri ise 750.000m<sup>2</sup> olmaktadır. Ülkemizdeki bu üretimlerin küçük kısmı ihraç edilebilmektedir. Bu değerler sonucunda, ortaya çıkan değerlendirmelere göre 0,15m<sup>2</sup> güneş kolektörünün kişi başına kullanıldığı düşünülmektedir. Güneş enerjisi ile elde edilen ısı enerjisinin ortalama yıllık üretim miktarının 420.000 TEP civarında olduğu bilinmektedir. Tüm bu değerler neticesinde ülkemizin ülkelere göre gözle ayırt edilebilir bir güneş kolektörü üreticisi aynı zamanda da kullanıcısı durumda olduğu görülür [6].

#### **1.4. GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIM ALANLARI**

Güneş enerjisinin yeni aynı zamanda da yenilenebilen bir enerji kaynağı olmasıyla beraber, insanoğlu için gelmiş geçmiş en önemli sorunların başında gelen çevre kirliliği oluşturan artıklarının olmaması, lokal olarak uygulanabiliyor olması ve karışık teknolojiler gerekli kılmaması gibi avantajları olduğundan ötürü son zamanlarda üstünde çokça çalışmaların yapıldığı/yapılacağı konu haline gelmiştir.

Güneş enerjisinin depolanabilmesi ve başka enerji türlerine dönüşümü ısı, mekanik, kimyasal ve elektrik gibi yöntemlerle olmaktadır.

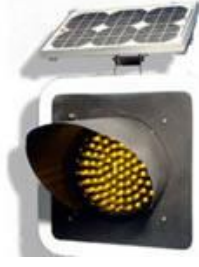
- Isı depolamada: Yüksek öz ısı kapasitesine sahip olan ve rahatlıkla bulunabilen uygun maddeler kullanılmaktadır Bunlara örnek olarak yağlar, çakıl taşı yatakları ve su gösterilebilir.
- Mekanik depolamada ise güneş ile çalışan pompayla veya kompresörle basılan basıncı yüksek olan akışkan madde, uygun bir ortamda toplanmaktadır.
- Elektrik depolamadaysa, enerji depolanması bataryalar yani aküler ile yapılmaktadır.
- Kimyasal depolamadaysa hidrat tuzundan faydalanılmaktadır.

Güneş enerjisi yukarıda bulunan çevrimlerle veya direkt olarak doğrudan: su damıtılması, yüzme havuzlarının ısıtılmasında; nebati ürünlerin kurutulmasında, yapıların ısıtılmasında ya da soğutulmasında; kaynatma ve pişirme; enerji sistemleriyle ısının ve elektriğin beraber üretilmesinde; sulama suyu pompalanmasında endüstriyel işlem ısısının üretilmesinde, elektriğin üretilmesinde, fotokimyasal/fotosentetik çevrimlerinin gerçekleştirilmesi amaçlı kullanılabilir. Tüm bu çevrimlerden en sık ve en çoğunlukla kullanılanları aşağıda sırasal olarak belirtilmiştir.

- Güneş enerjisiyle doğrudan ısı enerjisi,
- Güneş enerjisiyle doğrudan elektrik enerjisi,
- Güneş enerjisiyle hidrojen enerjisi [7].

Güneş enerjisinin kullanıldığı diğer örnek alanlar;

- Trafik İşaretleri Lambalarında: Trafik lambalarının enerji ihtiyacını gidermek amacıyla güneş enerjilerinden faydalanılmaktadır. Fakat trafiklerde bulunan lambaların hepsi güneş enerjisi ile çalışmamaktadır. Bu enerji ile çalışan trafik lambaları çoğunlukla şebeke bağlantılarından uzak yerlerde kullanılmaktadır. Trafik lambalarının üstünde olan güneş pilleri hem trafik lambasına ışık verir hem de fazlasını gece kullanmak için bataryasına depo etmektedir.



Şekil 1.4. Trafik lambası.

- Evlerin Elektrik İhtiyaçlarının Karşılanmasında: Evlere ait çatılara takılan güneş panelleri (güneş pilleri) sahip oldukları büyüklük ve genişlikleri oranınca elektrik üretmektedirler. Bu panellerde üretilen elektrikten çevreye hiçbir zarar gelmemekle birlikte güneş panelleri mümkün olduğunca hiç bakım-onarıma ihtiyaç olmadan uzun yıllarca çalışabilmektedir.
- Cep Telefonlarını Şarj Etmede: Cep telefonu başta olmak üzere onun gibi taşınabilen cihaz ve makinalara şarj doldurmak amacıyla küçük güneş pillerinden faydalanılmaktadır..
- Bahçe Aydınlatmalarında: Lambaların üst kısımlarında güneş pilleri bulunur ve bu piller yardımıyla da lambalar tüm gece süresince yanar ve masrafsız olarak aydınlanma imkanı verir.
- Sıcak Su Üretiminde: Yine genellikle ev çatılarına yerleştirilen paneller ve kollektörler yardımıyla güneşin sıcaklık ve ısıtma yetisinden faydalanarak su ısıtılır. Bu paneller yardımıyla ısınan su tüm evin sıcak su ihtiyacını karşılayabilmektedir.



Şekil 1.5. Güneş enerjisi.

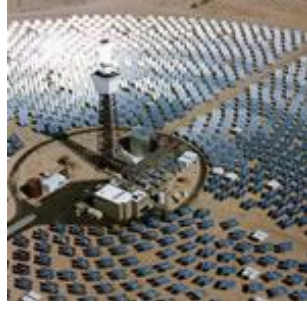
- Sokak Aydınlatmalarında: Kara yollarını, caddeleri ya da sokakları aydınlatmada büyük rakamlı bütçeler harcanmaktadır. Günümüzde aşırı yaygınlaşmasada bu alanda da güneş pillerinden faydalanılmaktadır.

- Güneş Arabalarında: Bu arabalar şu an protatip aşamasındadır. Bu araçların üretilmesi ile ileride güneş enerjisiyle çalışmakta olan araçlarla seyahatlerin gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir.
- Uçaklarda: Bu alanda güneş enerjisi kullanımı daha deneysel aşamadır. Günümüzde özellikle uçuş alanında, hava içerisinde uzunca kalması gerekli olan casus uçaklarda ve resimdeki NASA'ya ait deneme uçağıyla güneş pilleriyle hiçbir yakıt sağlamaksızın uçuş gerçekleştirebilmektedir.



Şekil 1.6. Güneş enerjisi uçağı.

- Hesap Makinelerinde: Makine içerisinde minicik güneş pilleri bulunur. Bu hesap makineleriyle pil değişim sorunu olmadan yıllar boyunca çalışabilen hesap makineleri mevcuttur.
- Saatlerde: Hesap makinesindeki benzeyen bir takım dijital saatlerde yine güneş hücreleri yardımıyla uzun süre boyunca çalışabilmektedirler.
- Yapay Uydularda: Dünyadan fırlatılan ve uzay boşluğunda uzun yıllarca duran uydular üzerlerindeki elektronik teçhizatlar için gerekli enerjileri güneş panelleri yardımıyla alırlar. Tüm uydularda elektrik üretimi için gerekli olan güneş paneli bulunmaktadır.
- Güneş Kulelerinde: Güneş kulelerinde pekçok ayna, tek bir ortak sabit nokta üzerine odaklanarak sıcak suyun üretimi yapılır ve ardından üretilen sıcak su, elektrik üretimi için kullanılmaktadır.



Şekil 1.7. Güneş kulesi.

- Soğutma Sistemlerinde: Enerji ile sıcak su üretimi olduğu gibi, ek düzenekler yardımıyla soğuk su üretimi de yapılabilmektedir.
- Giysi/Çantalarda: Mini mp3'lerde ve buna benzer elektronik cihazların devamlı çalışabilmesi için giysi ve çantalara minik güneş hücreleri takılabilmektedir [8-9].

## 1.5. GÜNEŞ ENERJİSİNİN ÜSTÜNLÜKLERİ VE GÜNÜMÜZDEKİ SORUNLARI

Aşağıda güneş enerjisinin üstünlükleri sıralanmaktadır.

- Güneş enerjisi tükenmez bir enerji kaynağıdır.
- Enerji türleri içerisinde en temizidir. İçerisinde bazı zararlı gazlar (kükürt, karbon, vb.) bulundurmamaktadır.
- Bu enerjinin ekstra ulaşım harcaması yoktur ve her yerden sağlanabilir.
- Güneş enerjisi günümüzde her an oluşan ya da oluşabilecek sorunların etkisinden uzaktır. Yani örneğin bir ulaşım hattı şebekesinde yapılan değişiklik sonucundan ötürü güneş enerjisi hiçbir şekilde etkilenmez.
- Güneş, sadece bir ülkenin değil tüm dünyanın faydalanabileceği bir enerji kaynağı konumundadır.
- Karmaşık teknolojik yapı gerektirmez.
- Güneş enerjisi güneşin ışıma süresine göre az ya da çok bulunması bakımından bazı yerlerde verimde farklılıklar olabilmektedir.
- Dünyadaki çoğu ülkeler güneş enerjisinden rahatlıkla faydalanmaktadır.

Günümüzde güneş enerjinin karşısına çıkan sorunlar aşağıda belirtilmiştir.

- Güneş enerjisinden faydalanmak amacıyla gerekli düzeneğin kurulabilmesi için günümüzde yapılan yatırımların gider maaliyetleri şu anın teknolojisi ile yüksek seviyededir.
- Gelen güneş ışınlarının birim yüzeylere gelişleri devamlı olmadığından depolama ihtiyacı ortaya çıkar ve bu durumda da pekçok sorunla karşılaşılabilir.
- Bu enerjinin yoğunluk derecesi düşüktür aynı zamanda da sürekli olmayabilir yani istediğimiz zamanda istediğimiz kadar bulamayabiliriz.
- Güneş gök cisiminden gelmekte olan enerjinin miktarını kontrol edemeyiz. Örneğin enerji ihtiyacımızın çok olduğu kış mevsimi zamanında ışınlar çok az şiddette gelir [10].

## 1.6. GÜNEŞ ENERJİSİ TARİHİ GELİŞİMİ

İnsanoğlunun güneş enerjisinden teknoloji açısından faydalanması çok eski zamanlara dayanmaktadır.

Tarihte bilinen ilk uygulama, Sirakuza'da Arşimed tarafından yapılan ve güneş ışınlarının kocaman aynalar ile yoğunlaştırılmasıyla düşman gemilerine odaklanması, gemileri yakmasıdır.

Onyedinci yüzyılda güneş, aynı yöntemle odun yığınları yakımında kullanılmıştır. Onsekizinci yüzyılda ise yoğunlaştırılan ışınların kimyasal tepkime ve güneş ocakları şeklinde kullanımı görülmüştür. Ondokuzuncu yüzyılda ise bu uygulamaların daha da arttığı gözlenmektedir. Bu yüzyıldaki gelişmelere yoğunlaştırılan enerjiyle metalin eritilmesi, su dağıtımının yapılması, buhar üretilmesi, güneş ile çalışabilen buhar makinalarının yapımı ve baskı makinaları söylenebilir.

Yirminci yüzyılda da insan hayatında yer edinen petrol nedeni ile güneş enerjisinin kullanımında azalma gözlenmiştir. Fakat dünya çapında gerçekleşen petrol bunalımı ve fiyatların artmasıyla tekrar güneş enerjisi ile yapılan çalışmalar artmaya başlamıştır. Özellikle bu dönemde ev içinde sıcak su sağlanması ile güneş topaclarının kullanılması da yaygınlaşmaya başlamıştır. Güneş santrallerinin yapımına da bu yüzyılda başlanmıştır.

1950'lerde Bell'in laboratuvarında güneş pilleri gpiller ile güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren mekanizmalar şeklinde yaygınlaşmış, kullanıldığı alanlar böylelikle giderek artmıştır.

Uzaydaki araçlara gereken enerjiyi sağlamak için güneş hücreleri en uygun araç konumuna gelmiştir. Zamanla kullanım alanları da artmış ve buna bağlı olarakta üretimin de artmasıyla fiyatları düşmüştür.

Bu enerjinin dışında kullanılan enerjilere, yeryüzeyinin sahip olduğu iç ısıdan faydalanma, dünya ile ay arasında bulunan çekim kuvveti ve enerjisinden faydalanma aynı zamanda buna gel-git enerjisi de denmektedir ve nükleer enerji örnek verilebilir.

Güneş enerjisinin gün boyunca değişkenlik ve kesiklik göstermesi bu enerjide bir takım sorunlar doğurmaktadır. Halbuki bu enerji kullanılabilir mevcut enerjinin yaklaşık on beş, on altı katıdır. Bu yüzden de bu enerjiyi daha etkili ve verimli bir şekilde kullanabilmek için yollar bulmamız gerekmektedir [11].

## **1.7. GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ**

Güneş enerjilerinden faydalanabilmek amacıyla birçok teknoloji geliştirilmektedir. Geliştirilen bu teknolojinin bir bölümü bu enerjiyi ışık ya da ısı enerjisi biçiminde doğrudan kullanır kimisi ise bu enerjiden elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Güneş enerjisi suyu ısıtmak ya da çok daha büyük boyutlu suları yani havuzları ısıtmak içinde kullanılabilir.

Güneş enerjisi ile çalıştırılan su ısıtıcıları üç şekilde sınıflandırılabilir.

- Aktif sistem, bu sistem su veya ısı transferi yapılacak olan sıvının çevrimi için pompayı kullanır.
- Pasif sistem, su veya ısı transferi yapılacak olan sıvının devrini doğal çevrimlerle yapan sistemlerdir.
- Kütle sistemleri ise, su veya sıvı tanklarının direkt güneş ışığıyla ısınımını amaçlamaktadırlar.

Günümüzde en yaygın kullanılan güneş enerjisi uygulamaları aşağıda belirtilmiş ve açıklanmıştır.



- Düzlemsel Güneş Kollektörleri: Evlerimizde sıcak su için kullandığımız sistemdir ve ülkemizde de oldukça kullanılmaktadır.
- Yek-odaklı Güneş Enerjisi Santralleri: Bu sistemler doğrusal, çanak biçiminde veya sabit bir noktaya yönlendirilen kocaman aynalarla, merkez noktada epeyce yüksek derecede sıcaklıkta ısı elde edilen sistemlerdir. Çoğunlukla elektrik üretilmesinde kullanılmaktadırlar fakat kullanım alanı pekde yangın değildir.
- Vakum Tüplü Güneş Enerjisi Sistemleri: Bu sistem için içe geçik konumda iki tane silindir şeklindeki cam tüp ısı ile birbirlerine bağlanmasıyla beraber bu işlem sürecinde arada bulunan havanın alınmasıyla üretilirler. Dıştaki silindirik tüpe ait dış yüzeye gelen güneş ışınları, silindirler arasındaki bulunan havasız ortamdan geçer ve iç bölümde yer alan diğer silindirik tüpün yüzeyinde soğrulmasıyla çalışırlar. Silindirler arasında başka herhangi bir madde bulunmadığından gelen ışıma ile içeride ısınan sistemdeki suyun dış hava sıcaklığı ile arasında bir bağımlılık söz konusu değildir.
- Güneş Ocakları: Şekilleri çoğunlukla çanaklara benzer fakat kutu şeklinde de olanlar vardır. Güneş çanakları güneş ısını merkezde toplayan yapılardır. Gelişme seviyesinde bulunan ülkeler bu güneş enerjisi yöntemini daha sıklıkla kullanır.
- Trombe Duvarı: Pasif enerji sistemlerinin içerisinde yer alır. Şekli sandviç şekline benzer ve cam - hava kanallarıyla paketlenmiş şekildedir. Işınlar gün içerisinde bu duvarın alt ve üst kısmında yer alan geçiş boşluklarını harekete geçirerek doğal çevrimle ısı kütleyi ısıtırlar. Güneş ışığının olmadığı saatlerde ise trombe duvarı depoladığı enerjiyi ışıma yoluyla yaymaktadır.
- Geçişli Hava Paneli: Bu sistem aktif güneş enerjili ısıtma ve havalandırma sistemidir. Güneşe yönelik delikli bir duvardan oluşur ve çalışması termal güneş panelinin çalışmasına andırır. Bu sistem ucuz olmakla beraber verimi %70'lere kadar çıkabilir [12].

Yaygınlaşamayan fakat araştırmaları bulunan güneş enerjisi teknolojilerinin bir kısmı aşağıda belirtilmiş ve açıklanmıştır.

- Güneş Havuzları: Havuz içerisine atılmış tuzlar yardımıyla havuzun en alt tarafında bir sıcaklık elde edilmesiyle geliştirilen teknolojidir. Şu ana kadar elde edilen en yüksek sıcaklıklı su Texas'da bulunan güneş havuzundadır ve sıcaklığı

90°C'dir. Bu sistem çoğunluklu deneysel olarak kalmış ve yaygınlaşmamıştır [13].

- Güneş Bacaları: Güneş bacaları da deneysel aşamada kalmıştır. Sistem bina zeminindeki toplanan ısının dar ve oldukça yüksek bir bacaya yönlendirilmesi ve ısının bacadaki kurulmuş olan türbini çalıştırmasına dayanır.
- Su Arıtma Sistemleri: Havuzların üzerlerine eğimli bir camdan kapak yerleştirilerek, buharlaşan suyun tuzdan arındırılması ve kapak içerisinde yoğunlaştırılmasıyla oluşan sistemlerdir. Havuz sistemi çeşitleri içerisinde de adlandırılabilirler.
- Ürün Kurutma Sistemleri.



## 2. GÜNEŞ PİLLERİ

### 2.1. GÜNEŞ PİLİ (GÜNEŞ HÜCRESİ) NEDİR?

Güneş pilleri, güneş ışığını doğrudan elektrik akımlarına dönüştüren (fotovoltaik) araçlar olarak adlandırılır. Güneş hücreleri ya da pilleri yarı iletken bir diyot olarak çalışırlar ve güneş ışığının taşıdığı enerjiyi iç fotoelektrik reaksiyondan yararlanarak doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür.



Şekil 2.1. Güneş pili.

Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire biçiminde olup, alanları  $100 \text{ cm}^2$  civarında, kalınlıkları 0,2 veya 0,4 mm civarındadır. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir.

Fotovoltaik terimi güneş enerjisinden elektrik üretimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Çoğunlukla “PV” ile gösterilmekte ve ışıktan gerilim üretilmesi anlamına gelmektedir. Güneş pilleri, enerjinin korunumu yasasına uygun olarak davranırlar ve enerjiyi depolayamamaktadırlar. Işık kaynağı olan güneş ortadan kalktığında, güneş hücresinin ürettiği elektrik de kesilir. Eğer tüm gün boyunca elektrik kullanılmak isteniyorsa sisteme ayırdan bir elektrik depolayıcının eklenmesi gerekmektedir [14].



(a)

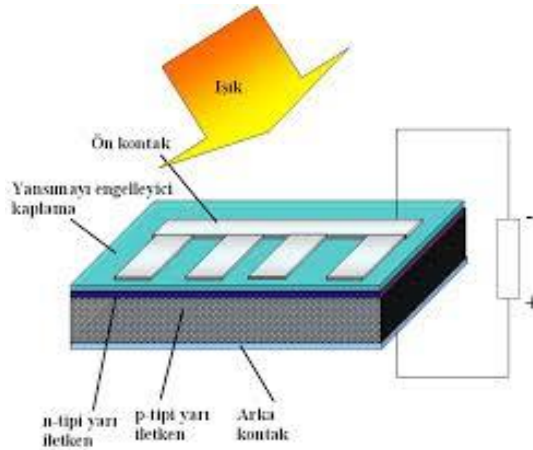


(b)

Şekil 2. 2. a) Güneş pili b) Fotovoltaik modül.

## 2.2. GÜNEŞ PİLİNİN YAPISI

Güneş pillerinin üst katmanı kırılma, çatlama ve oluşabilecek enerji kayıplarının önlenmesi amacıyla eklenen yansıma önleyici kaplamadan ve korumadan oluşmaktadır. Bu tabakanın alt tarafındaysa N tipi ve P tipi yarı iletken maddeler bulunmaktadır. Bu yarı iletken maddeler eriyik halde iken bazı istenilen maddelerle belirli ve kontrollü bir şekilde katkılandırılmasıyla oluşturulmaktadır. Güneş hücrelerinde çoğunlukla yarı iletken maddeleri olarak çok kristalli silisyum kullanılır.



Şekil 2.3. Güneş pilinin yapısı.

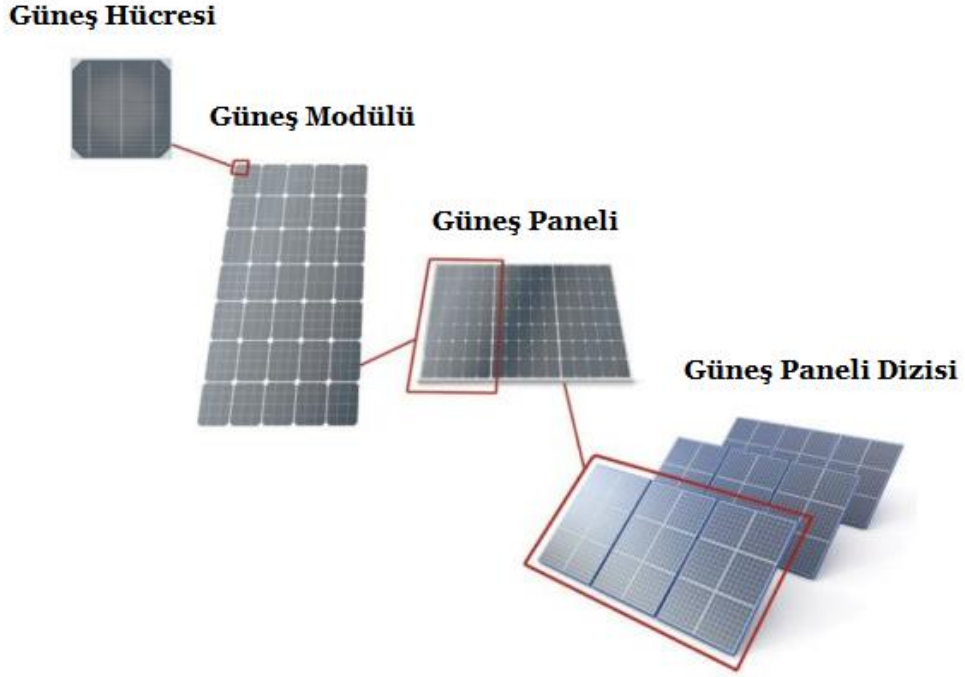
Güneş pilinin üst yüzey kısmında güneş pilince üretilecek olan akımı toplayan ve genellikle bakırdan yapılan ön kontaklar bulunmaktadır. Bu kontakların alt kısmında 150 mm kalınlığı civarında ve yansıma özelliği bulunmayan bir kaplama tabakası bulunmaktadır. Eğer bu tabaka olmasaydı, silisyum maddesi üzerine gelen ışınım miktarının yaklaşık üçte birini yansıtırdı. Yani bu tabaka pilin yüzeyinde oluşabilecek herhangi bir yansımayı önlemek için kullanılır. Güneş hücresinin ön yüzeyi normal şartlar altında yansıyan ışığın küçükte olsa bir bölümünü daha yakalamak için piramit ve konikler şekilleriyle tasarlanmışlardır. Yansıtma özelliği olmayan bu kaplamanın alt kısmında hücrenin elektrik akımının ortaya çıkardığı yapı bulunmaktadır. Bu yapı iki ayrı tabaka halinde bulunur.

N-katmanı, fosfor atomlarının eklendiği silisyumdan oluşmuştur ve güneş pilinin negatif tarafını oluşturur.

P-katmanıysa, bor atomlarının eklendiği silisyumdan oluşmuştur ve güneş pilinin pozitif tarafını oluşturmaktadır.

N ve P katmanları arasında, P-N kavşağı adı verilen ve bu bölgede pozitif ve negatif yüklü olan elektronların karşılaştığı bir alan bulunmaktadır. Güneş pilinin arka yüzey bölümünde elektronların içeri girdiği ve pozitif kontak görevi üstlenen bir arka kontak yer almaktadır.

Üretilmiş olan güneş pilleri standart test koşulları altında test edilir ve ardından tüketicilere sunulur. Belirlenen standart test koşulları için ortam sıcaklık değeri  $25^{\circ}\text{C}$ , ışınım şiddeti ortalama  $1000 \text{ W/m}^2$  ve hava kütle oranı 1,5 civarındadır. Hava-kütle oranıysa güneş ışınımının geçirilme oranını gösteren atmosfer kalınlığını temsil eder ve güneş gökcisminin tam tepe noktada olduğu konumda bu oran 1 olarak alınmaktadır. Bu oran önemlidir. Çünkü atmosferce absorbe edilen ışınımın oranına bağlı olarak, güneş hücresinin üreteceği elektrik miktarıda değişmektedir. Örneğin normal bir silisyum güneş hücresi 0.5 volt civarı kadarınca elektrik üretebilmektedir. Eğer üretilen gerilim değeri artırılmak isteniyorsa güneş pilleribirbirlerine seri bağlanmalıdır. Güneş pilleri farklı çıkış gücü ve büyüklükte üretilebilirler. Silisyum pillerinin birbirlerine seri şekilde bağlanmasıyla modüller oluşmaktadır. Modüllerin birbirlerine bağlanmasıyla da örgüler oluşmaktadır. Oluşturulan her bir modül paralel ya da seri bağlantılara imkan sağlayacak şekilde bağlantı kutusu ile beraber dizayn edilmektedirler [15].

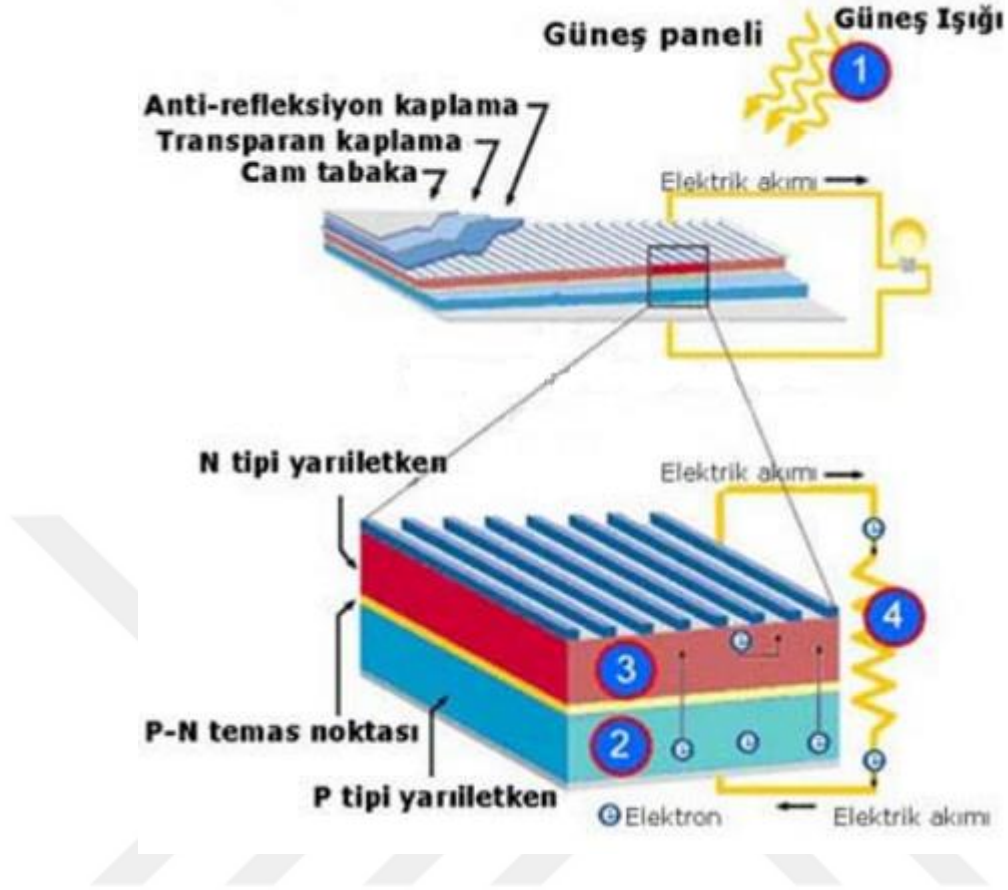


Şekil 2. 4. Güneş paneli modülleri.

Güneş hücrelerinin rahatlıkla kırılabilen bir yapıda olması ve aynı zamanda da hücreden üretilen gerilim değerinin düşük miktarda olması ortadan kaldırılması gereken bir durumdur. Güneş pillerin birbirlerine bağlanmasıyla oluşan modüller, koruyucu bir çerçeve içine alınmışlardır. Bu modüllerden üretilen gerilimler kullanılabilir seviyededirler. Modüller içerisindeki hücre sayıları çıkış güçlerini belirlemede önemlidirler [15].

### 2.3. GÜNEŞ PİLİNİN ÇALIŞMA SİSTEMİ

Şekil 2.5'te güneş pilinin çalışma sisteminin şema halinde gösterimi yapılmıştır.



Şekil 2. 5. Güneş hücrelerinin çalışma mantığı.

- Birinci bölümde; güneş ışıkları güneş pilinin üst yüzeyine düşmektedir. Bu güneş ışıkları fotovoltaiik hücrelerce emilir. Güneş hücresinin içerisinde çok elektronlu P tipi yarı iletken maddeyle, az miktarda elektron içeren N tipi yarı iletken madde bulunmaktadır.
- İkinci bölümde; yüzeye gelen güneş ışıkları P tipi yarı iletken malzeme içeren katmandan elektron koparmaktadır.
- Üçüncü bölümde; belli bir enerjiye sahip olan elektronlar N tipi yarı iletken malzeme içeren katmana doğru yönelirler.
- Dördüncü bölümde; sabit olarak ve tek yöne doğru oluşan bu elektron akışı doğru akımı oluşturmaktadır. Bu elektronlar kurulmuş olan devreler boyunca ilerleyerek pillerin şarj edilmesi veya daha değişik alanlarda kullanılmak üzere P tipi yarı iletken katmana geri dönmektedir [16].

## 2.4. GÜNEŞ PİLİ ÇEŞİTLERİ

Güneş pillerinin neredeyse tamamı yaklaşık %98'i silisyumdan oluşmaktadır. Silisyum yeryüzünde çokça bulunur fakat saf halde değildir. Genellikle silisyum dioksit ( $\text{SiO}_2$ , kuvars) halinde bulunmaktadır. Bu yüzdende saflaştırmak gerekir. Bu saflaştırma işleminin maliyeti de oldukça yüksek olduğundan güneş pillerinin maliyeti de buna paralel olarak yükselmektedir.

Güneş hücrelerinin ideal optimum çalışma sıcaklığı 25 derecedir. Güneş pilleri bu sıcaklık üzerinde olan değerlerde çalıştırıldıklarında verim kaybı meydana gelir.

Güneş hücreleri üç katagoride incelenebilir. Bunlar;

- Birinci Nesil Güneş Pilleri: Kristal silisyumdan oluşturulmuş olan güneş hücreleri (mc-Si, c-Si)
- İkinci Nesil Güneş Pilleri: İnce film güneş hücreleri ( CIGS, CdTe, a-Si veya CIS )
- Üçüncü Nesil Güneş Pilleri: Nano teknolojiye dayalı olarak geliştirilmiş olan güneş hücreleri (Supertandem, Tandem, ...) [17].

### 2.4.1. Kristal Silisyumdan Oluşturulan Güneş Hücreleri

Kristal silisyumdan oluşturulan güneş hücrelerinin ışınları yutma oranı düşüktür. verimlilikleri ise %12-16 civarlarındadır. Bu yüzdende güneş pili üreticilerine bu güneş pilleri oldukça cazip gelmektedir. Üretici firmalar için pazar paylarının yaklaşık %93'nü bu güneş pilleri alır. Aynı zamanda bu piller kullanıcıya 25 yıl garanti süresi sunmaktadır. Bu güneş pilleri de kendi arasında Monokristal (SIN veya c-Si) ve Polikristal (mc-Si) olarak iki gruba ayrılmaktadır.

Monokristal Yapıda Güneş Pili (c-Si, SIN)

- Bu piller homojen yapıdadır.
- En yüksek güneş verimlilik kapasitesine sahiptir.
- Bu yapıdaki güneş pillerinin üretimi çok ayrıntıya ihtiyaç duyar ve zordur. Bu yüzdende yüksek fiyatlıdır.
- Saf kristal gereksiniminde fiyatı üzerinde önemli etkendir.



- Monokristal yapıdaki bu pillerin verimleri %15-18 arasında değişmektedir. Hatta laboratuvar ortamında %20'lik verime kadar çıkılabilmektedir. Verimliliklerinin yüksek olmasından ötürü de uzun vadeli yatırımlar için ideal olan pillerdir [18-20].

#### Polikristal Yapıda Güneş Pili (Poly-Si)

- Bu güneş pilinin ana malzemesi pek çok monokristalden oluşmaktadır. Fakat yapıları homojen değildir.
- Güneş pili verimlilikleri yaklaşık %12-15 arası bir değerdedir. Laboratuvardaysa yaklaşık %16,2'lik bir verime kadar çıktığı gözlenmiştir.
- Kristal yapısı tamamıyla homojen olmadığı için uygun maliyettedir.
- Güneş pillerinde 20 yıl çalışma sürecinde yaklaşık %14 kadar bir verim kaybı oluşmaktadır.
- En sık üretilen güneş pilleri, bu güneş pili [18,19].

#### 2.4.2. İnce Film Güneş Hücreleri (CIGS, CdTe, a-Si veya CIS )

Bu tür güneş pillerinin ışık yutma oranları oldukça yüksektir. Verimlilikleri ise %7-14 arasındadır. Bu nedenle üreticiler tarafından pazar payları sadece %7'dir ve fiyatları düşüktür.

#### Amorphous (a-Si)

- Kristal yapıda değildir.
- Bu pillerinin verimlilik kapasitesi %5-8 arası değerlerde değişim göstermektedir.
- Dayanıklılık ve verimlilik açısından diğer güneş pili çeşitlerine göre kapasiteleri düşük değerlerdedir.
- Düşük enerji ihtiyacı için kullanımı daha uygundur.
- Çalışma zamanı içerisinde %21 civarlarında verim kaybı meydana gelir.
- Bu güneş pillerinin üretimi için maliyeti yüksek donanım birimleri gerekir.
- Firmalar yüksek donanım maliyetine rağmen üretim sürecinin ucuz olmasından dolayı bu pillere yönelmektedirler.

#### Cadmium Telluride (CdTe)

- Verimleri yaklaşık %11 civarlarındadır.

- Üretimleri düşük maliyettedir.
- Bu güneş pilleri yalnızca rijit camla beraber kullanılanabilmektedirler.

CIGS (Copper indium gallium (di)selenide, Bakır indiyum galyum diselenyum)

- Bu güneş pilleri yapısı bakımından oldukça ince tabakalıdır.
- Verimlilik kapasiteleri yaklaşık %10 civarlarındadır.
- İnce yapılı olduklarından dolayı kolaylıkla monte edilebilirler.
- Üretim maliyetleri düşüktür.
- CIGS güneş pili geniş yüzeylerde en rahatlıkla uygulanabilen güneş pili türüdür.
- Güneş pili verimlilikleri % 11-14 arasında değişkenlik göstermektedir.
- Esnek yüzey ya da camla beraber kullanılabilir.
- Zamanla artış gösteren bir pazar payı oranına sahiptir.

### **2.4.3. ARGE Aşamasındaki Hücre Teknolojileri**

Bu alanda çalışmalar hala devam etmektedir ve tam olarak bir sonuca ulaşamamıştır. Üretimlerine başlandığı taktirde yüksek verimliliklere sahip olacaklarından ötürü enerji üzerine büyük bir basamak ekleyecekleri düşünülmektedir.

Supertandem Cells

- Bu hücrede teorik olarak %86,8 verime ulaşılması hedeflenmektedir. Şu an ki ulaşılmış verimlilik değeri %35,4'tür.

Intermediate Band Solar Cells

- Teoride ulaşılacak verimlilik değeri %63,22'tür. Fakat henüz ulaşılmış bir verimlilik değeri mevcut değildir.

Hot Carrier Cells

- Bir takım sorunlar nedeniyle üretim aşamasına geçememiştir. Üretilmeye başlanması halinde supertandem piline hemen hemen yakın bir verimlilik elde edileceği düşünülmektedir [21].

## 2.5. GÜNEŞ PİLİ VERİMLİLİKLERİ

Fotovoltaik güneş pilleri sürekli gelişim ve değişim gösterdiği için verimliliklerde bunlara bağlı olarak sürekli değişim içerisinde. Fakat, karşılaştırılmalı olarak gösterimi bize bir kaynak adı altında yardımcı olacağı için aşağıda Fraunhofer Enstitüsü tarafınca yapılmış olan en yüksek verimliliklere sahip güneş pili ve verimliliklerini gösteren tablo gösterilmektedir [14-22].

Çizelge 2. 1. Güneş pili verimlilikleri.

<b>Fotovoltaik Güneş Pili Türü</b>	<b>Alan (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Verimlilik (%)</b>	<b>Üretilen Birim</b>
Tek Kristalli Silisyum	4,00	24	Sydney, UNSW, Avustralya
Çok Kristalli Silisyum	21,2	17,4	Almanya, Freiburg, ISE
Amorf Silisyum	1	14,7	United Solar
Ga, Cu/In, Se <sub>2</sub>	0,4	17,7	NREL, USA
CdTe / CdS		15,8	USA
GaAS Tek kristal	1	23,9	Nijmegen, K.Univ, Hollanda

## 2.6. DÜNYADAKİ GÜNEŞ PİLİ UYGULAMALARI

Dünyada gelişmek üzere olan ülkelerde kurulan güneş pili sistemleri çoğunlukla ev ve kamu binalarına kurulmaktadır. Gelişimini tamamlamış ülkelerdeyse güvenliklerde, caddelerde, tünel aydınlatmaları ve benzeri bir çok özel uygulanabilir alanlarda kullanılmaktadır. Dünyada, bir çok farklı yerlerde on binden daha fazla su pompaj sistemleri kurulmuş ve aynı zamanda da bu sistemler başarıyla işletilmektedir. Güneş hücreleriyle çalışmakta olan iki bin civarı da aşı soğutucusu kullanılmaktadır. Tüm bu uygulamalar küçük olmalarına karşın güçlü ve şebekeden bağımsız olarak çalışan uygulamalardır.

Şu anda, gelişimini tamamlamış ülkelerde giderek yaygınlaşmakta olan uygulama, şebeke bağlantılı sistemlerin bulunduğu teknolojik uygulamalardır. Böyle sistemlerde güneş hücreleriyle üretilen elektriğin fazla gelen kısmı elektrik şebekelerine

satılmaktadır. Bu durumun tersi söz konusu olduğunda ise yani yeterli enerjinin üretilmediği durumlardaysa şebekeden enerji alınmaktadır. Bu tür sistemlerde enerji depolaması yapmaya da ihtiyaç kalmamaktadır. Sadece üretilen doğru akım elektriğin, alternatif akım elektriğe çevirilebilmesi ve şebekeye uyumlu olması yeterlidir. Ortada herhangi bir depolama ihtiyacı olmadığından ötürü bir takım ekstra maliyetleri de ortadan kaldırdığından bu sistemlerde üretilen enerji diğer sistemlere oranla biraz daha ucuzdur.

Güneş pili üretim pazarı yıllık ortalama %30 civarlarında gelişen bir hızla büyüme gösterir. Örneğin, 1997'de yaklaşık üretim 100 MW'ken, 1999'da bu değer 133 MW'a yükselmiştir. Güneş pilleirinin üretiminin yaklaşık %90'lık bölümünü hemen hemen aynı paylarda ABD, Japonya ve ardından da Avrupa ülkelerince yapılmaktadır. Bu yüzdelik dilimin dışında kalan geri kısımda ise Hindistan, Brezilya, Cezayir gibi ülkeler tarafından gerçekleşir.

Güneş hücrelerinin dünyadaki kurulu gücü 1990-1995 tarihleri aralığında her yıl ortalama %25 civarında bir artış göstermiştir. Günümüzdeyse dünyada bulunan şu an ki kurulu gücün yaklaşık 800 MW'ın üstünde olduğu biliniyor ve bu kapasiteyle de bir yıl içerisinde ortalama 500 GWh elektrik enerjisi üretildiği tahmin edilmektedir [23].

## **2.7. TÜRKİYE'DEKİ GÜNEŞ PİLİ UYGULAMALARI**

Ülkemizde bulunan güneş pili uygulamaları ve kurucu güç değerleri;

- Orman Bakanlığı orman gözetleme kuleleri (175kW),
- Türk Telekom aktarma istasyonu (135kW),
- Karayolları imdat telefonları,
- EİE demonstrasyon uygulamalarında ve farklı türde araştırma kurum ve kuruluşlarında olmak üzere yaklaşık 350 kW civarında güneş pili kurulu gücü olduğu bilinmektedir [23].

## **2.8. GÜNEŞ PİLİ SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI**

Güneş pili sistemlerini uygulamaları açısından iki farklı grupta incelenmektedir [24].

Bu gruplar;

- Şebekeyle bağlantılı güneş pili sistemleri
- Şebekeden bağımsız güneş pili sistemleri

### 2.8.1. Şebeke Bağlantılı Güneş Pili Sistemleri

Bu sistemlerin sahip olduğu güç değerleri birkaç kW'tan, birkaç MW'a kadar değişim göstermektedir. Şebeke bağlantılı sistemler, çok büyük güçte ve santral boyutundaki sistemler biçiminde de olabilir. Ama genellikle daha sık görülen uygulamaları ev ve binalarda küçük güçteki uygulamaları şeklindedir.



Şekil 2. 6. Şebeke bağlantılı 4,8 kW güneş pili sistemi.

Bu tür sistemlerde iki türe ayrılmaktadır.

- Birinci tür sistemler, öncelikle bir yerleşim yerinin tüm elektrik gereksinimini karşılayan sistemlerdir. Böyle sistemlerde güneş pillerinde üretilmiş olan enerjinin fazlası elektrik şebekelerine satılmaktadır. Yeteri kadar enerjinin üretilmediği zamanlarla karşılaşıldığında da şebekelerden enerji satın alınmaktadır. Bu şekilde işleyen sistemlerde enerji depolanmasına ihtiyaç bulunmamaktadır. Sadece güneş pilleri tarafından üretilen doğru akım gerilimin alternatif akım gerilime çevrilmesi ve şebekeye uyumlu olması yeterlidir.
- İkinci tür sistemlerse şebekeye bağlı olan güneş pilleri sistemleri, kendi başlarına elektrik üreterek ve üretilen bu elektriği şebekeye satan büyük güç üretim merkezleri şeklinde çalışırlar. Bunların büyüklüğü 600-700 kW'tan MW'lara kadar değişir. Bu sistemlerde ekstra depolama maliyetlerini ortadan

kaldırıldığından dolayı böyle sistemlerden üretilen enerji diğer sistemlere oranla daha ucuz maliyettedir [25].



Şekil 2.7. Şebekeyle bütünleşik güneş pili panelleri.

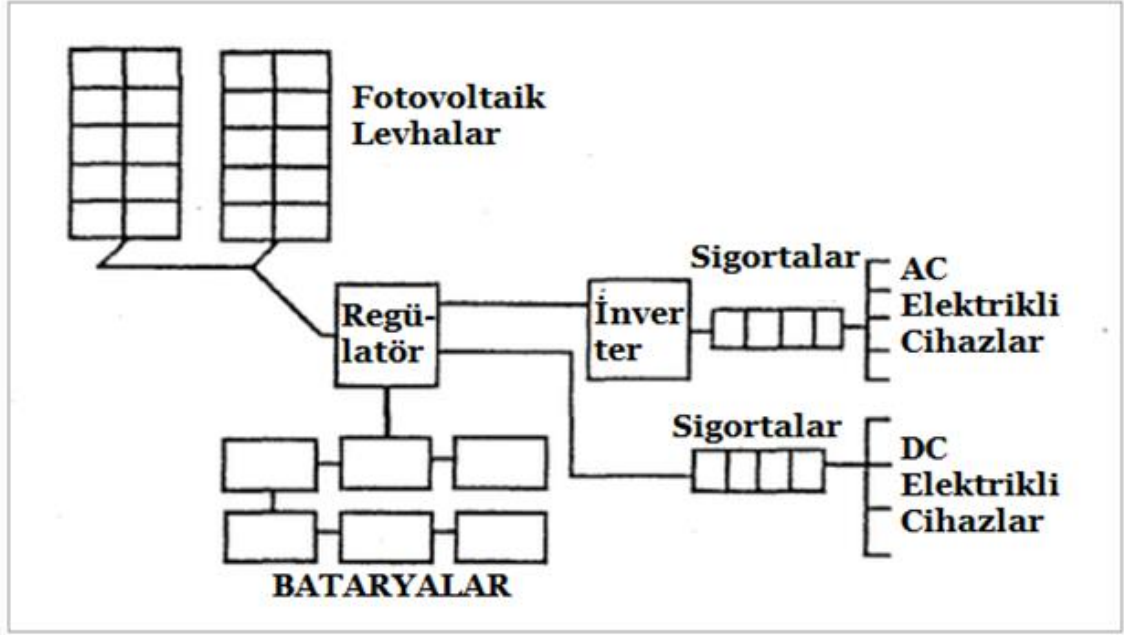
### 2.8.1. Şebekeden Bağımsız Güneş Pili Sistemleri

Şebekeden bağımsız fotovoltaik güneş pili sistemlerinin en belirgin ve en çok kullanılan kullanım şekli, yerleşim bölgelerinden uzak kalan yerlerin enerji ihtiyaçlarını karşılayan bağımsız sistemler olmasıdır. Bu tür sistemler birkaç watt'tan birkaç yüz kW' lara kadar değişebilen güçlerde ve çok farklı türde yüklerin enerji isteği taleplerini karşılayabilmektedir.

Böyle sistemlerde yeteri kadar sayıda güneş pili modülü, enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Güneş ışınımının yetersiz kaldığı durumlarda ya da güneşin bulunmadığı gece sürecinde kullanmak için, sistemler çoğunlukla bir akümülatör bulundurmaktadır. Güneş pili modelleri, gün boyunca elektrik enerjisini üretir ve bu enerjiyi akümülatörde depolar. Yüke gerekli olan enerji de bu akümülatörden sağlanır.

Akülerin fazla şarj ve deşarj olup zarar görmelerinin önüne geçmek için kontrol birimleri kullanılır. Kullanılan kontrol birimiye akülerin durumlarına göre güneş hücrelerinden gelmekte olan alternatif akım, elektriğe ihtiyaç duyulan uygulamalarda, sistemlerine bir inverter eklenmesiyle akümülatörde bulunan doğru akım gerilimi 220 V, 50 Hz.'lik sinüs dalgasına dönüştürmektedir. Yine aynı şekilde, uygulamaya ait şekil ve tasarımına bağlı olarak farklı türde elektronik devreler bu sistemlere eklenebilir.

Aşağıda verilen şekil 2.8’de şebekeden bağımsız bir güneş pili enerji sisteminin şeması gösterilmiştir [26].



Şekil 2.8. Şebekeden bağımsız güneş pili enerji sistemi şeması.

Fotovoltaik sistemler büyüklüğüne bakılmaksızın yukarıdaki şekildeki gibi kısımlara ayrılabilir. Fotovoltaik levhalar, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Bir levha normal şartlar altında güneşli açık bir havada 12 volt gerilim, 10 amper akım yani 120 watt elektrik üretebilmektedir. Oluşturulan gerilimi daha da arttırmak için fotovoltaik levhaların seri olarak bağlanması, akımı arttırmak içinse paralel bir şekilde sisteme bağlanması gerekir. Güneş gökçisminden maksimum seviyede enerjiyi toplamak için levhaların tüm gün boyunca, en fazla güneş gördüğü tarafa yani güney yönüne bakmaları ve de zamana bağlı olarak yatay şekilde belirli bir eğimde olmaları gerekmektedir. Genellikle kış mevsiminde fotovoltaik levhalar, yaz mevsimine göre daha dikey konumda bulunmalıdır.

Güneş enerjisi sürekli değişkenlik gösteren, her zaman ulaşımı mümkün olmayan bir enerji çeşididir. Örneğin, sabah güneş doğmadan önce, akşam güneş battıktan sonra ya da havanın kapalı/bulutlu olma durumunda güneş enerjisi olmadığından dolayı toplanan fazla enerjilerin güneşe ulaşmadığında depolanarak kullanılabilmesi gerekmektedir. Bu amacı gerçekleştirmek için kapasiteleri yüksek bataryalar kullanılır. Genellikle bir bataryanın kullanım süresini arttırmak için sahip olduğu kapasitesinin yaklaşık %80'den

fazla deşarj olmaması gerekmektedir.

Güneş pili sistemlerinde, güneşin bulunduğu durumlarda kullanılan bataryaların tamamının dolmalarının ardından daha fazla akım almalarının önüne geçmek gerekir. Bataryaya verilen fazla şarj, bataryanın ısınmasına ve sıvı kaybına neden olarak ömrünün kısılmasına neden olur. Bu gibi durumlar için regülatör kullanılır. Regülatörler, fotovoltaik levhalarla bataryalar arasına yerleştirilerek bataryaların gereğinden çok miktarda şarj almalarını önlemiş olur.

İnverterler ise doğru akımı, alternatif akıma çevirir. Çok küçük sistemlerde inverterin yerine düşük gerilim değerleri ve doğru akım ile çalışabilen elektrikli cihazlar kullanılabilir [27].

Aşağıda şebekeden bağımsız güneş pili sistemlerinin kullanıldığı uygulamalara örnekler verilmiştir.

- Binaların iç/dış aydınlatmalarında,
- Kırsal radyolarda, telefon ve telsiz sistemlerinde, radyolink istasyonlarında,
- Tarım sulamalarında,
- Metal yapıların korozyondan korunmasında, örneğin kuleler, köprüler vb.
- Petrol bor hatlarının katodik korumasında,
- Deniz fenerlerinde,
- Hava gözlem istasyonlarında,
- Elektrik-su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümlerde,
- Dağ evi gibi veya yerleşim bölgelerinden uzakta bulunan evlerde radyo, tv, buzdolabı vb. elektrikli cihazların çalıştırılmasında,
- Alarm, ilk yardım ve güvenlik sistemlerinde,
- Aşı ve ilaç soğutmada kullanılmaktadır.

Günümüz güneş pili sistemlerinin en çok kullanıldığı alan iletişimdir. Ardından da su pompası ve ilaç-aşı koruma alanları gelmektedir.

Radyolink istasyonlarının genellikle elektriği olmayan tepe ve ulaşım sorunları olan bölgelerde radyolink istasyonları kurularak güneş pili modüllerinden faydalanılır.

Şu anda, dünyanın farklı farklı yerlerinde binden fazla bağımsız güneş pili sistemi



bulunmakta ve kullanılabilir. Son dönemde yapılan araştırmalarda bu sistemlerin yakıt gerektirmede, güvenilirlik ve çok az bakım gerektirmesi gibi özelliklerinden ötürü daha çok tercih edildiği ortaya çıkmıştır.

Sistemlerde kullanılan güneş hücresi modüllerinin çoğunlukla sistemi destekleyen elektronik parça bileşenden daha dayanıklı ve güvenilir olduğu görölmüştür. Bu sistemde bulunan tüm bileşenler dikkatli seçildiği takdirde fotovoltaik bir sistemin uzun yıllarca güvenilir ve sorunsuz bir şekilde çalışabildiği görölmektedir.

Tüm dünya ölkelerinde ve ölkemizde de tüketicilere yönelik ürünlerin en başında uzun yıllardır ticari ortamlarda kullanılmakta olan güneş piliyle çalışan hesap makineleri gelmektedir. Son yıllarda tüketicilere hesap makinelerinin dışında, güneş piliyle çalışabilen güvenlik-alarm ürünleri, bahçe aydınlatmada kullanılan set ve sistemler, kapı zilleri, taşınabilen lambalar, araçların havalandırma sistemleri, akü-şarj cihazları ve benzeri bir çok üründe sunulmaktadır [27].



şekil 2.9. Bağımsız güneş pili sistemleri uygulaması örneği - güneş ocağı.

Güneş ocakları güneşten gelen ışınları parabolik olarak bir merkezde toplar ve yoğunlaştırır. Bu ocaklar dünyanın farklı farklı bölgelerinde yemek pişirme amaçlı kullanılırlar. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğu tarafından deneme amacıyla üretilen güneş ocağının sıcaklığı 750 °C dereceye kadar ulaşmıştır.

### 2.8.3. Bağımsız Sistemler - Şebeke Bağlantılı Sistemler Karşılaştırması

Güneş pili sistemlerde araştırılan ve üstünde en çok düşünülen konu yapılacak sistemin ne tip olacağıdır. Öncelikle üzerinde durulması gereken nokta şebkelere olan uzaklıktır. Güneş pili sistemlerinin bataryalı olmasının en önemli avantajı enterkonnekte şebekede bir takım sorunlarla karşılaşılsa bile herhangi bir enerji kesintisinin olmamasıdır. Ama bu sistemlerin maliyetleri fazladır. Bunun nedeni ise bataryanın getirdiği ek maliyetle beraber, koyulacağı yer sorunları ve bakım işlemlerinden kaynaklanır.

Ek olarak bataryalara şarj olmaları için bir şarj regülatörü gereklidir. Güneş pili sisteminin modül kapasitesi artırıldıkça buna bağlı olarak akü kapasitesinin de aynı oran ve doğrultuda artırılması gerekir [26].

#### Şebekeye Bağlı Sistemlerin Avantajları

- Güneş pili sistemlerini modül sayıları (çıkış gücü) istenildiği zamanda istenildiği kadar artırılabilir.
- Sistemlerin batarya ihtiyaçları bulunmaz.
- Fotovoltaik sistem tasarım aşamasında tüketicilerin fazla kullanımına göre modül boyutları belirlenemez. Sistemdeki toplam yük miktarının belirli bir oranım ile fotovoltaikler tarafından karşılanması yeterlidir.
- Fotovoltaik sistemlerde oluşan bir takım arızada ya da fotovoltaik sistemin yetersiz kaldığı durumlarda şebeke direkt olarak devreye girmektedir.
- Bu sistemlerin ürettiği fazla elektrik enterkonnekte şebekeye satılabilmektedir.

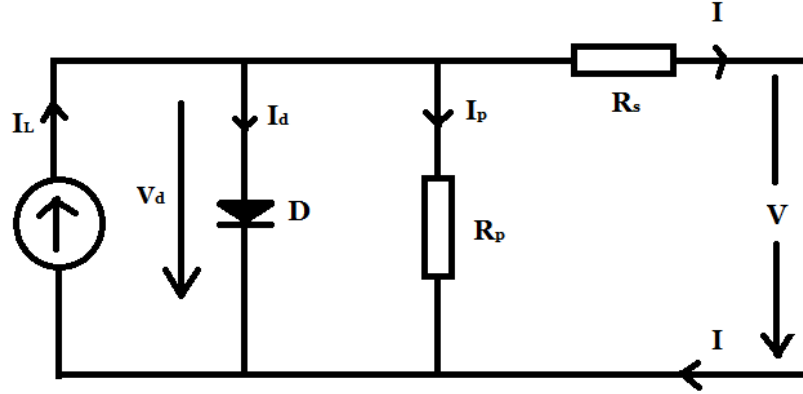
#### Şebekeye Bağlı Sistemlerin Dezavantajları

- Şebekede herhangi bir sorun oluştuğunda ve fotovoltaik sistem yetersiz kaldığında tüketici enerjisiz kalır.
- Güç faktörü, harmonikler, frekans gibi önemli olan elektriksel parametrelerin çok düzenli regülasyonu gerekir. Bu işlemi şebekeye bağlı sistemlerde yapmak için yüksek kalitedeki elektronik ekipmanlara ihtiyaç duyulur ve bu da maliyeti oldukça arttırmaktadır. Hem az maliyetli hem güvenilir bir sistem isteniyorsa, şebekeye bağlı ve küçük bataryalı bir sistem düşünülmesi olasıdır.

- Şebekede bir sorun meydana geldiğinde ya da kullanıcı fotovoltaiik sistemi şebekeden ayırmayı düşündüğü taktirde, dual-mode inverter bataryadaki doğru akım gerilimi, alternatif akım gerilimine çevirmesi gerekecektir. Başka önemli bir noktada şebeke kesintisi kötü ve yağışlı hava koşullarında oluştuğundan bu gibi durumlarda fotovoltaiik sistem elektrik enerjisi de üretmeyecektir. Bu da bir jeneratör ihtiyacını doğurabilir [26].

### 3. GÜNEŞ PİLİ EŞDEĞER ELEKTRİKSEL DEVRE MODELLERİ

#### 3.1. GÜNEŞ PİLİ ELEKTRİKSEL MODELİ



Şekil 3.1. Güneş pili elektriksel modeli.

Şekil 3.1’de görülen elektriksel eşdeğer devrede;

- $I_L$ : Yük akımı
- $I_d$ : Diyot akımı
- $I_p$ : Paralel direnç akımı
- $R_s$ : Seri direnç
- $R_p$ : Paralel direnç

Eşdeğer Devrede görülen temel akımlar;

- Fotovoltatik akım  $I_L$ : Fotovoltaik hücre üzerine düşen ışık şiddeti ile doğru orantılıdır.
- Diyot akımı  $I_d$ : Gerilime ve ters doyma akımı  $I_{sat}$ ’a bağlıdır ve denklem (3.1) ifade edilir.

$$I_d = I_{sat} \left[ \exp \left( \frac{q V_d}{nkT} \right) - 1 \right] \quad (3.1)$$

Burada  $I_{sat}$  diyot ters doyma akımı,  $q$  elektronun elektrik yükü,  $V_d$  diyot üzerine düşen gerilim,  $n$  diyot emisyon faktörü,  $k$  boltzmann sabiti ve  $T$  mutlak sıcaklıktır.

- Paralel kol akımı  $I_p$ : Paralel kol direncinde, eklem geriliminin etkisi ile ortaya çıkan ve denklem (3.2) ile ifade edilen akımdır. Paralel kol direnci  $R_p$ , n ve p eklemleri boyunca akan akımdan dolayı ortaya çıkan güç kaybını belirler.

$$I_p = \frac{V_d}{R_p} \quad (3.2)$$

- PV hücre çıkış akımı I:

$$I = I_L - I_d - I_p \quad (3.3)$$

Yarı iletkenin direnci, ışık geçirmeyen (opak) elektrot direnci ve bağlantı noktalarındaki dirençlerin oluşturduğu seri direnç  $R_s$ , denklem (3.3) ile gösterilen gerilim düşümüne sebep olur.

$$IR_s = V_d - V \quad (3.4)$$

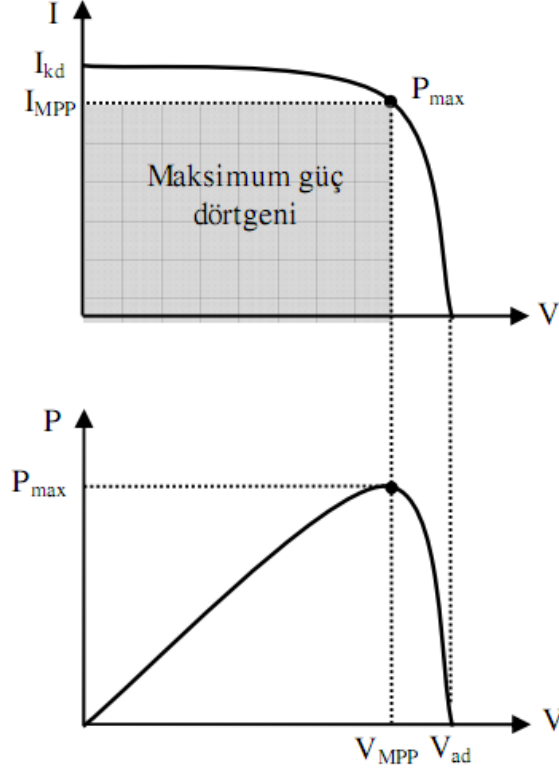
(3.1)-(3.2) ve (3.4) denklemleri (3.3)'te yerine konulursa, tek bir hücre için (3.5) denklemi ile verilen genel bir matematiksel model elde edilir [28-32].

$$I = I_L - I_{sat} \left[ \exp\left(\frac{q V_d}{nkT}\right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_p} \quad (3.5)$$

### 3.2. FOTOVOLTAİK HÜCRENİN AKIM-GERİLİM VE GÜÇ-GERİLİM KARAKTERİSTİKLERİ

Bir fotovoltaik hücrenin, aşağıdaki Şekil 3.2'de görüldüğü gibi karakteristik akım-gerilim eğrisinde, yüke bağlı olarak herhangi bir nokta üzerinde çalıştırılması mümkündür. Şekildeki eğride önemli olan iki nokta, fotovoltaik pilin elektriksel performansını belirlemekte de kullanılmakta olan iki parametredir. Bunlar açık devre gerilimi  $V_{ad}$  ve kısa devre akımı  $I_{kd}$ 'dir. Sistemin kısa devre akımı, çıkış uçların kısa devre edilmesiyle ve tam aydınlatma altında uç akımlarının ölçülmesiyle belirlenmektedir. Düşük seviyedeki diyot akımıyla, toprağa doğru olan sızıntı akımının,

sıfır uç gerilimi altında ihmal edildiğinde ölçülebilen kısa devre akımı  $I_L$  fotovoltaik akımını vermektedir. Kısa devre akımı ( $I_{kd}$ ), aydınlatma seviyesiyle orantılı iken, açık devre gerilimi ( $V_{ad}$ ), aydınlatma seviyesinin logaritmasıyla doğru orantılıdır. Maksimum hücre gerilimi ise, açık devre gerilimi durumunda elde edilmektedir. Kısa devre ve açık devre şartlarında güç sıfır değerdedir [17].



Şekil 3.2. İdeal bir fotovoltaik hücrenin I-V ve P-V karakteristikleri.

Fotovoltaik hücre, maksimum gerilim noktası  $V_{MPP}$  ve maksimum akım noktasında  $I_{MPP}$  maksimum güç üretir. Şekilde görülen taralı alanın ( $I_{MPP} \times V_{MPP}$ ) maksimuma ulaştığı durumda, maksimum güç şartı oluşmaktadır. Şekil 3.2'deki maksimum güç dörtgeni, maksimum güç noktasında üretilen güç değerine eşittir. Doluluk faktörü ( $\eta_d$ ) ise, I-V eğrisinin karesel olmasıyla ilgili bir ölçüttür ve (3.6) denklemi ile gösterilir [34].

$$\eta_d = \frac{I_{MPP} V_{MPP}}{I_{kd} V_{ad}} \quad (3.6)$$

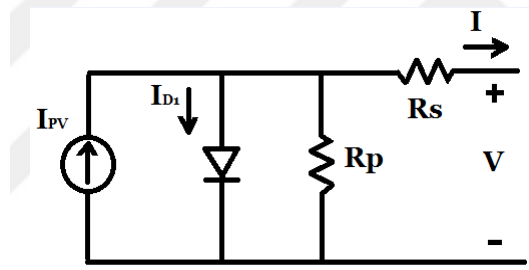
### 3.3. GÜNEŞ PİLİ MODELLERİ VE ELEKTRİKSEL DEVRE ŞEMALARI

Çalışmada aşağıdaki dört farklı güneş pili modeli incelenmiş ve bu modellerle ait denklemler kullanılarak Matlab Simulink programında grafikler elde edilmiştir. Bu modeller;

- 1. Model: Genel model
- 2. Model: Çift diyotlu model
- 3. Model: Uygun model
- 4. Model: Basit model'dir.

Tezde örnek olarak birinci modele ilişkin kullanılan devre şeması ve denklemler aşağıda verilmiştir. Diğer üç modelin ise sadece devre şemaları gösterilmiştir.

Genel modele ait elektriksel devre şeması aşağıdaki şekilde gibidir.



Şekil 3.3. Birinci model-Genel model.

Yukarıda verilen elektriksel eşdeğer devrede;

$I_{pv}$ : Güneş ışığından üretilen elektrik akımını,

$I_{D1}$ : Diyot akımını,

$I$ : Yüke ait akımı,

$R_s$ : Seri bağlanan direnci,

$R_p$ : Paralel direnci temsil etmektedir [8-10].

Güneş pilinde oluşan birinci modele ait elektrik akımı denklem (3.7)'de verilmiştir [28-31].

$$I_{pv} = [I_{SCr} + K_i(T - 298)] * \lambda \quad (3.7)$$

Denklemden  $I_{SCr}$  güneş pilinin 25 C<sup>0</sup> sıcaklıktaki kısa devre akımını,  $K_i$  güneş piline ait kısa devre akımının sıcaklık sabitini,  $T$  kelvin olarak güneş pili çalışma sıcaklığını,  $\lambda$  kW/m<sup>2</sup> olarak ışınımı gösterir [13-15,21].

Modelin ters doyum akımı ( $I_{rs}$ ) denklem (3.8)'de ki gibi verilmiştir.

$$I_{rs} = I_{SCr} / [e^{(qV_{oc} / N_s kAT)} - 1] \quad (3.8)$$

Denklemden yer alan  $V_{oc}$  güneş piline ait açık devre gerilimi,  $N_s$  güneş pili modülünde bulunan seri modül sayısı,  $k$  boltzman sabiti,  $A$  güneş pili üretiminde kullanılan malzemeye göre ideal bir faktörü belirtir [29-31,37,38].

$$I_o = I_{rs} / \left[ \frac{T}{T_r} \right]^3 e^{[(q \cdot E_{g0}) / Bk \{1/T_r - 1/T\}]} \quad (3.9)$$

Denklem (3.9)'de doyum akımına ait eşitlik verilmiştir. Doyum akımı olan  $I_o$  akımının sayısal değeri, güneş piline verilen sıcaklığın değeri ile değişir. Burada  $T_r$  güneş piline ait referans sıcaklığı,  $E_{g0}$  güneş pilinde kullanılmış yarı iletkenin bant-aralığı enerjisi,  $B$  güneş pili üretiminde kullanılmış malzemeye göre ideal bir faktörü göstermektedir [29-31,37].

Denklem (3.10)'te  $I$  çıkış akımı verilmiştir.

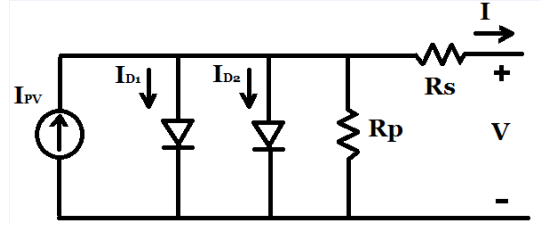
$$I = I_{pv} - I_o \cdot \left[ e^{\left( \frac{q(V + IR_s)}{AKT} \right)} - 1 \right] \quad (3.10)$$

Bu denklemde  $q$  elektron yükünü,  $N_p$  sisteme paralel bağlanan modül adedini gösterir. Şekilde verilen modelin diyotun akımı  $I_{DI}$  ise denklem (3.11)'te verilmiştir. Denklemden  $V_d$  diyotun gerilimi,  $V_T$  ise sıcaklık gerilimini belirtir [29-31,37].

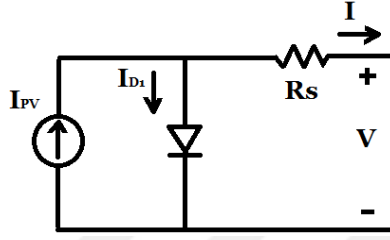
$$I_{DI} = I_o \cdot e^{(V_d / V_T - 1)} \quad (3.11)$$

Aşağıda birinci model dışında MATLAB Simulink programında tasarlanan üç farklı modelin elektriksel devre yapıları gösterilmiştir [29-31,37].

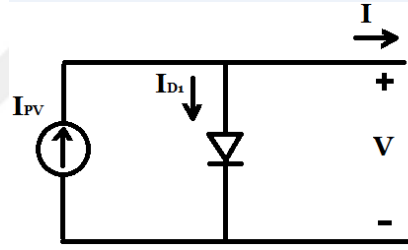




Şekil 3.4. İkinci model: Çift diyotlu model.



Şekil 3.5. Üçüncü model: Uygun model.



Şekil 3.6. Dördüncü model: Basit model.

Yukarıda elektriksel devre şemaları verilen modellerinde ilgili denklemler yardımıyla Matlab Simulink programında tasarımı yapılmış ve akım-gerilim, güç-gerilim ve akım-zaman grafikleri elde edilmiştir.

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan tez çalışmasında önce denklemler yardımıyla Matlab Simulink programında akım-gerilim, güç-gerilim ve akım-zaman grafikleri elde edilmiş ve ardından bu grafikler Microsoft Visual Studio 2010 programında Asp.Net platformunda oluşturulan web arayüzünden çağrılmasıyla tez çalışması sonlandırılmıştır.

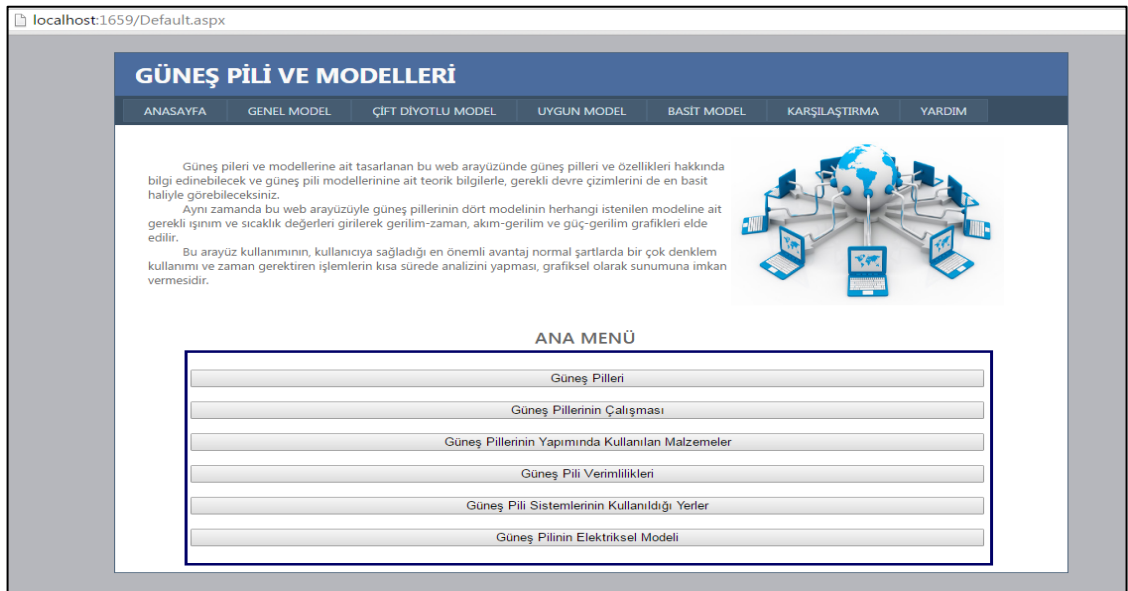
Çalışmada dört farklı güneş modeli içeriğe alınmış ve bu modellere ait grafikler Matlab Simulink programı yardımıyla elde edilmiştir.

Tez çalışmasında ikinci aşamada oluşturulan web arayüzünde kullanıcıya kolaylık sağlaması ve anlaşılabilirliği arttırmak adına belirlenen sabit değerler çerçevesinde grafikler arayüze getirilerek kullanıcının grafikleri ve grafikler arasındaki farkları görmesi sağlanmıştır.

Web portalında kullanıcıya sadece grafikler değil aynı zamanda konu hakkında bilgi de edinebilmesi amacıyla sekmeler oluşturulmuş ve bu sekmeler arasında geçiş yapması sağlanarak istediği arayüz sayfasına gitmesi sağlanmıştır.

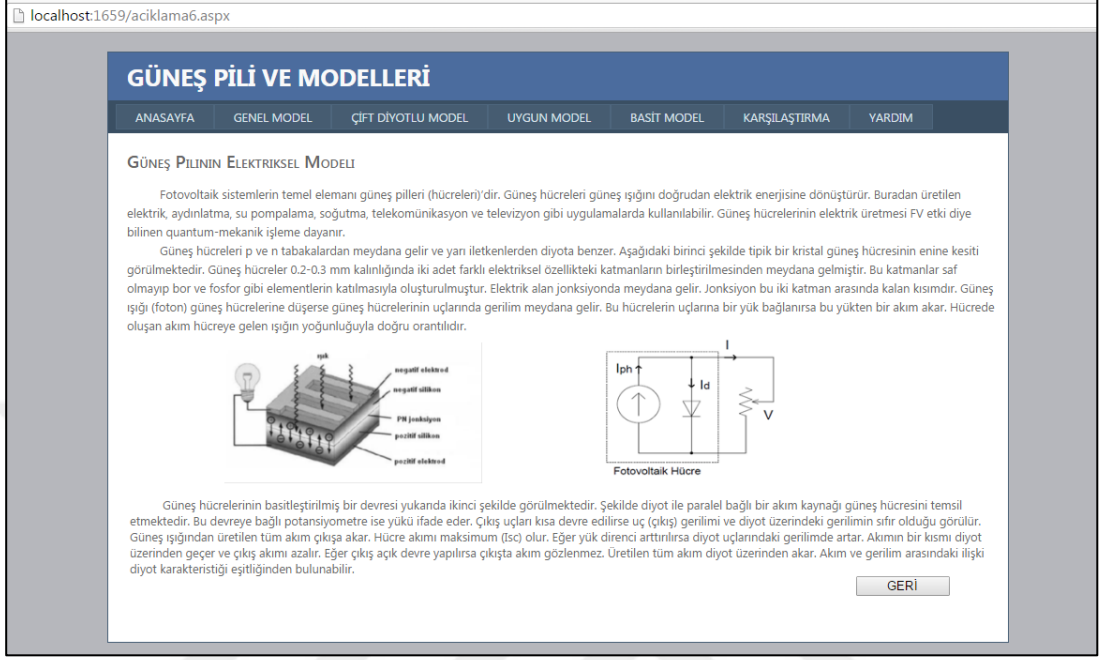
### 4.1. GÜNEŞ PİLİ VE MODELLERİ ASP.NET WEB ARAYÜZÜ

Hazırlanan tez çalışmasında oluşturulan web arayüzü aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi yedi sekmeden oluşmaktadır.



Şekil 4. 1. Tasarlanan web arayüzü – Anasayfa.

İlk sekme “ANASAYFA” sekmesidir ve bu sekmede program öncelikli olarak ekrana gelir. Kullanıcı burada istersen alt başlıklar halinde bulunan butonlara tıklar ve açıklamaların bulunduğu sayfaya yönlendirilir.



Şekil 4. 2. Tasarlanan web arayüzü örnek görünüm – 1.

Açıklama sayfasında yapılan bilgi sunumunun ardından kullanıcı isterse geri butonu ile bir geri sayfaya gider isterse de yine üstteki sekmelerden de gitmek istediği bölüme tıklayarak sayfalar arası geçiş yapabilir.



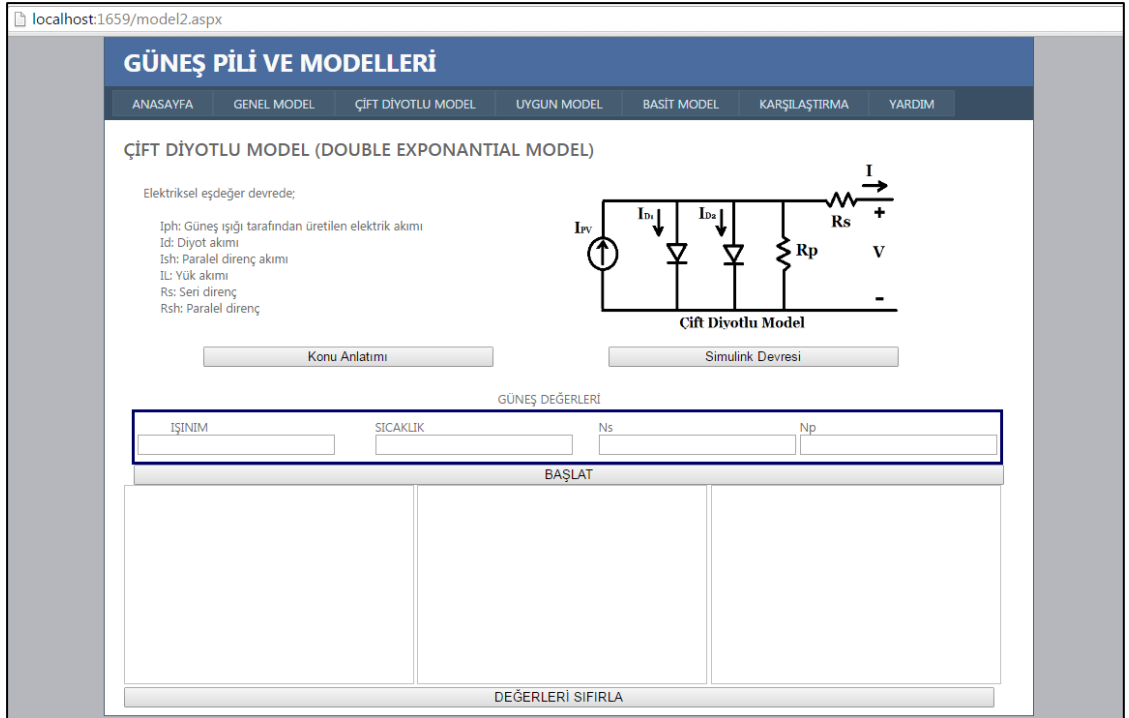
Şekil 4. 3. Tasarlanan web arayüzü örnek görünüm – 2.

Kullanıcı arayüz ve kullanımı hakkında bilgi almak istediğinde ise “YARDIM” sekmesine tıklayarak web portalı ve modeller hakkında kısa bilgiler edinebilir.



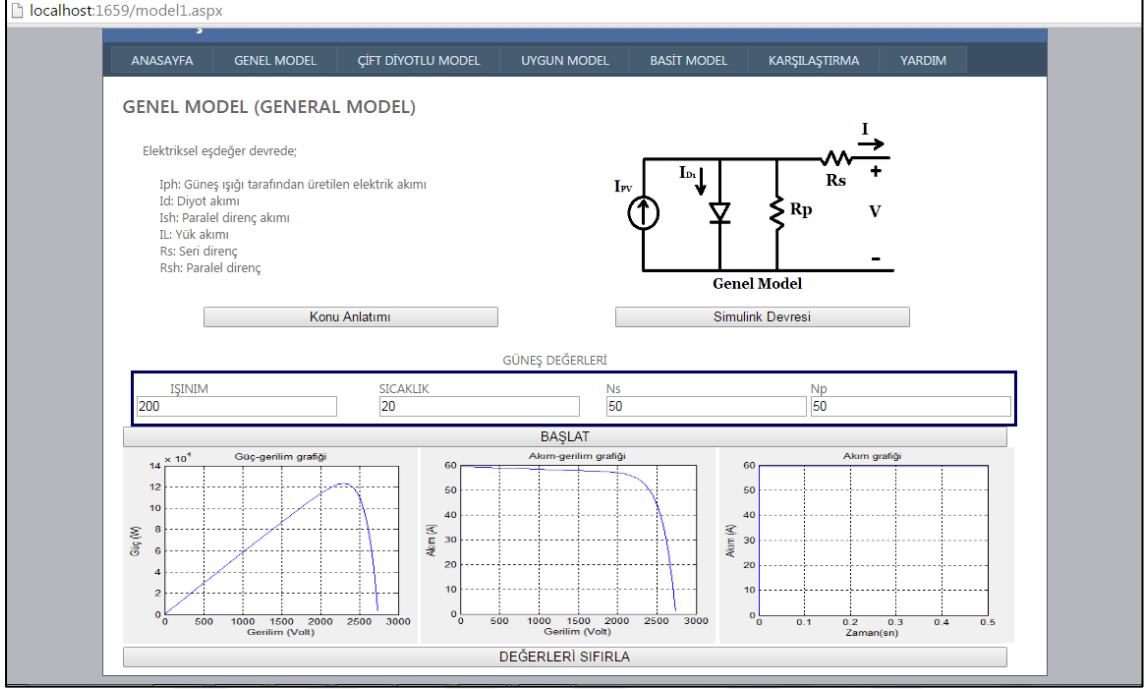
Şekil 4. 4. Tasarlanan web arayüzü – Yardım.

Oluşturulan arayüzün güneş modelleri için tasarlanan sayfa yapısı ise aşağıdaki resimde gösterildiği gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4. 5. Tasarlanan web arayüzü – Güneş pilleri sekmeleri boş görünüm.

Modellere ait arayüzde dört bilgi giriş kutucuğu bulunmaktadır. Bu kutucuklara ışınım, sıcaklık, seri modül ve paralel modül sayısı girilir ve ardından “BAŞLAT” butonuna basılarak grafiklerin ekrana gelmesi sağlanır.



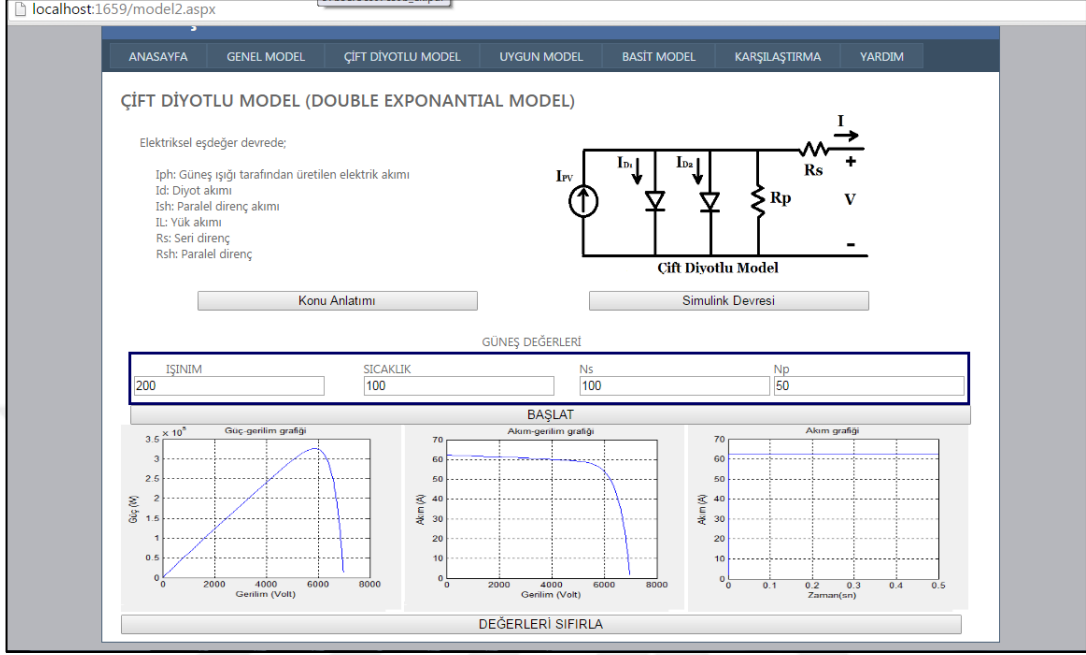
Şekil 4. 6. Tasarlanan web arayüzü – Örnek çalışma görüntüsü 1.

Bu arayüzde kullanıcıya kolaylık sağlamak ve bilgi karmaşasını önlemek için belli sabit sayılar içerisinde değerler girmesi beklenir. Bu değerler ise aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.1. Arayüz girilen verilerin değerleri.

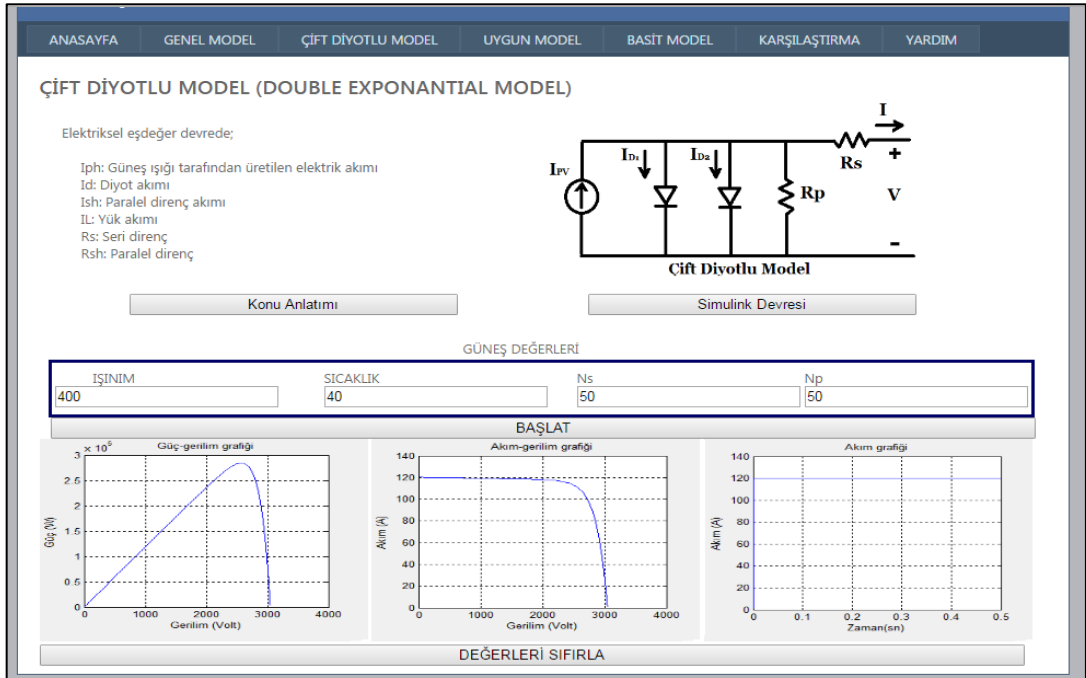
Değişkenler	Alabileceği Değerler
Işınım	200, 400, 600 ,800, 1000
Sıcaklık	20, 40 ,60 ,80 ,100
Seri Modül sayısı	50 ,100
Paralel modül sayısı	50, 100

Aşağıda web arayüzünde örnek olarak ışınım değeri  $200 \text{ W/m}^2$ , sıcaklık değeri  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , seri modül sayısı 100, paralel modül sayısı ise 50 girilerek akım-gerilim, güç-gerilim ve akım-zaman grafiklerinin görüntüsü elde edilmiştir.



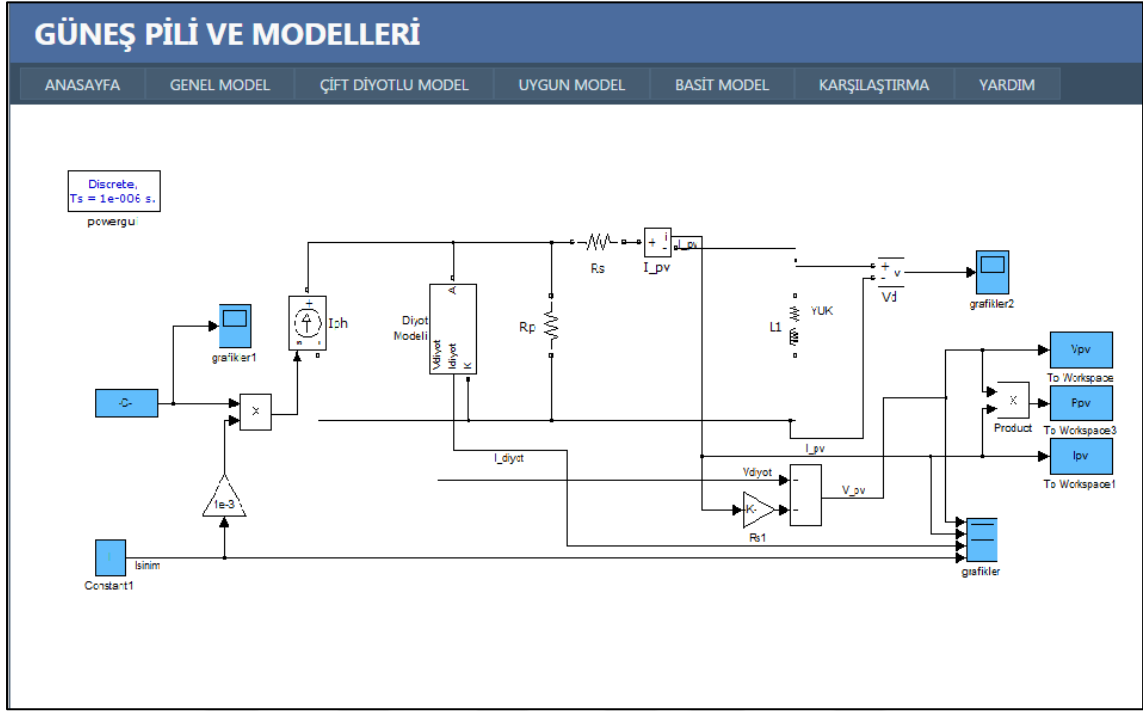
Şekil 4. 7. Tasarlanan web arayüzü – Örnek çalışma görüntüsü 2.

Aşağıdaki örnek grafiğin ışınım değeri  $400 \text{ W/m}^2$ , sıcaklık değeri  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ , seri modül sayısı 50, paralel modül sayısı 50 girilerek akım-gerilim, güç-gerilim ve akım-zaman grafiklerinin görüntüsü arayüze getirilmiştir.



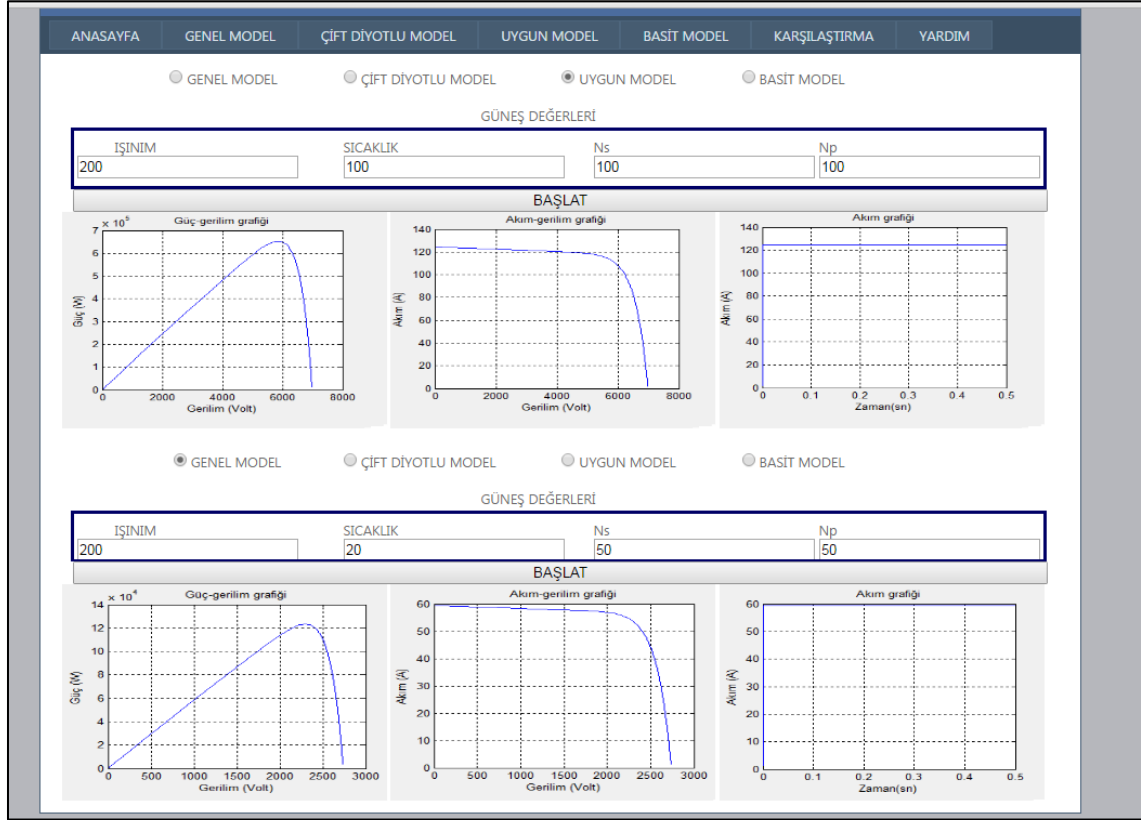
Şekil 4. 8. Tasarlanan web arayüzü – Örnek çalışma görüntüsü 3.

Kullanıcı isterse “Konu Anlatımı” ve “Simulink Devresi” butonlarına basarak da yine açıklama ve modele ait devre görseline de erişebilir.



Şekil 4. 9. Tasarlanan web arayüzü – Simulink devresi.

Web arayüzü kullanıcıları iki modele ait grafikleri aynı anda görmek ve karşılaştırma yapmak istiyorsa “KARŞILAŞTIRMA” sekmesine tıklar ve önce radio butonlar yardımıyla oluşturulmuş model seçimi panelinden modeli seçer ve değerleri girerek aynı işlemi sayfanın alt kısmında oluşturulmuş diğer panel içinde tekrarlar.

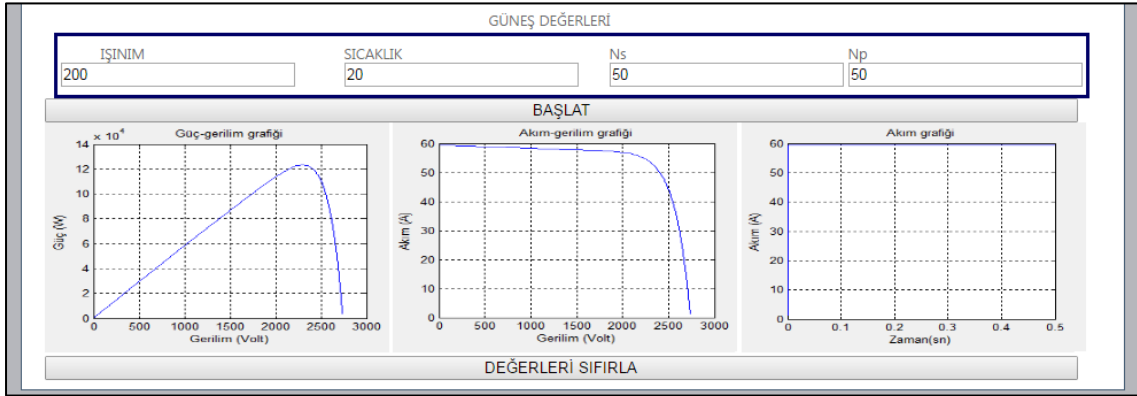


Şekil 4. 10. Tasarlanan web arayüzü – Karşılaştırma paneli.



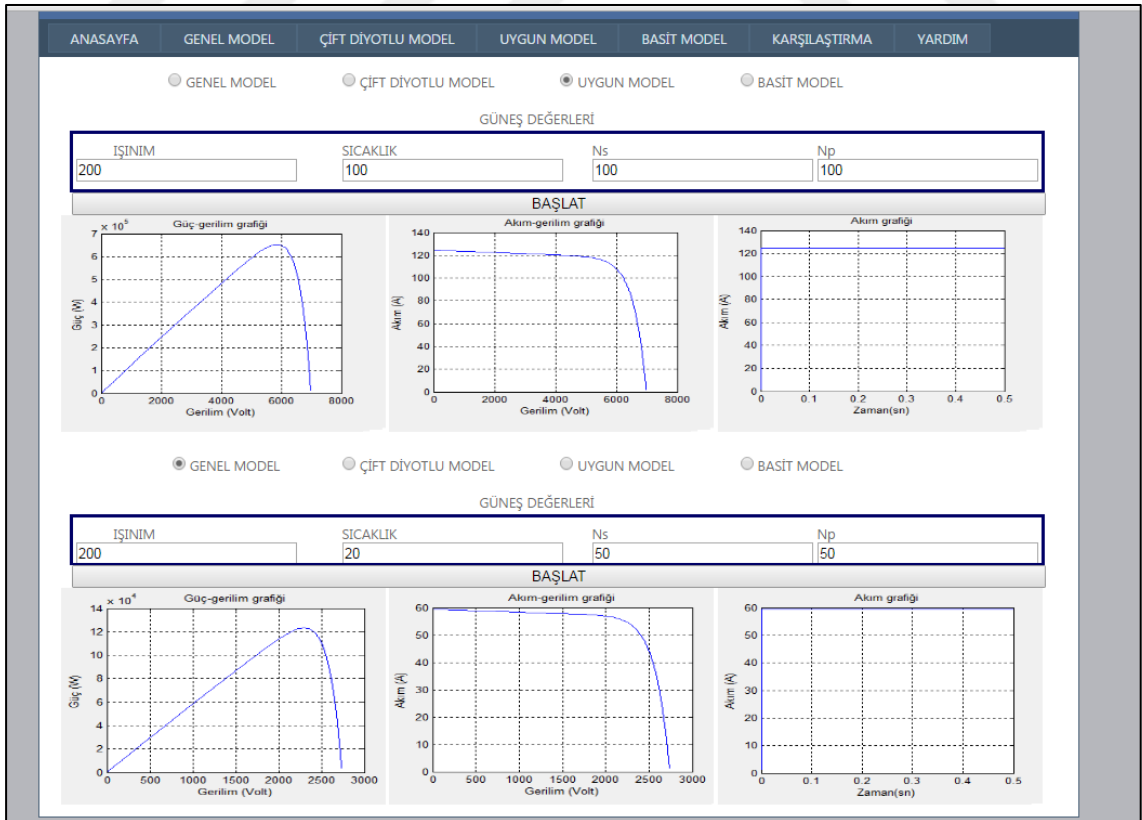
## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kullanıcı belirlenen değer aralıklarında değişkenleri girerek arayüzde üç grafiği elde eder ve grafikleri inceleme imkanı sağlanır.



Şekil 5. 1. Tasarlanan web arayüzü – Tek model değer girişli grafik eğrileri.

Web portalı kullanıcısı iki farklı model veya aynı model üzerinde farklı değerlerden elde edilen grafikleri görmek istediğinde ise “KARŞILAŞTIRMA” sekmesini kullanır ve görüntüleri arayüze çeker.



Şekil 5. 2. Tasarlanan web arayüzü – İkili model değer girişli grafik eğrileri.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gelecekte insan yaşamı ve çevre dengeleri üzerinde oluşabilecek tehditlerin önlenmesi, çevrenin korunması, alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesini ve kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Bu kaynaklar içerisinde fotovoltaikler en önemli yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Çünkü güneş, dünyamıza çok büyük miktarda bir enerji yaymaktadır.

Ülkemiz, yenilenebilir kaynaklar konusunda önceleri üniversitelerin araştırma konusu olarak kalmışsa da, günümüzde giderek yaygınlaşmıştır. Böylece tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de çevre bilinci kazanılmış ve alternatif enerji kaynakları daha bilinçli şekilde kullanılmaya başlanmıştır [35-37,39,40].

Yapılan çalışmada kullanıcıların güneş pilleri ve modelleri hakkında bilgi edinmesi, bu modellere ilişkin gerekli alanlara ışınım, sıcaklık, seri-paralel bağlanan güneş pili sayısal verilerini girmesiyle ilgili akım-gerilim, güç-gerilim ve akım-zaman grafiklerini web arayüzünde görmesi sağlanmıştır.

Kullanıcıda bilgi karışıklığı oluşturmamak ve grafik eğrilerindeki gözlemlerini daha iyi yapabilmelerini sağlamak için ışınım, sıcaklık,  $N_s$  ve  $N_p$  değişkenlerine belli değer aralıklarınca veri girmesine olanak tanınmış ve karşılaştırma yapmak istediğinde de gerekli sekmeye giderek önce model seçimi ve ardından değişken değerlerin girilerek ilgili grafiklerin ekrana gelmesi sağlanmıştır.

Kullanıcıdan bu arayüz ile güneşin farklı ışınım ve sıcaklık değerlerinin akım-gerilim, güç-gerilim ve akım-zaman eğrilerini ne derece etkilediğini görmesi beklenmektedir. Bu çalışma ile kullanıcıya güneş pillerine ait dört modele ilişkin devre ve düzenekleri kurmak yerine sadece model seçimi ve değer girme işlemlerinin ardından kolaylıkla ve hızlıca grafikleri görebilmesine imkan verilmiştir.

## 7. KAYNAKLAR

- [1]. Anonim, (2016, 26 Haziran). [Online]. Erişim: [www.bilgiustam.com](http://www.bilgiustam.com)
- [2]. Anonim, (2016, 26 Haziran). [Online]. Erişim: [tr.wikipedia.org](http://tr.wikipedia.org)
- [3]. Anonim, (2016, 26 Haziran). [Online]. Erişim: [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr)
- [4]. O. Kıncay, (2016, 26 Haziran). [Online]. Erişim: [www.yildiz.edu.tr](http://www.yildiz.edu.tr)
- [5]. B. şenaktaş, “Hidrojen Enerjisi, Üretimi ve Uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye, 2005.
- [6]. M. Abuşka, (2016, 29 Haziran). [Online]. Erişim: [akhisarmyo.cbu.edu.tr](http://akhisarmyo.cbu.edu.tr)
- [7]. Anonim, (2016, 29 Haziran). [Online]. Erişim: [www.ruzgarvegunesenerjisi.com](http://www.ruzgarvegunesenerjisi.com)
- [8]. K. B. Varınca, G. Varank, “Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerinin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri”, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyum ve Sergisi, Mersin, Türkiye, 2005.
- [9]. T. Tsoutsos, N. Frantzeskakib, V. Gekasb, “Environmental Impacts from the Solar Energy Technologies”, Energy Policy Journal, Elsevier, Volume 33, Issue 3, China, 2005, Pages 289-296.
- [10]. Anonim, (2016, 29 Haziran). [Online]. Erişim: [www.evbilgi.com](http://www.evbilgi.com)
- [11]. Anonim, (2016, 29 Haziran). [Online]. Erişim: [www.enerji2023.org](http://www.enerji2023.org)
- [12]. Anonim, (2016, 29 Haziran). [Online]. Erişim: [www.nepasun.net](http://www.nepasun.net)
- [13]. A. C. Serhadoğlu, Ö. Büyükkıdık, Solar Ponds, PHYS.471 Solar Energy Lecture Report, Türkiye, 2004.
- [14]. Anonim, (2016, 2 Ağustos). [Online]. Erişim: [www.unienerji.com](http://www.unienerji.com)
- [15]. Anonim, (2016, 2 Ağustos). [Online]. Erişim: [www.elektrikuretimi.org](http://www.elektrikuretimi.org)
- [16]. Anonim, (2016, 2 Ağustos). [Online]. Erişim: [www.megep.meb.gov.tr](http://www.megep.meb.gov.tr)
- [17]. Anonim, (2016, 2 Ağustos). [Online]. Erişim: [www.gurselgunacar.com](http://www.gurselgunacar.com)
- [18]. Anonim, (2016, 2 Ağustos). [Online]. Erişim: [www.ag-enerji.com](http://www.ag-enerji.com)
- [19]. Anonim, (2016, 2 Ağustos). [Online]. Erişim: [www.gunesenerjisisistemler.com](http://www.gunesenerjisisistemler.com)
- [20]. Anonim, (2016, 2 Ağustos). [Online]. Erişim: [www.tripas.com.tr](http://www.tripas.com.tr)
- [21]. Anonim, (2016, 2 Ağustos). [Online]. Erişim: [www.elektrikport.com](http://www.elektrikport.com)
- [22]. M. H. Uzun, (2016, 7 Ağustos). [Online]. Erişim: [www.dspace.trakya.edu.tr](http://www.dspace.trakya.edu.tr)
- [23]. Anonim, (2016, 7 Ağustos). [Online]. Erişim: [eusolar.ege.edu.tr](http://eusolar.ege.edu.tr)
- [24]. E. Akyüz, “Hibrid Yenilenebilir Enerji Sistemleri İle Elektrik Ve Hidrojen Üretiminin Araştırılması”, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye, 2010.

- [25]. Anonim, (2016, 16 Ağustos). [Online]. Erişim: [gunespiliturk.blogspot.com](http://gunespiliturk.blogspot.com)
- [26]. Anonim, (2016, 16 Ağustos). [Online]. Erişim: [www.kadimdostlar.com](http://www.kadimdostlar.com)
- [27]. Anonim, (2016, 2 Ağustos). [Online]. Erişim: [320volt.com](http://320volt.com)
- [28]. İ. H. Altaş, A. M. Sharaf, “A Solar Powered Permanent Magnet DC Motor Drive Scheme”, The Proceedings of 17th Annual Conference of the Solar Energy Society of Canada, June 21- 26, Toronto, Ontario, 1991, Pages 65-70.
- [29]. N. Pandiarajan, R. Muthu, “Mathematical Modeling of Photovoltaic Module with Simulink”, 2011 1st International Conference on Electrical Energy Systems, Tamilnadu, India, 2011, Pages 258-263,
- [30]. D. Başol, A. Yavuz, “Güneş Pilleri”, Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Ve Bilgisayar Anabilim Dalı, Düzce, Türkiye, 2012.
- [31]. A.Yavuz, D. Başol, M. M. Ertay, İ. Yücedağ, “Güneş Pili Modelleri Eğitim Seti”, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, Düzce, Türkiye, 2013, ss. 14-21.
- [32]. F. Dinçer, “Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli - Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme”, KSU Mühendislik Dergisi, Kahramanmaraş, Türkiye, 2011, ss. 8-17.
- [33]. S. Çeker, “Üç Fazlı İnverterler İle Şebekeye Enerji Aktarımının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2010.
- [34]. O. Kıncay, N. Bekiroğlu, Z. Yumurtacı, Güneş Pilleri (Fotovoltaik Piller), 2016.
- [35]. İ. H. Altaş, A. M. Sharaf, “A Fuzzy Logic Power Tracking Controller For A Photovoltaic Energy Conversion Scheme”, Elsevier, Electric Power Systems Research Vol.25, No.3, 1992, ss. 227-238.
- [36]. H. S. Rauschenbach, “Solar Cell Array Design Handbook-The Principles and Technology of Photovoltaic Energy Conversion”, Van Nostrand Reinhold Company, New York, ABD, 1980.
- [37]. C.C. Hua, C. M. Shen,” Study Of Maximum Power Tracking Technicques And Control Of Dc-Dc Converter For PV System”, Proc. Of 29th Annual IEEE Power Electronics Spec., 1998, Pages 86-93.
- [38]. H. L. Tsai , C. S. Tu, Y. J. Su, “Development of Generalized Photovoltaic Model Using Matlab/Simulink” , Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, San Francisco, USA, 2008.
- [39]. H. Doğan, “Fotovoltaik Güneş Pilleri”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye, 2014.

[40]. M. Karamanav, “Güneş Enerjisi Ve Güneş Pilleri”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, 2011.



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Derya BAŞOL  
Doğum Tarihi ve Yeri : 10.02.1990 / Düzce  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : deryabasol81@gmail.com

### ÖĞRETİM DURUMU

Derece	Alan	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Bilgisayar Öğretmenliği	Düzce Üniversitesi	03.06.2013
Lise	Sayısal	Düzce Arsal Anadolu Lisesi	18.06.2008